



REGIONE SICILIA

REGIONE SICILIA  
PROVINCIA DI TRAPANI  
COMUNE DI TRAPANI



AUTORIZZAZIONE  
UNICA ex d.lgs. 387/03

Progetto definitivo per la realizzazione del parco  
eolico "GUARINE FARDELLA" e relative opere  
connesse nel comune di TRAPANI (Tp)

Titolo elaborato

**RS06REL0019A0-Progetto di  
dismissione dell'impianto**

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0429	D	R34	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Novembre 2021	Prima emissione	FTR	GDS	GMA

Proponente

**Wind Guarine Fardella srl**  
via Durini, 9  
20122 Milano (Mi)

Progettazione

 **F4 Ingegneria srl**  
Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni DI SANTO)



 Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).





## Sommario

<b>1</b>	<b>Relazione sulle operazioni di dismissione</b>	<b>2</b>
1.1	Premessa	2
1.2	Definizione delle operazioni di dismissione	3
1.3	Descrizione e quantificazione delle operazioni di dismissione	3
<b>2</b>	<b>Dettagli riguardanti lo smaltimento dei componenti</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Conferimento del materiale di risulta agli impianti all'uopo deputati dalla normativa di settore per lo smaltimento o per il recupero.</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Dettagli riguardanti il ripristino dello stato dei luoghi e i relativi costi</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Cronoprogramma delle fasi attuative di dismissione</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Computo metrico delle operazioni di dismissione</b>	<b>29</b>





# 1 Relazione sulle operazioni di dismissione

## 1.1 Premessa

Wind Guarine Fardella Srl, con sede legale in Via Durini 9 Milano, appartiene al gruppo GR Value Development (Green Resources Value) Srl che rappresenta una giovane e dinamica realtà focalizzata nell'aggregazione di impianti fotovoltaici di piccole/medie dimensioni in esercizio, con l'obiettivo di migliorare i rapporti di performance e di sviluppare opportunità di investimento nel settore delle energie rinnovabili, principalmente eolico e fotovoltaico. GR Value copre, con un team altamente qualificato, tutta la catena del valore nelle rinnovabili, dallo sviluppo alla costruzione, fino alla completa gestione patrimoniale (incluso O&M e Energy Trading).

WGF ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l'installazione di 7 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 42,0 MW, sito in località Baglio Guarine, nel Comune di Trapani (di seguito anche Parco Eolico "Guarine Fardella").

Secondo quanto previsto dal preventivo di connessione Codice Pratica: 202002409, l'impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una stazione utente di trasformazione e consegna da collegare in antenna a 220 kV su una nuova Stazione Elettrica (di seguito anche "SE") di smistamento della RTN a 220 kV da inserire in entrata alle linee della RTN a 220 kV.

Il modello tipo di aerogeneratore (di seguito anche 'WTG') scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è il modello tipo Siemens Gamesa SG170 da 6,0 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello tipo di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade in località Baglio Guarine, nel comune di Trapani su una superficie a destinazione agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l'impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all'incirca un'altitudine media s.l.m. di 179 m.

L'installazione di questi 7 aerogeneratori permetterà di sfruttare al massimo la buona risorsa eolica presente nel sito di progetto.

Il presente documento costituisce il progetto di manutenzione e gestione del suddetto parco eolico.

Il risultato sarà un notevole contributo al risparmio di emissioni di gas ad effetto serra.

Nella presente relazione sono previsti gli interventi per la dismissione, alla fine del ciclo di vita utile, del parco eolico.





## 1.2 Definizione delle operazioni di dismissione

Il progetto descrive gli interventi di rimozione (smontaggio e smaltimento) degli aerogeneratori, dei cavi elettrici di collegamento e della sottostazione (opere civili e opere elettriche).

## 1.3 Descrizione e quantificazione delle operazioni di dismissione

Nell'ambito della gestione delle attività di dismissione, obiettivo prioritario sarà l'adozione di tutte le strategie necessarie a favorire il recupero e riciclo dei materiali rispetto al loro smaltimento in coerenza con i principi dell'**economia circolare**, così da minimizzare la produzione di rifiuti e gli impatti associati al consumo di materie prime.

Come noto, la maggior parte delle componenti degli impianti eolici presentano caratteristiche già compatibili con un approccio tecnico-economico di tipo circolare; tuttavia alcuni componenti, in particolare le pale degli aerogeneratori eolici, hanno invece caratteristiche dimensionali e costruttive che implicano, allo stato attuale, una gestione di tipo lineare del loro ciclo di vita. Oltre ad investimenti in installazioni green field, diverse aziende stanno adottando un ambizioso piano di rinnovamento del parco di generazione eolica attraverso interventi di Repowering degli impianti esistenti, sostituendo gli aerogeneratori ormai obsoleti con altri più performanti e in numero drasticamente inferiore, in questo modo è infatti possibile incrementare notevolmente la potenza eolica installata senza occupare nuovi spazi, sfruttando l'enorme progresso tecnologico compiuto in due decenni nel settore eolico.

### Aerogeneratore in tutte le sue componenti

Ogni aerogeneratore è costituito da un numero elevato di componenti sia strutturali, sia elettrici, sia di controllo. La tipologia, la forma e i materiali dei differenti componenti è comunque diversa, essendo fondamentalmente materiali di carattere riciclabile per la maggior parte e con un valore aggiunto considerevole, come l'acciaio e i differenti metalli, che lo rendono interessante dal punto di vista del riciclaggio.

Il peso degli aerogeneratori varia in funzione del modello, da 100 a 400 tonnellate, senza tener conto della base degli aerogeneratori.

In seguito allo sviluppo nella ricerca nel settore eolico, attualmente gli aerogeneratori sono costituiti da materiali innovativi, anche se allo stato attuale non sono state ancora trovate tecniche che riescano a mantenere intatte, dopo il recupero, le caratteristiche iniziali di alcune componenti, come ad esempio la fibra di vetro delle pale.

In attesa che lo sviluppo tecnologico permetta di trovare tecniche utili di sfruttamento, questi materiali dovranno essere trattati come rifiuti, pertanto verranno trattati in accordo alla normativa vigente applicabile.

Ogni componente dell'aerogeneratore è fabbricato con materiali adeguati alle caratteristiche strutturali e alle funzioni che devono assolvere.





Qui di seguito verranno descritti i principali componenti e materiali dell'aerogeneratore, così come il codice assegnato dalla Lista Europea dei Rifiuti ai materiali in seguito alla dismissione. Inoltre, verrà descritta la pericolosità ed il codice delle operazioni di eliminazione e valorizzazione per ciascuno dei materiali.

### Le pale

Ogni aerogeneratore dispone di tre pale di dimensioni prestabilite e caratteristiche strutturali particolari, adatte alla potenza dell'aerogeneratore installato.

Le pale sono realizzate in fibra di vetro, come componente principale, a cui si aggiungono altri componenti della famiglia delle resine. Oltre alla fibra di vetro, in determinati modelli di pale, si utilizza la fibra di carbonio per alleggerire il peso delle stesse.

Le pale si compongono di due parti: una interna (l'anima della pala) e una esterna che rappresenta la parte visibile della pala. Entrambe sono realizzate principalmente in fibra di vetro e carbonio.

Le pale sono gli elementi esteriori che più soffrono il deterioramento dovuto agli effetti negativi delle scariche elettriche e anche lo sforzo strutturale dovuto alla continua tensione alle quali sono sottoposte. A volte si rende necessaria la sostituzione di qualche pala durante la vita utile. Vengono quindi inviate a discarica autorizzata dei rifiuti inerti, data la non pericolosità degli stessi.

Si pianificano due alternative per l'eliminazione o il riciclaggio delle pale fabbricate in fibra di vetro e carbonio che riducano l'impatto generato dalla loro eliminazione alla discarica degli inerti.

Queste alternative sono:

- *Valorizzazione* come combustibile e materia prima di processo nella produzione industriale di Cemento Clinker. Questo processo richiede un trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
- *Riciclaggio* del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso il processo di separazione dei differenti componenti (processo di *pirolisi*). Attraverso questo processo si ottiene di nuovo la fibra di vetro da una parte e la resina dall'altra, sebbene la fibra di vetro recuperata in questa forma non conservi la totalità delle proprietà iniziali. Infatti, per questa ragione e in funzione delle caratteristiche dei materiali recuperati, si determinano le vie di recupero degli stessi.

### La navicella

La navicella o gondola costituisce il nucleo centrale dell'aerogeneratore. In essa si opera la trasformazione in energia elettrica a partire dal movimento delle pale per la forza del vento. È la parte più complessa dell'aerogeneratore, dato l'elevato numero di componenti, unità e diversi sistemi installati.

I principali componenti della navicella sono:

1. mozzo;
2. generatore;
3. asse;
4. moltiplicatore;
5. trasformatore;
6. gruppo idraulico;



7. telaio anteriore e posteriore;
8. quadro elettrico e di controllo;
9. cassa;
10. minuteria;
11. oli e grassi (idraulici e meccanici).

La maggior parte dei componenti della navicella sono fabbricati in diversi tipi di acciaio e leghe. Poi ci sono i componenti e il materiale elettrico, composto da circuiti, placche di controllo, materiali metallici e non metallici di diversa purezza ma in minore proporzione rispetto al totale.

Il numero dei componenti della navicella è elevato, pertanto si analizzeranno soltanto i componenti di maggiore importanza e dimensione.

### **Il mozzo**

Il mozzo unisce le pale solidali all'asse lento. È accoppiato all'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore attraverso il quale viene trasmesso il movimento di rotazione generato dalla forza del vento nelle pale.

Il materiale utilizzato per la fabbricazione del mozzo è acciaio lavorato meccanicamente, il tappo e il cono di chiusura sono realizzati in lamiera di acciaio rivettato.

Il riutilizzo come componenti di seconda mano è particolarmente ristretto per il mozzo, data la necessità di resistenza strutturale che si esige per questo componente. Questi componenti alla fine vengono riciclati come rottame di acciaio.



**Figura 1: mozzo**

### **L'asse di bassa velocità**

L'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore collega il mozzo del rotore al moltiplicatore. All'interno dell'asse scorrono condotti del sistema idraulico o elettrico.

Tale asse è fabbricato totalmente in acciaio, pertanto alla fine della vita utile sarà riciclato come rottame.

A causa delle sue dimensioni e della sua forma specifica differente per ogni modello di aerogeneratore e, poiché è un componente sottoposto a continua usura, non è possibile il suo riutilizzo in applicazioni parallele.



Figura 2: asse di bassa velocità

### **Il moltiplicatore**

Il moltiplicatore è costruito in acciaio ed il suo formato dipende dal modello della macchina. Il moltiplicatore prevede l'installazione di altri componenti del sistema idraulico come valvole, condotti di olio e filtri. Inoltre, per il suo funzionamento, richiede una determinata quantità di olio lubrificante, che viene periodicamente sostituito durante lo sfruttamento del parco.

Una volta smantellato il moltiplicatore, se si trova in buono stato, si potrà riutilizzare come ricambio per gli altri aerogeneratori. Nel caso in cui dovesse rimanere inutilizzato, si procederà allo smantellamento in blocchi più piccoli che verranno riciclati come rottami.

Prima dello smantellamento, si ritirerà in maniera completamente controllata la totalità dell'olio idraulico e lubrificante all'interno del moltiplicatore, così come i condotti e i filtri idraulici.

Sia gli oli che i filtri dell'olio si ricicleranno tramite un gestore autorizzato mediante processi di valorizzazione energetica.



Figura 3: moltiplicatore

### **L'asse di alta velocità**

L'asse di alta velocità gira approssimativamente a 1500 rpm e ciò consente il funzionamento del generatore elettrico. È dotato di un freno a disco di emergenza. È fabbricato in acciaio, ma viene protetto da una cassa metallica. La totalità dei componenti è fabbricata in acciaio e alla fine verranno riciclati come rottame.

L'asse lento, il moltiplicatore e l'asse di alta velocità formano il sistema di trasmissione. Come già si è detto questi componenti hanno tutti un alto grado di usura dovuto al loro movimento rotatorio continuo. Per questa ragione, quando questi componenti vengono smantellati sono destinati a diventare rottame.

Nel caso in cui qualche pezzo di questi componenti si trovi in buono stato si può pensare al loro riutilizzo in componenti simili.



**Figura 4: asse di alta velocità**

### **Il generatore**

Il generatore è l'elemento della turbina che ha il compito di convertire l'energia meccanica in energia elettrica. L'elettricità prodotta nel generatore viene convogliata dai cavi fino alla base della torre per essere trasformata (elevamento di tensione e abbassamento di corrente) e inviata alla rete.

I generatori elettrici si compongono principalmente di una carcassa e di un supporto interno di acciaio. All'interno di questa struttura si trova un avvolgimento di cavo di rame.

Tanto l'acciaio quanto il rame sono destinati al riciclaggio come rottame. Bisogna prestare particolare attenzione al recupero del rame, a causa del suo elevato costo sul mercato.



Figura 5: generatore

### **Motori di giro e riduttori**

Il meccanismo di posizionamento della turbina a favore di vento si realizza tramite movimento circolare. Si ottiene con dei motori e riduttori fissi alla gondola che fanno presa sull'ingranaggio della corona di orientamento della torre.

Il segnale di posizionamento corretto viene ricevuto dal sistema di controllo della turbina, grazie al rilevamento della direzione del vento effettuato dalla veletta e dall'anemometro installati in ogni turbina.

Sia i motori elettrici di giro sia i riduttori sono fabbricati in acciaio e ferro. Nel caso dei motori, grazie alla loro grande resistenza e durata, si possono utilizzare come ricambi in altre macchine simili.

D'altro canto, grazie alla loro compatibilità in altre applicazioni al di fuori del settore eolico, questi motori potranno essere utilizzati in un mercato di macchine usate.

Nel caso in cui tali componenti si trovino in forte stato di deterioramento verranno riciclati come rottame.



Figura 6: motori di giro e riduttori

### **Gruppo o sistema idraulico**

È composto da un gruppo di pressione, valvole di controllo e un sistema di condotti idraulici che distribuiscono il liquido idraulico (olio idraulico) tra il rotore e la navicella.

### **Gruppo di pressione**

Ha il compito di somministrare fluido idraulico ad una determinata pressione per consentire l'azionamento del sistema di captazione, orientazione e trasmissione. Lo stesso dispone di un deposito di azoto. Il sistema è fabbricato totalmente in acciaio e viene riciclato come rottame.

Nel caso in cui si trovi in buono stato potrà essere riutilizzato come ricambio.



Figura 7: gruppo di pressione

### **Condotti idraulici**

Canalizzano il fluido idraulico fino al punto di utilizzo nei componenti che si trovano sottoposti a movimenti continui di rotazione come rotore, assi, moltiplicatori, motori di giro e posizionamento dell'aerogeneratore.

Fondamentalmente ed in funzione delle esigenze tecniche, questi condotti sono fabbricati in polimeri sintetici e caucciù, ed alcuni sono rinforzati internamente con una maglia di filo d'acciaio. Dal momento che nel materiale e nella struttura sono molto simili agli pneumatici delle automobili, verranno valorizzati da un gestore autorizzato come combustibile energetico o come materia prima per la fabbricazione dell'arredo urbano.

### **Valvole di controllo**

Adattano la pressione e la portata del fluido idraulico che circola attraverso i differenti sistemi installati nella navicella.

Nella maggior parte dei casi sono fabbricati in acciaio ed altre leghe. Vengono inviate al riciclaggio come rottame.

### **Trasformatore**

Inizialmente si installava al di fuori dell'aerogeneratore, nelle vicinanze dello stesso. Attualmente, tuttavia, con l'aumento della potenza delle macchine, si installa all'interno della navicella.

I trasformatori sono costituiti da un'installazione di placche e avvolgimenti di piattini di rame. Essi, come parte del sistema elettrico dell'aerogeneratore, si devono considerare nel momento dell'eliminazione degli stessi in maniera controllata.

I materiali costituenti l'armatura e la carcassa esteriore verranno rottamati, così come il rame generato che si recupererà per la sua rifusione.



**Figura 8: trasformatore**

### **Telaio anteriore e posteriore**

Il telaio anteriore si compone di un pezzo e il telaio posteriore di due pezzi. Tutti questi pezzi si assemblano tra di loro per formare la base sulla quale si posiziona la totalità dei componenti meccanici, elettrici ed idraulici che formano la navicella.

Allo stesso modo, al telaio anteriore si assembla la corona di giro e gli ancoraggi di supporto alla torre di appoggio dell'aerogeneratore.

I telai sono fabbricati in acciaio meccanizzato saldato e la sua struttura è progettata specificatamente per il supporto della struttura della navicella, pertanto una volta arrivati alla fine della vita utile dell'aerogeneratore vengono riciclati come rottame.



Figura 9: telaio anteriore e posteriore

### **Carcassa**

Tutta la navicella si trova ricoperta dalla carcassa esteriore. Questa carcassa si compone generalmente di uno o due pezzi (inferiore e superiore).

Così come le pale, la carcassa è costituita da fibre di vetro, come componente principale, al quale si aggiungono le resine, pertanto si ottiene un materiale con una sufficiente resistenza strutturale ed isolamento contro la corrosione prodotta dai fenomeni meteorologici.

Visto che le necessità di resistenza strutturale sono molto minori per la carcassa rispetto a quelle richieste per le pale, il materiale della carcassa è più povero di fibra di vetro.

Come specificato in precedenza per le pale, per l'eliminazione di questi componenti prima di provvedere alla dismissione completa di un parco eolico, si pianificano due alternative per l'eliminazione o il riciclaggio delle carcasse che riducano l'impatto generato dall'eliminazione di queste strutture in una discarica di inerti.

Le principali alternative sono due:

1. *Valorizzazione* come combustibile e materia prima di processo nella produzione industriale di Cemento Clinker. Questo processo richiede un trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
2. *Riciclaggio* del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso il processo di separazione dei differenti componenti (processo di *pirolisi*). Attraverso questo processo si ottiene di nuovo la fibra di vetro da una parte e la resina dall'altra, sebbene la fibra di vetro recuperata in questa forma non conservi la totalità delle



proprietà iniziali. Infatti, per questa ragione, in funzione delle caratteristiche dei materiali recuperati, si determinano le vie di recupero degli stessi.

### **Componenti elettrici e di controllo**

In tutto l'aerogeneratore e, in particolare all'interno della navicella, si installa un elevato numero di cavi e dispositivi di controllo. Da un lato si trovano i cavi che convogliano l'energia generata all'esterno e dall'altro i cavi appartenenti al sistema di controllo dell'aerogeneratore.

Questi cavi connettono i differenti meccanismi all'unità di controllo dell'aerogeneratore, nella quale si gestiscono tutte le informazioni dei molteplici sensori installati.

La maggior parte dei cavi installati sono fabbricati in rame, sebbene si trovino anche cavi in alluminio. L'isolamento esterno nella maggior parte dei casi è in PVC, polietilene (PE) o altri polimeri.

Quasi tutto l'elettrodotto è recuperabile per il riutilizzo dei metalli, che risultano essere importanti visto che il rame e l'alluminio hanno un elevato valore di mercato.

Il processo per il recupero dell'elettrodotto è basato sulla triturazione iniziale del cavo e sulla separazione del conduttore metallico e dell'isolante plastico. La parte isolante di PVC e PE è sfruttabile in diverse applicazioni come materia prima per la fabbricazione di strumenti e applicazione per il giardinaggio, ecc.

Inoltre, si dovrà tenere conto di tutti quei componenti del sistema di controllo che sono fabbricati con piombo in una matrice di vetro o ceramica.

Allo stesso modo le lampade di scarica e gli schermi degli strumenti si dovranno gestire in maniera controllata, visto il contenuto di metalli pesanti come piombo e mercurio.

### **Minuteria**

Come la maggior parte dei componenti della navicella, gli elementi di assemblaggio, supporto, armatura di supporto della carcassa esterna, elementi di protezione dei componenti mobili sono fabbricati in acciaio, alluminio ed altre leghe.

Nel caso della dismissione del parco eolico il volume di questi piccoli pezzi sarà considerevole per cui si dovrà stabilire una metodologia o procedimento per lo stoccaggio e la gestione degli stessi. L'uso finale di questi componenti dovrà essere il riutilizzo come rottame per la sua rifusione successivamente allo stoccaggio degli stessi in funzione del materiale.

### **Oli ed altri liquidi refrigeranti (idraulici e meccanici)**

Gli oli meccanici vengono utilizzati principalmente per la lubrificazione degli elementi di giro, installati all'interno e all'esterno della navicella, come il rotore, l'asse principale ed il moltiplicatore.

L'olio del sistema idraulico si estende per quasi la totalità della navicella, attraverso condotti per l'azionamento dei vari sistemi installati.

Vista la composizione degli stessi, questi oli sono considerati pericolosi e la loro eliminazione è sottoposta a controllo: devono essere rimossi in forma controllata prima dell'inizio dei lavori di smontaggio di uno dei componenti o dello smantellamento dell'aerogeneratore.

Gli oli esausti, una volta recuperati adeguatamente, hanno la possibilità di essere reimpiegati come combustibile in impianti di generazione dell'energia.

I liquidi di refrigerazione devono essere, allo stesso modo, rimossi in maniera controllata specialmente quando contengano cromo esavalente. A causa della loro grande tossicità queste soluzioni saranno trattate in impianti speciali per l'eliminazione di componenti pericolosi.



## **Torri**

Le torri di sostegno ed i conci di fondazione di ancoraggio alla base degli aerogeneratori, si fabbricano interamente a partire dalle piastre di acciaio e, sia all'interno sia all'esterno, sono ricoperte da vari strati di pittura.

Le loro dimensioni e caratteristiche strutturali variano in funzione della potenza della macchina da installare. In generale le torri installate si compongono di 3/4 trami assemblati tra di loro ed ancorati alla base di cemento.

All'interno delle torri si installano vari componenti come scale, cavi elettrici di connessione dell'aerogeneratore, porta della torre e casse di connessione. Tali torri sono fabbricate con piastre di acciaio di spessore tra i 16 e i 36 mm, che alla fine sono ricoperte al loro esterno e al loro interno da strati di pittura per proteggerli dalla corrosione. All'interno delle torri si installano una serie di piattaforme, scale e linee di vita per l'accesso degli operai all'interno della navicella. Tali componenti sono fabbricati in acciaio o ferro galvanizzato visto che all'interno sono protetti dalla corrosione.



**Figura 10: interno di una torre**

Nel caso in cui questi componenti vengano smantellati, il loro riutilizzo nell'ambito nel settore eolico si presenta poco fattibile, a causa delle esigenze di resistenza strutturale che richiede l'installazione degli aerogeneratori. Allo stesso modo, i nuovi aerogeneratori installati richiedono strutture più grandi e resistenti, per cui non è fattibile lo sfruttamento di strutture obsolete.



Figura 11: torri

L'opzione più attuabile relativamente alla gestione finale dei trami che costituiscono le torri è il riciclaggio come rottame.

### **Base di calcestruzzo**

Tutti i modelli degli aerogeneratori si sostengono su una base monoblocco costruita con calcestruzzo armato e concio di fondazione di sostegno di acciaio.

La struttura è divisa in due blocchi di forma differenziata. Tutta la struttura varia le sue dimensioni in funzione del modello di aerogeneratore installato.

La fondazione, per il caso in oggetto, è costituita da un plinto su pali; il plinto ha un diametro pari a 23.00 m ed altezza variabile da 3.50 m (esterno gonna aerogeneratore) a 0.50 m (esterno plinto); i pali sono 12, di diametro pari 1.00 m e della lunghezza di 15.00 m.

Lo smantellamento della base dell'aerogeneratore coincide esclusivamente con lo smantellamento completo del parco. Per questi casi, come norma generale, si prevede la demolizione della fondazione per circa un metro di profondità. In tal caso si realizzerà il taglio della struttura metallica sporgente, poi si procederà all'estrazione con martello idraulico della parte superiore della fondazione costruita in calcestruzzo.

Come risultato si ottiene materiale di calcestruzzo mescolato a ferro appartenente all'armatura della piazzola. Per il taglio dei ferri dell'armatura si avrà bisogno di macchinari addetti al taglio.

Si ottiene, pertanto, una parte metallica composta dal concio di fondazione e dai resti dell'abbattimento della piazzola. Questa parte metallica è destinata al riciclo come rottame.

La base in calcestruzzo si può eliminare tramite il deposito in discarica dei rifiuti inerti o può essere riciclata come agglomerato per usi nelle costruzioni civili. In quest'ultimo caso, è meglio quando il volume generato dal rifiuto è elevato.



Figura 12: fondazione

### **Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici della sottostazione**

I cavi elettrici, sia quelli utilizzati all'interno dell'impianto eolico, sia quelli utilizzati all'esterno dell'impianto per permettere il collegamento con la sottostazione, sono posati tutti sotto il manto stradale esistente.

L'operazione di dismissione prevede le seguenti operazioni:

- scavo a sezione ristretta lungo la trincea dove sono stati posati i cavi,
- rimozione in sequenza di nastro segnalatore, tubo corrugato, tegolino protettivo, conduttori;
- rimozione dello strato di sabbia cementato e asfalto ove presente.

Dopo aver rimosso in sequenza i materiali, saranno ripristinati i manti stradali utilizzando il più possibile i materiali di risulta dello scavo stesso.

Naturalmente, dove il manto stradale sarà di tipo sterrato sarà ripristinato allo stato originale mediante un'operazione di costipatura del terreno, mentre dove il manto stradale è in materiale asfaltato sarà ripristinato l'asfalto asportato.

I materiali da smaltire sono relativi ai componenti prima descritti, ovvero escludendo i conduttori che hanno un loro valore commerciale, restano da eliminare il nastro segnalatore, il tubo corrugato, la coppella protettiva, i pozzetti di ispezione ed i materiali edili di risulta dello scavo e precisamente la sabbia cementata e l'asfalto, se presente.

La sottostazione è costituita da un manufatto edilizio che prevede un piazzale con recinzione ed area verde, e sala quadri. Dentro il piazzale saranno disposte le apparecchiature per esterno e relative al livello di tensione 150 kV e dentro la sala quadri saranno poste le apparecchiature a media tensione e tutti i quadri di segnalazione, controllo e comando.

Per il ripristino bisogna considerare la rimozione dei quadri elettrici e di tutte le apparecchiature elettromeccaniche relative al livello di tensione 150 kV. In particolare saranno smontati i trasformatori di misura amperometri, quelli volumetrici, il sezionatore e l'interruttore. Sarà asportato inoltre il trasformatore MT/AT.

Sarà abbattuta la recinzione di protezione e trasportati a discarica i residui. Le parti delle fondazioni relative alle apparecchiature elettromeccaniche saranno ricoperte con terreno vegetale. Saranno altresì rimosse le pavimentazioni in calcestruzzo presenti sul piazzale e trasportate presso discariche autorizzate.

## 2 Dettagli riguardanti lo smaltimento dei componenti

### Descrizione delle opere di dismissione

Le azioni che verranno intraprese sono le seguenti:

- *Rimozione degli aerogeneratori.* Questa operazione verrà eseguita da ditte specializzate, preposte anche al recupero dei materiali. Infatti, un indubbio vantaggio degli impianti eolici è rappresentato dalla natura delle opere principali che li compongono, essendo in prevalenza costituite da elementi in materiale metallico facilmente riciclabile o riutilizzabile. Le torri degli aerogeneratori, comprese le parti elettriche, saranno smontate e ridotte in pezzi per consentirne il trasporto e lo smaltimento presso specifiche aziende di riciclaggio.
- *Demolizione di porzioni di platee di fondazioni degli aerogeneratori* emergenti rispetto alla quota del piano di campagna, con trasporto a discarica del materiale in calcestruzzo di risulta.
- *Sistemazione piazzole a servizio degli aerogeneratori.* Per le piazzole sono previsti i seguenti interventi:
  - *rimozione* di parte del terreno di riporto per le piazzole in rilevato. Il materiale di risulta sarà utilizzato per riprofilature e ripristini fondiari;
  - *disfacimento* della pavimentazione, costituita da uno strato di fondazione con misto granulare naturale di 30 cm e dal soprastante strato di misto artificiale di cm 20, per le piazzole in sterro. Trasporto a discarica del materiale;
- *rinverdimento* con formazione di un tappeto erboso con preparazione meccanica del terreno erboso, concimazione di fondo, semina manuale o meccanica di specie vegetali autoctone.
- *Rimozione della sottostazione elettrica.* La stazione di trasformazione del parco eolico sarà dismessa, fatto salvo il caso in cui detta sottostazione possa essere utilizzata da altri produttori di energia elettrica, di concerto con il gestore della RTN, o trasferita al gestore della rete stesso negli asset della RTN, per sua espressa richiesta. Verranno pertanto smontati e smaltiti tutti gli apparati elettromeccanici e demolite le parti superiori delle fondazioni con successivo invio a discarica autorizzata. Infine, verrà intrapresa un'azione di rinverdimento dell'area.

### Quantificazione delle opere di dismissione

La destinazione finale dei componenti derivanti dallo smantellamento di ogni aerogeneratore dipenderà dalle caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti e dal loro stato di conservazione finale. La valutazione finale terrà conto di questi due fattori:

1. i tempi di riutilizzo dei materiali che costituiscono questi componenti;
2. valutazione dei componenti nel mercato attuale;

sarà pertanto il bilancio economico ottenuto alla fine della gestione che determinerà la destinazione finale di ognuno dei componenti dell'aerogeneratore.

Le possibilità di gestione dei componenti sono le seguenti:

- *riutilizzo* dei componenti in buono stato e garanzia di funzionamento in macchine simili o con componenti simili;



- *riutilizzo* di componenti e/o macchine intere ed in buono stato per la vendita ai Paesi di maggiore esigenza tecnologica e minore possibilità economica e successiva installazione per continuare il processo produttivo;
- *riciclaggio* dei componenti che grazie al loro materiale e alla loro valutazione economica rendono possibile la loro trasformazione per altri usi;
- *valorizzazione* dei componenti che per le loro dimensioni, forma o struttura rendono impossibile una gestione vantaggiosa degli stessi per cui si effettuano operazioni di adeguamento del componente per facilitarne la gestione;
- *eliminazione*, si tratta dell'ultima delle operazioni di gestione ed è indicata per quei componenti per i quali non si dispone di una via di approvvigionamento o che, per la loro natura pericolosa, devono essere eliminati in maniera controllata.

### **Riciclaggio di materiali ferrosi in forni di Arco Elettrico**

Il materiale e i componenti elettrici, anche se in minore proporzione, rivestono una grande importanza nel bilancio economico finale della gestione dell'intero aerogeneratore.

Da un lato, la maggior quantità si trova nel cavidotto di potenza e di connessione dei diversi strumenti, realizzato in rame e alluminio.

La via di gestione per questi componenti è il riciclaggio attraverso i processi di rifusione dei metalli, dopo aver separato il materiale plastico che forma l'isolante.

Il processo di riciclaggio di questi componenti ha un alto rendimento e il prodotto finale ottenuto è di alta qualità ed è utilizzabile in tutte le applicazioni.

Dall'altro lato, all'interno dei componenti elettrici si trovano i pannelli di controllo, gli schermi, la circuiteria e uno svariato numero di componenti specifici. Il riciclo di questi componenti si realizza sia a partire dal componente completo, sia a partire dal triturato.

Il valore di questo materiale si trova in metalli come il rame, lo stagno, il piombo, l'oro, il platino, che si trovano in diverse proporzioni e che apportano un alto valore aggiunto alla gestione.

Il processo per il riciclaggio di questi componenti elettrici consiste nella rifusione del materiale bruto utilizzando il materiale plastico come combustibile per raggiungere una maggiore temperatura e come agente riduttore, così come da composto organico viene distrutto nella combustione.

A causa della differente composizione dei metalli, il materiale fuso viene sottoposto ad una serie di diversi processi nei quali si separeranno tutti i metalli. Alla fine ogni metallo ottenuto dalla forma bruta viene sottoposto ad un processo di raffinazione attraverso il quale si possono raggiungere elevati gradi di purezza fino al 98%.

### **Compositi nella produzione di cemento**

Le plastiche rinforzate con fibre minerali (compositi) possono essere introdotte nel processo di produzione del cemento Clinker. La ragione dell'introduzione dei compositi in questo processo è dovuta alla loro composizione. Da una parte, quando il materiale utilizzato come rinforzo è la fibra di vetro, questa parte inorganica formata fundamentalmente da composti di silicio sostituisce le materie prime naturali di silicio, alluminio e calcio.

I restanti elementi che costituiscono il composito sono costituiti esclusivamente da composti organici che contribuiscono come combustibili, agendo da forma di energia necessaria per parte del processo di produzione del Clinker.





La parte organica dei composti varia dal 10% al 70%. L'utilizzo dei composti come fonte di energia o come materia prima minerale dipenderà da aspetti puramente quantitativi e da parametri fisici e chimici che controllano il processo.

Dal punto di vista ambientale e del recupero dei rifiuti, la via di valorizzazione attraverso il processo del Clinker sembra essere la forma più positiva. In tal senso, al completamento della gestione attraverso la via del Clinker, si produrranno unicamente emissioni in atmosfera provenienti dalla combustione dei componenti organici.

Il resto del materiale non sottoposto a combustione si incorpora nel materiale del Clinker.

### **Riciclaggio dei materiali e dei componenti elettrici**

Il materiale e i componenti elettrici, anche se in minore proporzione, rivestono una grande importanza nel bilancio economico finale della gestione dell'intero aerogeneratore.

Da un lato, la maggior quantità si trova nel cavidotto di potenza e di connessione dei diversi strumenti, realizzato in rame e alluminio. La via di gestione per questi componenti è il riciclaggio attraverso i processi di rifusione dei metalli, dopo aver separato il materiale plastico che forma l'isolante. Il processo di riciclaggio di questi componenti ha un alto rendimento e il prodotto finale ottenuto è di alta qualità ed è utilizzabile in tutte le applicazioni.

Dall'altro lato, all'interno dei componenti elettrici si trovano i pannelli di controllo, gli schermi, la circuiteria e uno svariato numero di componenti specifici. Il riciclo di questi componenti si realizza sia a partire dal componente completo, sia a partire dal triturato. Il valore di questo materiale si trova in metalli come il rame, lo stagno, il piombo, l'oro, il platino, che si trovano in diverse proporzioni e che apportano un alto valore aggiunto alla gestione. Il processo per il riciclaggio di questi componenti elettrici consiste nella rifusione del materiale bruto utilizzando il materiale plastico come combustibile per raggiungere una maggiore temperatura e come agente riduttore, così come da composto organico viene distrutto nella combustione. A causa della differente composizione dei metalli, il materiale fuso viene sottoposto ad una serie di diversi processi nei quali si separeranno tutti i metalli. Alla fine, ogni metallo ottenuto dalla forma bruta viene sottoposto ad un processo di raffinazione attraverso il quale si possono raggiungere elevati gradi di purezza fino al 98%.

### **Mercati emergenti degli aerogeneratori usati**

La tecnologia si è evoluta a tal punto negli ultimi anni che, allo stato attuale, gli aerogeneratori hanno una potenza 30 volte superiore rispetto ai loro "antenati" di 2 decenni fa e i proprietari dei parchi stanno operando il ripotenziamento con macchine di ultima generazione per modernizzare le loro installazioni. Tuttavia, la stragrande maggioranza delle "vecchie" macchine continua a funzionare perfettamente, il che sta dando vita ad un mercato eolico di seconda mano vedendo nei paesi con economie emergenti il suo principale cliente. Parliamo dell'Est europeo e anche del Sud Est asiatico.

Il prezzo ridotto di questi componenti li rende estremamente appetibili nei paesi che si addentrano in queste tecnologie.

Allo stato attuale questo mercato si realizza attraverso le imprese che operano tramite i portali su internet. Le macchine vengono vendute con tutte le garanzie necessarie, infatti vengono fornite dettagliate indicazioni sui dati tecnici e fotografie che mostrano il loro stato di conservazione.





Questo mercato, d'altronde, ha l'incertezza relativa al rischio che hanno le macchine di aver avarie ed altri problemi nella loro nuova ubicazione, soprattutto se le condizioni dei nuovi siti di installazione sono diverse dalle precedenti.

Questa opzione, nonostante sia poco sviluppata attualmente, offrirebbe una grande convenienza per quegli aerogeneratori che, essendo in buono stato, potrebbero essere riutilizzati.

### **Smantellamento degli aerogeneratori**

Una volta conclusa la vita utile del parco si procede a ritirare tutti i componenti dell'aerogeneratore partendo dalle pale fino ad arrivare alle torri. La tecnica di smantellamento dei componenti è simile alle operazioni di montaggio, ma con una sequenza inversa.

Nel caso in cui venga richiesta la rigenerazione completa dello spazio dove era installato il parco si procederà al ritiro della parte superficiale della base dell'aerogeneratore.

Lo smantellamento di un aerogeneratore consiste nel ritiro dei componenti vecchi dall'area di installazione del parco. Come per il montaggio, il ritiro dei componenti più voluminosi si realizza attraverso trasporti speciali.

### **Procedimento di smantellamento**

Qui di seguito verranno elencati gli strumenti necessari per smontare totalmente un aerogeneratore di altezza massima al mozzo di 100 m:

- n. 1 gru principale tralicciata modello da 350 e 450 tonnellate;
- N. 2 gru idrauliche di carico da 90 tonnellate;
- camion con braccio da 12 tonnellate con piattaforma.

L'operazione di smantellamento di tutti i componenti dell'aerogeneratore, tranne la base costruita, necessita di 8 operai più un supervisore.

### **Procedimento di smontaggio**

Così come durante il processo di montaggio di tutti i componenti dell'aerogeneratore, anche nel caso dello smontaggio si procede con gru e operai.

Precedentemente e durante la realizzazione dei lavori si prenderanno tutte quelle misure preventive per la realizzazione del lavoro nella massima sicurezza per gli operai.

Inoltre, si prenderanno tutte quelle misure preventive relativamente ai liquidi potenzialmente contaminati.

Qui di seguito un elenco passo dopo passo delle operazioni di smantellamento:

1. ritiro dei cavi di rete e di connessione, quadri e armadi;
2. ritiro dei liquidi, oli idraulici e condotti di trasmissione degli stessi;
3. smontaggio dell'asse di Pitch;
4. smontaggio del rotore dalla navicella per poi essere posta in terra;
5. una volta a terra, si realizza lo smontaggio delle bielle del rotore;
6. smontaggio delle pale dal rotore;
7. smontaggio della navicella dalla torre, carico e trasporto;
8. smontaggio dei trami che compongono la torre, dei pezzi di snodo dalla base, carico e trasporto.



Nel caso in cui sia richiesto il restauro dell'area di installazione degli aerogeneratori sarà necessario, a seconda dei casi, ritirare in parte o totalmente le fondazioni. Il ritiro della struttura di calcestruzzo e ferro si realizza con macchinari pesanti, come martelli e cesoie idrauliche. Il primo passo è l'abbattimento della mole di calcestruzzo e ferro utilizzando martelli idraulici, così da ottenere la frammentazione del materiale.



**Figura 13: trivellazione**

Il passo seguente sarà il taglio, mediante cesoie idrauliche, dei cavi di ferro forgiato, in modo tale che si possano separare ed essere facilmente maneggiabili. Una volta realizzato questo processo ci sono due opzioni per il ritiro e la gestione dei residui provenienti dalla demolizione:

1. *caricamento* diretto sul camion dei rifiuti generati per poterli trasportare ad un gestore autorizzato;
2. *valorizzazione* del rifiuto in sito attraverso impianti mobili di riciclaggio dei rifiuti di calcestruzzo e ferro forgiato.



Figura 14: demolizione

#### **Ritiro del materiale smantellato**

Sia nelle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, sia durante lo sfruttamento del parco, sia nella fase di smantellamento finale dello stesso, alla fine della sua vita utile, una volta che si sia sostituito o smantellato integralmente il parco o parte dei componenti dell'aerogeneratore, si procederà al ritiro in maniera controllata dell'area di installazione del parco. Questa attività si realizzerà con mezzi uguali a quelli utilizzati per il montaggio iniziale. Il trasporto dei componenti ritirati deve coordinarsi il più possibile con il trasporto dei nuovi componenti per la sostituzione dei vecchi, per i RETROFITS compiuti durante la vita dell'aerogeneratore.

Quando l'obiettivo è lo smantellamento totale del parco e l'eliminazione di tutti gli aerogeneratori, è necessario prestare particolare attenzione alla gestione dei trasporti. Considerato l'elevato costo dei trasporti speciali è necessario applicare misure aggiuntive che permettano di minimizzare al massimo il costo di questa operazione.

La minimizzazione dell'impiego dei trasporti speciali si realizza intervenendo sui componenti da trasformare, nel limite del possibile si ridurrà il volume e le dimensioni dei componenti, in accordo con le proprie caratteristiche materiali e strutturali e, per ultimo, in funzione della destinazione finale che si sia decisa (eliminazione, ripristino o riciclo).

#### **Selezione e separazione dei componenti ritirati**

Il ritiro di uno o più componenti generati sia in operazioni di manutenzione sia di smantellamento degli aerogeneratori, il cui destino sia l'eliminazione come rifiuti, si realizzerà in funzione delle caratteristiche materiali e in accordo a quanto stabilito dalla normativa vigente.



Come in tutto il sistema di gestione dei rifiuti, l'identificazione, la selezione e la separazione di ognuno dei componenti o rifiuti generati saranno operazioni necessarie per una gestione efficace. Queste operazioni si realizzeranno durante la manutenzione, nello sfruttamento ed in particolar modo durante lo smantellamento finale dell'aerogeneratore.

In base ai dati che descrivono le caratteristiche per ognuno dei componenti o gruppo di componenti, si realizzerà una classifica dei componenti stessi. I componenti si classificheranno in base alla naturalezza del materiale nel quale sono fabbricati.





### **3 Conferimento del materiale di risulta agli impianti all'uopo deputati dalla normativa di settore per lo smaltimento o per il recupero.**

Nell'ambito territoriale afferente alle opere di progetto, è stata condotta un'indagine mirata ad individuare i possibili siti di discarica autorizzata utilizzabili per la dismissione del parco eolico.

Per quanto riguarda le discariche si è fatto riferimento all'elenco degli impianti autorizzati presenti nel territorio regionale e censiti nel Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti "DECRETO PRESIDENZIALE 12 marzo 2021, n. 8 - Regolamento di attuazione dell'art. 9 della legge regionale 8 aprile 2010, n. 9. Approvazione del Piano regionale per la gestione dei rifiuti urbani in Sicilia".

Tutto ciò che non verrà inviato a discarica verrà consegnato a gestori autorizzati che provvederanno al conferimento degli stessi presso impianti di recupero dei rifiuti specificati precedentemente.

#### **Costi**

La maggior parte dell'area del parco è già attualmente destinata ad attività legate alla agricoltura e non subirà modifiche nella sua destinazione d'uso, sia per ciò che concerne la fase di esercizio dell'impianto eolico che per la fase di dismissione.

Inoltre, come già detto, gran parte dei materiali di risulta provenienti dalle operazioni di dismissione sono riutilizzabili e questo comporta la possibilità di ridurre i costi del ripristino allo stato originario.

A seguire si riporta una stima dei costi di dismissione dell'impianto, in considerazione del fatto che non è possibile realizzare un calcolo dettagliato del costo relativo allo smaltimento di tutti i componenti, dipendendo lo stesso dallo stato in cui si troveranno le apparecchiature ed i cavi alla fine della vita utile del parco eolico.



## 4 Dettagli riguardanti il ripristino dello stato dei luoghi e i relativi costi

Gli obiettivi principali di questa forma riabilitativa sono i seguenti:

- *riabilitare*, mediante attenti criteri ambientali, le zone soggette ai lavori che hanno subito una modifica rispetto alle condizioni pregresse;
- *consentire* una migliore integrazione paesaggistica dell'area interessata dalle modifiche.

Per il compimento degli obiettivi sopra citati il programma dovrà contemplare i seguenti punti:

- si dovrà porre particolare cura nella scelta delle tecniche di semina e di piantumazione, con riferimento alle condizioni edafiche ed ecologiche del suolo che si intende ripristinare;
- si dovrà procedere alla selezione di personale tecnico specializzato per l'intera fase di manutenzione necessaria durante il periodo dei lavori di riabilitazione.

Le azioni necessarie per l'attuazione di tali obiettivi sono le seguenti.

- *Trattamento dei suoli*: le soluzioni da adottare riguardano la stesura della terra vegetale e la preparazione del suolo secondo le tecniche classiche. Il carico e la distribuzione della terra si realizza generalmente con una pala meccanica e con camion da basso carico, che la scaricheranno nelle zone d'uso. Quando le condizioni del terreno lo permettono si effettueranno passaggi con un rullo prima della semina. Queste operazioni si rendono necessarie per sgretolare eventuali ammassi di suolo e per prepararlo alle fasi successive.
- *Opere di semina di specie erbacee*: una volta terminati i lavori di trattamento del suolo si procede alla semina di specie erbacee con elevate capacità radicanti in maniera tale da poter fissare il suolo. In questa fase è consigliata, per la semina delle specie erbacee, la tecnica dell'idrosemina. In particolare, si consiglia di adottare un manto di sostanza organica triturrata (torba e paglia), spruzzata insieme ad un legante bituminoso ed ai semi; tale sistema consente un'immediata protezione dei terreni ancor prima della crescita delle specie seminate ed un rapido accrescimento delle stesse. Questa fase risulta di particolare importanza ai fini di:
  - a. mantenere una adeguata continuità della copertura vegetale circostante;
  - b. proteggere le superfici rese più sensibili dai lavori di cantiere e dall'erosione;
  - c. consentire una continuità dei processi pedogenetici, in maniera tale che si venga a ricostituire un orizzonte organico superficiale che permetta successivamente la ricolonizzazione naturale senza l'intervento dell'uomo.

L'evoluzione naturale verso forme più evolute di vegetazione (arbustive e successivamente arboree) può avvenire in tempi medio-lunghi a beneficio della flora autoctona. Per questo motivo le specie erbacee selezionate dovranno essere caratterizzate da una crescita rapida, una capacità di rigenerazione elevata, "rusticità" elevata e adattabilità a suoli poco profondi e di scarsa evoluzione pedogenetica, sistema radicale potente e profondo ad alta proliferazione. Per realizzare un'alta percentuale di attecchimento delle specie, dovranno essere adottate misure particolarmente rigorose quali la delimitazione delle aree di semina ed il divieto di accesso e/o controllo di automezzi



e personale. La scelta delle specie da adottare per la semina dovrà comunque essere indirizzata verso le essenze autoctone e già presenti nell'area di studio.

Per la scelta delle tecniche e delle specie da adottare sono stati seguiti i seguenti tre criteri:

1. obiettivo primario degli interventi;
2. ecologia delle specie presenti;
3. ecologia delle specie da inserire e provenienza (biogeografia) delle stesse.

L'ecologia delle specie presenti è stata dedotta dallo studio delle associazioni vegetali presenti nell'area. È infatti chiaro come l'ecologia delle specie presenti sia espressione delle condizioni stagionali. Poiché, nelle opere di sistemazione previste, dovranno essere impiegate unicamente specie vegetali che si trovano su stazioni analoghe, la successiva scelta sulle specie da adottare è possibile mediante l'analisi sulla vegetazione. Le associazioni individuate nell'area soggetta ad indagine mostrano una certa variabilità nei gradienti ecologici, che pone la progettazione del verde di fronte a scelte che mirino a obiettivi polifunzionali.

L'ecologia delle specie da inserire dovrà essere molto simile a quella delle specie già presenti. Non saranno dunque ammissibili scelte di specie con le seguenti caratteristiche:

- specie invasive con forti capacità di espansione in aree degradate;
- specie alloctone con forte capacità di modifica dei gradienti ecologici;
- specie autoctone ma non proprie dell'ambiente indagato.

Inoltre, poiché si lavorerà su aree prodotte artificialmente e/o su aree fortemente modificate dall'uomo, sprovviste spesso di uno strato umifero superficiale e dunque povero di sostanze nutritive, è chiaro che in tali condizioni estreme sia consigliabile utilizzare solo associazioni pioniere, compatibili dal punto di vista ecologico. Tali associazioni dovranno rispondere inoltre alle seguenti caratteristiche:

- larga amplitudine ecologica;
- facoltà di colonizzare terreni grezzi di origine antropogenica e capacità edificatrici;
- resistenza alla sollecitazione meccanica;
- azione consolidante del terreno.

Nella scelta delle metodiche da adoperare si è dunque dovuto far fronte a tutte le esigenze sopra riportate. Per tale motivo e seguendo la sistematica introdotta da Schiechl (1973) che prevede quattro differenti tecniche costruttive (interventi di rivestimento, stabilizzanti, combinati, complementari), sono stati scelti interventi di rivestimento in grado di proteggere rapidamente il terreno dall'erosione superficiale mediante la loro azione di copertura esercitata sull'intera superficie.

- *Interventi di rivestimento*: l'utilizzo di interventi di rivestimento permetterà un'azione coprente e protettiva del terreno. In questo caso, l'impiego di un gran numero di piante, di semi o di parti vegetali per unità di superficie, permette la protezione della superficie del terreno dall'effetto dannoso delle forze meccaniche. Inoltre, tali interventi, permetteranno un miglioramento del bilancio dell'umidità e del calore favorendo dunque lo sviluppo delle specie vegetali. Tali interventi sono inoltre mirati, ad una rapida protezione delle superfici spoglie. Per l'esecuzione di tali interventi sarà scelta la metodica dell'idrosemina. Infatti, nei terreni particolarmente poveri di sostanze nutritive e facilmente erodibili dalle acque meteoriche, l'idrosemina, adottata in periodi umidi (autunno), si rivela un'ottima metodica per la protezione di





tali aree. Il materiale da adottare è un prodotto in miscuglio pronto composto da semente, concimi, sostanze di miglioramento del terreno, agglomerati e acqua. La miscela prevede differenti dosi per ettaro che verranno adeguatamente scelte in fase di realizzazione delle opere di rinverdimento. Qualora si osservi una crescita troppo lenta, rada o nulla si dovrà procedere ad un nuovo trattamento in modo da evitare un'eccessiva presenza delle aree di radura. Inoltre, almeno nei primi due-tre mesi verrà interdetto qualsiasi passaggio sulle aree trattate, che eventualmente dovranno essere recintate, e che andranno protette con frammenti di paglia sparsi da appositi macchinari;

- **Manutenzione:** le operazioni di manutenzione e conservazione dovranno perseguire prevalentemente l'obiettivo di funzionalità ed estetica. In particolare, si dovrà mantenere una copertura vegetale continua così da prevenire ogni forma di erosione e si dovrà limitare il rischio di incendi e la loro propagazione. Infine, sarà necessario evitare un'antropizzazione delle forme di vegetazione per errata gestione nelle semine, per questo motivo è importante ribadire il concetto della semina casuale visto precedentemente.





## Allegati





## 5 Cronoprogramma delle fasi attuative di dismissione

ATTIVITA' LAVORATIVE	OPERAZIONI DI DISMISSIONE											
	1° MESE		2° MESE		3° MESE		4° MESE		5° MESE		6° MESE	
SMONTAGGIO DELLE TORRI	■	■	■	■								
DEMOLIZIONE DELLE FONDAZIONI DELLE TORRI					■	■	■	■				
TRASPORTO A DISCARICA DEL MATERIALE DI RISULTA DELLE FONDAZIONI								■	■			
DEMOLIZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE E RIMOZIONE DELLE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE									■	■		
TRASPORTO A DISCARICA DEL MATERIALE DI RISULTA DELLA SOTTOSTAZIONE											■	
SFILAGGIO CAVI	■	■	■	■								
RIPRISTINI AMBIENTALI										■	■	■





## **6 Computo metrico delle operazioni di dismissione**

---

Di seguito il computo di dismissione dell'impianto.



Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>R I P O R T O</b>							
	<b>LAVORI A CORPO</b>							
1 N.P.1	Lavori di smobilizzo degli aerogeneratori compreso: - manodopera specializzata; - nolo di autocarri e gru; - trasporto del materiale di risulta in idonei impianti per il riciclo delle materie prime. 7 aerogeneratori					7,00		
	SOMMANO cadauno					7,00	60'000,00	420'000,00
2 21.01.03.001	Demolizione di calcestruzzo di cemento armato, compresi il taglio dei ferri e il carico del materiale di risulta sul cassone di raccolta, escluso il trasporto a rifiuto. eseguito con mezzo meccanico o con utensile elettromeccanico Colletti + parte sommitale plinti aerogeneratori (Volume unitario=30mc)	7,00			30,000	210,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					210,00	410,07	86'114,70
3 01.03.02	Demolizione vuoto per pieno di fabbricati o residui di fabbricati, in ambito extraurbano, la cui superficie laterale libera o accessibile ai mezzi meccanici risulti superiore al ... sicurezza. Escluso l'eventuale onere di accesso alla discarica, da compensarsi a parte. - per ogni m <sup>3</sup> vuoto per pieno Sottostazione-Piano fuoriterra-Edificio di controllo	65,00			3,200	208,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					208,00	11,70	2'433,60
4 23.01.03	Compenso per rinterro o ricolmo degli scavi di cui agli artt.1.1.5, 1.1.6, 1.1.7, 1.1.8, 23.1.1.1 e 23.1.1.2 con aggregati riciclati, rispondenti alle caratteristiche di c ... cm, bagnatura e necessari ricarichi ed i movimenti dei materiali per quanto sopra, sia con mezzi meccanici che manuali.  Vedi voce n° 2 [m <sup>3</sup> 210.00]					210,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					210,00	10,30	2'163,00
5 01.03.05	trasporto di materie provenienti dalle demolizioni di cui alla voce 1.3.1 - 1.3.2 - 1.3.3 a rifiuto alle discariche del Comune in cui si eseguono i lavori o alla discarica del com ... periori a 5 km, escluso l'eventuale onere di accesso alla discarica da compensarsi a parte. - per ogni m <sup>3</sup> e per ogni km Vedi voce n° 2 [m <sup>3</sup> 210.00] Vedi voce n° 3 [m <sup>3</sup> 208.00]	15,00 15,00				3'150,00 3'120,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup> x km					6'270,00	0,42	2'633,40
6 21.01.25	Trasporto alle pubbliche discariche del comune in cui si eseguono i lavori o nella discarica del comprensorio di cui fa parte il comune medesimo o su aree autorizzate al conf ... i autocarri a cassone scarrabile, compreso il nolo del cassone, esclusi gli oneri di conferimento a discarica. Vedi voce n° 2 [m <sup>3</sup> 210.00] Vedi voce n° 3 [m <sup>3</sup> 208.00]	5,00 5,00				1'050,00 1'040,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					2'090,00	32,26	67'423,40
7 01.04.04	Taglio di pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso di qualsiasi spessore per la esecuzione di scavi a sezione obbligata, eseguito con idonee macchine in modo da la ... o ogni onere e magistero per dare l'opera eseguita a perfetta regola d'arte. - per							
	<b>A R I P O R T A R E</b>							580'768,10

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>R I P O R T O</b>							580'768,10
8	ogni m di taglio effettuato T2-SET		5724,00			5'724,00		
	SOMMANO m					5'724,00	3,62	20'720,88
01.01.05.002	Scavo a sezione obbligata, per qualsiasi finalità, per lavori da eseguirsi in ambito extraurbano, eseguito con mezzo meccanico fino alla profondità di 2,00 m dal piano di riferimento e sarà rideterminato con le stesse modalità ogni qualvolta sarà riscontrata variazione delle classi di resistenza							
	T7-A		1237,00	0,500	1,200	742,20		
	T6-B		951,00	0,500	1,200	570,60		
	T5-C		1391,00	0,500	1,200	834,60		
	T3-D		757,00	0,500	1,200	454,20		
	T4-D		736,00	0,500	1,200	441,60		
	T1-D		266,00	0,500	1,200	159,60		
	D-E		999,00	0,500	1,200	599,40		
	T2-SET		120,00	0,500	1,200	72,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					3'874,20	12,70	49'202,34
9	Rimozione nastro segnalatore, tubo corrugato, tegolino protettivo							
N.P.2	Tracciato T7-A		1237,00			1'237,00		
	Tracciato T6-B		951,00			951,00		
	Tracciato T5-C		1391,00			1'391,00		
	Tracciato T3-D		757,00			757,00		
	Tracciato T4-D		736,00			736,00		
	T1-D		266,00			266,00		
	D-E		999,00			999,00		
	T2-SET		5844,00			5'844,00		
	SOMMANO m					12'181,00	1,50	18'271,50
10	Sfilaggio cavi elettrici e trasporto presso ditta specializzata per il suo smaltimento e riuso. Sono compresi tutti gli oneri necessari per lo smontaggio ed il trasporto presso ditta autorizzata							
N.P.3	Vedi voce n° 8 [m <sup>3</sup> 3 874.20]					3'874,20		
	SOMMANO m					3'874,20	3,00	11'622,60
11	trasporto di materie, provenienti da scavi – demolizioni, a rifiuto alle discariche del Comune in cui si eseguono i lavori o alla discarica del comprensorio di cui fa parte il comune							
01.02.05.001	– 1.1.1 – 1.1.2 – 1.1.3 – 1.1.5 – 1.1.8 – 1.3.4 - 1.4.1.2 - 1.4.2.2 -1.4.3 eseguiti in ambito extraurbano							
	Impianto di recupero per fresato di asfalto 15 km							
	T2-SET	15,00	5724,00	0,500	0,070	3'005,10		
	SOMMANO m <sup>3</sup> x km					3'005,10	0,53	1'592,70
12	Trasporto alle pubbliche discariche del comune in cui si eseguono i lavori o nella discarica del comprensorio di cui fa parte il comune medesimo o su aree autorizzate al conferimento a discarica.							
21.01.25	1,6 tonn/mc							
	T2-SET	0,17	5724,00	0,070		68,12		
	<b>A R I P O R T A R E</b>					68,12		682'178,12

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>R I P O R T O</b>					68,12		682'178,12
	SOMMANO m <sup>3</sup>					68,12	32,26	2'197,55
13 01.02.04	Compenso per rinterro o ricolmo degli scavi di cui agli artt. 1.1.5, 1.1.6, 1.1.7 e 1.1.8 con materiali idonei provenienti dagli scavi, accatastati al bordo del cavo, compresi spia ... ed i movimenti dei materiali per quanto sopra, sia con mezzi meccanici che manuali - per ogni m <sup>3</sup> di materiale costipato Vedi voce n° 8 [m <sup>3</sup> 3 874.20]					3'874,20		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					3'874,20	3,87	14'993,15
14 06.01.02.001	Fondazione stradale eseguita con misto granulometrico avente dimensione massima degli elementi non superiore a 40 mm, passante a 2 mm compreso tra il 20% ed il 40%, passante ... a spessore finito dopo costipamento e per distanza dalle cave di prestito fino a 5 km. per strade in ambito extraurbano Vedi voce n° 9 [m 12 181.00]					12'181,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					12'181,00	28,04	341'555,24
15 06.01.06.001	Conglomerato bituminoso chiuso per strato di usura di pavimentazioni stradali in ambito extraurbano (strade di categoria A, B, C, D e F extraurbana del CdS), ... 7% di quella determinata nello studio Marshall. per strade in ambito extraurbano - per ogni m <sup>2</sup> e per ogni cm di spessore  Vedi voce n° 7 [m 5 724.00]					5'724,00		
	SOMMANO m <sup>2</sup> /cm					5'724,00	2,19	12'535,56
16 N.P.4	Rimozione apparecchiature elettromeccaniche sottostazione SET					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	30'000,00	30'000,00
17 N.P. 5	Trasporto e conferimento ad impianto di recupero di misto granulare naturale 7 piazzole	7,00	1340,00		0,500	4'690,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					4'690,00	50,00	234'500,00
18 01.08.02.001	Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate. Fornitura e stesa di terreno vegetale per aiuolazione verde e per rivestimento scarpate in trincea, proven ... ra non sia stato possibile il diretto trasferimento dallo scavo al sito di collocazione definitiva. fornito dall'impresa Piazzola SET	7,00	1490,00		0,500	5'215,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>	7,00	850,00		0,500	2'975,00		
	SOMMANO m <sup>3</sup>					8'190,00	17,60	144'144,00
	<b>Parziale LAVORI A CORPO euro</b>							1'462'103,62
	-----							
	<b>A R I P O R T A R E</b>							1'462'103,62

