



REGIONE
CALABRIA



PROVINCIA DI
CATANZARO



COMUNE DI
SIMERI CRICHI



COMUNE DI
CATANZARO

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto definitivo per la realizzazione del parco eolico "ROCCANI" e relative opere connesse nei comuni di SIMERI CRICHI (CZ) e CATANZARO

Titolo elaborato

Progetto di dismissione dell'impianto

Codice elaborato

OW320190200201BW1GL93001

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

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)



Gruppo di lavoro

dott.for. Luigi ZUCCARO
ing. Alessandro Carmine DE PAOLA
ing. Giuseppe MANZI
ing. Mariagrazia PIETRAFESA
arch. Gaia TELESCA
ing. Flavio Gerardo TRIANI
ing. Manuela NARDOZZA
ing. Luca FRESCURA
ing. Denise TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

ARCHEOLOGIA

Paropos soc. coop.

Via G. Pecori Giraldi Maresciallo 16
90123 Palermo
www.paporos.com
muratore@pec.paporos.com

TOPOGRAFIA

Arch. Rocco CRISTOFARO

Via Senatore Todaro 92
88020 Cortale (CZ)
rocco.cristofaro@csassociati.eu
rocco.cristofaro@archiworldpec.it

GEOLOGIA

Geol. Pasquale GRECO

Via Chiusi 37
87044 Cosenza
pasquale.greco@gmail.com
pgreco64@epap.sicurezza postale.it

Committente



EDPR SUD ITALIA S.r.l.

Via Lepetit 8/10
20124 - Milano

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2022	Prima emissione	FTR	GMA	GZU

Sommario

Progetto di dismissione dell'impianto	4
1 Premessa	5
2 Definizione delle operazioni di dismissione	6
2.1 Descrizione e quantificazione delle operazioni di dismissione	6
2.2 Aerogeneratore in tutte le sue componenti	8
2.2.1 Le pale	9
2.2.2 La navicella	10
2.2.3 Il mozzo	11
2.2.4 L'asse di bassa velocità	12
2.2.5 Il moltiplicatore	12
2.2.6 L'asse di alta velocità	13
2.2.7 Il generatore	14
2.2.8 Motori e riduttori	14
2.2.9 Gruppo o sistema idraulico	15
2.2.9.1 Gruppo di pressione	15
2.2.9.2 Condotti idraulici	16
2.2.9.3 Valvole di controllo	16
2.2.10 Trasformatore	16
2.2.11 Telaio anteriore e posteriore	17
2.2.12 Carcassa	17
2.2.13 Componenti elettrici e di controllo	18
2.2.14 Minuteria	18
2.2.15 Oli ed altri liquidi refrigeranti (idraulici e meccanici)	19
2.2.16 Torri	19

2.2.17	Base di calcestruzzo	20
2.2.18	Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici	21
2.3	Dettagli riguardanti lo smaltimento dei componenti	21
2.3.1	Descrizione delle opere di dismissione	21
2.3.2	Quantificazione delle opere di dismissione	22
2.3.3	Riciclaggio di materiali ferrosi in forni di Arco Elettrico	23
2.3.4	Compositi nella produzione di cemento	23
2.3.5	Riciclaggio dei materiali e dei componenti elettrici	23
2.3.6	Mercati emergenti degli aerogeneratori usati	24
2.3.7	Smantellamento degli aerogeneratori	24
2.3.8	Procedimento di smantellamento	25
2.3.9	Procedimento di smontaggio	25
2.3.10	Ritiro del materiale smantellato	27
2.3.11	Selezione e separazione dei componenti ritirati	28
2.4	Conferimento del materiale di risulta agli impianti all’uopo deputati dalla normativa di settore per lo smaltimento o per il recupero.	28
2.4.1	Costi	28
2.5	Dettagli riguardanti il ripristino dello stato dei luoghi e i relativi costi.	28
3	C.1.c Cronoprogramma delle fasi attuative di dismissione	31
4	C.1.b Computo metrico e Quadro economico delle operazioni di dismissione	32

Progetto di dismissione dell'impianto

1 Premessa

La presente relazione costituisce parte integrante del progetto definitivo relativo alla realizzazione del parco eolico “Roccani” e relative opere di connessione nel comune di Simeri Crichi (CZ) e Catanzaro. Il parco in oggetto sarà costituito da 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 36,0 MW.

In particolare, Simeri Crichi sarà interessato dall’installazione dei sei aerogeneratori mentre il tracciato del cavidotto di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e le altre opere connesse interesseranno oltre al comune citato, anche il territorio comunale di Catanzaro. Il tracciato dell’elettrodotto seguirà prevalentemente la viabilità esistente.

La società proponente rappresenta uno dei principali operatori in Italia e all'estero nel settore dell'energia, particolarmente impegnato nel campo dell'energia derivante da fonte eolica. In particolare, EDPR è un leader globale nel settore delle energie rinnovabili e rappresenta il quarto produttore al mondo di energia eolica.

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

Non è prevista altresì la “naturalizzazione” della viabilità a servizio dell’impianto in quanto in parte è costituita da strade già esistenti e in parte da nuove strade che potranno costituire una rete di tracciati a servizio dell’attività agricola che si svolge in questa parte del territorio.

2 Definizione delle operazioni di dismissione

Il progetto descrive gli interventi di smontaggio degli aerogeneratori e degli altri elementi dell'impianto (cavi elettrici di collegamento e altre opere elettriche, opere civili) e delle successive attività di gestione dei materiali secondo quanto indicato dal D. Lgs. 49/2014, con le seguenti definizioni: **riutilizzo, recupero, riciclo** o, in ultima istanza, **smaltimento**.

2.1 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. Le turbine eoliche forniscono risorse preziose che possono essere reintrodotte nell'ambito dell'economia circolare. In termini di sostenibilità la gerarchia degli approcci da utilizzare è:

- Prevenzione, da mettere in pratica utilizzando componenti meno massive e che dunque restituiranno meno materiale da riciclare a fine vita utile; inoltre, si ricerca la realizzazione di materiali con prestazioni fisico-meccaniche più elevate.
- Reuse, essa consiste nel mettere in atto, dopo opportune valutazioni tecnico-economiche una serie di azioni necessarie affinché venga garantito l'esercizio di un componente, sottoposto a continua ed attenta manutenzione, in modo tale da poter raggiungere anche 25-30 anni di vita utile. Il monitoraggio delle varie componenti, ad esempio, potrà essere svolto con l'ausilio di droni, oppure si potrà ricorrere all'installazione di sensori atti a rilevare lo stato di usura dei cuscinetti o delle componenti rotanti, nonché la presenza di ghiaccio in presenza di condizioni meteo particolarmente sfavorevoli
- Repurpose, in prima istanza si mira al riutilizzo dell'aerogeneratore nella sua totalità, dopo opportune procedure di ricondizionamento; tuttavia, quando uno o più componenti non sono più in grado adempiere alle proprie funzioni nel contesto operativo di appartenenza è necessario individuare soluzioni alternative. Le pale essendo realizzate con materiali compositi, risultano particolarmente adatte a questo scopo per merito della loro durabilità, resistenza al danneggiamento e all'aggressione ambientale, oltre che per la facilità di riparazione. Trovano applicazioni nella realizzazione di impalcati pedonali oppure pensiline per noleggio biciclette elettriche, tuttavia si potrebbero anche creare, sfruttando le varie componenti degli aerogeneratori, percorsi ludico-didattici per bambini composti da tunnel e scivoli.
- Recycling, può essere sviluppato sottoforma di:
 - Riciclo meccanico, attuato mediante macinazione delle componenti e successiva conversione e utilizzo nelle costruzioni edili/civili, nella formazione di sottofondi stradali con elevate resistenze all'usura e nella produzione di pannelli per isolamento termico ed acustico. In tal caso la componente riciclata può raggiungere fino al 40% della composizione finale del nuovo prodotto.
 - Co-processing per la formazione di cemento, sfruttato principalmente per il recupero delle resine e delle fibre di vetro.

- Solvolisi, tramite l'utilizzo di solventi si ha il totale recupero di fibre e resine pulite.
- Pirolisi, restituisce le fibre sfruttando la decomposizione termica in ambiente inerte, tuttavia il prodotto finale risulta generalmente degradato; dunque, è un processo che necessita di ulteriori sviluppi.
- Recovey, consente la trasformazione del rifiuto in combustibile o in energia termica.
- Disposal, ricorrendo ai metodi classici per lo smaltimento dei rifiuti.

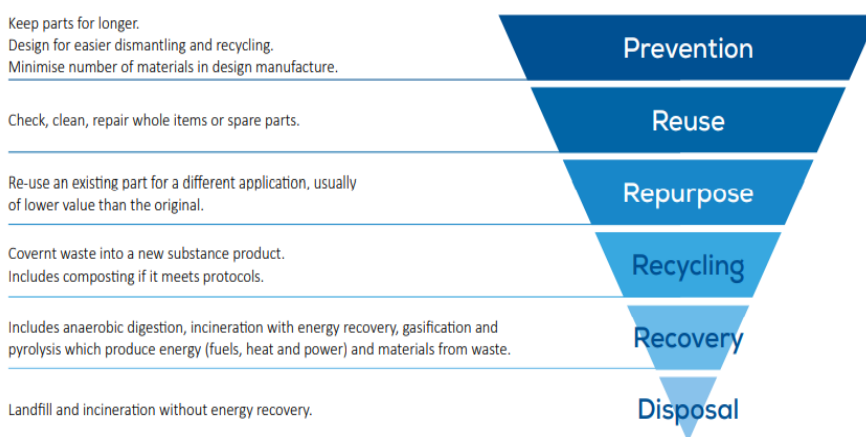


Figura 1: Waste treatment hierarchy; fonte: ETPIWind-how wind is going circular

Tra le ragioni per cui si è scelto di adottare aerogeneratori Vestas vi è l'attenzione che l'azienda dedica alle politiche ambientali, essa è profondamente impegnata a generare un effetto positivo sull'ambiente, fornendo soluzioni pulite per alimentare case, scuole, ospedali. A tal fine, l'azienda ha delineato il modo di contribuire a un'economia decarbonizzata, con l'obiettivo di raggiungere emissioni nette zero entro il 2040.

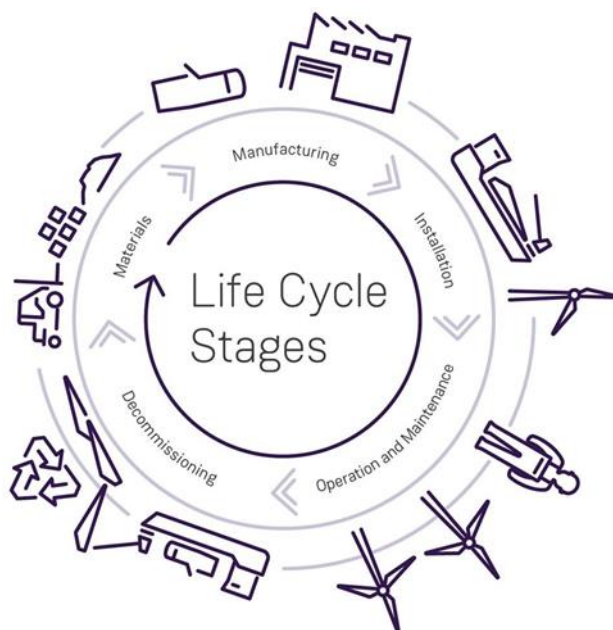


Figura 2: Life Cycle Stages

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.

2.2 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 recupero o del riciclo.

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

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 di riutilizzo di tutti i componenti, come ad esempio la fibra di vetro delle pale.

In attesa che lo sviluppo tecnologico permetta di offrire maggiori opportunità di riuso, recupero o riciclo, i materiali non riciclabili dovranno essere trattati come rifiuti, conformemente con la normativa applicabile vigente.

Tra le diverse possibilità di reimpiego, è sempre più in uso la tecnica del decommissioning degli aerogeneratori, effettuato adottando tecniche analoghe a quelle impiegate per l'installazione e il commissioning. Gli aerogeneratori in buone condizioni vengono rivenduti sul mercato dell'usato previa verifica ed eventuale ricondizionamento, i singoli componenti della turbina, in base alle loro condizioni, possono essere ricondizionati, dopo un accurato processo di controllo di qualità, conservati e impiegati come componenti di ricambio per le stesse tipologie di turbine che sono ancora in esercizio. Nel caso in cui le proprietà meccaniche e strutturali residue dei componenti dell'aerogeneratore non permettano il ricondizionamento, si procede con il riciclo e lo smaltimento. Ogni parte di una turbina eolica può così diventare una risorsa che, dopo aver prodotto quell'inestimabile ricchezza chiamata energia rinnovabile, ricomincia a generare valore in una nuova vita.

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.

2.2.1 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 di rifiuti inerti, data la non pericolosità degli stessi.

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

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 in funzione delle caratteristiche dei materiali recuperati, si determinano le vie di recupero degli stessi. Le fibre di carbonio possono trovare applicazione nella nautica, nel mondo dello sport e persino nel mondo degli isolanti per l'edilizia

- Riutilizzo delle pale nell'ambito dell'arredo urbano; a seconda delle dimensioni e delle caratteristiche possono essere riutilizzate per ponti urbani, case...

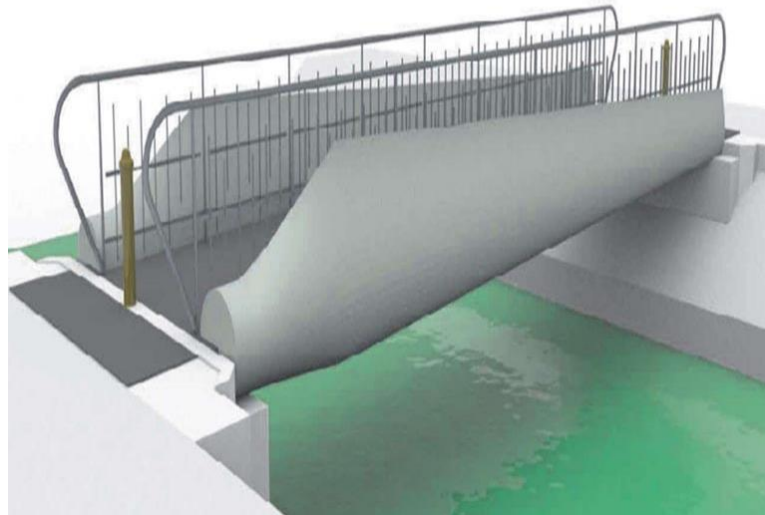


Figura 3: "Analisi e progettazione di un ponte pedonale con pale eoliche e calcestruzzo FRP dismessi", presentato da Raj Suhail al FRPRCS14, Belfast, Regno Unito, 4-7 giugno 2019.

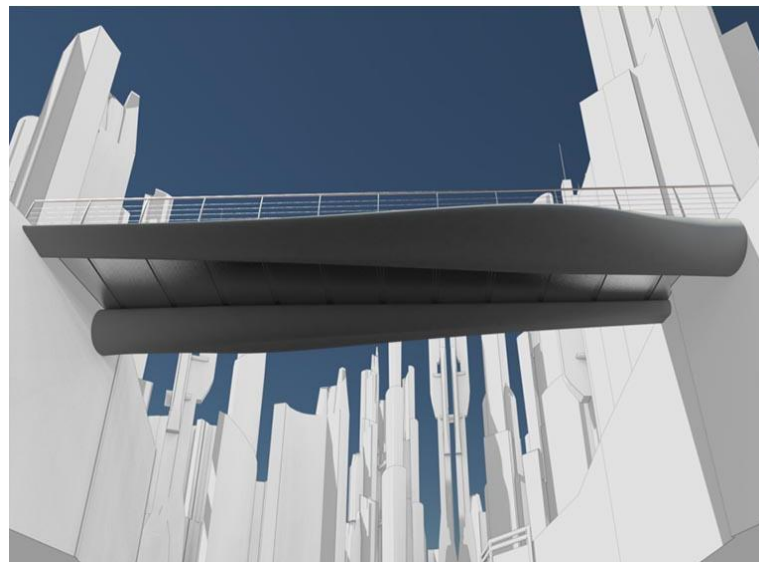


Figura 4: "pale di turbine eoliche dismesse, riutilizzate in un ponte a traffico lento", di Stijn Speksnijder

2.2.2 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 per 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.

2.2.3 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 alle pale.

Il materiale utilizzato per la fabbricazione del mozzo è generalmente acciaio lavorato meccanicamente mentre il tappo con il cono di chiusura sono realizzati in lamiere 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 5: mozzo

2.2.4 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 6: asse di bassa velocità

2.2.5 Il moltiplicatore

Il moltiplicatore è costruito in acciaio ed il suo formato dipende dal modello della macchina. Il moltiplicatore comprende 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 sostituita 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 dei blocchi più piccoli che verranno riciclati come rottami.

Prima dello smantellamento, si preleverà 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 7: moltiplicatore

2.2.6 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 si trova protetto da una cassa metallica. La totalità dei componenti è fabbricata in acciaio che 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 potrà pensare al loro riutilizzo in componenti simili.



Figura 8: asse di alta velocità

2.2.7 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 scende lungo i 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 uno o più avvolgimenti 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 valore sul mercato.



Figura 9: generatore

2.2.8 Motori e riduttori

Il meccanismo di posizionamento della turbina a favore di vento si realizza tramite movimento circolare. Si ottiene con dei motori e riduttori fissati 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 all'anemometro installati su ogni turbina.

Sia i motori elettrici imbardata, 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 commercializzati sul mercato dell'usato.

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



Figura 10: motori di giro e riduttori

2.2.9 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.

2.2.9.1 Gruppo di pressione

Ha il compito di somministrare fluido idraulico ad una determinata pressione per consentire l'azionamento del sistema di captazione, orientamento 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 11: gruppo di pressione

2.2.9.2 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 rotazione e posizionamento dell'aerogeneratore.

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

2.2.9.3 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.

2.2.10 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.

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



Figura 12: trasformatore

2.2.11 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 rotazione e gli ancoraggi di supporto alla torre di sostegno dell'aerogeneratore.

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



Figura 13: telaio anteriore e posteriore

2.2.12 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 fibra 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 dagli agenti 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 per le pale, per l'eliminazione di questi componenti prima di provvedere alla dismissione completa di un parco eolico si pianificano due alternative che riducano l'impatto generato dall'eliminazione di queste strutture in una discarica di inerti.

Le principali 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, in funzione delle caratteristiche dei materiali recuperati, si determinano le vie di recupero degli stessi.

2.2.13 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 evacuano 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 tutti i cavi sono recuperabili per il riutilizzo dei metalli, che risultano essere molto richiesti visto che il rame e l'alluminio hanno un elevato valore di mercato.

Il processo per il recupero dei cablaggi 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.

2.2.14 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.

2.2.15 Oli ed altri liquidi refrigeranti (idraulici e meccanici)

Gli oli meccanici vengono utilizzati principalmente per la lubrificazione degli elementi in rotazione, 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 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 forma controllata specialmente quando contengano cromo esavalente.

A causa della loro grande tossicità queste soluzioni saranno trattate in impianti speciali per l'eliminazione dei componenti pericolosi.

2.2.16 Torri

La torre di sostegno, nel caso in esame, è ibrida, ossia costituita da sezioni in cemento armato fino ad un'altezza di circa 83 m, mentre le restanti sezioni sono formate da strutture tubolari in acciaio.

Per quanto riguarda le componenti in cemento armato si potrà prevedere il deposito in discarica dei rifiuti inerti o può essere riciclato come agglomerato per usi nelle costruzioni civili.

Le componenti in acciaio, invece, 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 operatori all'interno della navicella. Tali componenti sono fabbricati in acciaio o ferro galvanizzato visto che all'interno sono protetti dalla corrosione.



Figura 14: 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 15: torri

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

2.2.17 Base di calcestruzzo

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

La struttura è divisa in due blocchi di forma differenziata. 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 26.00 m ed altezza variabile da 3.60 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 stabilisce il ritiro parziale della parte superiore della base, che rimane in vista (30 o 40 cm dalla base).

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 stessa.

Per il taglio dei ferri dell'armatura si avrà bisogno di macchinari adatti a tale scopo.

Si ottiene, pertanto, una parte metallica composta dal concio di fondazione e dai resti della demolizione di parte del plinto. 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.



Figura 16: fondazioni

2.2.18 Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici

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

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, gli eventuali pozzetti di ispezione ed i materiali edili di risulta dello scavo e precisamente la sabbia cementata e l'asfalto, se presenti.

2.3 Dettagli riguardanti lo smaltimento dei componenti

2.3.1 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.

2.3.2 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:

- i tempi di riutilizzo dei materiali che costituiscono questi componenti;
- 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 macchine e componenti e di 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 rende 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.

2.3.3 Riciclaggio di materiali ferrosi in forni di Arco Elettrico

Il rottame di materiali ferrosi viene ritrasformato in prodotto attraverso un'unica operazione in forni ad arco elettrico. Come risultato la scoria formata può essere reintrodotta nel processo o eliminata in forma controllata.

Questa operazione è caratterizzata da un recupero di metalli dato che il rifiuto (rottame) è trasformato quasi completamente in prodotto.

Il risultato del processo (acciaio) ha caratteristiche simili a quelle del prodotto iniziale e ciò è una delle condizioni necessarie per considerare questo processo come riciclaggio.

È una semplice catena di produzione di acciaio (in origine minerale, ferro, acciaio liquido e prodotto finale), il rottame è introdotto nel ciclo di produzione nel livello di pre-prodotti evitando l'elevato consumo energetico che porta dalla materia prima minerale al ferro bruto.

Il riciclaggio del rottame di acciaio ha attualmente un elevato valore di mercato ed il suo valore si è duplicato negli ultimi due anni.

Ai valori ottenuti dalla vendita dell'acciaio è necessario sottrarre i costi del trasporto e della trasformazione. In questo caso si presterà particolare importanza ai trasporti a causa del loro elevato costo.

2.3.4 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 fondamentalmente 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 fonte di energia necessaria per parte del processo di produzione del Clinker.

La parte organica dei compositi varia dal 10% al 70%. L'utilizzo dei compositi 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. D'altronde l'invio a discarica richiede la costruzione di infrastrutture di grandi dimensioni e con elevati impatti sul suolo dove si impianta.

2.3.5 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 apparati, 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 un largo spettro di 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 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 viene sottoposto ad un processo di raffinazione attraverso il quale si possono raggiungere elevati gradi di purezza fino al 98%.

2.3.6 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 ai loro “antenati” di 2 decenni addietro 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 affacciano a queste tecnologie.

Le macchine vengono vendute con tutte le garanzie, 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 nuove condizioni 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.

2.3.7 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.

2.3.8 Procedimento di smantellamento

Qui di seguito verranno elencati gli strumenti necessari per smontare totalmente un aerogeneratore:

- 1 gru principale tralicciata modello da 350 e 450 tonnellate;
- 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, necessita in genere di 8 operai più un supervisore.

2.3.9 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:

- ritiro dei cavi di rete e di connessione, quadri e armadi;
- ritiro dei liquidi, oli idraulici e condotti di trasmissione degli stessi;
- smontaggio dell'asse di Pitch;
- smontaggio del rotore dalla navicella per poi essere posta in terra;
- una volta a terra, si realizza lo smontaggio delle bielle del rotore;
- smontaggio delle pale dal rotore;
- smontaggio della navicella dalla torre, carico e trasporto;
- smontaggio delle sezioni 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, demolire in parte o totalmente le fondazioni. La demolizione della struttura di calcestruzzo e ferro si realizza con macchinari pesanti, come martelli e cesoie idrauliche.

Il primo passo è l'abbattimento del nucleo di calcestruzzo e ferro utilizzando martelli idraulici, così da ottenere la frammentazione del materiale.



Figura 17: trivellazione

Il passo seguente sarà il taglio, mediante cesoie idrauliche, delle armature, 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.

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



Figura 18: demolizione

2.3.10 Ritiro del materiale smantellato

Sia nelle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, sia durante lo sfruttamento del parco, sia allo 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 ripristino 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 la dimensione dei componenti, in accordo con le proprie caratteristiche materiali e strutturali e, per ultimo, in funzione della destinazione finale decisa (eliminazione, ripristino o riciclo).

2.3.11 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) del ciclo produttivo eolico, 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 tipologia del materiale nel quale sono fabbricati.

2.4 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 le opere di progetto è stata condotta un'indagine mirata ad individuare i possibili siti di discarica autorizzata utilizzabili per la dismissione del parco eolico.

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.

2.4.1 Costi

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

2.5 Dettagli riguardanti il ripristino dello stato dei luoghi e i relativi costi.

Gli interventi previsti per il ripristino dello stato dei luoghi sono coerenti con i principi della Restoration Ecology (Rossi V. et al., 2002; Clewell A. et al., 2005; Pollanti M., 2010; Howell E.A. et al., 2013; IRP, 2019; Meloni F. et al., 2019; Gann G.D. et al., 2019).

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.

- **Tattamento dei suoli:** le soluzioni da adottare riguardano la stesura del terreno 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. Si procede poi con lavorazioni più o meno superficiali a seconda delle caratteristiche del suolo al fine di sgretolare eventuali ammassi di suolo e 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 possibile adottare, per la semina delle specie erbacee, la tecnica dell'idrosemina. In tal caso, 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:
 - 1. mantenere una adeguata continuità della copertura vegetale circostante;
 - 2. proteggere le superfici rese particolarmente più sensibili dai lavori di cantiere e dall'erosione;
 - 3. 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.

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 sono stati seguiti i seguenti tre criteri:

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

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:

- ampio spettro ecologico;
- facoltà di colonizzare terreni grezzi di origine antropogenica e capacità edificatrici;
- resistenza alla sollecitazione meccanica;
- azione consolidante del terreno.

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 è possibile 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.

3 C.1.c 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									■	■		
RIMOZIONE DELLE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE									■			
SFLAGGIO CAVI	■	■	■	■								
RIPRISTINI VEGETAZIONALI										■	■	■

4 C.1.b Computo metrico e Quadro economico delle operazioni di dismissione

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							
	LAVORI A MISURA sicurezza (Cat 5)							
1 / 22 N.P.S06 07/11/2018	Monoblocco prefabbricato per mense, spogliatoi, guardiole, uffici e locali infermeria: costituito da struttura in acciaio zincato a caldo e pannelli di tamponatura. Pareti in panne ... no semivetrato (esclusi gli arredi). Montaggio e nolo per il 1° mese: Dimensioni 450 x 240 cm con altezza pari a 240 cm. Area parco					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	425,04	1'275,12
2 / 23 N.P.S07 07/11/2018	Monoblocco prefabbricato per mense, spogliatoi, guardiole, uffici e locali infermeria, costituito da struttura in acciaio zincato a caldo e pannelli di tamponatura. Pareti in panne ... i al primo, compreso gli oneri di manutenzione e tenuta in esercizio: Dimensioni 450 x 240 cm con altezza pari a 240 cm. Area parco (ulteriori 5 mesi)	3,00			5,000	15,00		
	SOMMANO cad/30g					15,00	264,04	3'960,60
3 / 24 N.P.S04 07/11/2018	Box bagno, costituito da struttura in materiale plastico autoestinguente, pavimenti in lastre in pvc, porta esterna in materiale plastico e maniglia di sicurezza. Vaso avente siste ... ca e comando di lavaggio ed espulsione a leva. Montaggio e nolo per il 1°mese: Da minimo cm 100 x 100 con vaso a sedere. Area parco					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	102,16	102,16
4 / 25 N.P.S05 07/11/2018	Box bagno, costituito da struttura in materiale plastico autoestinguente, pavimenti in lastre in pvc, porta esterna in materiale plastico e maniglia di sicurezza. Vaso avente siste ... successivi al primo, compreso gli oneri di manutenzione e tenuta in esercizio: Da minimo cm 100 x 100 con vaso a sedere. Area parco (ulteriori 5 mesi)	1,00			5,000	5,00		
	SOMMANO cad/30g					5,00	63,89	319,45
5 / 26 N.P.S02 07/11/2018	Sbadacchiatura e puntellatura di scavi costituita da tavoloni, puntelli di adeguata sezione, in opera, valutata al metro quadro di superficie asservita. Senza recupero del materiale per profondità fino a m 4.				200,000	200,00		
	SOMMANO mq					200,00	40,08	8'016,00
6 / 27 N.P.S03 07/11/2018	Passerella per attraversamenti di scavi o spazi affacciati sul vuoto fornita di parapetti su entrambi i lati. Montaggio e nolo per il 1° mese: Pedonale da 4 m per 1,2 m sovraccarico pari a Kg 250 mq. Armatura plinti					6,00		
	SOMMANO cad					6,00	834,57	5'007,42
7 / 28 N.P.26 07/11/2018	Recinzione provvisoria di aree di cantiere con rete in polietilene ad alta densità di peso non inferiore a 220 gr/m ² indeformabile di color arancio brillante a maglie ovoidali, r ... appositi paletti zincati infissi nel terreno ad una distanza non superiore a m 1,5. Fornitura per altezza pari a m 1,80. area cantiere Recinzione area di scavo plinti		90,00	50,000		4'500,00		
		6,00	40,00	40,000		9'600,00		
	A R I P O R T A R E					14'100,00		18'680,75

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	I M P O R T I	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O					14'100,00		18'680,75
	SOMMANO mq					14'100,00	4,00	56'400,00
	Parziale LAVORI A MISURA euro							75'080,75

	A R I P O R T A R E							75'080,75

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							75'080,75
	LAVORI A CORPO							
8 / 19 21CL.PR.U.0 520.150.a 13/07/2022	Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale, compresa l'eventuale fornitura dei materiali di apporto Fornitura e posa in opera di strato di fondazione ... Tecniche, misurata in opera dopo costipamento Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale Vedi voce n° 8 [m 13 376.00]					13'376,00		
	SOMMANO mc					13'376,00	39,82	532'632,32
9 / 21 21CL.PR.U.0 520.180.a 13/07/2022	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) Fornitura e posa in opera di conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) costituito da miscela di aggreg ... sa altresì ogni lavorazione ed onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte. Misurato compattato in opera. rifacimento usura per 1 metro di strada che ospita il cavidotto Vedi voce n° 8 [m 13 376.00]			1,000	0,070	936,32		
	SOMMANO mc					936,32	185,43	173'621,82
	Rimozione aerogeneratori (Cat 1)							
10 / 1 N.P.1 03/11/2009	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. 6 aerogeneratori					6,00		
	SOMMANO cadauno					6,00	60'000,00	360'000,00
11 / 2 21CL.PR.R.0 0220.050.b 14/07/2022	Demolizione di struttura in calcestruzzo con ausilio di martello demolitore meccanico: armato Colletto+parte sommitale plinti aerogeneratori (volume unitario pari a 30mc)	6,00			30,000	180,00		
	SOMMANO mc					180,00	271,84	48'931,20
12 / 4 21CL.PR.E.0 0150.030.a 14/07/2022	Trasporto a discarica autorizzata controllata di materiali di risulta, provenienti da movimenti terra eseguiti a mano o in zone disagiate Trasporto a discarica autorizzata controll ... , con esclusione del carico eseguito anche a mano o in zone disagiate e degli oneri di discarica. Per ciascun chilometro Vedi voce n° 2 [mc 180.00]			15,00		2'700,00		
	SOMMANO mc/km					2'700,00	2,22	5'994,00
13 / 5 21CL.PR.E.0 0160.010.1 14/07/2022	CONFERIMENTO AD IMPIANTO DI RECUPERO Conferimento ad impianto autorizzato di recupero di materiale proveniente dai lavori privo di scorie e frammenti diversi. Il prezzo comprende t ... Itimento autorizzando la corresponsione degli oneri relativi. Materiali misti di costruzione e demolizione CER 17.09.04. Vedi voce n° 2 [mc 180.00]			2600,00		468'000,00		
	SOMMANO kg					468'000,00	0,19	88'920,00
	Rimozione cavidotto (Cat 3)							
14 / 6	Taglio di superfici piane in conglomerato bituminoso: Taglio di							
	A R I P O R T A R E							1'285'180,09

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							1'285'180,09
21CL.PR.R.0 0210.050.a 14/07/2022	superfici piane eseguito con l'ausilio di idonea attrezzatura, in conglomerato bituminoso e/o cementizio anche armato per la creazione di giunti, tagli, canalette, cavidotti profondità di taglio da 0 a 100 mm T1-1 1-2 T3-2 2-3 T4-3 3-4 4-5 T6-5 Esterno		1041,00 1084,00 337,00 1558,00 992,00 1870,00 1969,00 676,00 1568,00			1'041,00 1'084,00 337,00 1'558,00 992,00 1'870,00 1'969,00 676,00 1'568,00		
	SOMMANO m					11'095,00	4,15	46'044,25
15 / 7 21CL.PR.E.0 0120.010.a 14/07/2022	SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA CON CARICO SU MEZZO DI TRASPORTO Scavo a sezione obbligata fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque, fino ad un b ... re in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, pozzolana, lapillo, terreno vegetale e simili o con trovanti fino ad 1 mc) Cavidotto interno Cavidotto esterno					8'642,04 1'935,60		
	SOMMANO mc					10'577,64	9,55	101'016,46
16 / 8 N.P.2 15/02/2020	Rimozione nastro segnalatore, tubo corrugato, tegolino protettivo Cavidotti interni Cavidotto esterno					11'763,00 1'613,00		
	SOMMANO m					13'376,00	1,50	20'064,00
17 / 9 N.P.3 17/02/2010	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. Vedi voce n° 8 [m 13 376.00]					13'376,00		
	SOMMANO m					13'376,00	3,00	40'128,00
18 / 10 21CL.PR.E.0 0150.030.a 14/07/2022	Trasporto a discarica autorizzata controllata di materiali di risulta, provenienti da movimenti terra eseguiti a mano o in zone disagiate Trasporto a discarica autorizzata controll ... , con esclusione del carico eseguito anche a mano o in zone disagiate e degli oneri di discarica. Per ciascun chilometro Vedi voce n° 6 [m 11 095.00]	15,00				166'425,00		
	SOMMANO mc/km					166'425,00	2,22	369'463,50
19 / 11 21CL.PR.E.0 0160.010.m 14/07/2022	CONFERIMENTO AD IMPIANTO DI RECUPERO Conferimento ad impianto autorizzato di recupero di materiale proveniente dai lavori privo di scorie e frammenti diversi. Il prezzo comprende t ... oggettiva dell'avvenuto smaltimento autorizzando la corresponsione degli oneri relativi. Guaine bituminose CER 17.03.02. Vedi voce n° 6 [m 11 095.00] peso specifico conglomerato bituminoso	1700,00				18'861 500,00		
	SOMMANO kg					18'861 500,00	0,28	5'281'220,00
20 / 12 N.P.4 19/02/2020	Rinterro dei cavi eseguiti per la costruzione delle opere d'arte, fondazioni o dello scavo aperto per la posa delle tubazioni compresi gli oneri per il trasporto delle materie dai ... ura prima							
	A R I P O R T A R E							7'143'116,30

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							7'143'116,30
	della ricopertura, la pistonatura o la compattazione meccanica: con terra o materiali provenienti dagli scavi; Vedi voce n° 7 [mc 10 577.64]					10'577,64		
	SOMMANO mc					10'577,64	5,24	55'426,83
21 / 20 Inf.001.008 22/03/2022	Formazione di strato di fondazione stradale in misto granulare stabilizzato con aggregati naturali, artificiali (rispondenti alle caratteristiche di cui al prospetto 3b della UNI 1 ... re per dare il lavoro compiuto secondo le modalità prescritte nelle Norme Tecniche, misurata in opera dopo costipamento. Vedi voce n° 8 [m 13 376.00]			1,000	0,300	4'012,80		
	SOMMANO mc					4'012,80	17,00	68'217,60
	sistemazione terreno (Cat 4)							
22 / 3 21CL.PR.E.0 0140.010.a 14/07/2022	Rinterro con materiale di risulta proveniente da scavo Rinterro con materiale di risulta proveniente da scavo, compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei ... o preesistente ed il costipamento prescritto. Compreso ogni onere Rinterro con materiale di risulta proveniente da scavo Vedi voce n° 2 [mc 180.00]					180,00		
	SOMMANO mc					180,00	10,57	1'902,60
23 / 13 21CL.PR.E.0 0150.030.a 14/07/2022	Trasporto a discarica autorizzata controllata di materiali di risulta, provenienti da movimenti terra eseguiti a mano o in zone disagiate Trasporto a discarica autorizzata controll ... , con esclusione del carico eseguito anche a mano o in zone disagiate e degli oneri di discarica. Per ciascun chilometro Misto granulare 6 Piazzole 54*28*0.2	15,00			1814,400	27'216,00		
	SOMMANO mc/km					27'216,00	2,22	60'419,52
24 / 14 21CL.PR.E.0 0160.010.p 14/07/2022	CONFERIMENTO AD IMPIANTO DI RECUPERO Conferimento ad impianto autorizzato di recupero di materiale proveniente dai lavori privo di scorie e frammenti diversi. Il prezzo comprende t ... nza oggettiva dell'avvenuto smaltimento autorizzando la corresponsione degli oneri relativi. Terre e rocce CER 17.05.04. Misto granulare 6 Piazzole 54*28*0.2	1800,00			1714,400	3'085 920,00		
	SOMMANO kg					3'085 920,00	0,03	92'577,60
25 / 15 N.P.7 14/07/2022	Stesa e modellazione di terra di coltivo: compresa la fornitura di terreno vegetale con ottima dotazione di sostanza organica, con struttura di medio impasto esente da ciotoli, pietrame, e scervo da radici o altri materiali estranei: operazione meccanica per quantità superiori a mq. 100. 6 Piazzole	6,00	54,00	28,000	0,500	4'536,00		
	SOMMANO m3					4'536,00	25,00	113'400,00
26 / 16 F.01.001.08 19/02/2020	Stesa e modellazione di terra di coltivo: compresa la fornitura di terreno vegetale con ottima dotazione di sostanza organica, con struttura di medio impasto esente da ciotoli, pietrame, e scervo da radici o altri materiali estranei: operazione meccanica per quantità superiori a mq. 100. 6 Piazzole	6,00	54,00	28,000	0,500	4'536,00		
	A R I P O R T A R E					4'536,00		7'535'060,45

