



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



REGIONE  
LAZIO

PROPONENTE



COMUNE DI  
CELLERE

**Cogein**  
energy

**Cogein Energy S.r.l.**

Via Diocleziano, 107 - 80125 Napoli

Tel. 081.19566613 - Fax. 081.7618640

[www.newgreen.it](http://www.newgreen.it)

[compinvestimenti@libero.it](mailto:compinvestimenti@libero.it)

[cogeinenergy@pec.it](mailto:cogeinenergy@pec.it)



COMUNE DI  
PIANSANO

ELABORATO

**ELAB.6**

RELAZIONE TECNICA DELLE  
OPERE CIVILI DA REALIZZARE



COMUNE DI  
ARLENA DI  
CASTRO

SCALA

REVISIONE

**0**

DATA

**03/2022**

PROGETTAZIONE

**Arch. Raimondo Cascone**

REDATTO

**Dott. Rino Castaldo**  
**Ing. Federica Mallozzi**

VERIFICATO

**Ing. Federica Mallozzi**

APPROVATO

**Arch. Raimondo Cascone**



COMUNE DI  
TUSCANIA

## Sommario

1. DESCRIZIONE GENERALE .....	2
1.1 ATTIVITÀ ED OPERE DI CANTIERE .....	4
1.2 FASE DI ESERCIZIO IMPIANTO .....	6
2. TRASPORTO DEGLI AEROGENERATORI ED ACCESSIBILITÀ AL PARCO EOLICO .....	6
2.1 ACCESSO ALL'IMPIANTO .....	8
2.2 VIABILITÀ INTERNA AL SITO .....	10
2.2.1 TRACCIATO STRADALE TRASPORTO AEROGENERATORI .....	16
3. LA STRUTTURA DELLE STRADE .....	17
3.1 DRENAGGIO .....	17
3.2 MATERIALE .....	18
3.3 CAPACITÀ DI CARICO .....	18
3.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE STRADE .....	19
3.5 ACCESSO AL SITO: CURVATURE DELLE STRADE E CURVE DI INGRESSO .....	21
4. FONDAZIONI AEROGENERATORI .....	25
5. PIAZZOLE AEROGENERATORI .....	28
5.1 FASE DI MONTAGGIO AEROGENERATORI .....	37
6. MODALITÀ DI POSA IN OPERA E DI ATTRAVERSAMENTO – CAVIDOTTO AT .....	39

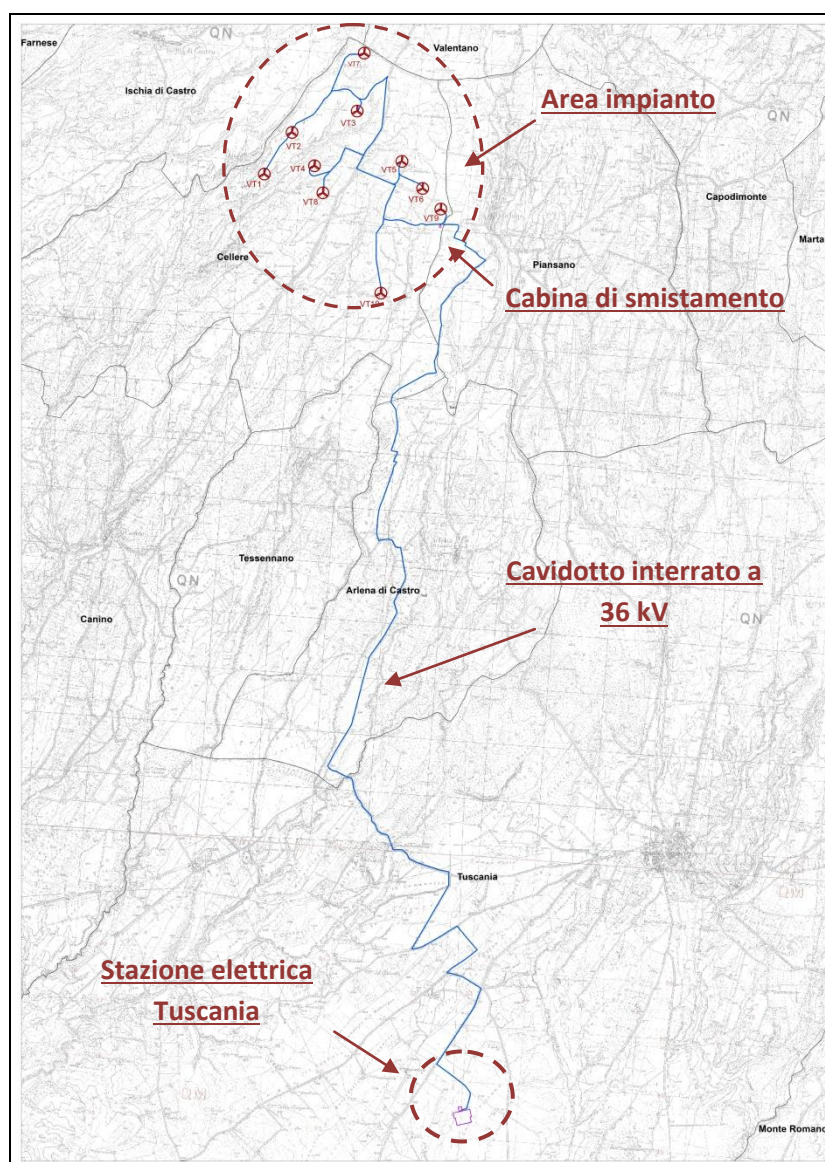
## 1. Descrizione generale

La presente relazione è redatta allo scopo di descrivere le opere civili utili alla realizzazione del parco eolico previsto nel territorio del Comune di Cellere (VT).

Il progetto prevede la realizzazione di:

- N. 10 aerogeneratori, ciascuno con relativa piazzola e strutture accessorie ubicati nel comune di Cellere;
- un cavidotto a 36 KV che connette i singoli aerogeneratori alla cabina di smistamento;
- un cavidotto a 36 kV che attraversa i comuni di Cellere, Piansano, Arlena di Castro e Tuscania con funzione di connessione tra la cabina di smistamento e la stazione elettrica della RTN ubicata a Tuscania (VT);
- Cabina di raccolta e smistamento a 36 kV.

La centrale eolica, come da STMG rilasciata da TERNA SpA, sarà connessa in antenna a 36 kV con la futura sezione 36 kV della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150/36 kV di Tuscania.



**Figura 1** Layout opere da realizzare

Per la realizzazione del parco eolico in esame sono da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture, meglio descritte più avanti, comprendenti:

- esecuzione dei basamenti di fondazione degli aerogeneratori, delle relative cabine di macchina, delle torri;
- realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori,

- realizzazione di brevi tratti di viabilità interna nell'area dell'impianto per i collegamenti tra le piazzole e le strade di accesso;
- adeguamento/ampliamento delle strade esistenti per la realizzazione della viabilità di accesso al sito e della viabilità interna.

La realizzazione del campo eolico prevede lo sviluppo delle seguenti fasi di cantiere:

- Rilievi, sbancamenti;
- Viabilità, area di stoccaggio, piazzole gru e scavi;
- Armature e getti di calcestruzzo delle piazzole di fondazione;
- Posa in opera di condutture elettriche;
- Installazione delle torri e degli aerogeneratori;
- Ripristini;
- Prove e collaudi;

Nella prima fase sono stati effettuati opportuni rilievi topografici sul campo per individuare le migliori configurazioni plano-altimetriche, sia per la realizzazione delle piazzole, che per la viabilità di accesso e di servizio.

Gli sbancamenti da eseguire riguarderanno le sedi viarie (ove necessario), le fondazioni delle torri degli aerogeneratori, le piazzole per il posizionamento gru e l'area di trasbordo per le manovre dei mezzi pesanti e lo scarico dei conci degli aerogeneratori. Tali sbancamenti saranno contenuti il più possibile e si prevedranno, in ogni caso, opere di contenimento e ripristino mediante l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

### *1.1 Attività ed opere di cantiere*

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore sarà prevista la realizzazione di una piazzola temporanea necessaria per consentire l'installazione della gru e delle macchine operatrici, l'assemblaggio delle torri,

l'ubicazione delle fondazioni e la manovra degli automezzi. Sarà quindi predisposto lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato, e la compattazione della piazzola di lavoro. Le piazzole, come mostrato negli elaborati specifici, si presentano differenti per ciascun aerogeneratore. La progettazione di quest'ultime, infatti, è stata sviluppata al fine di adattarsi quanto più possibile all'area di inserimento, limitando di molto scavi, riporti, ed il consumo di suolo.

Per comprendere appieno la funzione delle piazzole in fase di cantiere, si riporta una sintetica descrizione delle principali **lavorazioni necessarie al montaggio degli aerogeneratori**:

- pulizia e scavo di sbancamento dell'area per il livellamento;
- scavo di fondazione del plinto, fino a raggiungimento di un piano di fondazione indisturbato;
- realizzazione dei pali di fondazione;
- getto in opera del plinto in calcestruzzo armato con posa della dima, i plinti dovranno essere interrati per almeno 50 cm al di sotto del piano campagna;
- realizzazione della piazzola di cantiere;
- trasporto e scarico in area della piazzola degli elementi dell'aerogeneratore;
- montaggio dei conci della torre;
- montaggio della navicella;
- montaggio a terra del rotore e suo innalzamento in quota;
- rinterri ed opere complementari.

In fase di montaggio è prevista la sosta nella piazzola di una autogrù principale di medie dimensioni (per il sollevamento dei carichi fino alla quota di 60,00 m) ed una piccola gru secondaria (è sufficiente un braccio di sollevamento montato su autocarro).

Per la realizzazione dei pali di fondazione trivellati in opera, si prevede di realizzare un impianto di recupero e pulizia dei fanghi bentonitici utilizzati, senza scarico di acque contaminate in area.

Si osservi che in fase di montaggio le piazzole previste coincidono con l'area di cantiere. Pertanto potranno essere utilizzate anche come depositi temporanei di materiale durante le fasi di realizzazione della nuova pista di collegamento.



### *1.2 Fase di esercizio impianto*

Una volta finiti i lavori di montaggio degli aerogeneratori si prevede di ridurre le piazzole a minori dimensioni, corrispondenti approssimativamente all'occupazione dei plinti di fondazione.

I volumi di sterro e/o di rilevato in eccesso rispetto alla configurazione definitiva verranno movimentati in modo da ripristinare il più possibile l'andamento naturale del terreno.

In particolare, si prevede di ripristinare l'area utilizzando le tecniche di ingegneria naturalistica come di seguito specificato.

Tutte le superfici verranno ricoperte con terreno vegetale proveniente dagli scavi e accatastato in cantiere ad inizio lavori. Successivamente si provvederà alla semina di specie vegetali autoctone su tutte le superfici, comprese quelle della piazzola vera e propria.

Dopo l'installazione degli aerogeneratori, le piazzole realizzate saranno sede di rinterri volti a garantire il ripristino dei versanti e dunque verranno sensibilmente ridotte, dovendo solo garantire l'accesso alle torri, da parte dei mezzi preposti alle ordinarie operazioni di manutenzione.

In definitiva, in corrispondenza di ciascun aerogeneratore rimarrà una piazzola delle dimensioni di circa 688,5 mq, dove troveranno collocazione l'aerogeneratore e la relativa fondazione.

Ogni singola piazzola non sarà recintata in quanto le apparecchiature in tensione sono tutte ubicate all'interno della torre tubolare dell'aerogeneratore, munita di proprio varco e quindi adeguatamente protetta dall'accesso di personale non addetto.

I piazzali di sgombero, manovra e stoccaggio materiali ("piazzole") allestiti in prossimità di ogni torre, a fine lavori saranno ridimensionati con soluzioni e tecniche di ingegneria naturalistica volte a garantire il ripristino volumetrico del rilievo collinare, e quindi il profilo originario.

Faranno seguito interventi per il ricoprimento delle aree con vegetazione autoctona.

Le aree dedicate ai piazzali potranno in questo modo riprendere lo stato originario anche con eventuale inerbimento mediante idrosemine formate da miscugli di sementi di specie erbacee idonee al sito.

## **2. Trasporto degli aerogeneratori ed accessibilità al parco eolico**

Le problematiche relative al trasporto degli aerogeneratori e la viabilità in generale rivestono un aspetto molto importante nella progettazione di un parco eolico. Per alcuni componenti quali la navicella, si

utilizzano mezzi pesanti comuni, il trasporto delle blade e dei tronchi richiede, invece, l'utilizzo di mezzi eccezionali. A questo scopo i percorsi effettuati dai mezzi, l'accessibilità al parco e l'adeguamento delle strade esistenti sono aspetti da studiare nel dettaglio nella fase di progettazione.



**Figura 2 trasporto blade**

I veicoli in questione raggiungono dimensioni notevoli, anche oltre i 50 m, per cui i percorsi effettuati dai mezzi e le strade di accesso devono avere i requisiti necessari per consentire tali trasporti. I suddetti requisiti sono generalmente stabiliti dai produttori, o dalle aziende di trasporto, che si occupano di indicare misure di sicurezza sia per l'ingombro dei mezzi in sezione, sia per le condizioni delle strade in curva e incroci.

I produttori di turbine eoliche forniscono anche indicazioni sulle pendenze e sulle caratteristiche costruttive delle sedi stradali che devono essere realizzate, attraverso specifiche stratificazioni, considerando le sollecitazioni alle quali sono sottoposte.

Le difficoltà legate al trasporto delle pale sono testimoniate anche dal fatto che diversi costruttori di turbine hanno effettuato numerosi studi relativi ai raggi di curvatura minimi necessari per il passaggio dei mezzi e alle relative larghezze delle carreggiate stradali.

Per ogni modello di aerogeneratore esiste, quindi, uno studio condotto dal costruttore relativo al trasporto delle sue pale.



La scelta finale del percorso da effettuare è stata quindi oggetto di accurate valutazioni, per garantire che i mezzi possano raggiungere il sito senza difficoltà e, soprattutto, limitando il numero di interventi da apportare alle strade e al territorio circostante.

Il trasporto degli aerogeneratori avverrà verosimilmente a partire dal porto di Civitavecchia (RM).

### 2.1 Accesso all'impianto

Per quanto riguarda l'accesso all'impianto, questo avverrà dalla SR312 Castrense, come mostrato nell'immagine sottostante.



Figura 3 Accesso all'impianto





Figura 4 Svincolo accesso al tronco 1



Figura 5 Accesso al tronco 2



**Figura 6 Accesso al tronco 3**

## *2.2 Viabilità interna al sito*

La viabilità esistente si snoda internamente al parco eolico, formando una rete viaria che collega agevolmente tutti gli aerogeneratori. Grazie alla realizzazione di piccoli raccordi alla viabilità esistente (indicati in blu nelle figure), tutto il parco eolico verrà ampiamente collegato.



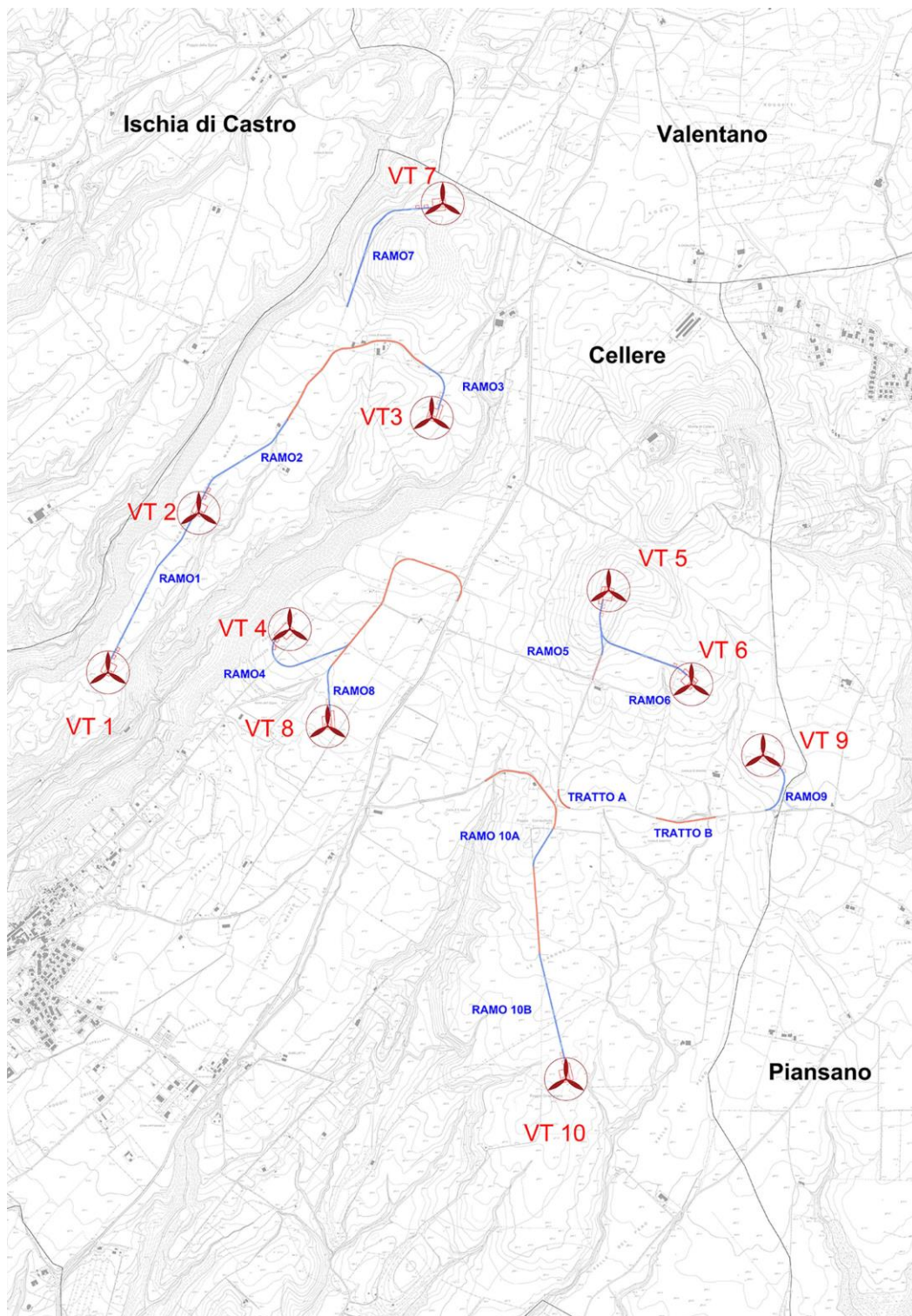


Figura 7 Viabilità interna al parco eolico (in blu i tratti di nuova costruzione ed in rosso i tratti da adeguare)

Come si può notare chiaramente dall'immagine soprastante, nella progettazione del parco eolico e nella scelta del layout si è tenuto conto della viabilità esistente, cercando di sfruttare al massimo le risorse già presenti in sito in modo da limitare gli impatti sul territorio. Verranno realizzati esclusivamente dei brevi tratti di raccordo alla viabilità esistente. Si riporta una tabella con le lunghezze dei tratti di nuova realizzazione.

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

**Tabella 1** lunghezza tratti stradali di nuova costruzione

La viabilità esistente, nel complesso risulta in condizioni tali da poter sopportare il passaggio dei mezzi eccezionali per il trasporto dei vari componenti in fase di cantiere, e dei mezzi ordinari per la manutenzione in fase di esercizio. Per soli brevi tratti di strada, riportati in rosso nella figura soprastante sono previsti degli adeguamenti. Si riporta una tabella con le lunghezze dei tratti da adeguare.

WTG	STRADE DA ADEGUARE(m)
TRATTO A	117 m
TRATTO B	292 m
RAMO 1	/
RAMO 2	373

RAMO 3	508
RAMO 4	/
RAMO 5	/
RAMO 6	/
RAMO 7	/
RAMO 8	1030
RAMO 9	/
RAMO 10A	542
RAMO 10B	420

Tabella 2 lunghezza tratti stradali da adeguare

Le figure che seguono mostrano lo stato attuale della viabilità da adeguare.



Figura 8 Ramo 2





**Figura 9 Ramo 3**



**Figura 10 Ramo 5**





**Figura 11 Ramo 8**



**Figura 12 Ramo 10**

In definitiva la progettazione prevede:

- 3282 m di strada di nuova costruzione;
- 5093 m di strada da adeguare.

Si può concludere che l'accesso al sito di installazione delle turbine eoliche di progetto, attraverso l'utilizzo della viabilità esterna, risulta molto agevole per la presenza di strade locali asfaltate e sterrate che costeggiano l'impianto. Un grande vantaggio che si presenta per questo campo eolico è la presenza di numerose strade esistenti, già asfaltate, che percorrono tutto il territorio interessato dal progetto. Dalla viabilità principale asfaltata o da adeguare partiranno tratti di viabilità, da realizzare ex novo, di collegamento con le turbine che serviranno sia al trasporto dei materiali che a permettere la manutenzione successiva dell'impianto.

### *2.2.1 Tracciato stradale trasporto aerogeneratori*

Il percorso per il trasporto dei vari componenti si presenta molto breve e lineare. Gli aerogeneratori saranno trasportati a partire dal porto di Civitavecchia, dal quale si imbecca immediatamente il raccordo Civitavecchia-Viterbo E840, continuando fino a Montalto Di Castro, all'altezza del quale si svolta per prendere la SR 312 Castrense che conduce fino all'ingresso dell'impianto. Nella figura sottostante è indicato il suddetto percorso.





Figura 13 percorso trasporto navicella aerogeneratore

### 3. La struttura delle strade

La struttura delle strade dipende fortemente dalla morfologia dei terreni, sarà diversa ad esempio, per i tratti collocati in cima o su lati a forte pendenza.

#### 3.1 Drenaggio

Per quanto riguarda il drenaggio, l'acqua dovrà essere sempre drenata dalla strada e non dovrà mai stagnare su di essa. Dovrà essere drenata sia verso i terreni circostanti o portata verso un punto di raccolta delle acque già esistente.



**Figura 14 - Tipologia di nuova viabilità in misto stabilizzato**

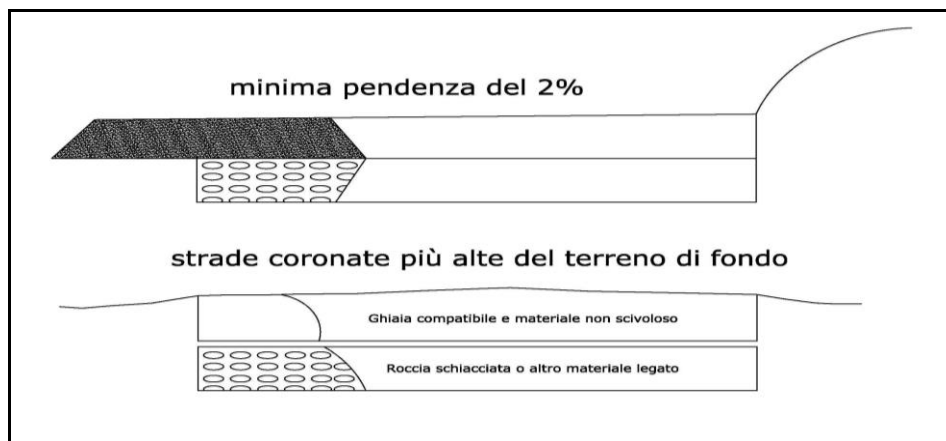
### *3.2 Materiale*

Il materiale di base non dovrà contenere argilla ma sabbia/ghiaia o altro materiale che non trattenga acqua. Il materiale finale dovrà essere compatibile con una ghiaia non scivolosa.

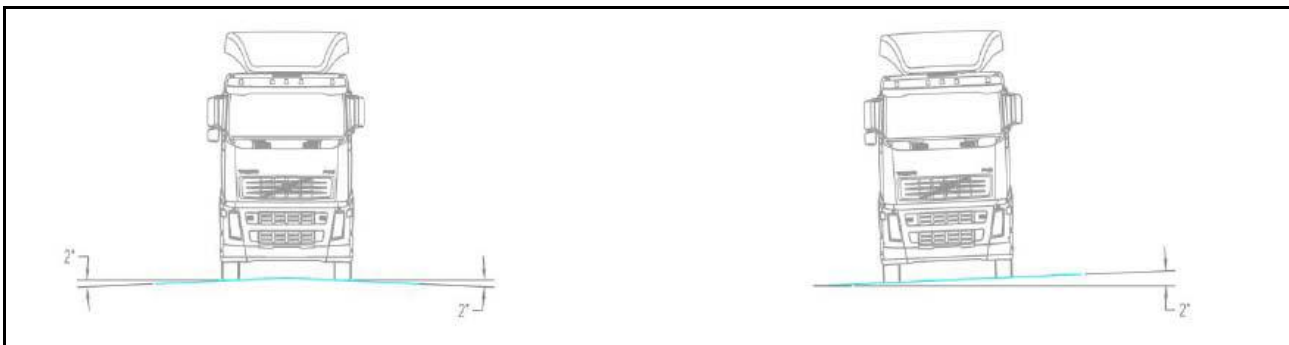
### *3.3 Capacità di carico*

Lo spessore della base dipende dal terreno sottostante, quindi sarà necessaria un'analisi approfondita del terreno.

Lo spessore del terreno finale dovrà essere minimo 30 cm per garantire che ci sia sufficiente materiale per livellare la strada e dopo che il materiale pesante si sollevi dal materiale di base. La capacità di carico sulla strada dovrà essere in grado di sopportare un carico di 15 Ton/m per asse del Tir. Pertanto, il carico applicato dovrà essere contrastato da un terreno adeguatamente rafforzato.



Per quanto riguarda la pendenza laterale delle strade, illustrata nelle varie configurazioni nella **seguinte figura**, questa dovrà essere al massimo pari a 2°.



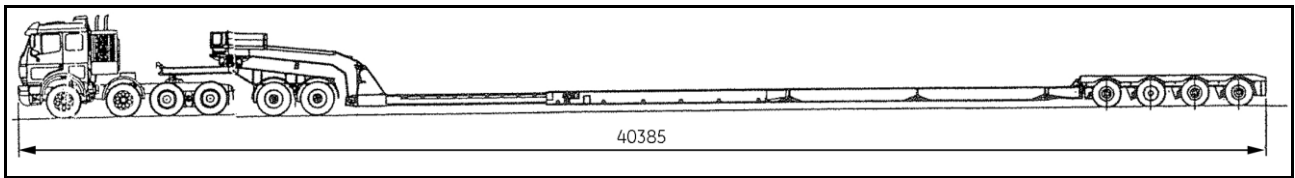
**Figura 15 - Andamento delle pendenze dello strato superficiale**

### 3.4 Caratteristiche geometriche delle strade

La viabilità e le sue caratteristiche sia geometriche che dei materiali viene essenzialmente progettata in funzione dei veicoli che la dovranno percorrere. I veicoli sono utilizzati per il trasporto delle parti meccaniche delle turbine, suddivisi in pezzature opportunamente dimensionate le cui dimensioni dipendono essenzialmente dalla casa costruttrice.

Di seguito verranno illustrate le specifiche tecniche dei veicoli, in relazione alle loro caratteristiche massime di dimensioni e pesi che sono necessari per il trasporto delle principali componenti delle turbine.





**Figura 16 - Tipico mezzo per il trasporto delle turbine**

La massima lunghezza dei veicoli è di circa 50 mt quando viene caricata con i componenti principali (blades). La lunghezza del veicolo viene misurata dal fronte dello stesso fino alla fine del carico.

<i>Caratteristiche pesi dei veicoli</i>	
Massimo carico per asse	15 ton
Massimo peso complessivo circa	140 ton
Pressione superficiale sul piano della gru	100 t/mq

In definitiva avremo queste caratteristiche generali :

- Larghezza della carreggiata : 5m+1m (Carreggiata + cunette)
- Altezza del veicolo : 4,4 mt
- Raggio di Curvatura: 80 mt
- Pendenza Strada max 14 %

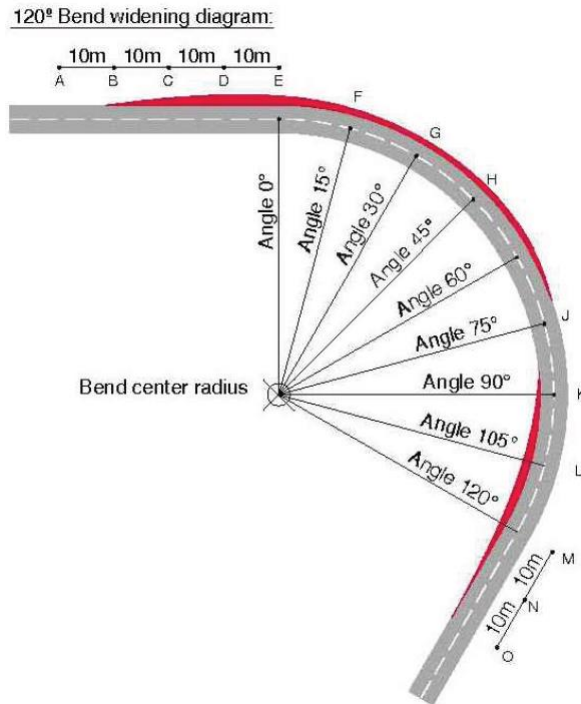


**Figura 17 - Foto del trasporto di un concio di turbina**

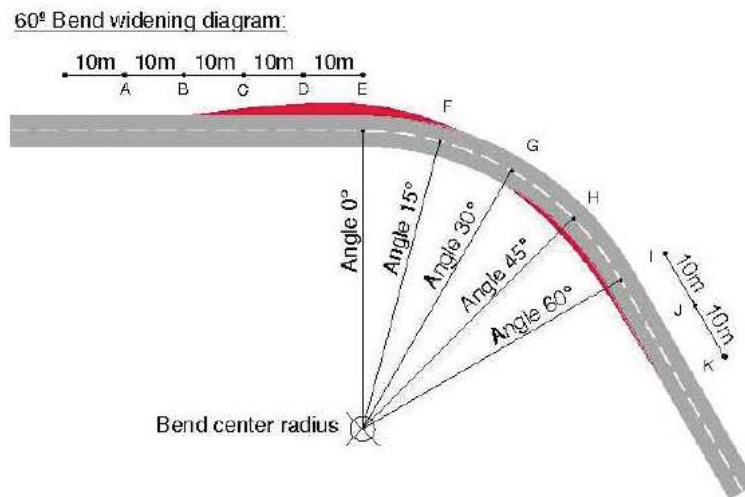
### *3.5 Accesso al sito: curvature delle strade e curve di ingresso*

I raggi di curvatura delle strade devono essere progettati, costruiti o modificati, conformemente alle richieste minime delle società adibite al trasporto e installazione dell'impianto. Le curvature dovranno essere progettate, in linea generale, secondo le dimensioni descritte nelle figure seguenti. Tutti i cumuli degli scavi o qualsiasi ostacolo nell'area prossima o vicino alle curvature o all'ingresso delle curve dovranno essere rimossi o livellati, prima che inizi la fornitura delle turbine. Laddove la costruzione delle strade e i raggi di curvatura non siano stati progettati adeguatamente, vi è un forte rischio accidentale di morte e/o del danneggiamento dei materiali trasportati, causato dal ribaltamento dei mezzi di trasporto e dei materiali mobilitati.

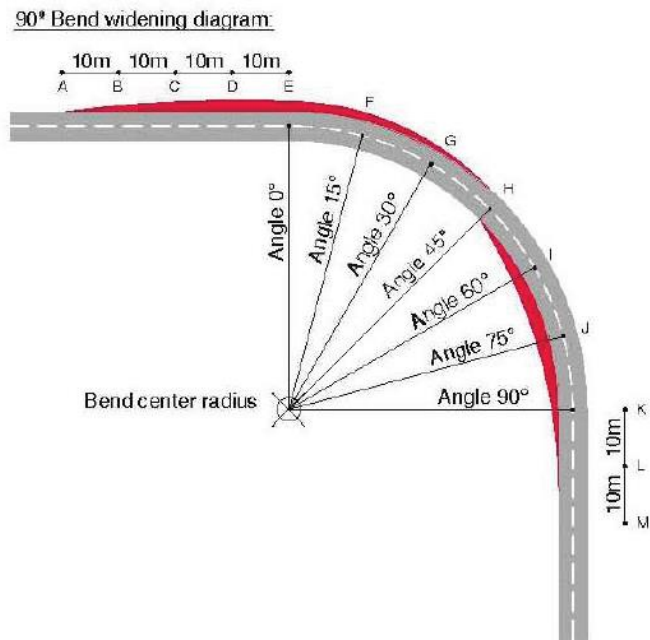
Le strade di nuova realizzazione, sono state progettate secondo le indicazioni fornite dalla casa costruttrice dell'aerogeneratore di progetto. In particolare, esse, avranno raggi di curvatura variabili da 70 a 85 m a seconda dell'angolo di raccordo, anch'esso variabile da 60° a 120°, così come riportate successivamente. Si rimanda per ulteriori approfondimenti, all'elaborato grafico AT3 – Raccordi e curvature specifiche per la viabilità di nuova realizzazione e da adeguare.



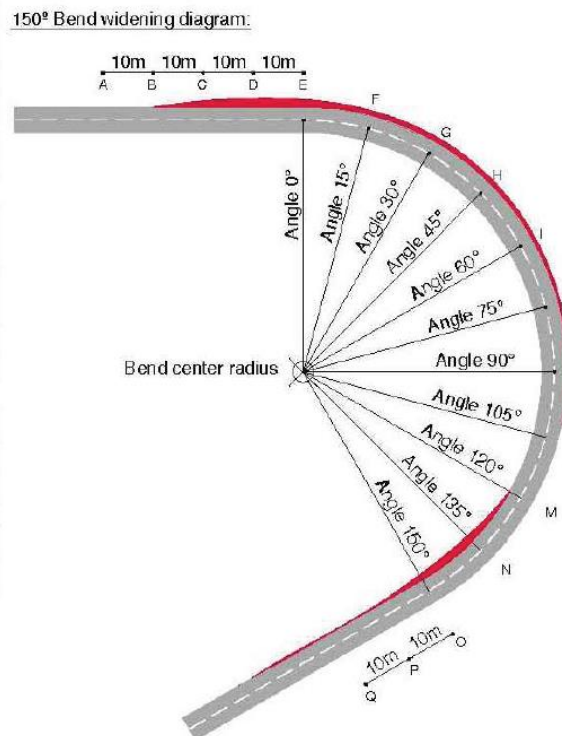
**Figura 18** Curvatura tipo con angolo di 120°



**Figura 19** Curvatura tipo con angolo di 60°



**Figura 20** Curvatura tipo con angolo di 90°

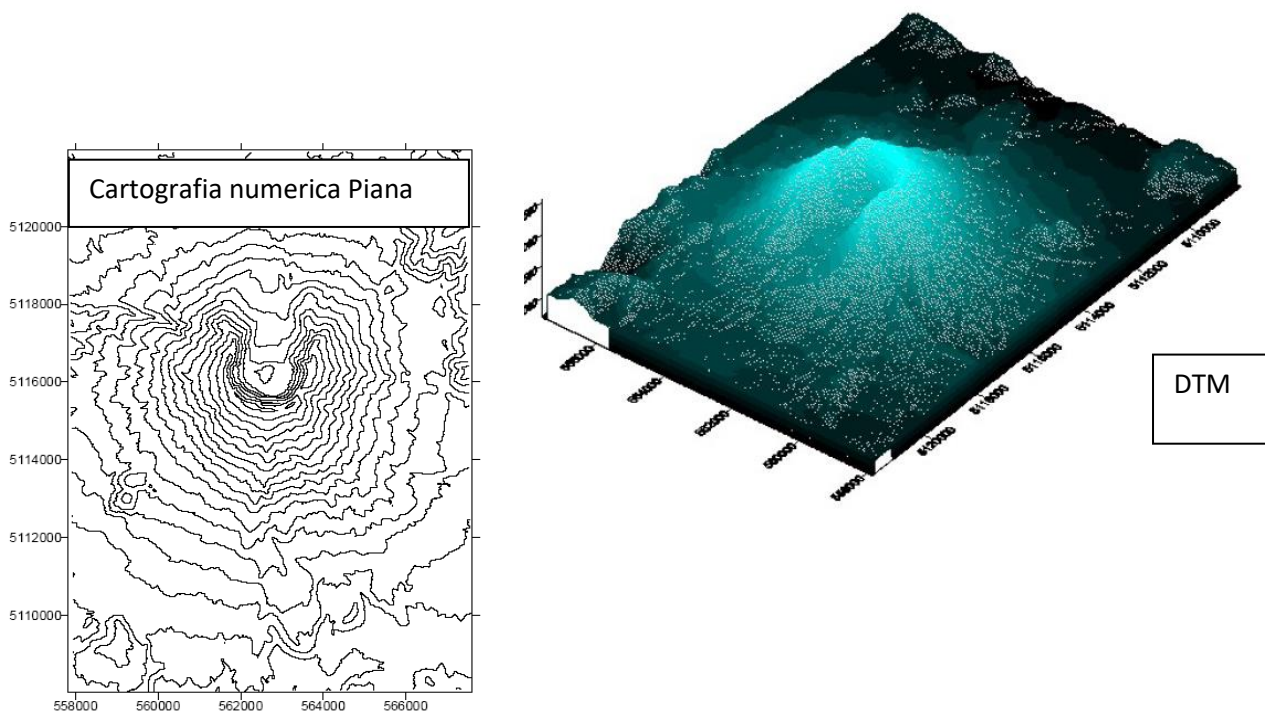


**Figura 21** Curvatura tipo con angolo di 150°

Le caratteristiche e la tipologia della sovrastruttura stradale sono dettate sostanzialmente dalla funzione e dall'uso previsto. Essa viene destinata prevalentemente al transito dei mezzi, che trasportano apparecchiature e materiali necessari al montaggio e messa in opera degli aerogeneratori e delle opere accessorie.

Attraverso successive ricognizioni in sito è stato possibile verificare la rispondenza tra i parametri cartografici e quelli in sito permettendo di adeguare lo studio del tracciato alla reale conformazione morfologica del terreno.

La creazione, mediante software adeguato, di un DTM (Digital Terrain Model) permette di effettuare delle valutazioni tridimensionali sull'area di studio. Caratterizzando quest'ultima mediante pendenza ed esposizione dei versanti, si passa dunque dalla cartografia numerica piana vettoriale a quella tridimensionale.



La creazione del DTM consente l'ottimizzazione dal punto di vista plano-altimetrico del tracciato; infatti, è possibile calcolare lungo lo sviluppo del tracciato, una volta fissati i parametri geometrici della strada (pendenza long., pendenza trasv., larghezza ecc.), i volumi di scavo e di riporto, nonché l'eventuale

compenso necessario ad assicurare i parametri di progetto. La scelta del tracciato è stata ulteriormente ottimizzata in seguito alla minimizzazione dell'impatto ambientale, ossia alla riduzione dei volumi di sbancamento.

A seguito della realizzazione del rilievo in sito con GPS e dello studio plano-altimetrico sono stati prodotti i seguenti elaborati distinti in successivi tratti ("rami") in modo da poter analizzare dettagliatamente ogni parte del tracciato.

- ✓ Planimetria generale d'insieme
- ✓ Planimetria dettagliata di ogni ramo con l'indicazione delle future scarpate da realizzarsi
- ✓ Profilo plano-altimetrico di ogni ramo
- ✓ Sezioni trasversali significative ottenute mediante l'omogeneizzazione di sottotratti aventi le stesse caratteristiche morfologiche (Inizio e fine di ogni curva; Punti intermedi di ogni rettilineo; Nodi stradali, ecc..)
- ✓ Calcolo dei volumi di scavo e riporto. Nel calcolo viene considerato il volume dello scavo per la realizzazione della futura massicciata e delle strade temporanee che successivamente verranno eliminate mediante ripristino dello stato dei luoghi.

#### 4. Fondazioni aerogeneratori

In relazione alle caratteristiche del sito in oggetto, le fondazioni in cls armato degli aerogeneratori saranno del tipo diretto e saranno realizzate in modo da garantire stabilità all'aerogeneratore ed ancorarne la torre di sostegno.

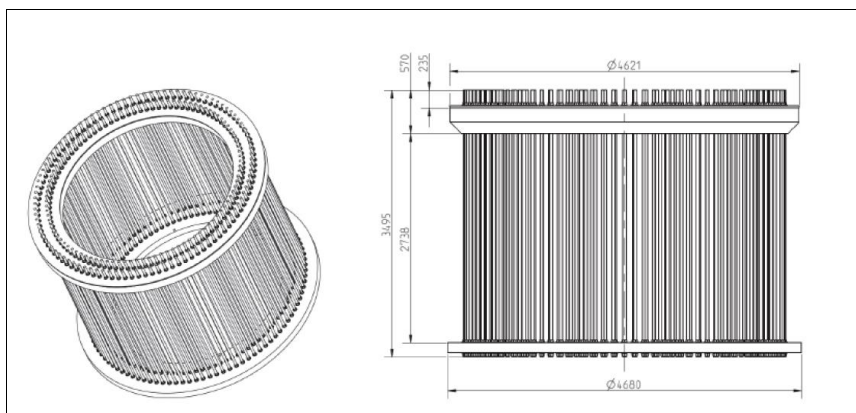
Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato in funzione dei risultati ottenuti dalle indagini geologiche/geotecniche eseguite in sito, nonché dalle prescrizioni richieste dalla ditta fornitrice degli aerogeneratori.

La tipologia delle opere di fondazione è consona alle caratteristiche meccaniche del terreno definite in base ai risultati delle indagini geognostiche.



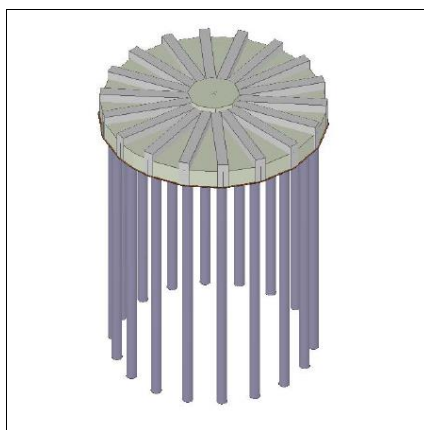
Le torri degli aerogeneratori sono fissate al terreno attraverso un sistema fondale di tipo indiretto, costituito da un elemento monolitico generalmente a forma tronco conica.

Nello specifico avente un'altezza massima di 4,40 mt e minima di 2,5 mt per un diametro esterno di 22 mt ed uno interno inferiore ai 5,90 mt. Il plinto modellato come piastra collegherà numero 18 pali di fondazione di tipo trivellati con diametro di 0,80 mt e lunghezza pari a 20 mt. Il sistema fondale viene completato con l'annegamento nel plinto di conglomerato cementizio armato della virola, atta al collegamento e al trasferimento delle sollecitazioni della struttura in elevazione al sistema fondale.



**Figura 22 Esempio di virola di fondazione**

Le sollecitazioni adottate, ai fini del progetto delle fondazioni, sono quelle rinvenienti dalle specifiche tecniche fornite dalla casa produttrice degli aerogeneratori. Per un maggiore dettaglio relative al dimensionamento della fondazione, si rimanda alla relazione preliminare strutture fondazioni, Elab. 11, redatto dalla società INSE srl.



**Figura 23** Vista assonometrica della struttura di fondazione

La quota di imposta della fondazione è prevista ad una profondità pari a 3,50 m e viene realizzata con l'ausilio di mezzi meccanici, evitando scoscendimenti e franamenti dei terreni circostanti. Successivamente lo scavo per l'alloggiamento della fondazione, dopo aver compattato il piano di posa, verrà steso uno strato di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata 20x20 con diametro da stabilire in fase di calcolo, definito magrone di sottofondazione. Il magrone di sottofondazione è costituito da calcestruzzo con Rck 15 N7cmq, e viene realizzato con un duplice scopo, il primo di tipo fisico, consistente nella livellatura del terreno per consentire la posa della fondazione su una superficie perfettamente piana; il secondo di tipo strutturale, consistente nella distribuzione omogenea sul terreno dei carichi verticali derivanti dalla struttura in elevazione. Successivamente si provvederà al montaggio delle armature, su cui verrà posizionata la dima e quindi il concio di fondazione, che corrisponde alla parte inferiore dei diversi elementi tubolari che costituiscono la torre. Posizionata l'armatura inferiore e verificata la sua planarità si passa al montaggio dell'armatura superiore e verificata anche per essa la planarità, si passa al getto di calcestruzzo, nel quale verrà completamente annegata l'intera struttura metallica. Ultimato il getto di calcestruzzo, eseguito per mezzo di betoniere ed autopompe con calcestruzzi confezionati secondo gli standard richiesti dalle case fornitrici dell'aerogeneratore, il plinto di fondazione sarà ricoperto con fogli di polietilene allo scopo di ridurre il rapido ritiro del calcestruzzo e quindi l'insorgere di possibili fessurazioni. Trascorso il tempo di stagionatura del calcestruzzo (circa 28 giorni), la torre tubolare in acciaio dell'aerogeneratore sarà resa solidale alla struttura di fondazione, mediante un collegamento flangiato con una gabbia circolare di tirafondi in acciaio, inglobati nella fondazione all'atto del getto del calcestruzzo.

Nella fondazione, oltre al cestello tirafondi previsto per l'ancoraggio della torre, si predisporranno i tubi corrugati nei quali verranno alloggiati gli opportuni collegamenti alla rete di terra. La parte superiore delle fondazioni si attesterà a circa 20 cm sopra il piano campagna e le restanti parti di fondazione saranno completamente interrate o ricoperte dalla sovrastruttura in materiale calcareo arido della piazzola di servizio, successivamente inerbita.

Eventuali superfici inclinate dei fronti di scavo saranno opportunamente inerbite allo scopo di ridurre l'effetto erosivo delle acque meteoriche, le quali saranno raccolte in idonee canalette in terra e convogliate negli impluvi naturali per consentire il loro deflusso. In sede di redazione del progetto esecutivo saranno realizzati sondaggi e carotaggi con prove di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione del sottosuolo a seguito dei quali sarà dimensionata con precisione la lunghezza, il diametro e il numero dei pali.

Si precisa che la fondazione, in calcestruzzo armato, ha Rck 30 N/mm<sup>2</sup> e Rck 40 N/mm<sup>2</sup>, come evincibile al cap.3 della relazione preliminare sulle strutture e fondazioni.

## 5. Piazzole aerogeneratori

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore è prevista la realizzazione di una piazzola pressoché piana, avente una pendenza massima ammissibile del 2%, dove troveranno collocazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore e relativa fondazione, i dispersori di terra e le necessarie vie cavo interrate.

La figura sottostante mostra la generica piazzola di montaggio utilizzata per la turbina Vestas 162.

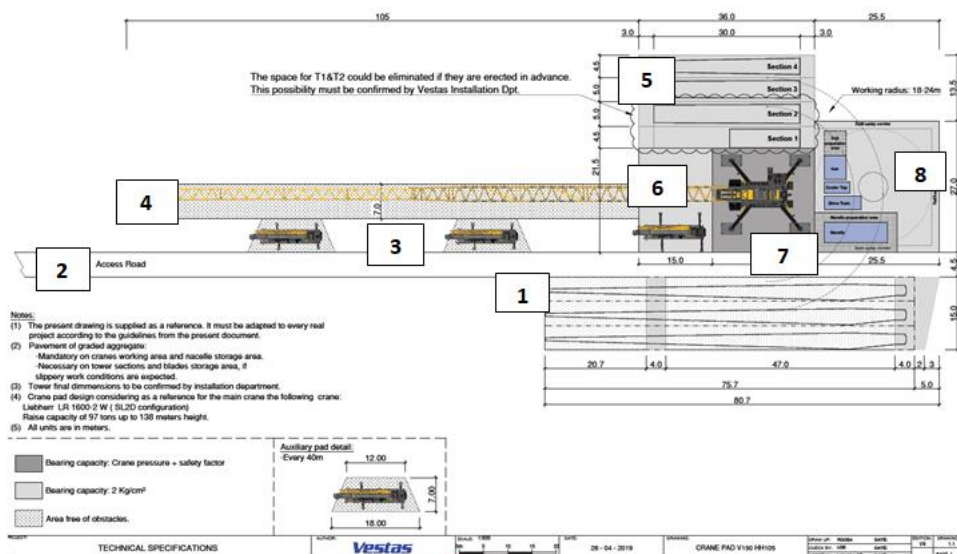


Figura 24 schema tipo piazzola

Ogni piazzola si compone di:

1. Area stoccaggio blade;
2. Strada di accesso;
3. Blocchi ausiliari;
4. Area di assemblaggio;
5. Area di stoccaggio e sezione torre;
6. Area di lavoro gru ausiliare;
7. Area di lavoro gru principale;
8. Area di stoccaggio navicella.

Per maggiori dettagli si rimanda alle apposite tavole AT7.

Le piazzole presentano una configurazione diversa a seconda della fase costruttiva in cui si trovano. Nella fase di cantiere le piazzole occuperanno un'area di circa 3933 mq, che sarà ridotta per tutta la vita utile dell'impianto alla sola area di fondazione pari a circa 688,5 mq. In fase di dismissione infine sarà completamente ripristinato lo stato dei luoghi iniziale.

Pertanto, dopo l'installazione dell'aerogeneratore, l'estensione superficiale della piazzola realizzata verrà sensibilmente ridotta, dovendo solo garantire l'accesso alla torre, da parte dei mezzi preposti alle ordinarie operazioni di manutenzione.

Tutte le aree eccedenti lo svolgimento delle opere, verranno ripristinate in modo da consentire su di esse lo svolgimento di altre attività come quella pastorale, agricola, ecc., **ed in ogni caso il ripristino delle attività precedentemente svolte**. In definitiva, in corrispondenza degli aerogeneratori rimarrà solamente la fondazione della turbina di circa 688,5 mq, oltre che la viabilità di accesso necessaria per la manutenzione delle turbine stesse.

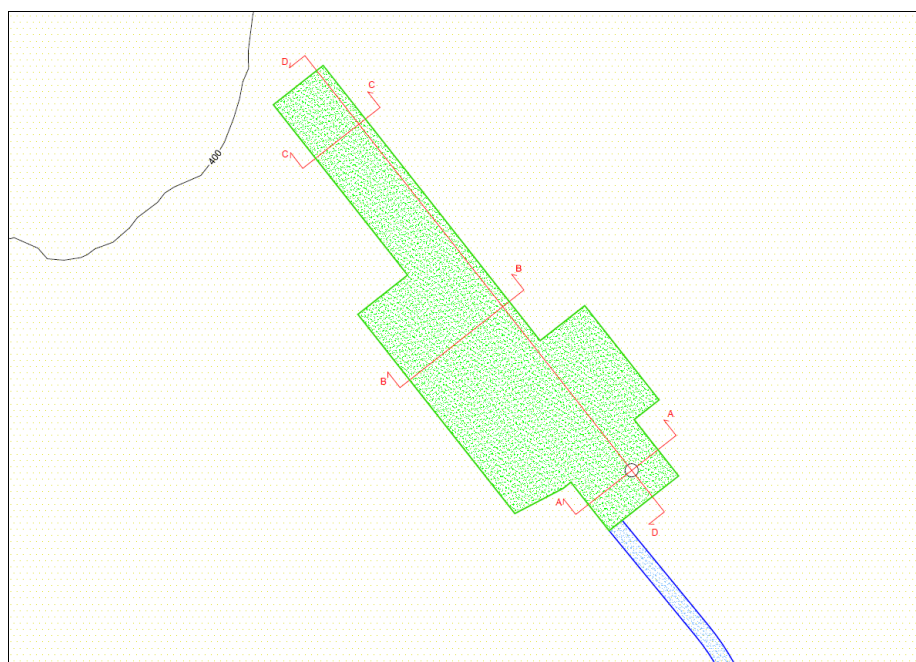
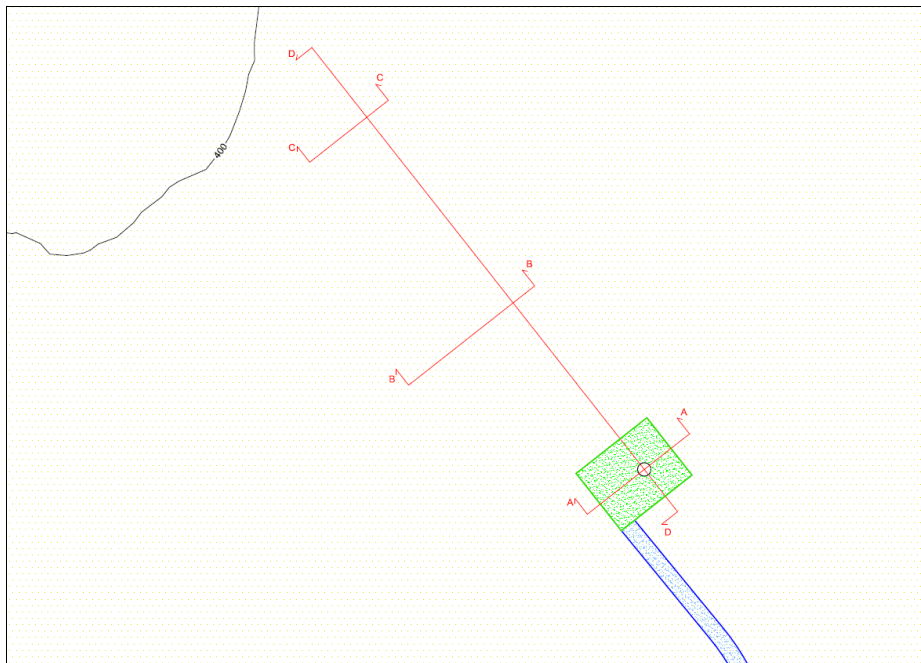
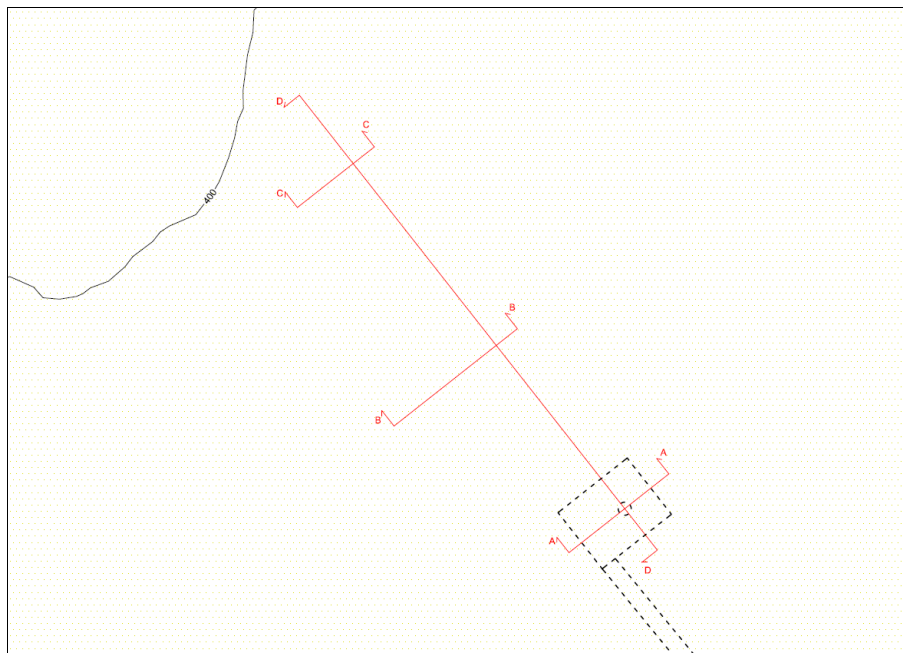


Figura 25 Configurazione piazzola in fase di cantiere



**Figura 26** Configurazione piazzola fase di esercizio



**Figura 27** Configurazione piazzola fase di dismissione

L'occupazione permanente consiste nella realizzazione dell'area a base dell'aerogeneratore con le rispettive fondazioni.



La piazzola dovrà essere realizzata su una base di capacità portante di almeno 200 kN/mq, valore che dovrà essere rispettato ad ogni angolo della piazzola ed anche nel centro di essa. La compattazione del terreno che la costituisce dovrà essere molto alta, all'incirca del 98%; la presenza delle gru molto pesanti su terreni con scarsa resistenza non è consigliata, a meno della realizzazione di opere di ingegneria per il miglioramento degli stessi.

È necessario provvedere al sicuro e corretto stoccaggio di componenti di turbine, o sopra la piazzola o al suo fianco, ma comunque sempre all'interno del raggio di funzionamento operativo della gru principale. Quando viene utilizzato il braccio a traliccio, l'area disponibile per la gru principale deve avere una lunghezza minima pari all'altezza del mozzo della turbina maggiorata del 20 %. La larghezza utile dell'area deve essere almeno pari a 7 mt. Al completamento dell'installazione delle turbine, la porzione di piazzola (indicata in tabella come temporanea) verrà ripristinata e restituita al suo uso originario.

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

Di seguito si ripropongono le riprese fotografiche dello stato delle aree su cui si intendono realizzare le opere, dalle quali si arguisce, non solo l'orografia pianeggiante del territorio, ma anche la destinazione a semina dei terreni.



**Figura 28** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT1



**Figura 29** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT2



**Figura 30** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT3



**Figura 31** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT4



**Figura 32** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT5



**Figura 33** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT6





**Figura 34** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT7



**Figura 35** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT8



**Figura 36** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT9



**Figura 37** Area di sedime piazzola aerogeneratore VT10

### *5.1 Fase di montaggio aerogeneratori*

Per comprendere appieno la funzione delle piazzole in fase di cantiere, si riporta una sintetica descrizione delle principali lavorazioni necessarie al montaggio degli aerogeneratori:

1. pulizia e scavo di sbancamento dell'area;
2. scavo di fondazione del plinto, fino a raggiungimento di un piano di fondazione indisturbato;



3. realizzazione dei pali di fondazione;
4. getto in opera del plinto in calcestruzzo armato con posa della dima, i plinti dovranno essere interrati per almeno 50 cm al di sotto del piano campagna;
5. realizzazione della piazzola di cantiere;
6. trasporto e scarico in area della piazzola degli elementi dell'aerogeneratore;
7. montaggio dei conci della torre;
8. montaggio della navicella;
9. montaggio a terra del rotore e suo innalzamento in quota;
10. rinterri ed opere complementari.

In fase di ripristino a fine lavori si prevede di riportare i volumi di terreno scavati in modo da ripristinare il più possibile l'attuale profilo della cresta. In particolare, si prevede di ricoprire completamente l'allargamento settentrionale previsto per la sosta del mezzo di sollevamento.

Si osserva che si prevede di ripristinare la continuità del sentiero esistente facendolo passare perifericamente attraverso il piano della piazzola.

A fine lavori si prevede di piantumare arbusti esistenti e di provvedere alla stessa di una copertura vegetale sull'intera area.

Le piazzole non saranno recintate in quanto le apparecchiature in tensione saranno ubicate all'interno della torre dell'aerogeneratore e della cabina di macchina, entrambe dotate di porta di ingresso con lucchetto e pertanto adeguatamente protette dall'accesso di personale non autorizzato.

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporre lo scortico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione di piazzola di lavoro.

Allo scopo di ridurre al minimo lo scortico superficiale, e quindi ridurre al minimo l'impatto dal punto di vista ambientale, è stato effettuato uno studio plano-altimetrico di dettaglio consistente nelle seguenti operazioni:

- Studio preliminare del tracciato della viabilità interna attraverso l'analisi di cartografia numerica in scala 1:5000
- Ricognizione in sito per la verifica della coerenza con la cartografia fornita

- Realizzazione DTM ottenuto mediante l'interpolazione cubica tra la cartografia numerica e il piano quotato effettuato
- Ottimizzazione del posizionamento plano-altimetrico della piazzola

A montaggio ultimato, la piazzola definitiva di 688,5 mq sarà mantenuta sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione delle macchine, mentre la rimanente area sarà semplicemente mantenuta a servizio della piazzola definitiva. È prevista la rinaturalizzazione delle aree che non saranno necessarie alle normali operazioni di manutenzione.

Sulle superfici inclinate dei fronti di scavo, qualora di altezza superiore a 1,50 mt e nel caso sia necessario provvederne l'inerbimento, è prevista la posa in opera di geostuoia, per favorire l'inerbimento stesso e limitare l'effetto erosivo delle acque superficiali nel corso degli eventi piovosi; inoltre, idonee canalette in terra consentiranno il deflusso delle acque negli impluvi naturali.

## 6. Modalità di posa in opera e di attraversamento – cavidotto AT

Il percorso del cavidotto interno al campo sarà posto in corrispondenza del bordo stradale. I conduttori a 36 kV saranno protetti da un tubo corrugato depresso in opportuno alloggiamento, precedentemente realizzato, e adagiato su un letto di sabbia.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità già esistente nel territorio.

La soluzione adottata per il cavidotto (percorso interrato) non comporta problematiche di inquinamento elettromagnetico dell'ambiente. La presenza dei cavi nel sottosuolo di strade asfaltate è opportuno che venga

segnalata in superficie mediante l'apposizione, indicativamente a distanza di 50 m l'uno dall'altro e comunque in ogni deviazione di tracciato, di segnalatori di posizione cavi e giunti. Nei casi di posa in terreni agricoli la presenza del cavo deve essere segnalata tramite paletti portanti cartelli indicatori "presenza cavo". I tracciati dei cavidotti interrati a 36 kV sono riportati sulla Tav.E01 "Schema di connessione su CTR" e sulla planimetria catastale TAV.E03 "Planimetria catastale con indicazione della DPA"; essi sono stati studiati nel rispetto con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n. 1775, comparando le esigenze delle opere in argomento con gli interessi pubblici e privati coinvolti. Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale che tiene conto delle possibili ripercussioni sull'ambiente. Le modalità di posa sono riportati nell'elaborato TAV.E04

I cavi saranno interrati alla profondità di circa 1,20 m, con disposizione delle fasi a trifoglio, la terna di cavi sarà alloggiata in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

Nello stesso scavo della trincea, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, si prevede la posa di un cavo a fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

La terna di cavi sarà protetta e segnalata superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Per gli attraversamenti stradali i cavi saranno posati in tubo al fine di ridurre al minimo la presenza degli scavi a cielo aperto sulla carreggiata stradale. Gli scavi ed i ripristini sulle eventuali carreggiate stradali saranno eseguiti secondo le prescrizioni degli enti proprietari. I riempimenti dello scavo saranno effettuati riutilizzando il terreno vegetale prelevato dallo strato stesso, al fine di ottenere nella fase di ripristino condizioni quanto più assimilabili possibile allo stato ante-operam.

In corrispondenza degli attraversamenti idrici si potrà ricorrere, a seconda delle condizioni rinvenute in situ, al passaggio dei cavi staffati su canalina laterale portacavi, nel caso in cui vi sia un attraversamento idrico su ponte, o nei casi più complessi mediante la tecnica no dig della TOC. Quest'ultima sarà utilizzata solo ed esclusivamente nei casi in cui non si potrà ricorrere, a causa delle condizioni dei luoghi, allo scavo a cielo aperto.

La realizzazione del cavidotto determinerà impatti ambientali minimi grazie ad una scelta accurata del tracciato, interamente localizzato lungo il bordo della viabilità esistente, operata a monte della progettazione, e grazie alla scelta delle migliori tecniche e tecnologie a disposizione atte a limitare i possibili impatti, quali l'impiego di un escavatore a benna stretta e la produzione di una quantità minima di terreno da portare a discarica, potendo lo stesso, essere in gran parte riutilizzato per il rinterro dello scavo a posa dei cavi avvenuta. Anche in questa fase, particolare attenzione sarà volta al ripristino ambientale con il riposizionamento dello strato vegetale originario.

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato (circa 500-600 metri) della linea di progetto, avanzando progressivamente sul territorio.

Le fasi lavorative necessarie alla realizzazione degli elettrodotti in cavo interrato AT saranno:

- scavo in trincea,
- posa cavi,
- rinterri trincea e ripristino condizioni originarie,
- esecuzione giunzioni e terminali,
- rinterro buche di giunzione.

Propedeutica alla posa in opera del cavidotto è l'installazione di un'area di cantiere costituita da uno spazio dedicato all'arrivo, il deposito e lo smistamento delle bobine di cavo, dei materiali e delle attrezzature necessarie alla realizzazione delle opere e dagli spazi dedicati agli uffici di direzione e sorveglianza necessari al funzionamento del cantiere.

Con l'impiego di un escavatore si esegue lo scavo della trincea per singole tratte di lunghezza pari alla pezzatura del cavo, agli estremi della tratta saranno eseguiti gli scavi delle buche idonee ad ospitare i giunti.

Si procede a scarificare la superficie esistente per una larghezza di circa 3D eliminando il tappeto di usura nel caso di strada asfaltata, consentendo così l'apertura di un'area di passaggio, denominata tecnicamente "fascia di lavoro". Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori.

Il materiale scavato sarà collocato, fino alla fase di rinterro, lungo la trincea all'interno dell'area di lavoro delimitata da apposita recinzione.

Dopo aver opportunamente predisposto il letto di posa, generalmente costituito da uno strato di materiale sabbioso di pezzatura massima 5 mm per uno spessore di circa 25 cm, i cavi elettrici saranno posati direttamente all'interno di questo strato sabbioso. Saranno opportunamente posizionati i rulli sui quali

poggerà il cavo durante la fase di stendimento. Agli estremi della tratta vengono posti da una parte l'argano di tiro per lo stendimento del cavo e dall'altra le bobine dei cavi. Dopo aver eseguito la posa dei tre cavi si provvede a rimuovere i rulli utilizzati per lo stendimento.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

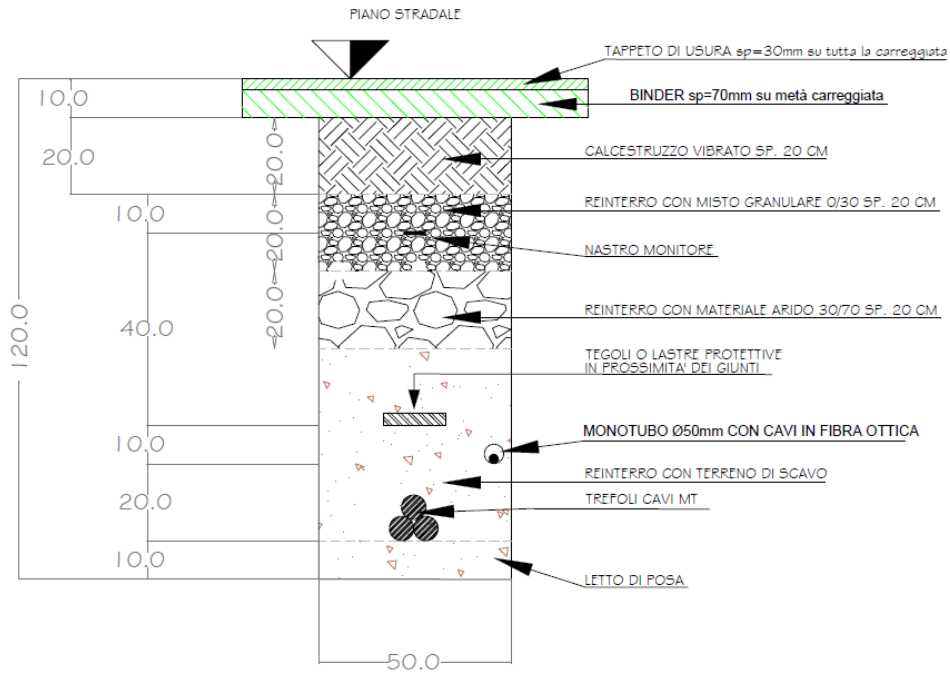
- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato da progetto;
- posa dei conduttori e fibre ottiche.

Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento;

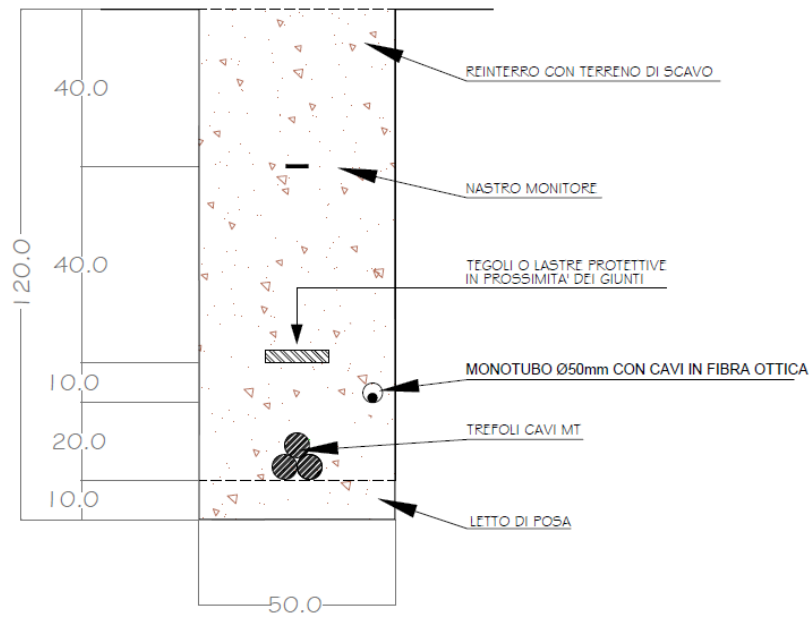
- rinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Il rinterro della trincea sarà eseguito con il terreno di scavo opportunamente compattato; ove questo non presenti adeguate caratteristiche termiche potrà essere effettuato con idoneo inerte, in caso di presenza di materiale di risulta sarà allontanato e portato a discarica autorizzata. Prima di completare il rinterro sarà posizionato il tritubo che ospiterà il cavo del telecomando e telecomunicazioni. Nel caso di strada asfaltata si completerà lo scavo con uno strato di circa 20 cm di soletta in calcestruzzo completo di rete elettrosaldata, uno spessore di 6 cm di conglomerato bituminoso tipo binder a basso tenore di bitume e con elementi lapidei non molto grossi, ed infine si completerà il piano viabile con un tappeto superficiale di usura di spessore 2,5 – 3 cm.

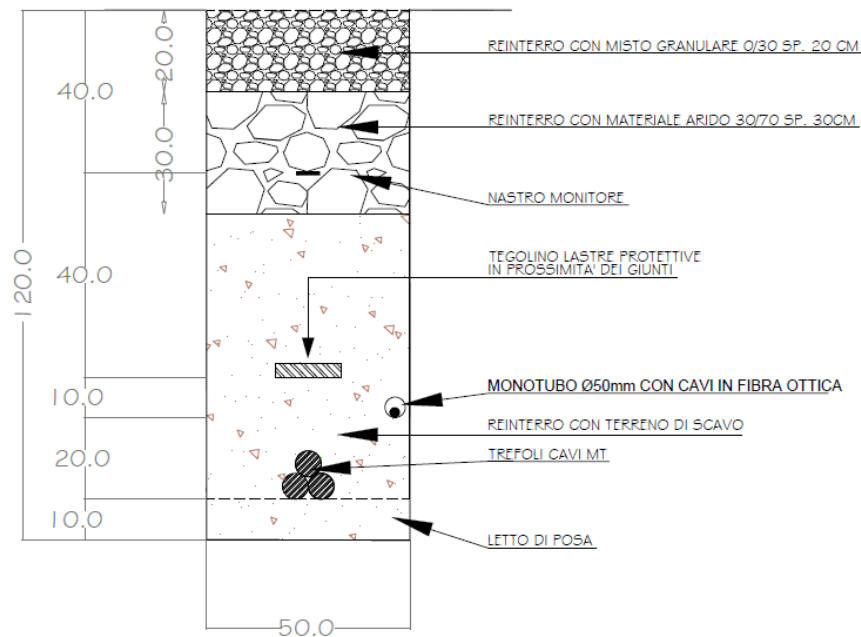
Per i collegamenti passanti su strade sterrate, terreni agricoli, strade asfaltate o di nuova costruzione si distinguono le seguenti sezioni di scavo:



**Figura 38** Cavidotto su strada asfaltata



**Figura 39** Cavidotto su strada sterrata o terreno agricolo



**Figura 40 Cavidotto su strada di nuova costruzione**

I cavi elettrici, posati sul fondo dello scavo, saranno protetti da un tubo corrugato e ricoperti da uno strato di 0.20 m di sabbia e uno strato di inerte. Le tubazioni saranno opportunamente segnalate nello scavo con nastro monitor "Cavi elettrici".

L'installazione dei cavi dovrà soddisfare tutti i requisiti imposti dalla normativa vigente e dalle norme tecniche ed in particolare le CEI 11-17 e 11-1.

La progettazione dei cavi e le modalità per la loro messa in opera sono rispondenti alle norme contenute nel DM 21/03/1988, regolamento di attuazione della legge n. 339 del 28/06/1986, alle norme CEI 11-7, nonché al DPCM 08/07/2003 per quanto concerne i limiti massimi di esposizione ai campi magnetici.