

**Badia Tedalda Eolico Srl**

| Via Francesco Tamagno, 7 | 20124 Milano (MI) | P.IVA 12334000960 | PEC badiatedaldaeolicosrl@pec.it |

# Parco Eolico Poggio Tre Vescovi

Formato: A4

Marzo 2023

**Progettazione specialistica**  
Soc. ENKI s.r.l.  
Ing. Andrea Mazzetti  
Ord. Ing. Prov. Siena n.680

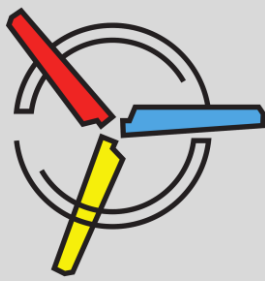
**PD.OCC.R.01.a**

Progetto Parco Eolico

*Opere Civili*

**RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE**

Rev.	Data	Oggetto
a	06/04/2023	Prima emissione



## Parco eolico Poggio Tre Vescovi

### Proponente



**Badia Tedalda Eolico Srl**

Via Francesco Tamagno, 7 - 20124 Milano (MI)

### Referente di progetto

Dott. Roberto Schirru

### Coordinamento tecnico



**ENVI area stp snc**

Ing. Cristina Rabozzi

Dott. Agr. Elena Lanzi

Dott. Agr. Andrea Vatteroni

### Progettazione opere civili e cantierizzazione

**ENKI**

INGEGNERIA

**ENKI srl**

Ing. Andrea Mazzetti

Progettazione opere di utenza e di rete per la connessione CP "Badia Tedalda"

Ing. Michele Pigliaru

### Geologia e geotecnica

**SINERGIA**  
progettazione e consulenza ambientale srls

**Sinergia srls**

Dott. Geol. Luca Gardone

### Aspetti trasportistici

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

**Siemens Gamesa S.A.**

Ing. Alessandro Noro

### Topografia



**3D Metrica** – Ing. Paolo Corradeghini

### Anemometria



**Skywind GmbH**

Ing. Sasha Claes

### Studio di impatto ambientale, studio di incidenza ambientale, aspetti socio-economici e antropici



**ENVI area stp snc**

Ing. Cristina Rabozzi

Dott. Agr. Elena Lanzi

Dott. Agr. Andrea Vatteroni

### Paesaggio



**INLAND Landscape Architecture** – Arch. Andrea Meli

### Biodiversità, ecosistemi e reti ecologiche



**Consorzio Futuro in Ricerca**

Dott. Lisa Brancaleoni

(aspetti floristico-vegetazionali)

(aspetti forestali, ecosistemi e reti ecologiche)

(avifauna)

(chiroterofauna)

Dott. For. Ilaria Scatarzi

Dott. Biol. Marco Lucchesi

Dott. Dino Scaravelli

### Archeologia



**Cooperativa archeologia s.c.**

Dott. Andrea Biondi

### Acustica



**Tecnocreo srl**

Ing. Matteo Bertoneri

### CEM e vibrazioni

Ing. Michele Pigliaru





## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE CIVILI ED ACCESSORIE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Introduzione alla proposta progettuale ottimizzata .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Inquadramento dell'area .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Micrositing anemologico dell'area .....</b>	<b>6</b>
1.3.1	Produzione annua di energia nel parco eolico per un modello alternativo di aerogeneratore	9
<b>1.4</b>	<b>Quadro di riferimento normativa tecnica .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5</b>	<b>Progetto del Parco Eolico.....</b>	<b>12</b>
1.5.1	Descrizione dell'impianto eolico .....	12
1.5.2	Descrizione e caratteristiche del modello di turbina di progetto.....	12
<b>1.6</b>	<b>Descrizione delle principali fasi di cantiere .....</b>	<b>17</b>
1.6.1	Trasporto e stoccaggio componenti impiantistiche ed elettriche .....	17
1.6.2	Viabilità esistente di accesso al sito.....	26
1.6.3	Interventi sulla viabilità esistente di accesso al sito .....	28
1.6.4	Interventi sulla viabilità interna al Parco Eolico.....	30
1.6.5	Interventi di realizzazione delle piazzole .....	31
<b>1.7</b>	<b>Attività di movimentazione terre: scavo, ripristino, recupero e smaltimento.....</b>	<b>34</b>
1.7.1	Gestione terre e rocce da scavo .....	53
1.7.2	Riutilizzo terre ex art. 185 comma 1 punto c del D.Lgs. 152/06.....	56
<b>1.8</b>	<b>Opere di regimazione delle acque superficiali.....</b>	<b>59</b>
1.8.1	Presidio tutela idraulica aree cantiere e piazzole .....	61
1.8.2	Acque meteoriche dilavanti di cantiere e delle piazzole .....	62
1.8.3	Trattamento delle acque meteoriche dilavanti le aree delle piazzole.....	63
<b>1.9</b>	<b>Montaggio e posa in opera degli aerogeneratori e del cavo, e operazioni di collaudo .....</b>	<b>65</b>
1.9.1	Descrizione mezzi per il trasporto e il montaggio degli aerogeneratori, e le opere di cantiere in genere. ....	66
1.9.2	Durata delle fasi di progetto .....	66
<b>1.10</b>	<b>Cronoprogramma delle attività di cantiere .....</b>	<b>67</b>
<b>1.11</b>	<b>Verifiche geotecniche strutturali – Opere di fondazione.....</b>	<b>70</b>
1.11.1	Verifiche geotecniche strutturali - Carico Limite di fondazioni su terreni.....	78
1.11.2	Dati verifiche geotecniche strutturali.....	86
1.11.3	Risultati verifiche geotecniche strutturali .....	92
1.11.4	Verifica di rigidità torsionale .....	100
<b>1.12</b>	<b>Opere civili strutturali - Piazzole ed opere connesse all'installazione degli aerogeneratori .....</b>	<b>103</b>
1.12.1	Opere di sostegno e di presidio ambientale.....	103
1.12.2	Opere di regimazione idraulica e di bonifica areale .....	105
1.12.3	Opere di realizzazione e finitura piattaforme piazzole.....	106
1.12.4	Opere strutturali – fondazioni aerogeneratori superficiali e profonde .....	106
1.12.5	Atlante e tavole sinottiche sede aerogeneratori: piazzole e fondazioni .....	107
<b>1.13</b>	<b>Opere civili di viabilità.....</b>	<b>109</b>





1.13.1	Viabilità principale esterna al Parco Eolico Strade di accesso e aree di cantiere .....	109
1.13.2	Viabilità principale interna al parco eolico e di accesso alle piazzole .....	109
1.13.3	Struttura del corpo stradale .....	111
1.13.4	Fasi realizzative delle piste di accesso .....	111
<b>1.14</b>	<b>Opere impiantistiche elettriche - Il sistema di generazione e distribuzione dell'energia .....</b>	<b>113</b>
1.14.1	Opere impiantistiche elettriche .....	113
1.14.2	Descrizione delle linee MT, terra e fibre ottiche .....	114
1.14.3	Interferenze ed attraversamenti .....	119
<b>1.15</b>	<b>Analisi di stabilità dei pendii.....</b>	<b>122</b>
1.15.1	Introduzione all'analisi di stabilità .....	122
1.15.2	Metodo equilibrio limite (LEM) .....	122
1.15.3	Metodo dei conci .....	123
1.15.4	Metodo di SARMA (1973).....	123
<b>1.1.1</b>	<b>Valutazione dell'azione sismica .....</b>	<b>126</b>
<b>1.16</b>	<b>Verifiche geotecniche delle opere di sostegno delle piazzole - viabilità .....</b>	<b>136</b>
<b>1.17</b>	<b>Prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei Piani di Sicurezza .....</b>	<b>147</b>
<b>1.18</b>	<b>Quadro descrittivo delle fasi di gestione .....</b>	<b>152</b>
1.18.1	Tempi e forme di utilizzo .....	152
1.18.2	Interventi di manutenzione di esercizio corrente .....	153
1.18.3	Interventi di manutenzione ordinaria .....	153
1.18.4	Interventi di manutenzione straordinaria .....	153
<b>1.19</b>	<b>Descrizione delle principali fasi di smantellamento del parco .....</b>	<b>153</b>
1.19.1	Interventi di smontaggio degli aerogeneratori.....	153
1.19.2	Interventi di ripristino ambientale delle piazzole .....	154
<b>1.20</b>	<b>Opere di mitigazione e ripristino ambientale .....</b>	<b>154</b>
1.20.1	Principi di intervento .....	154
1.20.2	Metodi di rinverdimento da utilizzare per le superfici piane interessate dai lavori (scarpate e piazzole) .....	155
1.20.3	Opere di ingegneria naturalistica .....	159
1.20.4	Mitigazione e ripristino ambientale delle viabilità .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

\* \* \*



## 1. PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE CIVILI ED ACCESSORIE

### 1.1 Introduzione alla proposta progettuale ottimizzata

Il Progetto in oggetto trae spunto e trova giustificazione in una serie di elementi che sono di seguito riassunti per punti:

- Potenziamento dell'offerta energetica regionale, prima che nazionale, in termini di incremento della produzione di energia eolica, come quota parte di energie rinnovabili, nell'ottica della riduzione sia degli impatti ambientali locali (compromissione della qualità dell'aria nelle aree limitrofe agli impianti di conversione con fonti energetiche convenzionali) che degli impatti ambientali di larga scala (piogge acide, effetto serra);
- vocazione dell'area individuata, per lo sfruttamento dei venti di intensità significativa, al fine della produzione di energia

Il progetto si basa sulla installazione di aerogeneratori di potenza elevata e dalle performance ottimizzate in maniera sito specifica, per il massimo sfruttamento delle potenzialità del sito in termini di intensità del vento, nelle more delle condizioni di limitazione all'utilizzo di tutti o parte degli aerogeneratori, rispetto a condizioni specifiche che determinassero impatti non sopportabili.

La soluzione progettuale prevede l'installazione complessiva di n. **11 AEROGENERATORI**

- AE01
- AE02
- AE03
- AE04
- AE05
- AE06
- AE07
- AE08
- AE09
- AE10
- AE11

Per la realizzazione del Parco si prevede la realizzazione di opere in Regione Toscana ed Emilia-Romagna, evidenziando di seguito le opere da realizzare:

- Piazzole aerogeneratori;
- Viabilità interna al parco eolico e di collegamento alla viabilità esterna;
- Cavidotto di collegamento alla cabina primaria Enel presso Badia Tedalda.GEO Italia S.r.l.

Nel complesso, l'individuazione degli aerogeneratori oggetto di eliminazione ha tenuto in considerazione i seguenti criteri:

- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle interferenze con aree boscate;
- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle interferenze con aree classificate di accertato o potenziale dissesto idrogeologico;
- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle interferenze con potenziali rotte seguite dagli uccelli migratori;
- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle interferenze con potenziale areali con diffusa frequentazione di specie avifaunistiche nidificanti;



- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione della necessità di realizzazione di tratti di nuova viabilità interna al parco;
- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle trasformazioni morfologiche e dei movimenti terra;
- Perseguimento dell'obiettivo di minimizzazione delle interferenze di carattere percettivo da coni di visuale privilegiata.

## 1.2 Inquadramento dell'area

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 11 aerogeneratori con potenza unitaria di taglia elevata, prevedibilmente di 6.6MW, per una potenza totale di 72.6 MW.

L'area di studio rimane quella del parco originale, ovvero l'area a cavallo dei Comuni di Badia Tedalda (AR), Casteldelci (RN) e Verghereto (FC).

Dal punto di vista cartografico, l'area ricade negli elementi nn. 278020, 278060 e 278070 della C.T.R. della Toscana in scala 1:10.000.

Il Parco Eolico si sviluppa in corrispondenza dell'areale compreso fra i comuni di Badia Tedalda (AR), Casteldelci (RN) e Verghereto (FC), e la distribuzione degli aerogeneratori deriva da un'attenta fase di studio che ha considerato una moltitudine di aspetti relativi soprattutto alle caratteristiche geologiche ed ambientali.

Gli aerogeneratori sono distribuiti in gran parte lungo allineamenti che permettono il miglior sfruttamento della risorsa eolica, compatibilmente con gli aspetti orografici e paesaggistici.

Le pale occupano una fascia di territorio di lunghezza complessiva di circa 3.6 km e sono distribuiti in modo piuttosto omogeneo ad una distanza variabile tra i 350 m e i 480 metri lineari.

Si riporta di seguito una tabella con la localizzazione degli aerogeneratori e una tavola di inquadramento corografico dell'area di progetto, rimandando comunque alle tavole progettuali per maggior dettaglio.

Tabella 1. Riepilogo quote e interdistanza aerogeneratori

POGGIO TRE VESCOVI LAYOUT 11 PALE					
SISTEMA DI COORDINATE PROIEZIONE GAUSS BOAGA FUSO OVEST EPSG:3003 - MONTE MARIO/ ITALY ZONE 1			QUOTA IMPOSTA PIAZZOLA [m.s.l.m.]	INTERDISTANZA [m]	RISPETTO A
AEROGENERATORE	EST - X	OVEST - Y			
AE01	1750216,2	4849071,4	1099,00	440,00	AE02
AE02	1750372,0	4848659,8	1026,00	557,98	AE03
AE03	1750684,6	4849122,0	1100,50	428,50	AE04
AE04	1751035,5	4848876,0	1089,00	637,78	AE05
AE05	1751663,1	4848762,6	1107,00	636,95	AE06
AE06	1752254,8	4848998,5	1094,00	467,15	AE07
AE07	1752712,6	4849091,6	1087,50	399,36	AE08
AE08	1753107,8	4849034,7	1083,00	412,63	AE09
AE09	1753375,5	4849348,8	1070,50	656,33	AE10
AE10	1753892,2	4849753,4	1083,00	387,00	AE11
AE11	1753630,2	4850038,2	1084,00	734,97	AE09



Figura 1. Inquadramento corografico dell'area di intervento

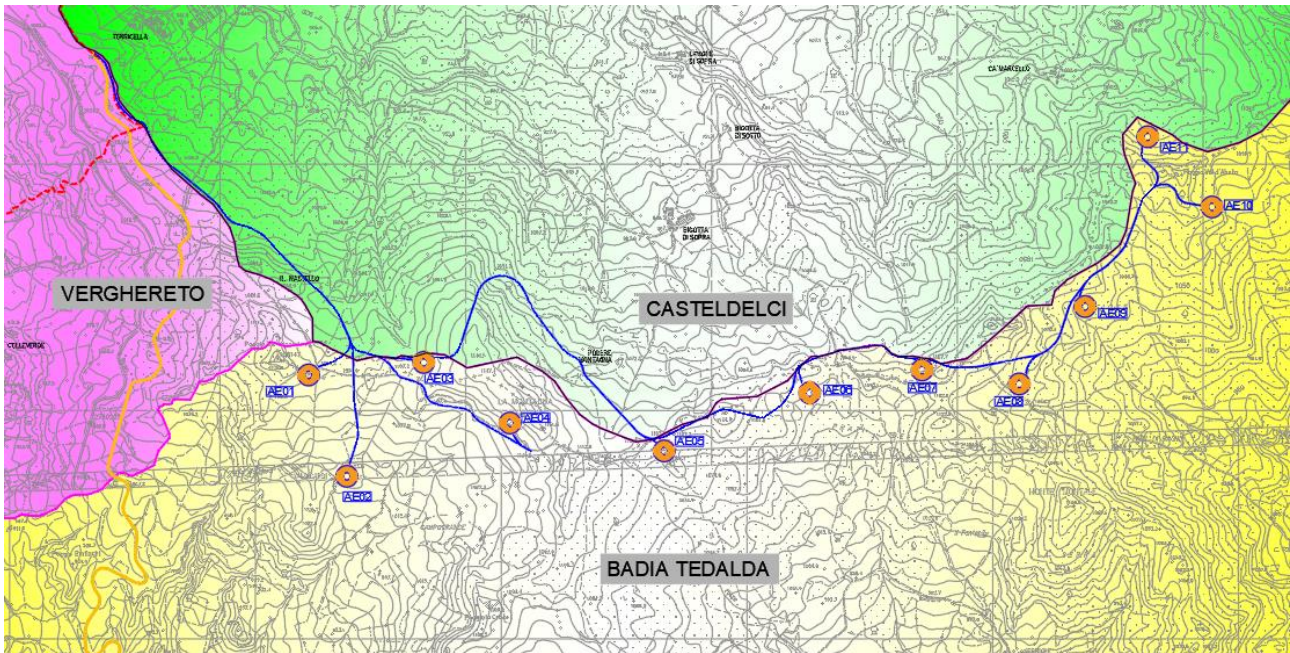
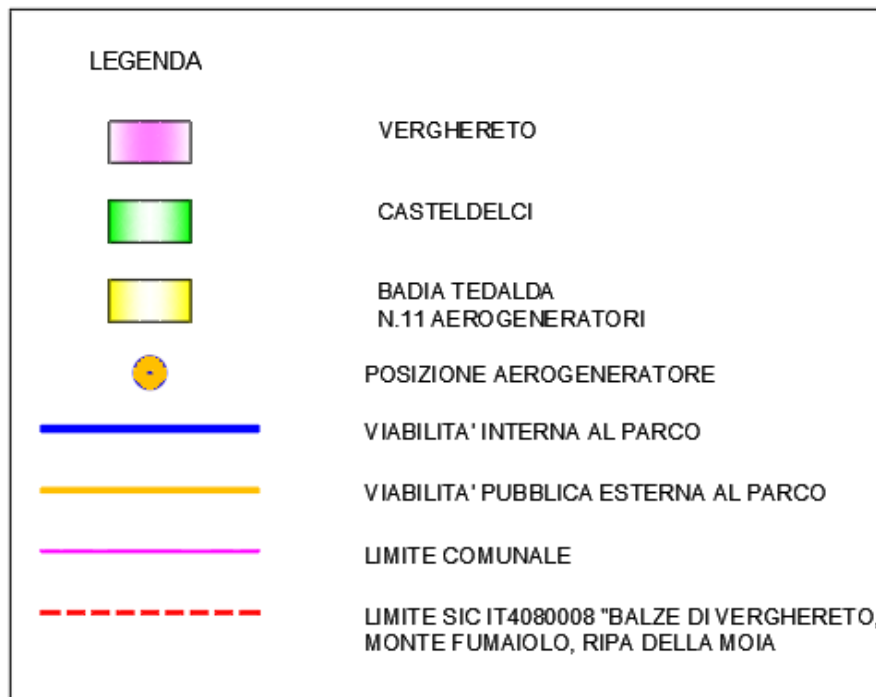


Figura 2. Inquadramento corografico dell'area di intervento - Legenda





### 1.3 Micrositing anemologico dell'area

L'opera in questione, trattandosi di un parco eolico per la produzione di energia elettrica dal vento, ha come base prioritaria di riferimento progettuale l'individuazione di condizioni idonee dal punto di vista anemologico.

In seno all'attuale predisposizione della 3° rielaborazione del progetto del Parco eolico Poggio Tre Vescovi (anno 2023), che segue i progetti del 2010 e del 2017, presentati presso le Regioni Toscana ed Emilia Romagna, in forza del progresso tecnologico, che ha reso le originarie turbine da 3,4 MW non solo obsolete ma non più in produzione, in forza dell'ulteriore riduzione del numero di turbine derivante dal nuovo layout, la presente perizia anemologica è una sintesi di 14 anni di continui studi e miglioramenti dell'efficienza del potenziale elettro-eolico, sfruttabile sul Poggio Dei Tre Vescovi.

La bontà di queste previsioni si basa sulle originarie perizie anemologiche e sulle successive interpolazioni, sempre effettuate partendo dai dati del vento di altre turbine eoliche poste a meno di 2.000 m. dal sito del progetto e dagli atlanti aggiornati (2021) del vento, nazionali ed mondiali, ma soprattutto in base alle nuove turbine prescelte, ossia le Siemens-Gamesa da da 6.6 MW con diametro rotore pari a 155 m. e altezza di mozzo pari a 102.5.

È fondamentale rimarcare l'ulteriore riduzione del numero totale delle turbine, che passano dalle originarie 36 del 2010, 13 del 2017, riducendosi a 11 con l'attuale configurazione.

Nonostante questa ulteriore riduzione, la scelta di turbine più potenti e più performanti permette di aumentare l'energia prodotta, che passa dagli originari 141,106 GWh/a (stima ottimistica) e 125,725 GWh/a (stima conservativa), a 185,374 GWh (stima ottimistica) e 165,169 GWh (stima conservativa).

Oltre a questi primi, nuovi parametri (dove si è riusciti a diminuire ulteriormente l'altezza del mozzo passando dagli originari 115 m. del 2017 agli attuali 102.5 m.), il nuovo layout prevede la collocazione lineare delle turbine, solo lungo il crinale (questo anche perché ci si muove solo sul versante toscano), ovvero si sono selezionati solo i siti più produttivi, eliminando i "cluster" di macchine sul versante Sud presenti nelle due precedenti versioni progettuali. Così facendo, si è aumentato il rendimento.

Il calcolo della previsione di produzione di energia viene effettuato con il modello WaSP (Wind Atlas Analysis and Application Program) nella versione aggiornata 11.0, versione 11.04.0026; tale software è sempre riconosciuto e consolidato a livello internazionale.

Tenendo conto della topografia e della rugosità del terreno, il modello è in grado di riportare le condizioni anemometriche rilevate in un determinato punto di osservazione a tutta l'area di interesse. Di conseguenza è possibile risalire dai risultati dell'analisi del campo di vento alla produzione di energia di ognuno degli aerogeneratori del parco, considerando anche l'importanza degli effetti di scia che rendono turbolento il moto dell'aria nel passaggio attraverso i rotori dei vari aerogeneratori.

L'anemometro è stato installato da un'impresa riconosciuta a livello internazionale ([www.windhunter.com](http://www.windhunter.com)), e posizionato nei pressi dell'aerogeneratore numero. Tutte le operazioni, dal montaggio alla manutenzione sono state eseguite secondo le direttive IEC.





Tabella 2. Tabelle riassuntiva dati anemometro

Posizione del palo anemometrico (UTM) :	N 43° 45' 09.2" E 12° 06' 32.9"
Posizione del palo anemometrico (coordinate Gauss-Boaga)	X: 1750342.39 Y: 4849101.75
Quota sopra il livello del mare	1101 m
Matricola	2009/80/05T
Velocità del vento all'altezza dei rilevatori	80.00 m / 78.50 m / 58.50 m
Direzione del vento all'altezza dei rilevatori	78.50 m / 58.50 m
Altre misurazioni	Temperatura/ Pressione atmosferica
Frequenza di campionamento (sampling rate)	1 Hz
Intervallo di acquisizione	10 Minuti
Controllo a distanza	Modem

Per l'aggiornamento di questo documento, sono stati anche utilizzati e opportunamente scalati i dati del vento provenienti dall'anemometro di macchina, installato sulla turbina tipo *Ghrepower*, modello GHRE60, 60 kW, con altezza del mozzo pari a 36, sistema-dati SCADA.

Tale turbina è installata a Nord-Ovest del sito del parco, e precisamente a 1.650 m. dalla turbina n. 1.

Oltre a questa verifica, i dati sono stati confrontati con quelli del 2020, del sistema *EMD-ConWx Europe Mesoscale Data Set* (<http://www.emd.dk/windpro/mesoscale-data/subscribe/emdconwx-mesoscale-data/>)

Al fine di valutare le condizioni medie di ventosità nel lungo periodo, è necessario analizzare una serie di dati contenente molti anni consecutivi. Visto che le misurazioni *in situ* non lo permettono, si è scelto di integrare i dati effettivamente rilevati con dati ottenuti da un modello previsionale. Questo modello è ampiamente utilizzato dalla SkyWind GmbH per la determinazione della ventosità nel breve periodo, agevolando notevolmente la gestione degli aerogeneratori. L'esperienza acquisita nel corso degli anni garantisce quindi una qualità dei dati molto alta.

Conformemente a quanto descritto, è stata composta ed analizzata la serie completa dei dati relativi agli anni 2008 e 2009.

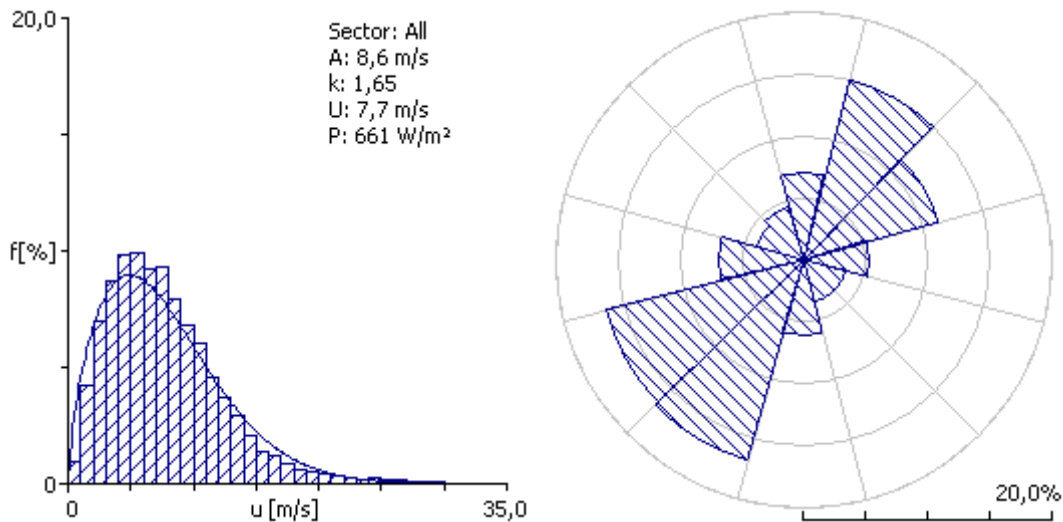
È infatti sempre preferibile, disporre di serie di dati relativi ad intere annualità in quanto queste non solo contengono tutte le informazioni riguardo la stagionalità e la variabilità delle condizioni atmosferiche ed eoliche, ma facilitano anche l'inquadramento del periodo di riferimento nell'ottica della produzione media nel lungo periodo (+/- 30 anni).

Partendo dai dati relativi ad intervalli di 10 minuti e riguardanti la velocità e direzione del vento, sono stati calcolati, mediante il software WAsP i valori corrispondenti ad una quota di 80m.

Successivamente si è proceduto a verificare questi valori attraverso l'utilizzo di alcuni programmi specifici.



Figura 3. Velocità e distribuzione e del vento a quota 80m ottenuti con il programma WaSP



Per quanto riguarda i valori medi annui sono stati determinati i parametri di Weibull  $A=8,8$  m/s e  $k=1,65$ . La velocità media del vento a 80 m. è pari a 7,7 m/s.

Questo valore conferma la bontà del sito per lo sfruttamento della risorsa eolica. Le direzioni prevalenti sono nei settori sud-ovest e nordest.

I suddetti valori si riferiscono a una determinata posizione e quota dell'anemometro. Utilizzando il software WASP ed estrapolando il valore all'altezza del mozzo sono successivamente stati calcolati i valori attesi per i singoli aerogeneratori del parco. I risultati dell'analisi condotta per i singoli aerogeneratori del parco eolico di Poggio Tre Vescovi - Fresciano sono elencati nella Tabella 3

Tabella 3. Media annua della produzione attesa di energia nel parco eolico di Poggio Tre Vescovi – Fresciano, con turbine Siemens Gamesa SG 6.6-155. Produzione al netto delle correzioni (AEP\_calcolato, 3° colonna), e produzione in un'ipotesi estremamente cautelativa (AEP, 4° colonna).

WEA-Nr.	Uavg [m/s]	AEP_cal (GWh)	AEP (GWh)
1	7,9	18.330	16.332
2	7,0	14.661	13.063
3	7,8	17.349	15.458
4	7,9	18.218	16.232
5	7,6	17.091	15.228
6	7,6	16.930	15.085
7	7,7	17.022	15.167
8	7,6	16.366	14.582
9	7,3	15.011	13.375
10	7,4	16.404	14.616
11	8,0	17.993	16.031



AEP\_cal (calculated Average Energy Production) è la produzione annua di energia calcolata dal modello tenendo conto delle correzioni dovute alla densità dell'aria, alle considerazioni sul lungo periodo, alle perdite imputabili al trasporto dell'energia (2%) e la disponibilità tecnica degli impianti (96%).

I valori riportati nella colonna AEP costituiscono invece i risultati ottenuti assumendo un'ipotesi estremamente cautelativa, secondo la quale si sommano gli errori dovuti a possibili imprecisioni nelle misure (2%), quelli possibili nella correlazione tra dati misurati e dati dedotti dal modello (5%), quelli inerenti agli algoritmi del modello (8%), e quelli di un'ulteriore divergenza tra il periodo di riferimento e le medie del lungo periodo (5%).

L'ipotesi estremamente cautelativa (4° colonna) ha la sola funzione di garantire una determinata soglia di sicurezza che permetta di valutare e quantificare il rischio in fase di progettazione.

È da sottolineare che l'incertezza ovvero la deviazione standard può assumere per definizione sia valori positivi che valori negativi.

L'ipotesi estremamente cautelativa si riferisce esclusivamente al caso in cui essa sia negativa ed indica quindi la peggiore delle ipotesi, quello che viene definito uno scenario worst-case. Nella Tabella 4 sono riassunti i dati relativi alla produzione dell'intero parco eolico.

**Tabella 4. Media della produzione di energia annua attesa nel parco eolico di Poggio Tre Vescovi - Fresciano per 11 turbine del tipo Siemens-Gamesa SG 6.6-155.**

Produzioni	Ipotesi probabile	Ipotesi estremamente cautelativa
Produzione annua di energia	185,374 GWh	165,169 GWh
Produzione annua media per ogni aerogeneratore	16852 MWh	15015 MWh
Ore equivalenti	2553 h	2275 h

### 1.3.1 *Produzione annua di energia nel parco eolico per un modello alternativo di aerogeneratore*

Con riferimento al report sullo stato anemologico del sito individuato, per la stima del potenziale di recupero energetico dal Parco Eolico è stato preso in considerazione anche un altro modello di aerogeneratore, riportando in analogia al metodo sopra descritto la produzione annua attesa, calcolata per la turbina modello NN – B1 – 1.

Modello:	NN-B1-1
Altezza del mozzo:	105,0 m
Diametro del rotore:	150 m
Potenza nominale dell'aerogeneratore:	6.000 kW
Potenza nominale nel parco:	6.600 kW (66.0 MW)
Curva di potenza:	calcolata dal produttore
Velocità di avviamento:	3,0 m/s
Velocità di spegnimento:	25.0 m/s





**Tabella 5. Produzione media annuale di energia stimata, con un lay-out con 11 turbine del tipo NN-B1-1.**

Produzioni	Ipotesi probabile	Ipotesi estremamente cautelativa
Produzione annua di energia	169.834 GWh	151.322 GWh
Produzione annua media per ogni aerogeneratore	15.439 MWh	13.756 MWh
Ore equivalenti	2.807 h	2.501 h

È appena il caso di osservare che si possono avere numeri estremamente differenti di ore equivalenti a parità o quasi di produzione di energia: se infatti si cambia la taglia del generatore, a parità di dimensioni (diametro rotore, altezza al mozzo), la produzione può non subire sostanziali differenze. Quando però la si divide per la potenza installata, il denominatore può influenzare sensibilmente il risultato.

#### 1.4 Quadro di riferimento normativa tecnica

Il progetto definitivo sarà predisposto in conformità di tutte le vigenti norme, nazionali e regionali, comprese le normative tecniche ed in assenza di norme italiane si potrà fare riferimento alle principali normative tecniche internazionali:

- UNI, Ente Nazionale di Unificazione;
- CNR, Centro Nazionale delle Ricerche;
- CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano;
- ISPESL, Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro;
- ANCC, Associazione Nazionale Controllo Combustione;
- CTI, Comitato Termotecnico Italiano;
- UNEL Unificazione Elettrica;
- DPR626/94 Precedenti e più recenti DPR e DM applicabili ad antinfortunistica e sicurezza;
- DPR459/96 Direttiva Macchine e s.m.i.;
- ISO International Standard Organization;
- VDI Verein Deutscher Ingenieure;
- DIN Deutsche Industrie Normen;
- SIS Svensk Standard;
- BS British Standard;
- ASA American Standard Association;
- ANSI American National Standard Institute;
- ASTM American Standard for Testing Materials;
- ASME American Standard of Mechanical Engineers;
- NEMA National Electric Manufacture Assoc.;
- AWS American Welding Society.
- VSG. Volksschulgesetzes



- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- C.N.R. n. 10024/1986 Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e Redazione delle relazioni di calcolo
- D. M. LL.PP. 11 marzo 1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008

In ogni caso la normativa tecnica applicata non dovrà essere in contrasto con la vigente normativa italiana.



## 1.5 Progetto del Parco Eolico

In termini schematici e descrittivi, si riportano di seguito le principali caratteristiche e gli interventi necessari alla realizzazione del Parco Eolico:

- realizzazione e/o adeguamento della viabilità esterna ed interna di cantiere per l'accesso alle piazzole di imposta degli aerogeneratori e per il trasporto delle componenti;
- realizzazione delle 11 piazzole di imposta degli aerogeneratori e delle opere di sostegno e presidio ambientale;
- realizzazione delle 11 fondazioni degli aerogeneratori;
- installazione di 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza di taglia elevata, prevedibilmente pari a 6.0MW/6.6mw, per la conversione dell'energia eolica in energia elettrica;
- realizzazione di una rete di elettrodotti interrati (cavidotti) per l'interconnessione tra i diversi aerogeneratori;
- realizzazione di un cavidotto interrato, per l'interconnessione dell'impianto e la cabina elettrica Enel in AT presso Badia Tedalda;
- adeguamento di sottostazione elettrica primaria esistente di connessione alla rete di trasmissione ENEL in AT presso Badia Tedalda con realizzazione di un palo gatto per la nuova connessione.

### 1.5.1 Descrizione dell'impianto eolico

Gli 11 Aerogeneratori sono ad asse orizzontale, ed ognuno degli aerogeneratori è costituito da un rotore tripala e da una gondola o navicella con carlinga in vetro resina, contenente:

- l'albero principale;
- il moltiplicatore di giri;
- il generatore elettrico;
- i sistemi ausiliari;
- torre tubolare in acciaio che sostiene la gondola o navicella.

L'energia cinetica del vento, raccolta dalle pale rotoriche, è utilizzata per mantenere in rotazione l'albero principale, su cui il rotore è calettato.

Attraverso il riduttore di giri, l'energia cinetica dell'albero principale è trasferita al generatore e trasformata in energia elettrica.

Gli aerogeneratori utilizzati generano energia elettrica in bassa tensione e sono collegati, tramite cavi di potenza, a trasformatori BT/MT. Tali trasformatori verranno inseriti all'interno delle torri stesse degli aerogeneratori.

L'interconnessione tra i diversi aerogeneratori e la cabina elettrica di impianto è assicurata da cavi interrati.

### 1.5.2 Descrizione e caratteristiche del modello di turbina di progetto

Il progetto prevede l'utilizzo di aerogeneratori di taglia elevata, prevedibilmente con potenza nominale di 6.6MW, in quanto rappresentano attualmente i modelli con le maggiori performance di rendimento energetico.

Lo sviluppo delle turbine di taglia elevata ha infatti puntato all'ottenimento della massima efficienza del sistema, migliorando soprattutto alcuni aspetti strutturali delle pale, quali la composizione del materiale e la struttura.

Di seguito si riporta quindi una descrizione delle caratteristiche medie di un aerogeneratore di "progetto", ottenuto analizzando e definendo un involucro dei parametri di funzionamento e resa energetica, in funzione delle diverse caratteristiche, di molteplici modelli di turbine di taglia elevata presente nel mercato.



Si riportano quindi i parametri tecnologici e di funzionamento, descrittivi di una categoria commerciale di aerogeneratori di taglia elevata, comune a numerose marche presenti nel mercato.

Schematicamente si evidenzia che ogni aerogeneratore è dotato di un sistema di controllo in grado di assicurare il migliore allineamento della navicella alla direzione del vento, nonché di sistemi di sicurezza in grado di garantire il fermo macchina per manutenzione normale, per emergenza o per motivi di sicurezza; in particolare è previsto il fermo dell'aerogeneratore ogniqualvolta la velocità del vento superi i 27 m/s.

Con riferimento all'aerogeneratore "di progetto", si considera un diametro del rotore di 155 metri, ed un'altezza al mozzo della torre di sostegno di 102,5 metri.

I valori sopra indicati verranno utilizzati per le verifiche ed analisi degli impatti, considerando caso per caso i valori in grado di massimizzare l'impatto atteso e garantendo quindi un approccio cautelativo e a favore di sicurezza.

L'altezza totale del generatore, alla punta estrema della pala, sarà pari a 180 metri, comprensiva di altezza della torre e della lunghezza della pala.

Dal punto di vista della fornitura e posa in opera dell'effettivo aerogeneratore, si evidenzia che il modello sarà scelto in base ai requisiti individuati in fase di progetto esecutivo, nonché in base a criteri commerciali e alle migliori tecnologie presenti sul mercato al momento della realizzazione del Parco Eolico.

Nelle pagine seguenti si riporta una tabella riepilogativa dei principali parametri caratteristici di un aerogeneratore di "progetto" con taglia media da 6.6MW, di cui si evidenzia che con riferimento ai valori di altezza totale, sono riportati i differenti valori di altezza in funzione delle diverse misure delle torri, ma che per le verifiche progettuali e di impatto ambientale, in forma cautelativa, è sempre stata assunta l'altezza totale massima, pari a 180 m per torre + pala.



Figura 4. Schema aerogeneratore taglia media 6.6 MW

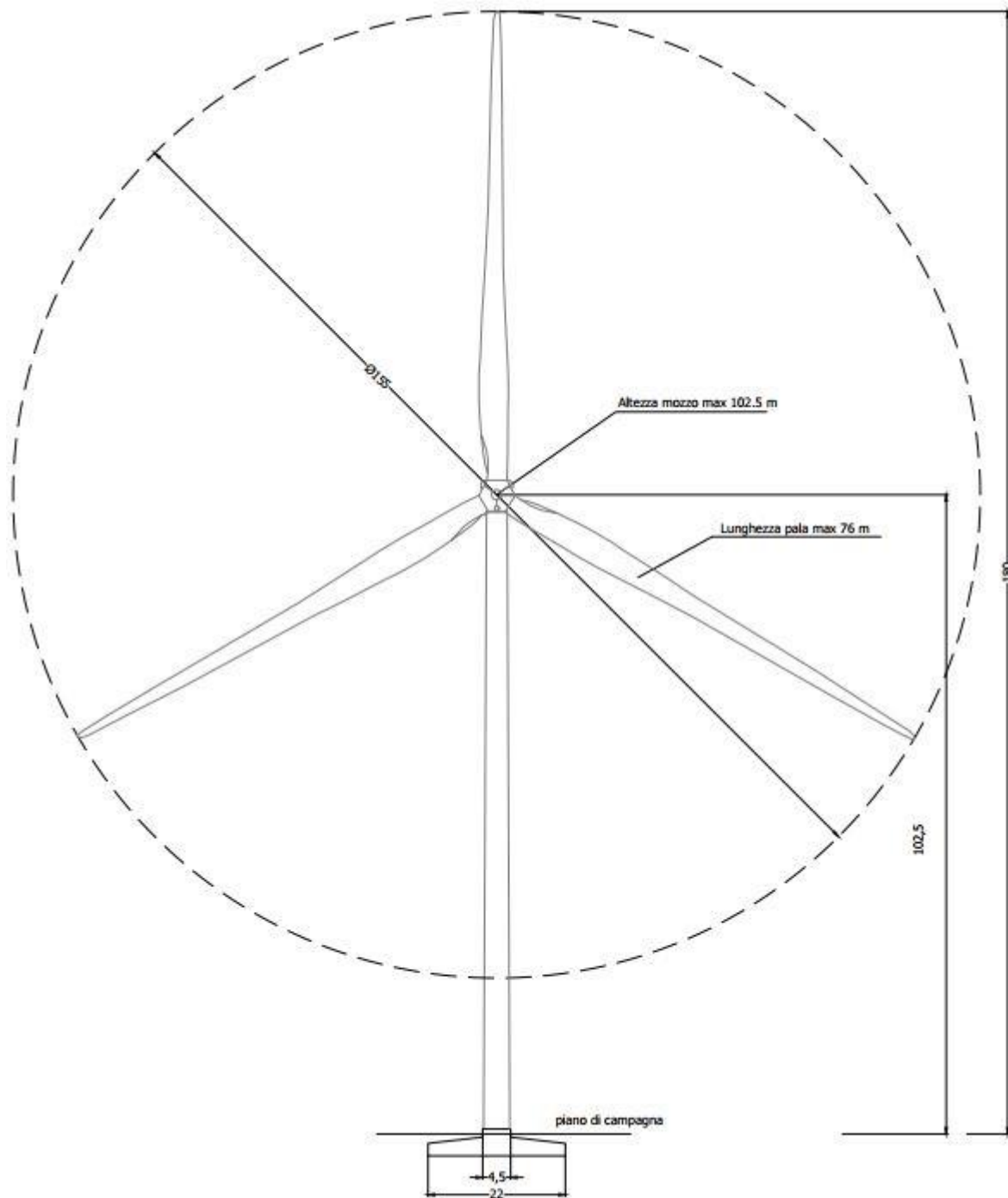
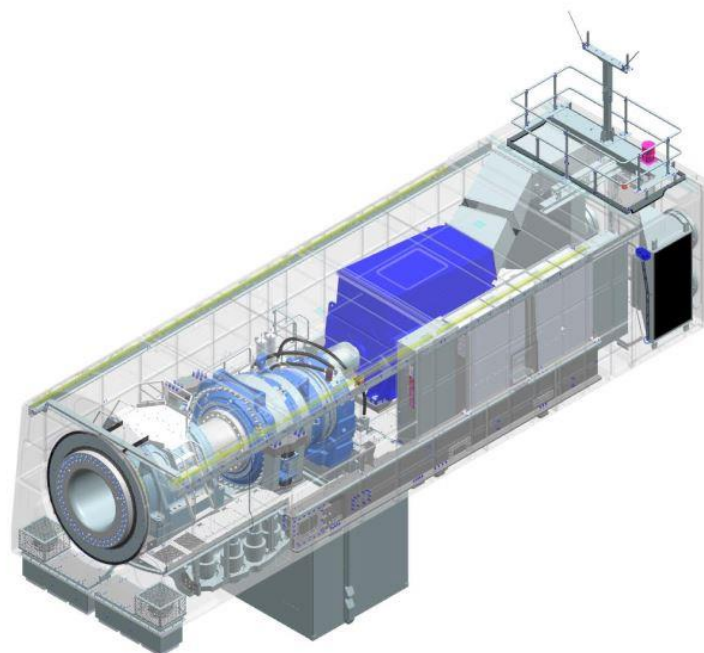




Figura 5. Foto aerogeneratori taglia media 6.6 MW



Figura 6. Dettaglio navicella





Per la realizzazione delle pale di questi aerogeneratori sono stati utilizzati per la prima volta dei nuovi materiali ultraleggeri, come la fibra di carbonio utilizzata per le travi interne delle pale che devono reggere il carico, e che hanno permesso di ottenere pale con superfici maggiori ma di peso estremamente contenuto. Il funzionamento degli aerogeneratori è compreso per velocità del vento tra i 3 ed i 27 m/s (misurati al mozzo della navicella) mentre la velocità di rotazione delle pale è compresa tra 11,3 e 17,5 giri/minuto.

I materiali di costituzione delle pale sono fibre di vetro, fibre di carbonio, materiali polimerici ed epossidici. Ciò, oltre che ad un minor peso e quindi ad un maggiore rendimento in termini di produzione di energia, ha come conseguenza una sensibile diminuzione delle emissioni di rumore e l'annullamento di possibili interferenze elettromagnetiche (inconvenienti registrati con gli aerogeneratori di vecchia concezione tecnologica). A questo proposito, poiché tutte le apparecchiature elettriche degli aerogeneratori operano a bassa tensione, non vi sono interferenze/effetti di tipo elettromagnetico.

La torre di sostegno, posta su plinto di fondazione in cemento armato tramite un pezzo speciale di giunzione, è realizzata in acciaio, e al suo interno sono ubicate tutte le parti elettriche e meccaniche (es. cavi elettrici dalla turbina e trasformatori). Il design della navicella garantisce le migliori performance energetiche in quanto particolari soluzioni tecniche come l'integrazione della frangia di attacco del mozzo direttamente al moltiplicatore di giri, eliminando l'albero lento e riducendo quindi la lunghezza della navicella, permettono di generare maggiore corrente senza apprezzabili incrementi di dimensioni, peso o carico sulla torre.

**Tabella 6. Principali parametri caratteristici aerogeneratore di "progetto"**

	Unità di misura	
Numero di generatori	num	11
Potenza media dei generatori	MW	6.6
Potenza totale dell'impianto	MW	72.6
Velocità di cut/in	m/s	3
Velocità di cut/off	m/s	27
Numero di pale	num	3
Velocità di rotazione	RPM	8.6 – 18.4
Altezza mozzo navicella	m	102.5
Diametro del rotore	m	155
Altezza totale aerogeneratore – torre + pala	m	180
Diametro di base della torre	m	4.2
Suolo occupato dalla torre	m <sup>2</sup>	14
Suolo occupato complessivo base torri	m <sup>2</sup>	14 *11 = 154
Area spazzata	m <sup>2</sup>	18869
Area spazzata tot. Impianto	m <sup>2</sup>	18869*11 = 207559
Rotore	Rotore sopravento con regolazione attiva delle pale	
Pale	Fibra di vetro (resina epossidica) e sistema parafulmini integrato	
Sistema di regolazione delle pale	Sistema di regolazione delle pale con regolazione indipendente per ogni pala con alimentazione di emergenza	
Sistemi frenanti	3 sistemi di regolazione delle pale indipendenti con alimentazione di emergenza, freno di tenuta rotore e blocco rotore	
Inseguimento vento	attivo con azionatore e ammortizzazione dipendente dal carico	
Controllo a distanza	Controllo da remoto con tecnologia SCADA	



## 1.6 Descrizione delle principali fasi di cantiere

### 1.6.1 *Trasporto e stoccaggio componenti impiantistiche ed elettriche*

Nel paragrafo seguente, si illustreranno le modalità per il trasporto in sito dei componenti degli aerogeneratori.

In particolare si evidenzia che il Proponente ricorrerà a soluzioni altamente tecnologiche ed innovative, al fine di non generare o indurre il minimo impatto sull'ambiente naturale e costruito limitrofo alla viabilità esistente.

Come di seguito evidenziato per il trasporto dei componenti degli aerogeneratori, si prevede la consegna delle componenti dei trami delle torri, delle navicelle e delle pale, al porto di Ravenna, da dove si percorrerà la viabilità autostradale e/o ordinaria fino al sito.

Per il trasporto delle componenti degli aerogeneratori saranno utilizzati mezzi ad alta tecnologia prevedibilmente diversificati per il trasporto in autostrada, per la viabilità pubblica fino in prossimità del Parco Eolico e per la viabilità interna del Parco.

I mezzi disponibili presso le numerose imprese altamente specializzate operanti in Italia, opereranno in maniera integrata ricorrendo a mezzi di trasporto speciali e trasporti modulari semoventi, assimilabili a varie specie di carrelli modulari semoventi, con assi indipendenti e tutti sterzanti, che permettono il passaggio nei tratti curvilinei a ridotto raggio di curvatura, evitando o minimizzando al massimo la necessità di pesanti interventi di adeguamento della viabilità esistente, e rendendo quindi nulli e/o minimi gli impatti sull'ambiente e sul territorio circostante e limitrofo alla resede della carreggiata della viabilità esistente.

In particolare, con riferimento alle migliori tecnologie esistenti sul mercato, al fine di limitare i potenziali impatti e problematiche relativamente al trasporto in cantiere delle componenti degli aerogeneratori, e quindi al fine di rendere nulla o minima la necessità di eseguire qualsivoglia intervento sul territorio limitrofo alla carreggiata della viabilità esistente, il proponente ha deciso di prevedere che il trasporto degli aerogeneratori avverrà per elementi separati senza ricorrere ad aree di stoccaggio temporaneo, per poi essere con tecnica "just in time", assemblati direttamente presso le piazzole dell'impianto, sollevati e posizionati nella posizione prestabilita.

Gli 11 aerogeneratori previsti verranno trasportati singolarmente in fasi successive di cui, si prevede il trasporto in loco dei trami delle componenti le torri, delle navicelle e dei rotori e delle pale, che avverrà su mezzi di trasporto speciale di lunghezza variabile tra i 30 e i 45 m.

In particolare in seguito all'analisi e studi delle caratteristiche degli aerogeneratori presenti sul mercato si è ipotizzato di poter trasportare la torre suddivisa in 5 diversi trami, con lunghezza variabile in funzione delle altezze finali di realizzazione, in modo da minimizzare comunque le lunghezze dei mezzi di trasporto.

Con riferimento alla modalità di trasporto integrata si evidenzia che, in considerazione delle caratteristiche della viabilità esistente fino all'area del Parco Eolico, si ricorrerà a mezzi con caratteristiche diverse in base al tipo di strada percorsa, di cui:

- Viabilità ordinaria pubblica con tratti curvilinei ad elevato raggio, con utilizzo di mezzi di trasporto speciali, per i tratti assimilabili con i tratti autostradali e delle Strade Provinciali con curve ad elevato raggio di curvatura, che saranno percorsi da mezzi con caratteristiche e soluzioni tecnologiche in grado di garantire la migliore percorrenza dei suddetti tratti, ma con lunghezze fino a 45 m e H = 4.60 m per i trami e le navicelle;





- Viabilità ordinaria pubblica con tratti curvilinei a raggio ridotto, con utilizzo di mezzi di trasporto speciali per i tratti assimilabili con l'ultimo tratto della viabilità fino all'area del Parco Eolico, e tutta la viabilità di cantiere, dove verranno utilizzati trasporti speciali e/o modulari semoventi a lunghezza ridotta di 21.80 m e con  $H > 5$  m, in grado di affrontare strade con curve a raggi di curvatura ridotti, permettendo quindi di minimizzare la necessità di qualsiasi tipologia di intervento di adeguamento della viabilità.

I mezzi di trasporto in funzione del componente trasportato hanno valori dello scarico alla ruota diverso di cui:

- mezzi di trasporto per viabilità ordinaria
- TS mezzo di trasporto per "Top section", scarico massimo 8.70 [t];
- MS4 mezzo di trasporto per "Hub", scarico massimo 11.30 [t];
- MS3 mezzo di trasporto per "Middle section 1", scarico massimo 9.9 [t];
- MS2 mezzo di trasporto per "Middle section 2", scarico massimo 10.00 [t];
- BS mezzo di trasporto per "Bottom section", scarico massimo 10.10 [t];
- TN mezzo di trasporto per "Navicella", scarico massimo 12.00 [t];

si evidenzia quindi che i mezzi utilizzati per la viabilità ordinaria avranno scarico all'asse inferiore alle 12.00 [t].

La quantificazione dei viaggi necessari al trasporto delle componenti degli aerogeneratori può essere così definita:

- Trasporto trami torre,  $11 \times 4 = 55$ , utilizzando un mezzo con lunghezza compresa fra 15 e 21.80 m;
- Trasporto navicella,  $11 \times 1 = 11$ , utilizzando per la viabilità ordinaria mezzi di lunghezza di circa 45 m e successivamente un mezzo con lunghezza intorno ai 18.25 m;
- Trasporto rotor,  $11 \times 1 = 11$ , utilizzando un mezzo con lunghezza ordinaria;
- Trasporto pale,  $11 \times 3 = 33$ , utilizzando un mezzo che trasporta 1 pala per volta, con lunghezza intorno ai 55 metri.

E' quindi possibile stimare un numero totale di circa 110 viaggi, sulla viabilità ordinaria. I mezzi di trasporto più lunghi, necessari per le navicelle e per le pale, ricorreranno a rimorchi speciali con sistemi di sterzata indipendente su ogni asse, frontale e posteriore, con controlli di livello idraulici speciali, che permettono di superare tornanti con raggi di curvatura non elevati.

Per la viabilità ordinaria pubblica con tratti curvilinei ad elevato raggio, i mezzi di trasporto sono alti al massimo  $H = 4.37$  metri per garantire il passaggio nella maggior parte delle strade ordinarie esistenti, mentre i mezzi di trasporto interni al cantiere/sito e/o per la viabilità ordinaria pubblica con tratti curvilinei a raggio ridotto hanno altezze  $H > 5$  m ma lunghezze più contenute al massimo di 21.80 m.



Figura 7. - Trasporto tramo torre



Figura 8. - Trasporto navicella



Figura 9. - Schema trasporto navicella

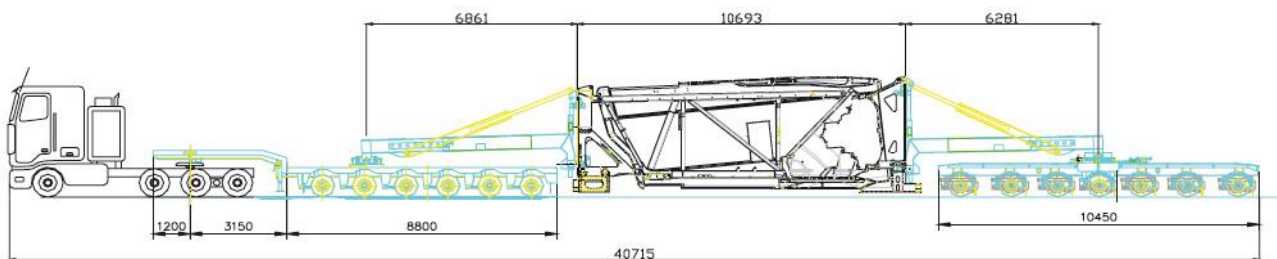




Figura 10. - Trasporto tramo pale



Figura 11. - Trasporto tramo su viabilità di sito/cantiere con mezzi modulari







Figura 12. - Trasporto tramo su viabilità di sito/cantiere con mezzi modulari



Figura 13. - Trasporto navicella su viabilità di sito/cantiere con mezzi modulari





Figura 14. - Schema carrello semovente modulare trasporto navicella e trami su viabilità di cantiere

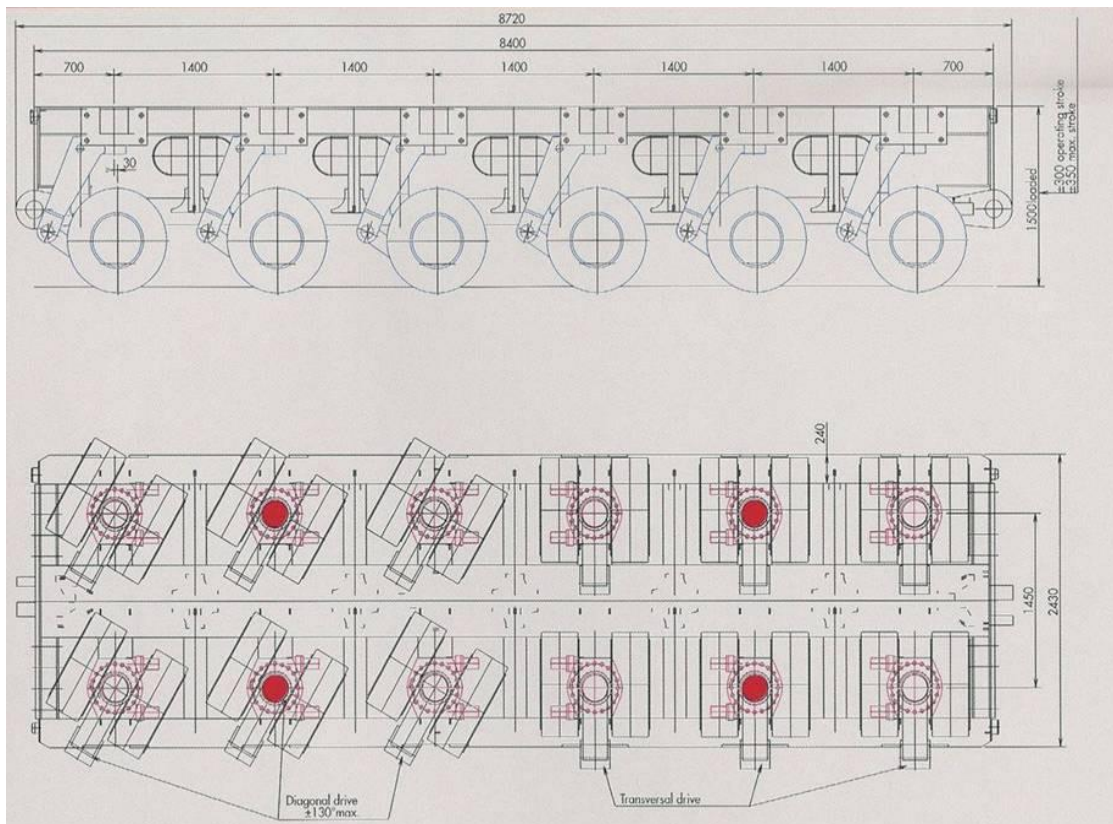


Figura 15. - Caratteristiche carrello semovente modulare trasporto navicella e trami su viabilità di cantiere

**STABILITY**

Each trailer unit can be separated into 3 and 4 hydraulic fields. Each field can maintain hydraulic pressure to each axle in that field. This allows the trailer to adjust for uneven surfaces increasing stability of the loads.

**LOADING CAPACITY**

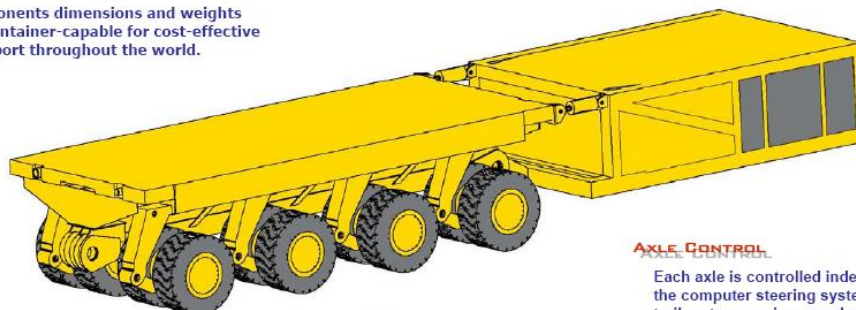
Platforms are torsion-free and bending resistant, designed for direct loading. Platform design and hydraulics allow for a maximum 40,000 kg per axle line.

**POWER**

Power Pack Units (PPU) provides power to the hydraulic systems controlling axle height, steering, braking as well as powering the electrical systems. Each Diesel engine (Z320) is rated at 350 kw.

**TRANSPORT**

Components dimensions and weights are container-capable for cost-effective transport throughout the world.



**CONFIGURATIONS**

All trailers are completely modular, meaning they can be coupled together end to end or side by side to create many transport configurations.

**AXLE TYPES**

Self propelled modular trailers come in two types: 4 axle (PEKZ 140.8.4) and 6 axle (PEKZ 140.8.4). Axles consist of 3 types: propelled braked and free-wheeling.

**AXLE CONTROL**

Each axle is controlled independently by the computer steering system allowing the trailers to move in several pre-programmed steering modes, or manual control modes. With this system trailers can be combined mechanically or separated, still acting as one unit. This allows for any conceivable steering movement. Trailer can also be raised or lowered up to 300mm. These functions are operated by a remote control unit.





Figura 16. - Caratteristiche di guida carrello semovente modulare per curve a ridotto raggio di curvatura

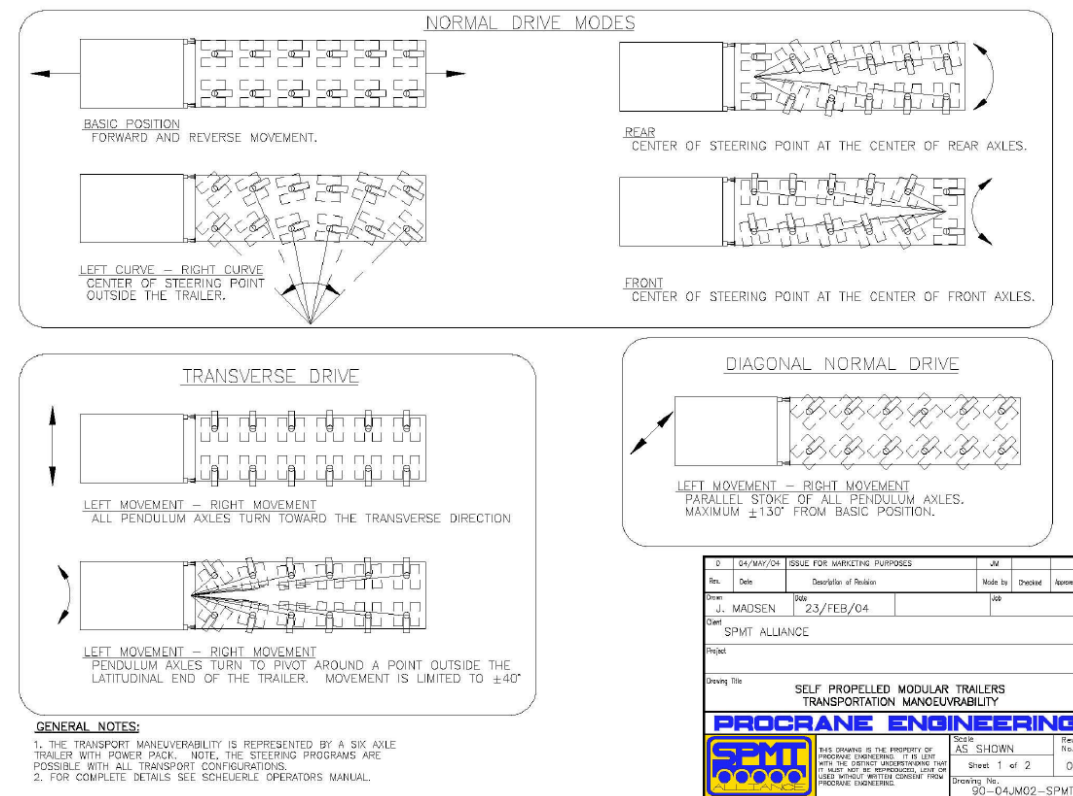


Figura 17. - Caratteristiche di guida carrello semovente modulare per curve a ridotto raggio di curvatura

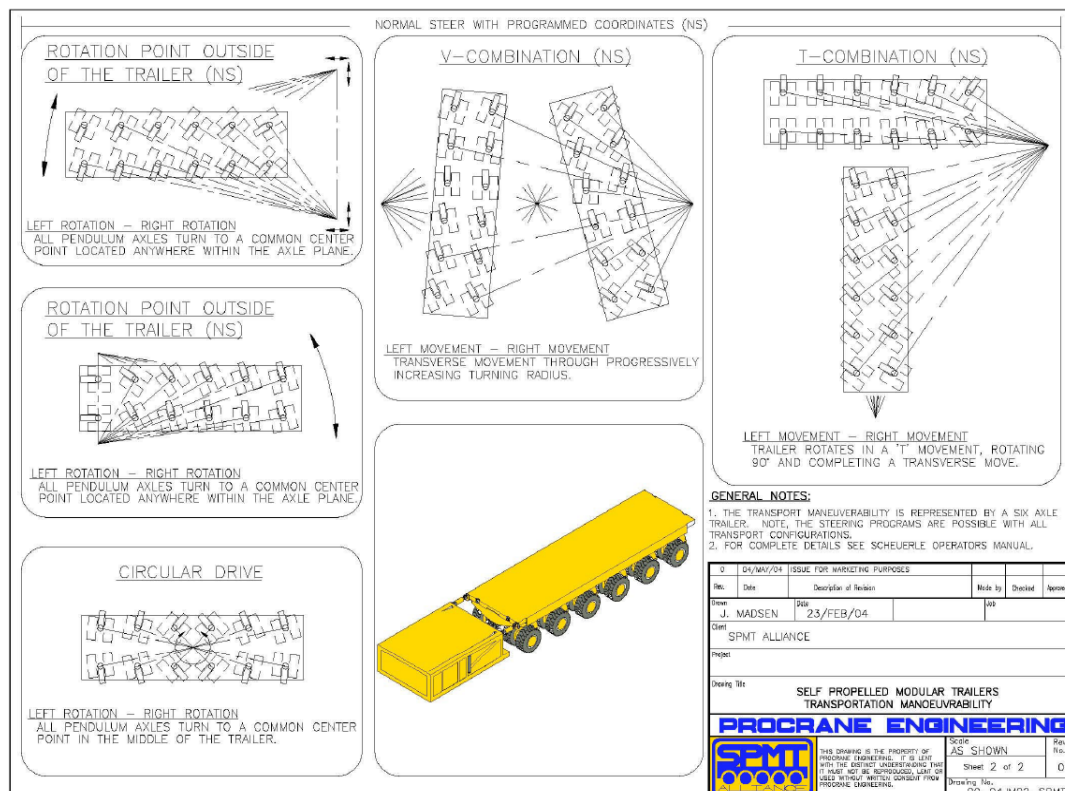




Figura 18. - Carrello semovente modulare per curve a ridotto raggio di curvatura



Figura 19. - Trasporto di navicella su carrello semovente modulare per curve a ridotto raggio di curvatura







Figura 20. - Carrello semovente bladelifter per trasporto pala



Figura 21. - Carrello semovente bladelifter per trasporto pala

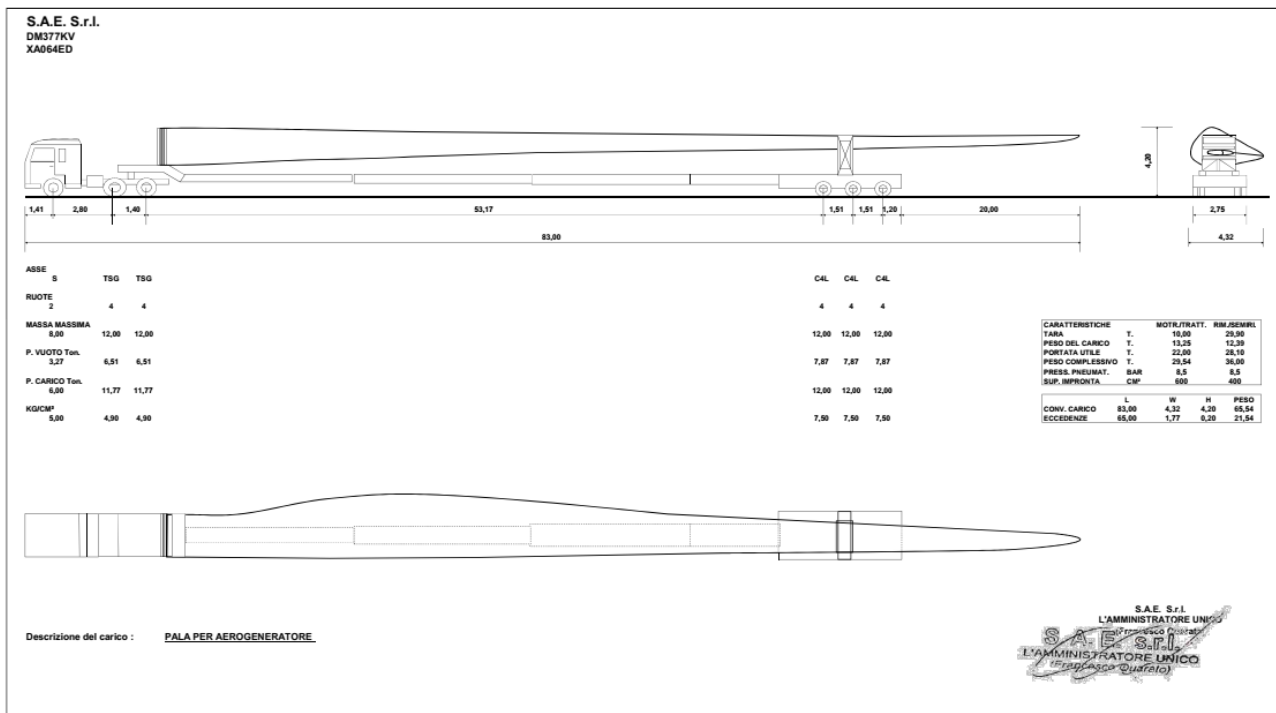
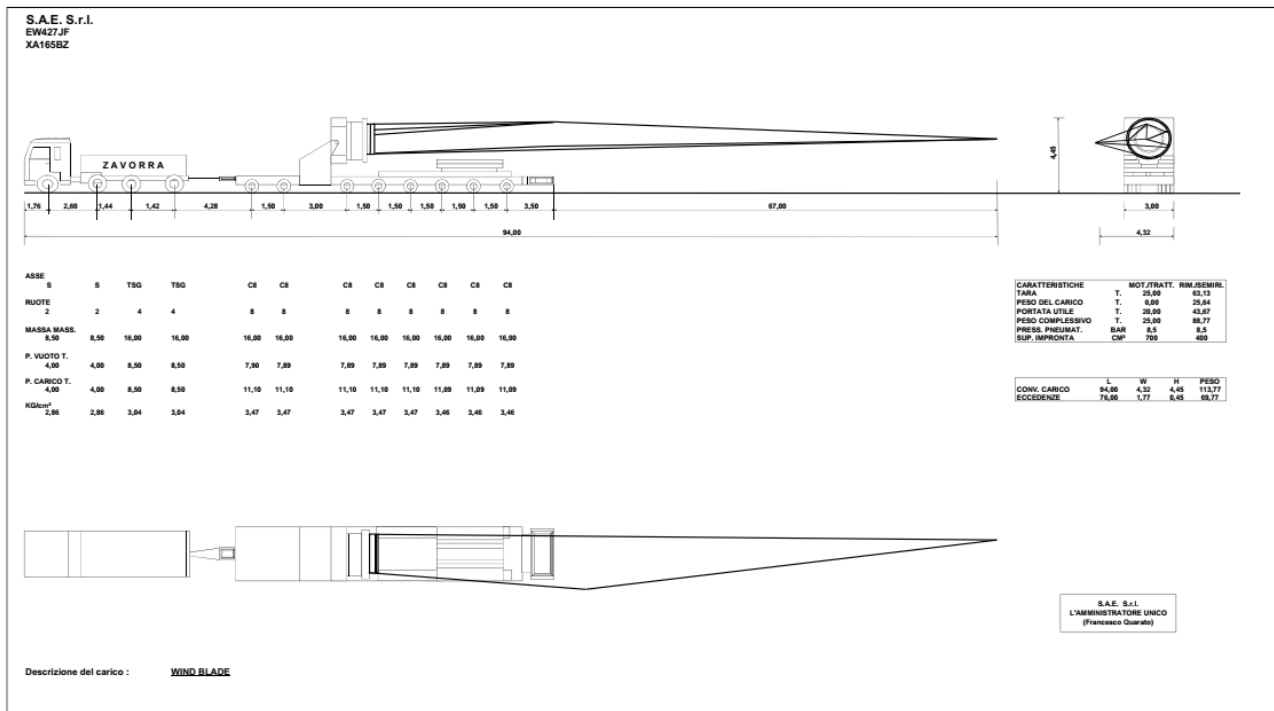






Figura 22. - Carrello semovente bladelifter per trasporto pala



### 1.6.2 Viabilità esistente di accesso al sito

Come di seguito evidenziato per il trasporto dei componenti degli aerogeneratori, si prevede la consegna delle componenti dei trami delle torri, delle navicelle e delle pale, al porto di Ravenna, da dove si percorrerà la viabilità autostradale e/o ordinaria fino al sito.

Si riporta di seguito al descrizione dell'ipotesi di consegna delle pale presso il porto di RAVENNA;

Port of Ravenna (RA)

- Via Baiona: from Port of Ravenna to Via Canale Magni;
- Via Canale Magni: from Via Baiona to SS 309 Romea;
- SS 309 Romea: from via Canale Magni to SS 16 Adriatica;
- SS 16 Adriatica: from SS 309 Romea to SS 3 bis;
- SS 3 bis: from SS 16 Adriatica to SS 73;
- SS 73: from SS 3 bis to Via Sandro Pertini;
- Via Sandro Pertini: from SS 73 to SP 258;
- SS 258: from Via Sandro Pertini to Via Alto Marecchia;
- Via Alto Marecchia: from SS258 to Via Pratieghi;
- Via Pratieghi: from Via Alto Marecchia to SP 67;
- SP 67: from Via Pratieghi to site access.

In generale, per questo itinerario, le strade esistenti sono in buone condizioni e si presentano idonee al trasporto di pale e turbine eoliche.

Trattandosi tuttavia, in particolar modo nell'ultimo tratto tra Pieve S. Stefano e l'ingresso del parco, di aree di montagna, sono previsti alcuni interventi di adeguamento che sono basati sulle seguenti considerazioni:

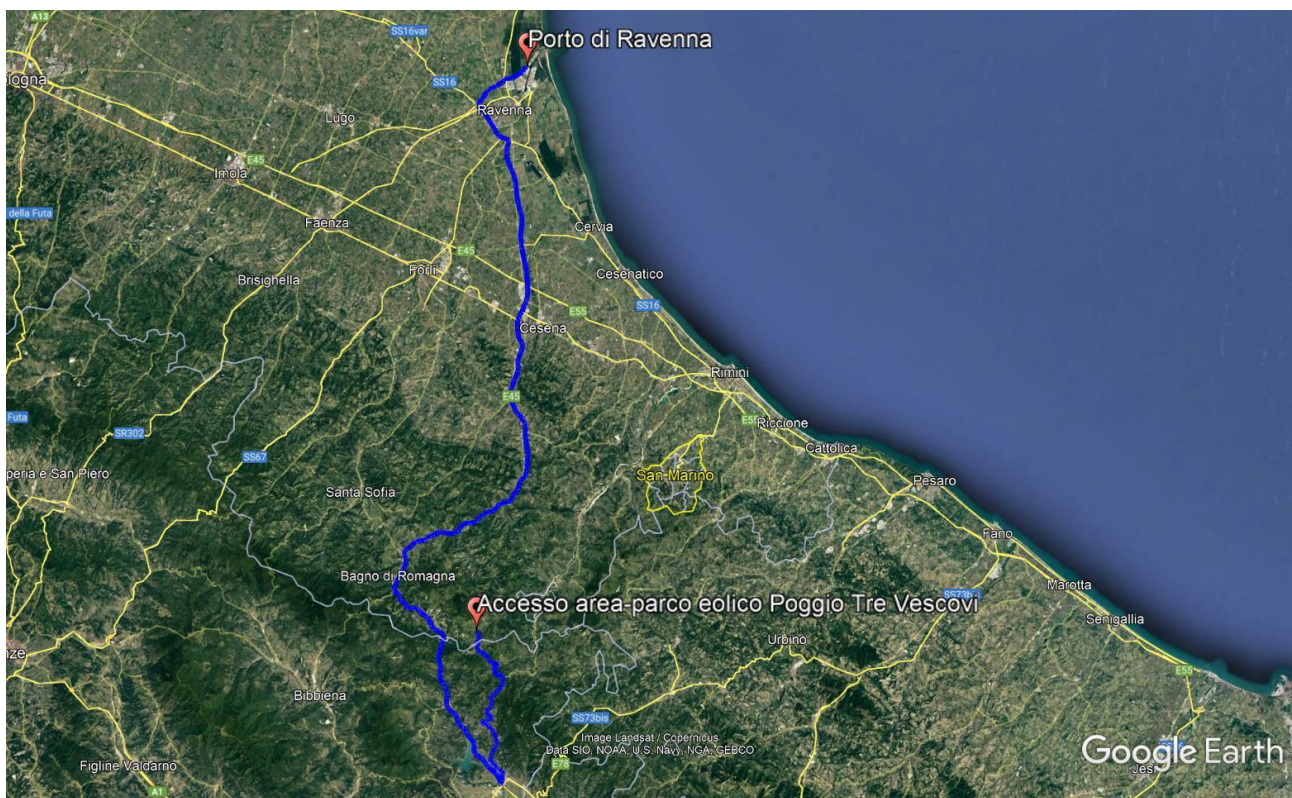


Tali accorgimenti sono localizzati in curva e non riguardano mai un allargamento della piattaforma stradale carrabile, bensì si tratta di piccole rimozioni (alberature, cespugliature, guardrail, muretti, ecc) atte a garantire una migliore visibilità ai mezzi di trasporto e a far sì che certe zone siano sgombre da ostacoli per il mezzo stesso. In definitiva non sono previsti quindi importanti od onerose opere di realizzazione o altresì adeguamenti della viabilità pubblica con significativi impatti. Si tratterà di una serie di interventi locali e puntuali, che concordemente con le prescrizioni degli Enti competenti, indurranno un generale miglioramento ed adeguamento della viabilità esistente agli standard attuali, con generali benefici per tutti gli utenti delle strade interessate. In molti casi, ad ogni modo, dove prevista la rimozione temporanea ad esempio di guard rail o segnaletica, una volta esaurito il passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali, la configurazione stradale sarà ripristinata allo stato iniziale. Nel periodo transitorio in cui avverrà il trasporto eccezionale le barriere di protezione, in particolar modo in corrispondenza di ponti ed attraversamenti, saranno sostituite con apprestamenti concordati con l'Ente Gestore, tali comunque da garantire la sicurezza per gli autoveicoli che utilizzeranno le viabilità interessate.

Per quanto riguarda il passaggio in aree protette, il percorso dei mezzi di trasporto, con l'esclusione dell'ultimo tratto sulla SP 67 prima dell'ingresso al parco di lunghezza circa 350,00 ml, non attraversa alcun SIC o zona protetta.

Ad ogni modo nel suddetto piccolo tratto, ricadente nel SIC IT40880008 "Balze di Verghereto, Monte Fumaiolo, Ripa della Moia", i mezzi di trasporto seguiranno la Strada Provinciale senza bisogno di alcun accorgimento essendo il tratto consono con le caratteristiche di trasporto.

Figura 23. Viabilità dal porto di Ravenna





### 1.6.3 *Interventi sulla viabilità esistente di accesso al sito*

Per il trasporto dei componenti, a seguito di sopralluogo e verifica da parte di tecnici di imprese specializzati, è stata verificata la potenziale necessità di una serie di adeguamenti della viabilità esistente, da realizzare sul solo tratto del territorio toscano.

I risultati dei sopralluoghi e delle verifiche di fattibilità, hanno evidenziato che per la viabilità pubblica esistente si potrebbero rendere necessarie delle semplici operazioni, che sono schematicamente riassunte di seguito:

- Allargamento della carreggiata esistente rendendo praticabili banchine attualmente già esistenti ma non transitabili;
- Temporanea rimozione, con successivo rifacimento ed adeguamento, di guard-rail per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna dei carrelli di trasporto;
- Temporanea rimozione di segnaletica verticale a bordo carreggiata per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna dei carrelli di trasporto;
- Temporanea rimozione e/o abbassamento, con successivo rifacimento ed adeguamento, di muri od opere di sostegno a bordo carreggiata per aumentare le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura;
- Puntuali azioni sulla carreggiata, con riprofilatura contro monte o valle del versante, per estendere le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura, con impiego delle banchine;

Si tratta di una serie di operazioni locali e puntuali, che concordemente con le prescrizioni degli Enti competenti, indurranno un generale miglioramento ed un adeguamento della viabilità esistente agli standard attuali, con generali benefici per tutti gli utenti delle strade interessate.

Con riferimento alle strade interessate dalla serie di operazioni sopra riportate si evidenzia che le stesse, sono assimilabili ad operazioni di ordinaria/straordinaria manutenzione e comunque non considerabili quali interventi sul territorio, prevedibilmente dal nullo e non significativo impatto, e la cui autorizzazione richiede solo di concordare i tempi e modi di esecuzione, e seguire delle procedure prescrittive, indicate dall'Ente competente, nella modalità di esecuzione delle rimozioni e nelle operazioni di rifacimento.

Al fine di verificare se la viabilità esistente permette di raggiungere l'area di cantiere, e di individuare le operazioni necessarie all'adeguamento, il proponente ha preso contatti con imprese specializzate nel trasporto di elementi di grandi dimensioni e specificatamente nel trasporto di componenti aerogeneratori, e sono state eseguite delle analisi e verifiche in situ della viabilità pubblica esistente, in particolare sono stati svolti dei sopralluoghi di dettaglio per verificare con misurazioni e verifiche dirette, la fattibilità del passaggio dei mezzi di trasporto con le lunghezze ipotizzate.

L'opera quindi recepirà le indicazioni degli Enti competenti con riferimento agli aspetti paesaggistici e di inserimento ambientale, e sarà realizzato in conformità alla normativa vigente.

Uno specifico elaborato progettuale (Report Trasportistico) riporta l'analisi del tracciato scelto come viabilità esterna al parco in relazione al rispetto dei requisiti plano-altimetrici e dimensionali imposti dai mezzi di trasporto, con l'evidenza di eventuali interventi di adeguamento che si rendono necessari. Tali adeguamenti sono localizzati in curva e non riguardano allargamenti della piattaforma carrabile, bensì interventi atti a rimuovere ostacoli ed ingombri per il mezzo di trasporto e a garantire la visibilità.

Le tipologie degli interventi ipotizzati sulla viabilità pubblica possono essere schematicamente riassunte di seguito:

- Temporanea rimozione, con successivo rifacimento ed adeguamento, di guard-rail per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna, dei carrelli di trasporto;



- Temporanea rimozione di segnaletica verticale a bordo carreggiata per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna, dei carrelli di trasporto;
- Temporanea rimozione e/o abbassamento, con successivo rifacimento ed adeguamento, di muri od opere di sostegno a bordo carreggiata per aumentare le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura;
- Puntuali interventi di decespugliamento e rimozione di alberi in corrispondenza dell'interno e/o esterno curva per dare maggiore visibilità e permettere il passaggio del trasporto.

In definitiva non sono previsti importanti od onerose opere di realizzazione o altresì adeguamenti della viabilità pubblica con significativi impatti. Si tratterà di una serie di interventi locali e puntuali, che concordemente con le prescrizioni degli Enti competenti, indurranno un generale miglioramento ed adeguamento della viabilità esistente agli standard attuali, con generali benefici per tutti gli utenti delle strade interessate. In molti casi ad ogni modo, dove prevista la rimozione temporanea di guard-rail o segnaletica, una volta esaurito il passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali, la configurazione stradale sarà ripristinata allo stato iniziale. Nel periodo transitorio in cui avverrà il trasporto eccezionale, le barriere di protezione, in particolar modo in corrispondenza di ponti ed attraversamenti, saranno sostituite con apprestamenti concordati con l'Ente Gestore, tali comunque da garantire la sicurezza per gli autoveicoli che utilizzeranno la viabilità interessate.

Sempre nel Report Trasportistico è riportato uno schema circa la manovra di ingresso al parco che gli automezzi pesanti dovranno eseguire per imboccare la viabilità interna. Questa manovra prevede l'uscita dalla S.P.67 con adeguati raccordi piano altimetrici, in accordo con le limitazioni progettuali descritte nei paragrafi a seguire, tali da orientare i mezzi in direzione concorde al verso di percorrenza della viabilità all'ingresso del parco.

Figura 24. Dettaglio area manovra ingresso parco eolico







L'area di manovra prevista sarà realizzata con le stesse modalità e materiali previsti per la costruzione delle viabilità interna al parco eolico. Si sottolinea il fatto che la manovra di ingresso così prevista permette al mezzo pesante di abbandonare rapidamente la viabilità pubblica evitando quindi rallentamenti del traffico veicolare in prossimità del suddetto imbocco.

Durante la fase dell'analisi delle alternative progettuali, sono state prese in considerazione altre possibilità di ingresso al parco, ad esempio prevedendo un innesto prima dell'Aerogeneratore AE01, così come l'ingresso da sud passando dall'abitato di Fresciano.

Tuttavia per motivi morfologici e per minimizzare gli impatti dell'ingresso stesso, vista anche la presenza di una viabilità esistente, si è preferito localizzare l'ingresso al parco nella posizione riportata negli elaborati progettuali.

#### **1.6.4 Interventi sulla viabilità interna al Parco Eolico**

Gli interventi per la realizzazione della viabilità interna, primaria per il collegamento delle varie piazzole e secondaria di accesso alla singola piazzola, saranno mirati alla realizzazione di nuova viabilità sia alla realizzazione di una serie di piste di accesso alle piazzole del Parco Eolico.

In particolare si tratta di realizzare delle piste con specifiche caratteristiche geometriche, con riferimento alla larghezza e alle pendenze longitudinali e trasversali, in grado di permettere il passaggio dei mezzi necessari al trasporto delle componenti le torri e al loro montaggio.

Le piste di accesso al cantiere, verranno progettate nel rispetto delle seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza carreggiata di 4.00 m, oltre a banchine laterali di 0.5 m da ogni lato, per totale ingombro piattaforma stradale di 5.0m;
- Raggio di curvatura minimo interno 12.50 m;
- Pendenza longitudinale ordinaria massima 10%;
- Pendenza longitudinale straordinaria per brevi tratti 20%;
- Pendenza trasversale massima 5%
- Raggio di curvatura verticale minimo 400 m.

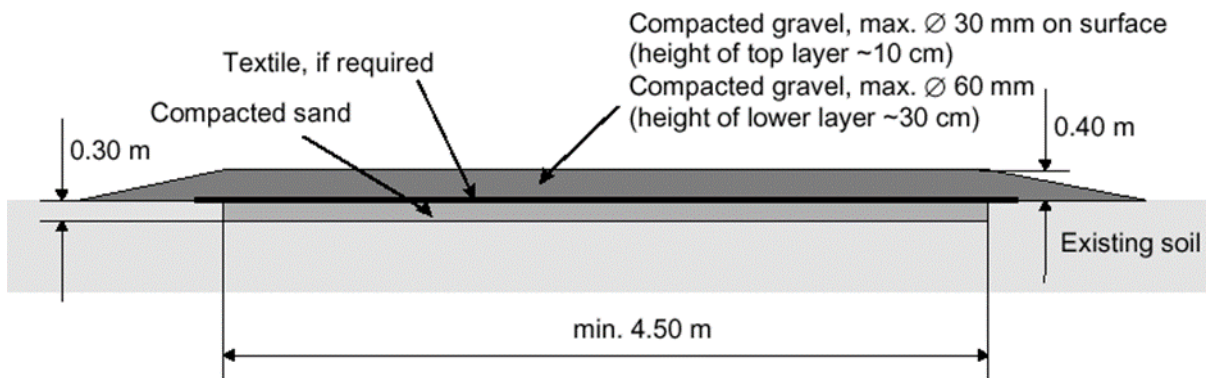
Tale viabilità, inoltre, per soddisfare i requisiti di capacità meccanica e di drenaggio del sottofondo, dovrà essere realizzata secondo il seguente schema:

- lo strato superficiale delle strade di cantiere e delle piste di accesso, dello spessore di 0,50 m, sarà realizzato con materiale lapideo di recupero dagli sterri, e sarà appoggiato su uno strato di sottofondo con materiale grossolano, adeguatamente compattato dello spessore di 0.30m.
- Tutti gli strati dovranno essere adeguatamente compattati con appositi macchinari per evitare problemi durante il passaggio dei carichi pesanti. Tra i due strati, per evitare risalita in superficie di acqua in caso di presenza di falda, potrà essere inserito del geotessuto.

Lo stabilizzato, ed in genere ogni materiale lapideo, proverrà da sterri interni al cantiere.



Figura 25. Schema tipo adeguamento/realizzazione delle strade di cantiere/piste di accesso



### 1.6.5 Interventi di realizzazione delle piazzole

Il montaggio e la posa in opera degli aerogeneratori richiedono ovviamente adeguati spazi di lavoro e di manovra, orizzontali e a pendenza nulla sia longitudinale che trasversale.

Si evidenzia che in considerazione della specificità del sito in oggetto, sono state analizzate numerose soluzioni, per cui anche sulla base di pregresse positive esperienze, si prevede la realizzazione di una piazzola dalle dimensioni estremamente compatte, che ricorrendo alla metodologia di montaggio degli aerogeneratori definita "just in time", non prevede lo stoccaggio delle componenti presso le piazzole e permette, quindi, di realizzare delle piazzole dalle dimensioni estremamente contenute in rapporto alle dimensioni e taglio degli aerogeneratori.

In considerazione delle dimensioni dei componenti degli aerogeneratori (trami antenne e pale) e degli ingombri dei mezzi meccanici per il montaggio, per il Parco Eolico in progetto vengono ipotizzate le seguenti aree:

- area di piazzola principale, sede delle strutture dell'aerogeneratore, di forma rettangolare con dimensioni di circa 40m x 32m;

Le piazzole, orientate in base all'andamento morfologico locale, permettono di minimizzare le operazioni di escavazione, e verranno realizzate con interventi di scavo a monte e riporto a valle, più o meno accentuate a seconda dell'assetto topografico del terreno.

Gli interventi sui fronti di scavo saranno prioritariamente realizzati attraverso modellazioni dei terreni tali da armonizzarsi ed integrarsi con la morfologia limitrofa.

Sequenzialmente si prevede la realizzazione degli interventi di sostegno dei fronti di scavo a monte e del rilevato a valle, e la successiva creazione del piano delle piazzole e delle viabilità secondaria di accesso alla superficie interessata, in modo tale da renderla idonea alle operazioni di trasporto, assemblaggio e posa in opera.

Gli interventi di sostegno dei fronti di scavo saranno realizzati esclusivamente con opere in terra e interventi di ingegneria naturalistica e, dove non sia possibile intervenire con sole opere in terra, saranno utilizzate in maniera intensiva terre armate.

Tali opere in considerazione dell'assetto topografico, morfologico e geologico del terreno possono essere preliminarmente individuate (dalle semplici alle più complesse) in:

- modellazione di pendii con pendenze 2 su 3 con idrosemina;
- interventi di ingegneria naturalistica (idrosemia con stuoie biodegradabili, piantagione di arbusti, cordonata viva, palizzata viva, palificata doppia, terre rinforzate);
- esecuzione di opere di sostegno con terre armate, eventualmente tirantate



Si evidenzia che il ricorso alla forma rettangolare e compatta delle piazzole è stato deciso a livello progettuale così da minimizzare i movimenti terra in fase di cantiere e da limitare al massimo l'uso del territorio, quindi le aree occupate rappresentano il minimo indispensabile per il corretto ed agevole montaggio delle torri.

Si evidenzia altresì che il sottofondo delle piazzole, realizzato con materiale lapideo di recupero dalle operazioni di sterro, permetterà una facile integrazione con l'ambiente limitrofo.

Figura 26. Schema tipo piazzola

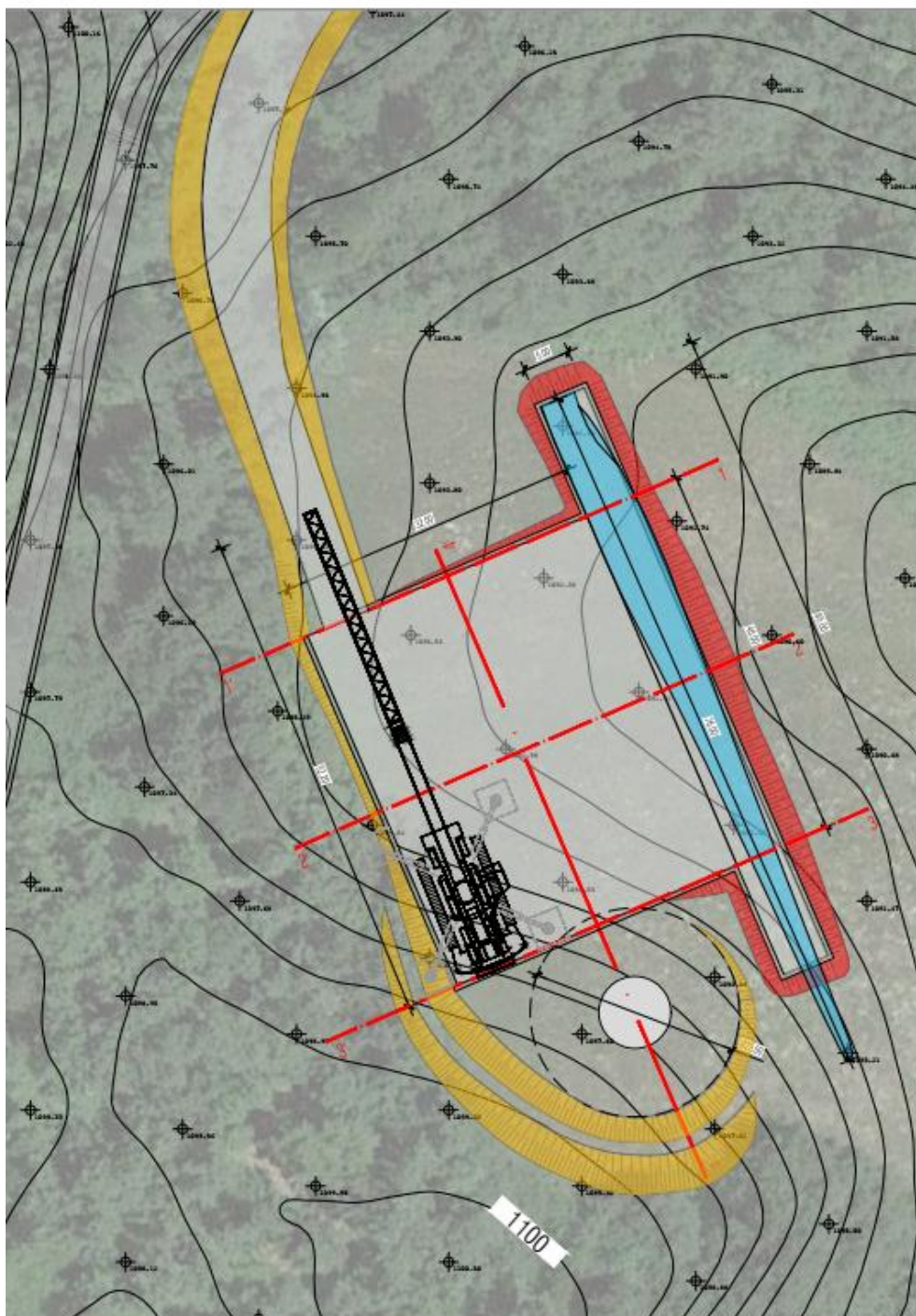
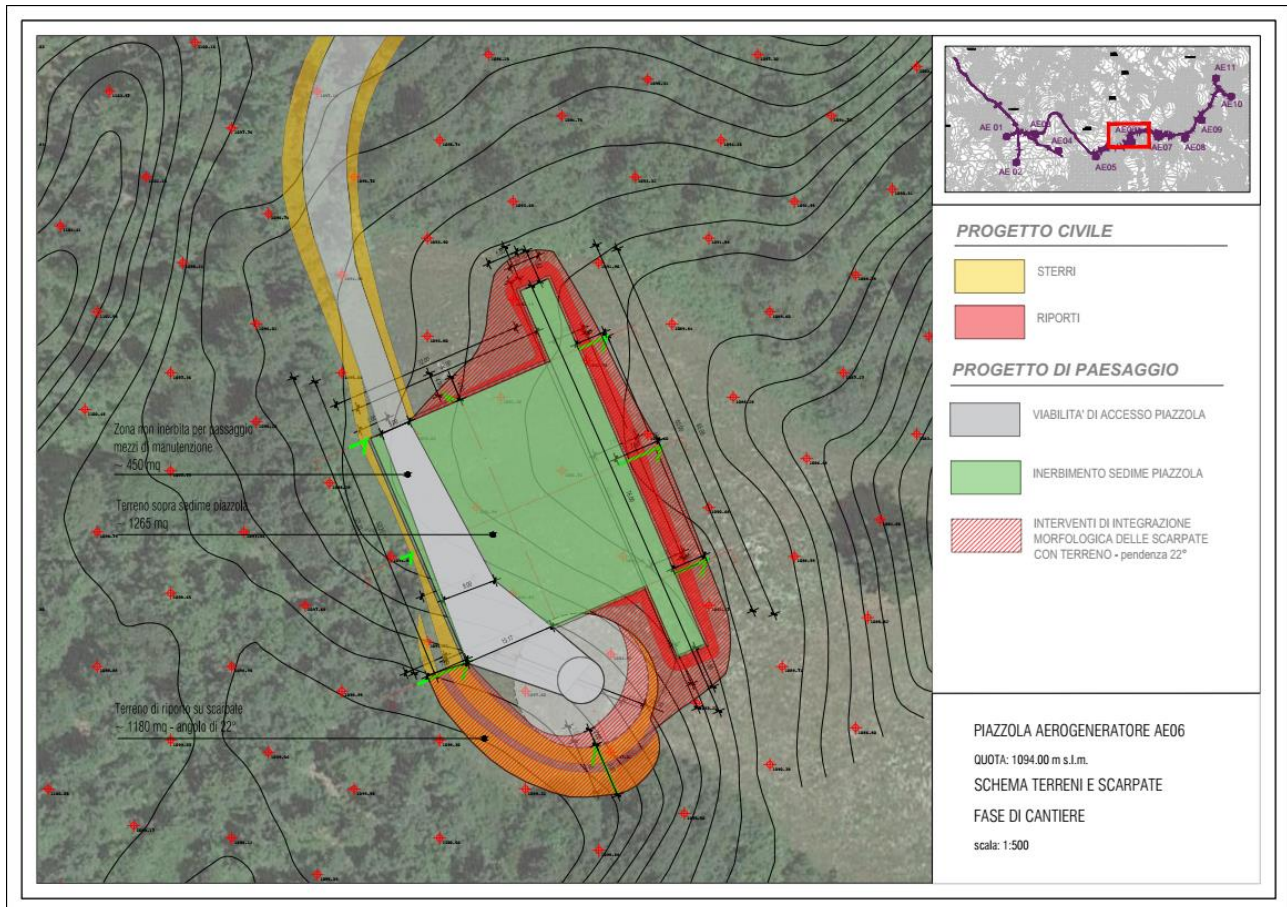






Figura 27. Schema tipo piazzola e opere d'arte







### 1.7 Attività di movimentazione terre: scavo, ripristino, recupero e smaltimento

La realizzazione delle piazzole, con area principale di dimensioni di 32mx40m, pari ad un'area di circa 1280m<sup>2</sup>, avverrà essenzialmente mediante operazioni di sterro e riporto.

La quota di imposta e realizzazione di ogni singola piazzola è stata individuata in modo da minimizzare i volumi di materiale da escavare, privilegiando lavorazioni di compensazione tra sterri e riporti.

Le generali buone caratteristiche geomeccaniche dei terreni permetteranno un'elevata aliquota di reimpiego diretto in cantiere dei materiali escavati.

Si riporta di seguito in Tabella 7 una stima delle volumetrie totali dei materiali escavati e movimentati per la realizzazione delle piazzole.

Il riferimento alle terre armate è così definito:

- Terre armate sterro o di controripa, realizzate normalmente verso lato monte;
- Terre armate rilevato, realizzate normalmente verso lato valle.

Come indicato nel QRA, particolare attenzione verrà prestata nel massimizzare le percentuali di reimpiego dei materiali all'interno delle aree di cantiere, in particolare si prevede di riutilizzare integralmente il cotico superficiale movimentato per interventi di inerbimento e piantagione.

Eventuale materiale non idoneo ad essere utilizzato per ripristini del cotico superficiale o per i riporti delle aree di piazzola o della viabilità verrà smaltito presso idonea discarica di inerti.

Si riportano di seguito le stime delle volumetrie totali per le ulteriori attività di cui:

- VIABILITA'
- BONIFICA AREA IN RILEVATO
- STOCC., CAMPO BASE E INGRESSO
- CAVIDOTTO E CABINE
- REGIMENTAZIONE PREVENTIVA
- REGIMAZIONE A REGIME
- SISTEMAZIONE A VERDE
- PALI E PLINTI FONDAZIONE
- RECUPERO TROVANTI

Oltre alla determinazione dei volumi di terre si riportano anche la determinazione delle aree impegnate per la realizzazione/adeguamento della viabilità



Tabella 7. Tabella dettaglio movimenti terra per realizzazione piazzole

	FONDAZIONE		PIAZZOLA		PISTA MONTAGGIO PALA		RIPROFILATURA		TOTALE MOVIMENTI		MOVIMENTI NETTI
	STERRI	RIPORTI	STERRI	RIPORTI	STERRI	RIPORTI	STERRI	RIPORTI	STERRI	RIPORTI	STERRI - RIPORTI
	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]
AE01	1881	1331	888	403	0	447	0	363	2769	2544	225
AE02	1257	1058	454	353	50	332	0	68	1761	1811	-50
AE03	1782	1188	1802	411	0	798	0	267	3584	2664	920
AE04	1397	1089	359	2104	561	0	0	656	2317	3849	-1532
AE05	246	1035	910	770	203	233	0	275	1359	2313	-953
AE06	2987	1100	478	968	0	644	0	269	3465	2981	483
AE07	1513	1056	316	1088	623	0	0	431	2452	2575	-123
AE08	1504	902	824	365	0	470	0	307	2328	2044	284
AE09	1144	1078	1490	499	0	775	0	391	2634	2743	-109
AE10	1883	1067	1002	404	0	385	0	359	2885	2215	670
AE11	3025	1100	556	2280	368	176	0	168	3949	3724	225
<b>TOTALE</b>	<b>18618</b>	<b>12004</b>	<b>9079</b>	<b>9645</b>	<b>1805</b>	<b>4260</b>	<b>0</b>	<b>3554</b>	<b>29502</b>	<b>29463</b>	<b>39</b>



Tabella 8. Tabella dettaglio movimenti terra per realizzazione piazzole, interventi di riprofilatura e aree di ingombro piazzole e viabilità di accesso

	AREE				TERRE ARMATE / GRATA VIVA STERRO	TERRE ARMATE / GRATA VIVA RILEVATO
	PIAZZOLA	PISTA MONTAGGIO PALA	INGOMBRO RIPROFILATURA	TOTALI		
	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]		
AE01	1280	325	436	2041	73	145
AE02	1280	325	570	2175	14	27
AE03	1280	325	655	2260	53	107
AE04	1280	325	530	2135	131	262
AE05	1280	325	360	1965	55	110
AE06	1280	325	680	2285	54	108
AE07	1280	325	596	2201	86	172
AE08	1280	325	430	2035	61	123
AE09	1280	325	692	2297	78	156
AE10	1280	325	437	2042	72	144
AE11	1280	325	909	2514	34	67
<b>TOTALE</b>	<b>14080</b>	<b>3575</b>	<b>6295</b>	<b>23950</b>	<b>711</b>	<b>1421</b>



Tabella 9. Tabella dettaglio ingombro aree per realizzazione piazzole, interventi di riprofilatura e viabilità di accesso

Perdita di superficie [mq]								
Descrizione sintetica	Area piazzola	Pista montaggio pala	Area ingombro opere presidio piazzola	Aree recuperabili a fine cantiere		Aree totali realizzazione della viabilità di accesso alle piazzole	Aree potenzialmente recuperabili a fine cantiere	Perdita di superficie
AE01	1280	325	436	1238,20	61%	0,000	0,000	0,000
AE02	1280	325	570	1372,50	63%	0,000	0,000	0,000
AE03	1280	325	655	1457,50	64%	0,000	0,000	0,000
AE04	1280	325	530	1332,50	62%	0,000	0,000	0,000
AE05	1280	325	360	1162,50	59%	0,000	0,000	0,000
AE06	1280	325	680	1482,50	65%	560,000	130,000	430,000
AE07	1280	325	596	1398,50	64%	0,000	0,000	0,000
AE08	1280	325	430	1232,50	61%	750,000	220,000	530,000
AE09	1280	325	692	1494,50	65%	470,000	90,000	380,000
AE10	1280	325	437	1239,50	61%	0,000	0,000	0,000
AE11	1280	325	909	1711,50	68%	0,000	0,000	0,000
<b>Totale</b>	<b>14080,00</b>	<b>3575,00</b>	<b>6294,70</b>	<b>15122,20</b>		<b>1780,00</b>	<b>440,00</b>	<b>1340,00</b>





Tabella 10. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A01

01 - TRATTO A01			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A01	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	796	1395	
TRATTO A01	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	3812	669.5	
TRATTO A01	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2145	0	
TRATTO A01	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO A01	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.429	0.697	0.269
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.429



Tabella 11. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A02

02 - TRATTO A02			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A02	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	827	1606	
TRATTO A02	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	5886.5	1785	
TRATTO A02	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2230	502.5	
TRATTO A02	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO A02	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.446	0.803	0.357
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.446



**Tabella 12. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A03**

03 - TRATTO A03			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A03	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	499	933	
TRATTO A03	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2766	1078	
TRATTO A03	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1414	0	
TRATTO A03	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	203.04	-	
TRATTO A03	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.283	0.467	0.184
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.283



Tabella 13. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A04

04 - TRATTO A04			
DESCRIZIONE SINTETICA		MOVIMENTI TERRA	
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
TRATTO A04	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	602	1140	
TRATTO A04	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	3622	1713	
TRATTO A04	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1611	0	
TRATTO A04	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	655	695	
TRATTO A04	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.322	0.570	0.248
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.322





**Tabella 14. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A05**

05 - TRATTO A05			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A05	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	527	1034	
TRATTO A05	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	3552	889	
TRATTO A05	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1397	0	
TRATTO A05	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	95	95	
TRATTO A05	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.279	0.517	0.238
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.279



**Tabella 15. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A06**

06 - TRATTO A06			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A06	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	750	1392	
TRATTO A06	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	5272	906	
TRATTO A06	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2062	0	
TRATTO A06	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO A06	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Area potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.412	0.696	0.283
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.412



Tabella 16. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A07

07 - TRATTO A07			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A07	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	825	1586	
TRATTO A07	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	6843.5	1653	
TRATTO A07	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2170	0	
TRATTO A07	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO A07	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.434	0.793	0.359
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.434



Tabella 17. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A08

08 - TRATTO A08			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A08	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	824	1801	
TRATTO A08	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	4174	5015	
TRATTO A08	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2165	0	
TRATTO A08	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	345	-	
TRATTO A08	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.433	0.901	0.468
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.433



Tabella 18. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità A09

09 - TRATTO A09			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A09	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	540	1132	
TRATTO A09	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	4801	3813.5	
TRATTO A09	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1477	150	
TRATTO A09	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	615	475	
TRATTO A09	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.295	0.566	0.270
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.295





Tabella 19. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità B01

10 - TRATTO B01			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO A05	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	195	286	
TRATTO A05	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1784	72.5	
TRATTO A05	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	456	0	
TRATTO A05	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	175	-	
TRATTO A05	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.091	0.143	0.052
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.091



Tabella 20. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità C01

11 - TRATTO C01			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO C01	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	521	1054	
TRATTO C01	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	12988.5	355.5	
TRATTO C01	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	1232	540	
TRATTO C01	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	1950	0	
TRATTO C01	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.246	0.527	0.281
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.246



Tabella 21. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità D01

12 - TRATTO D01			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO D01	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	784	1533	
TRATTO D01	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	5043	4056	
TRATTO D01	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	2056	0	
TRATTO D01	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO A08	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.411	0.767	0.356
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.411



**Tabella 22. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità E01**

13 - TRATTO E01			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO E01	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	280	504	
TRATTO E01	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	751	1273	
TRATTO E01	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	786	67.5	
TRATTO E01	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO E01	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.157	0.252	0.095
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.157



Tabella 23. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità AE06

14 - CALATA AE06			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO CALATA AE06	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	70	111	
TRATTO CALATA AE06	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	737	-	
TRATTO CALATA AE06	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	215	0	
TRATTO CALATA AE06	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO CALATA AE06	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.043	0.056	0.013
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.043





**Tabella 24. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità AE08**

15 - CALATA AE08			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO CALATA AE08	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	109	150	
TRATTO CALATA AE08	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	400	147	
TRATTO CALATA AE08	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	264	0	
TRATTO CALATA AE08	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO CALATA AE08	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.053	0.075	0.022
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.053



Tabella 25. Tabella dettaglio movimenti terra e aree per realizzazione viabilità AE09

16 - CALATA AE09			
SCARIFICA FONDO ESISTENTE SPESSORE 0.20 m			
RIFACIMENTO CASSONETTO CARREGGIATA SPESSORE 0.50 m			
Descrizione Sintetica	Movimenti terra		
TRATTO CALATA AE09	Lunghezza [m]	Scotico vegetale [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	94	95	
TRATTO CALATA AE09	Sterri [m <sup>3</sup> ]	Riporti [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	246	49	
TRATTO CALATA AE09	Cassonetto [m <sup>3</sup> ]	Pavimentazione temporanea cls [m <sup>3</sup> ]	
<b>Totale</b>	191	0	
TRATTO CALATA AE09	Terre armate sterro [m <sup>2</sup> ]	Terre armate rilevato [m <sup>2</sup> ]	
<b>Totale</b>	-	-	
TRATTO CALATA AE09	Area carreggiata [ha]	Area ingombro opere presidio carreggiata [ha]	Aree potenzialmente recuperabili [ha]
<b>Totale</b>	0.038	0.047	0.009
<b>Perdita netta superficie [ha]</b>			0.038

### 1.7.1 Gestione terre e rocce da scavo

I materiali derivanti dalle operazioni di scavo possono essere classificate sostanzialmente in due tipologie. La prima è rappresentata dal terreno di scotico, costituito dallo strato superficiale di terreno, classificato come terreno vegetale secondo la Norma UNI 10006/2002 e descritto come la parte superiore del terreno contenente sostanze organiche ed interessata dalle radici delle colture.

Il terreno vegetale escavato sarà reimpiegato totalmente per la riprofilatura e gli interventi di mitigazione ambientale delle aree di cantiere.

La seconda tipologia è rappresentata dagli strati meno superficiali del terreno di scavo. Il terreno è classificato dalla medesima Norma UNI come la roccia, sia essa sciolta o lapidea, considerata nel suo ambiente naturale. Il terreno proveniente dagli scavi di sterro sarà anch'esso reimpiegato quale terreno di riporto nell'ambito degli interventi di realizzazione delle piazzole e della viabilità interna di cantiere.

La possibilità di utilizzo del materiale sterrato come riporto è stata valutata e indicata come fattibile in base alle risultanze della relazione geologica tecnica allegata.

Come riportato nel paragrafo precedente, relativo alle "Attività di movimentazione terre: scavo, ripristino, recupero e smaltimento" del Quadro di riferimento Progettuale, la realizzazione delle piazzole e delle opere



di adeguamento/realizzazione della viabilità, prevede la movimentazione di volumi di terreni secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle:

Tabella 26. Tabella dettaglio movimenti terra viabilità progetto

TABELLE 01 - VIABILITA'				
TRATTO	LUNGHEZZA (m)	B - RIPORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO al netto cassonetto (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO al netto cassonetto (mc)
A01	796	670	1668	998
A02	827	1785	3657	1872
A03	499	1078	1353	275
A04	602	1713	2011	298
A05	527	889	2156	1267
A06	750	906	3210	2304
A07	825	1653	4673	3020
A08	824	5015	2010	-3006
A09	540	3814	3324	-490
B01 - CALATA AE01	195	73	1329	1256
C01 - CALATA AE02	521	356	11757	11402
D01 - CALATA AE04	784	4056	2988	-1069
E01 - CALATA AE10	280	1273	-35	-1308
CALATA AE06	70	0	522	522
CALATA AE08	109	147	137	-11
CALATA AE09	94	49	55	6
ALTRE CALATE	118	152	230	78
<b>SOMMANO VIABILITA'</b>	<b>6190</b>	<b>17522</b>	<b>25810</b>	<b>6538</b>
<b>SOMMANO CALATE</b>	<b>2171</b>	<b>6105</b>	<b>16982</b>	<b>10877</b>
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>8361</b>	<b>23627</b>	<b>41041</b>	<b>17414</b>

Tabella 27. Tabella dettaglio movimenti terra piazzole progetto

TABELLA 02 - PIAZZOLE + PISTE MONTAGGIO				
PIAZZOLA	AREA (mq)	B - RIPORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
AE01	1605	850	888	38
AE02	1605	685	504	-181
AE03	1605	1209	1802	593
AE04	1605	2104	920	-1184
AE05	1605	1003	1113	110
AE06	1605	1612	478	-1134
AE07	1605	1088	939	-149
AE08	1605	835	824	-11
AE09	1605	1274	1490	216
AE10	1605	789	1002	213
AE11	1605	2456	924	-1532
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>17655</b>	<b>13905</b>	<b>10884</b>	<b>-3021</b>



Tabella 28. Tabella dettaglio movimenti terra cavidotto esterno ed interno progetto

CAVIDOTTO ESTERNO				
TRATTO	LUNGHEZZA (m)	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
STRADA STERRATA/MULATTIERA	4585	3449	4633	1184
STRADA ASFALTATA - SP 53	5825	0	6117	6117
STRADA ASFALTATA - SS 258	3250	0	3413	3413
ARRIVO CP BADIA TEDALDA	340	262	357	95
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>14000</b>	<b>3711</b>	<b>14520</b>	<b>10809</b>

CAVIDOTTO INTERNO				
TRATTO	LUNGHEZZA (m)	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
VIABILITA' SITO	5526	3904	4184	280
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>5526</b>	<b>3904</b>	<b>4184</b>	<b>280</b>

CABINA RACCOLTA			
	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>95</b>	<b>518</b>	<b>423</b>

Tabella 29. Tabella dettaglio movimenti terra regimazione acque progetto

REGIMAZIONE ACQUE PREVENTIVA				
TRATTO	LUNGHEZZA (m)	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
Trincee drenanti	1481	800	4000	3200
Condotte drenanti	2420	605	605	0
Canali di guardia	4000	0	1000	1000
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>7901</b>	<b>1405</b>	<b>5605</b>	<b>4200</b>

REGIMAZIONE ACQUE A REGIME				
TRATTO	LUNGHEZZA (m)	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
Canalette viabilità	16722	1672	5017	3344
Canalette piazzole	1144	95	286	191
Condotte scarico	2640	950	950	0
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>20506</b>	<b>2718</b>	<b>6253</b>	<b>3535</b>

Tabella 30. Tabella dettaglio fondazioni progetto

FONDAZIONI			
PLINTO	B - RIPOORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>18618</b>	<b>12004</b>	<b>-6614</b>



Tabella 31. Tabella dettaglio movimenti terra sistemazioni a verde

SISTEMAZIONI A VERDE				
TRATTO	LUNGHEZZA (m) / SUPERFICIE (mq)	B - RIPORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
Viabilità	8361	1672	0	-1672
Scarpate piazzole	1872	3550	0	-3550
Inerbimento piazzola	17655	4943	0	-4943
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>27888</b>	<b>10166</b>	<b>0</b>	<b>-10166</b>

Tabella 32. Tabella dettaglio movimenti terra sistemazioni a verde

CONSUNTIVO			
OPERA	B - RIPORTO PROGETTO (mc)	G - STERRO PROGETTO (mc)	L - ESUBERO STERRI PROGETTO (mc)
VIABILITA'	23627	41041	17414
PIAZZOLE	13905	10884	-3021
CAVIDOTTO ESTERNO + CABINE	3711	14520	10809
CAVIDOTTO INTERNO	3904	4184	280
CABINA RACCOLTA	95	518	423
REGIMAZIONE PREVENTIVA	1405	5605	4200
REGIMAZIONE A REGIME	2718	6253	3535
SISTEMAZIONE A VERDE	10166	0	-10166
FONDAZIONI	18618	12004	-6614
<b>SOMMANO TOTALE</b>	<b>78148</b>	<b>95009</b>	<b>16861</b>

Dal computo dei volumi si evince che, se le buone caratteristiche geomeccaniche dei materiali escavati saranno confermate durante l'esecuzione dei lavori, vi sarà una pressochè totale compensazione fra le aliquote di materiale sterrato e il materiale da reimpiegare per riporti, per il rifacimento del cassonetto della viabilità e per le opere di sostegno.

Con riferimento alla tabella di consuntivo totale dei movimenti terra si evidenzia infatti che, l'esubero calcolato al netto di cassonetto, rappresenta l'aliquota lorda numerica di terreno in esubero, per cui come evidenziato in QRA e nella Relazione Geologica Tecnica, le ipotizzate buone qualità dei materiali da escavare possono invece far prevedere che gli stessi potranno essere integralmente riutilizzati per gli interventi di rifacimento del sottofondo stradale e per la realizzazione delle opere di sostegno.

In base ai riferimenti normativi vigenti, le opere di escavazione saranno programmate e gestite prevedendo lo stoccaggio temporaneo in situ dei volumi movimentati.

Lo stoccaggio avverrà direttamente presso le aree di escavazione, in particolare sia presso le aree delle piazzole in realizzazione che ricorrendo a tratti di viabilità interna completata, che verranno utilizzati come aree di stoccaggio dei materiali escavati dai tratti di viabilità secondaria e dalle piazzole.

### 1.7.2 Riutilizzo terre ex art. 185 comma 1 punto c del D.Lgs. 152/06

Con riferimento alle previsioni ex art. 185 comma 1 punto c del D.Lgs. 152/06 si prevede il riutilizzo integrale in situ allo stato naturale.

In particolare con riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente, si definisce l'area di cantiere così come perimetrata nell'elaborato grafico "Prime indicazioni sulla fase di cantierizzazione", dove viene individuato e perimetrato il sito dei lavori e suddiviso in tre principali macro aree.





Ai fini della previsione del D.Lgs. 152/06 si considera quindi un unico cantiere così come perimetrato nell'elaborato grafico sopra riportato, e le terre e rocce da scavo saranno così gestite:

- ex art. 185 comma 1 punto c, per le aliquote di cui si prevede il riutilizzo integrale in situ allo stato naturale;
- invio in discarica ex art. 183 D.Lgs. 152/06 con codice CER 17.05.04 degli esuberi;
- ove necessario ed in ragione della logistica di cantiere eventuale recupero (R5) dei materiali litoidi tramite impianto mobile ex art. 216 D.Lgs. 152/06.

Con riferimento alla definizione di stato naturale ricompresa nella previsione dell'art. 185 comma 1 punto c, lo scrivente dichiara che i materiali escavati in situ saranno soggetti ad operazioni di riduzione volumetrica e separazione delle frazioni estranee con impianto mobile.

Rispetto alla logistica di cantiere, ove per condizioni sito specifiche, non potessero rendersi praticabili le operazioni in situ, si attiveranno attività extra situ di recupero (R5) dei materiali litoidi tramite impianto mobile autorizzato ex art. 216 D.Lgs. 152/06.

Con riferimento ai risultati della verifica acustica si evidenzia che l'impianto mobile di riduzione volumetrica e separazione delle frazioni estranee, sarà utilizzato solo in corrispondenza delle aree di stoccaggio temporaneo afferenti alle macroaree di cantiere 2 e 3 in modo da garantire idonea distanza rispetto all'area SIC.

Si evidenzia che la possibilità di utilizzo del materiale sterrato, come realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati è stata valutata ed indicata come fattibile in base alle risultanze della relazione geologica allegata.

Come già indicato particolare attenzione verrà prestata nel massimizzare le percentuali di reimpiego dei materiali all'interno delle aree di cantiere, in particolare si prevede di riutilizzare integralmente il coticco superficiale movimentato per interventi di inerbimento e piantagione, eventuale materiale non idoneo ad essere utilizzato per ripristini del coticco superficiale o per i riporti delle aree di piazzola o della viabilità verrà utilizzato per gli interventi minuti di rimodellazione e riprofilatura morfologica.

Dal computo dei volumi movimentati si evince che, se le buone caratteristiche geomeccaniche dei materiali escavati saranno confermate durante l'esecuzione dei lavori, vi potrà essere un pressoché totale reimpiego delle aliquote di materiale sterrato da reimpiegare per riporti, rinterri, per il rifacimento del cassonetto della viabilità e per le opere di sostegno, con l'eventuale necessità di reperire ulteriore materiale da cave di prestito della zona.

Con riferimento alla tabella di consuntivo totale dei movimenti terra, si evidenzia infatti che il potenziale esubero calcolato al netto di cassonetto, rappresenta una stima numerica, per cui ipotizzando una oculata gestione durante le attività di cantiere si potrà pervenire ad un recupero delle aliquote necessarie.

Come evidenziato in QRA e nella Relazione Geologica Tecnica, le ipotizzate buone qualità dei materiali da escavare, permettono di asserire che gli stessi potranno essere integralmente riutilizzati per gli interventi di rifacimento del sottofondo stradale e per la realizzazione delle opere di sostegno, quali le terre armate.

In termini quantitativi quindi le volumetrie calcolate, potranno essere reimpiegate all'interno dello stesso progetto per la realizzazione del sottofondo stradale e delle opere di sostegno, ponendo in opera una



corretta procedura di realizzazione degli sterri, e ricorrendo all'utilizzo delle procedure di stoccaggio temporaneo come sopra riportato, dove dette aliquote saranno sottoposte ai trattamenti di "normale pratica industriale" ex art. 185 comma 1 punto c per il loro successivo reimpiego all'interno dello stesso sito.

Relativamente alla caratterizzazione ambientale si evidenzia che, in base alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche ed ambientali del sito, non si ravvisano potenziali indicatori relativi alla compromissione ambientale del sito e delle terre e rocce da scavo.

In particolare con riferimento alla descrizione delle eventuali attività pregresse svolte sul sito si evidenzia che l'area per la sito-specificità non è mai stata oggetto di attività antropiche potenzialmente inquinanti.

Nell'area di cantiere è previsto l'utilizzo di un impianto mobile di frantumazione/vagliatura al fine di recuperare i trovanti lapidei rinvenuti durante gli scavi per il loro reimpiego all'interno del cantiere, secondo quanto previsto dall'art. 185 comma 1 punto c del D.Lgs. 152/06.

L'adozione di un impianto di frantumazione mobile risulta più vantaggioso di quella di un impianto fisso sia per le ridotte dimensioni e sia per la maggiore precisione in merito alle volumetrie di lapidei riutilizzabili. Inoltre risulta essere più efficace dal punto di vista logistico oltre che economico.

In generale, il vantaggio della presenza di tale lavorazione in cantiere fa sì che parte del materiale proveniente dagli scavi, non valicando mai il confine di cantiere, non diventi mai di fatto un rifiuto, ma venga direttamente trasformato in materia prima.

L'area da destinare all'impianto di frantumazione e vagliatura sarà di circa 18 m x 10 m.

Come sopra riportato, ove per condizioni sito specifiche, le operazioni di riduzione volumetrica e separazione delle frazioni estranee con impianto mobile non fossero possibili, si attiveranno attività extra situ di recupero (R5) dei materiali litoidi tramite impianto mobile autorizzato ex art. 216 D.Lgs. 152/06.



Figura 28. Esempio impianto di frantumazione mobile



Come da normativa, l'impianto di frantumazione disporrà di un cannone nebulizzatore atto a ridurre sensibilmente la dispersione di polveri nell'ambiente.

Le modalità di funzionamento sono le seguenti: una corona di ugelli nebulizza l'acqua mentre il flusso d'aria generato da una ventola trasporta le micro gocce nella zona da trattare; queste micro gocce che costituiscono la nebbia in sospensione si aggregano alle particelle volatili di polveri aumentandone la massa e causandone la caduta per gravità.

I principali vantaggi rispetto ai sistemi tradizionali di abbattimento polveri a lancia spruzzatrice sono:

- risparmio del 70% d'acqua circa;
- a parità di consumo di acqua la superficie trattata è di gran lunga superiore; si previene la formazione di polveri volatili diminuendo i cumuli di materiale

### 1.8 Opere di regimazione delle acque superficiali

Le piazzole e le piste di accesso alle stesse, saranno salvaguardate da problemi idraulici, mediante la realizzazione di fossi di guardia e canalette superficiali. Al fine di illustrare un dimensionamento tipo delle portate attese dei fossi di guardia, si fa riferimento a quanto di seguito riportato.

Per quantificare la portata di cunette e fossi di guardia è consigliata (secondo un accurato rapporto disposto dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland) la seguente espressione:

$$r = 26.3 \frac{(L/Ks)^{0.6}}{j^{0.4} i^{0.3}}$$



dove le grandezze sono:

- $r$  tempo di corrivazione in secondi;
- $L$  la lunghezza della cunetta o della superficie scolante;
- $K_s$  coefficiente di Gauckler-Strickler;
- $j$  intensità di precipitazione;
- $i$  pendenza media della superficie scolante.

In considerazione delle caratteristiche della piattaforma di drenaggio delle piazzole si pone:

$L = 100$  metri, ipotizzando il fosso di guarda lungo il lato maggiore delle piazzola e lungo la pista di accesso, e di posizionare lo scarico in un angolo di valle della piazzola;

$K_s = 50$ , per canali aperti in terra;

$j = 0.19$  m/h, posto a favore di sicurezza pari a circa il doppio dell'intensità di pioggia oraria con  $Tr=25$ ;

$i = 0.02$ , pari al 2%.

Con le grandezze sopra riportate, si ottiene un tempo di corrivazione  $r = 184$  s, pari a circa 3 min, per cui la portata massima al collettore di drenaggio delle acque meteoriche della piazzola, è pari:

$$\Omega = \frac{\phi S h}{r} \approx 130 \text{ l/s}$$

dove le grandezze sono:

- $S$  superficie drenante della piazzola, pari a 875 mq;
- $\Phi$  coefficiente di deflusso posto, pari a 0.8;
- $h$  altezza di pioggia, per statistiche di eventi di brevissima durata, durata 20 min e  $Tr= 25$  anni, e pari a 34.4 mm
- $\tau$  tempo di corrivazione, pari a 184 s, o 3 min.

Tale portata può essere facilmente smaltita, indirizzando la venuta meteorica verso il più vicino fosso recettore.

La portata può essere convogliata sia a mezzo di canalette superficiali ove possibile, o con tubi in PEAD corrugati di adeguato diametro in funzione della pendenza locale (per pendenze intorno al 5% è sufficiente un DN315)

Per la regimazione delle acque superficiali, ove possibile si ricorrerà ad interventi di ingegneria naturalistica associando due tipi di manufatti: le fascinate drenanti e le canalette superficiali.

Le fascinate drenanti consentono sia il convogliamento delle acque superficiali, sia la stabilizzazione del versante e sono costituite da fascine formate da rami con capacità vegetative in combinazione con ramaglia "morta" ma non disseccata posta nella parte bassa a contatto con il terreno, fissate all'interno di un solco di opportuna profondità scavato nel versante.

Per migliorare il drenaggio delle acque, sul fondo del fosso nel quale vengono inserite le fascine è possibile collocare un tubo drenante circondato da materiale drenante.

L'acqua superficiale raccolta nelle fascinate drenanti verrà convogliata in canalette superficiali in legname (e talee) e pietrame. L'impiego del materiale naturale consentirà una migliore integrazione con la vegetazione circostante.



Analogamente alle canalette superficiali, anche i fossi di guardia, ove le condizioni di stabilità del terreno lo permettano, verranno realizzati in pietrame e terra inerbite, i quali potranno anche essere rivestiti con materiale biodegradabile (rinverdito mediante idrosemina), al fine di aumentare la stabilità delle sponde.

La realizzazione dei sistemi di drenaggio sopra indicati indurrà prevedibilmente ad un miglioramento della stabilità dei versanti, in quanto la regimazione delle acque riduce i fenomeni di erosione e contemporaneamente l'attività di radicamento delle piante trattiene le particelle del suolo e ne evita il dilavamento.

Per la corretta gestione delle venute idrauliche, verranno posti in essere tutta un'altra serie di accorgimenti e tecniche realizzative, di cui ad esempio:

- tutte le acque provenienti da fabbricati, da altri manufatti e da aree non permeabili saranno comunque raccolte, canalizzate e smaltite attraverso gli impluvi naturali, senza determinare fenomeni di erosione dei terreni o di ristagno delle acque.
- tutte le eventuali tubature idrauliche sotterranee saranno realizzate in modo da evitare perdite o rotture, assicurando in particolare che nei terreni suscettibili di movimenti di assestamento (aree di riporto, terreni instabili) le opere siano in grado di mantenere la loro efficienza.

Come desumibile dagli elaborati progettuali, e fatti salvi i successivi approfondimenti esecutivi, non si prevede di realizzare e verranno comunque evitate lavorazioni che inducano a:

- modificare impluvi, fossi o canali e di procedere all'intubamento delle acque all'interno degli stessi;
- modificare l'assetto delle sponde o degli argini di corsi d'acqua naturali o artificiali;
- immettere acque superficiali o di scarico nel suolo o nel sottosuolo mediante impianti di sub-irrigazione o di dispersione (pozzi disperdenti, ecc.) o altre opere;
- effettuare emungimenti delle acque sotterranee.
- Disperdere residui di calcestruzzi o acque di lavaggio di impianti sul terreno.

Durante le fasi di cantiere ed in particolare ove siano previsti scavi, saranno assicurati:

- l'allontanamento delle acque provenienti dai terreni posti a monte o circostanti l'area dei lavori, mediante la preliminare realizzazione di appositi fossi o fossetti di guardia delimitanti l'area stessa ed in grado di convogliare le acque a valle secondo le linee naturali di sgrondo, senza determinare fenomeni di erosione o di ristagno;
- la corretta regimazione delle acque superficiali nell'area oggetto dei lavori, realizzando le canalizzazioni ed i drenaggi necessari ad evitare fenomeni erosivi o di ristagno, specialmente nelle aree di scavo; ove non sia possibile smaltire le acque per gravità devono essere previsti impianti per il sollevamento delle stesse, che evitino ristagni anche temporanei nell'area di cantiere. Lo scarico a valle deve avvenire in modo da evitare danni ai terreni sottostanti;
- la captazione e l'allontanamento al di fuori dell'area di cantiere delle eventuali acque sorgive.

### 1.8.1 Presidio tutela idraulica aree cantiere e piazzole

Le aree di cantiere e le piazzole saranno dotate di un presidio di tutela idraulica che consente di raccogliere le acque tramite un opportuno sistema di pendenze. Le acque collettate ed opportunamente trattate, che potranno essere verificate qualitativamente grazie ad un pozzetto di ispezione, saranno scaricate nel corpo idrico recettore più vicino.

Il sistema di trattamento prevede tre fasi distinte:

1. Separare tramite pozzetto scolmatore le prime acque meteoriche, potenzialmente inquinate, dalle seconde;





2. Accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche potenzialmente inquinate per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, la sedimentazione delle sostanze solide;
3. Convogliare tramite pompaggio le acque temporaneamente stoccate ad una unità di trattamento per la separazione di eventuali sostanze inquinanti se presenti, quali idrocarburi.

Operativamente le acque di prima pioggia vengono separate da quelle successive (seconda pioggia) e rilanciate all'unità di trattamento tramite un bacino di accumulo di capacità tale da contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta.

Il bacino è preceduto da un pozzetto separatore che contiene al proprio interno uno stramazzo su cui sfiorano le acque di seconda pioggia dal momento in cui il pelo libero dell'acqua nel bacino raggiunge il livello della soglia dello stramazzo.

Nel bacino è installata una pompa di svuotamento che viene attivata automaticamente dal quadro elettrico tramite un microprocessore che elabora il segnale di una sonda rivelatrice di pioggia installata sulla condotta di immissione del pozzetto.

Alla fine della precipitazione, la sonda invia un segnale al quadro elettrico il quale avvia la pompa di rilancio dopo un intervallo di tempo congruo e relativo al tempo di svuotamento previsto.

Una volta svuotato il bacino, l'interruttore di livello disattiva la pompa e il sistema si rimette in situazione di attesa. L'acqua viene pompata dalla vasca di prima pioggia ad un disoleatore per il trattamento di separazione di eventuali fanghi ed idrocarburi.

Le acque da trattare si immettono nel disoleatore dove i solidi sedimentabili si depositano sul fondo mentre l'acqua decantata e le sostanze leggere risalgono in superficie.

L'acqua chiarificata sottostante attraversa il filtro a coalescenza e si immette nella condotta di scarico nel pieno rispetto dei limiti di emissione previsti dalla tabella 3, allegato 5 alla parte III del D.lgs 152/2006.

Durante l'attraversamento del filtro le microparticelle oleose sfuggite al galleggiamento e trascinate dall'acqua coalescono, formando sospensioni più consistenti che si separano risalendo in superficie. Se lo spessore dello strato di olio galleggiante supera il limite previsto dalla norma (punto 6.5.2 della UNI EN 858-1) la valvola a galleggiante si chiude. Quando il pozzetto disoleatore è pieno occorre provvedere all'estrazione e all'allontanamento dell'olio contenuto tramite impresa specializzata.

### 1.8.2 *Acque meteoriche dilavanti di cantiere e delle piazzole*

Tutti gli scarichi derivanti dai presidi previsti rispetteranno i limiti di emissione previsti dalla tabella 3, allegato 5 del D.Lgs. 152/2006, come desumibile dai certificati di garanzia dei trattamenti che dovranno essere obbligatoriamente allegati alle richieste di autorizzazione allo scarico istruite prima dell'inizio dei lavori.

Le acque reflue dei cantieri e delle aree di lavorazione, sono sottoposte a processi di chiarificazione e depurazione secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

I reflui si possono quindi suddividere in acque:

- **di piazzale** contenenti inquinanti quali oli minerali, idrocarburi leggeri, sabbie e terricci dalle acque di scarico raccolte nelle aree di cantiere e di deposito/accumulo temporaneo di materiale di scavo nonché di sosta delle macchine operatrici;
- **di officina** provenienti dal lavaggio dei mezzi meccanici e potenzialmente contaminate da idrocarburi e oli, oltre che da sedimenti terrigeni;



- **di lavaggio** betoniere e spurgo del cls contenenti materiale solido da lavaggio dei residui del calcestruzzo contenuto nelle betoniere;
- **nere** provenienti da scarichi dei servizi igienici del cantiere;
- **di lavorazione** che risultano potenzialmente contaminate da agenti inquinanti di tipo fisico (filler di perforazione, fanghi,...) o chimico (cementi, idrocarburi e oli provenienti da macchinari, ...).

Le attività svolte nelle piazzole consistono sostanzialmente nelle operazioni di:

- costruzione delle piazzole stesse (sterri, riporti e pavimentazioni);
- realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori (scavi, getti e rinterrì);
- trasporto eccezionale delle componenti principali degli aerogeneratori;
- montaggio meccanico dell'aerogeneratore ad opera di gru e messa in esercizio.

I mezzi impiegati per le operazioni sopra descritte sono sostanzialmente riconducibili a rimorchi e semirimorchi per il trasporto eccezionale, escavatori e miniescavatori, autocarri, betoniere, autoarticolati e rulli compressori per le altre attività.

Lo scavo del materiale terroso-detritico-roccioso avverrà attraverso l'ausilio di pale ed escavatori meccanici dotati di benne aperte di varia lunghezza, senza l'uso di acqua o fanghi, esplosivi o altre sostanze chimiche di disgregazione della roccia, frese, seghe a trefori o nastro, o qualsiasi altra tecnica che possa in generale, potenzialmente inquinare il terreno sottoposto al lavoro.

Le operazioni di riprofilatura e sbancamento iniziale avverranno mediante pale cingolate con creazione di cumuli che, una volta selezionato il cotico vegetazionale superficiale che verrà debitamente stoccato per il successivo reimpiego per la mitigazione delle aree di piazzole, prevedrà la movimentazione delle aliquote successive mediante mezzi di trasporto e posti nel deposito temporaneo per il loro reimpiego.

Il materiale derivato da sbancamento dei pendii o scavo delle trincee verrà caricato sui camion e collocato nel deposito temporaneo o direttamente riposizionato e rullato nei punti di riporto.

Relativamente alle operazioni di realizzazione delle opere strutturali fondative, si rimanda alla integrazione relativa al punto 2.e, in cui sono descritte in dettaglio le lavorazioni afferenti i pali e le piastre di fondazione degli aerogeneratori.

Le acque meteoriche di prima pioggia, o AMD, rappresentano il principale veicolo attraverso cui il potenziale carico inquinante presente sulla superficie dilavata di aree esterne/scoperte può raggiungere eventuali corpi recettori limitrofi.

La gestione di questi reflui è assoggettata alla disciplina degli scarichi secondo quanto previsto dall'art. 113 del D.Lgs. 152/2006 e dalla L.R. 20/2006.

### **1.8.3 *Treatmento delle acque meteoriche dilavanti le aree delle piazzole***

Come riportato nelle tavole di dettaglio, le piazzole sono dotate di un presidio di tutela idraulica che consente di raccogliere le acque (piovane, di dilavamento o provenienti dalle attività di cantiere) mediante un reticolo di drenaggio, in cui vengono recapitate le acque grazie alle opportune pendenze imposte alle aree della piazzola, e convogliate attraverso una trincea drenante ad un sistema di trattamento prima dello scarico in suolo.

Come previsto in progetto, il piano di cantiere delle piazzole sarà realizzato con uno strato di stabilizzato ben compatto tale che le polveri, ed eventuali sostanze oleose o altro, saranno dilavate dalle acque meteoriche di prima pioggia (AMPP), considerate acque meteoriche dilavanti (AMD), e opportunamente collettate dal presidio idraulico previsto.



Le acque collettate ed opportunamente trattate, che potranno essere verificate qualitativamente grazie ad un pozzetto di ispezione, saranno poi scaricate nel corpo idrico recettore più vicino nel pieno rispetto dei limiti di emissione previsti dalla tabella 3, allegato 5 alla parte III del D.lgs 152/2006.

Le acque meteoriche vengono convogliate in un pozzetto scolmatore idoneo a separare le acque di 1ª pioggia da depurare da quelle di 2ª pioggia da inviare, tramite condotta (scolmatore) di by-pass, direttamente al recettore finale.

Il sistema di trattamento prevede 3 fasi distinte:

- 1) separare tramite un pozzetto scolmatore le prime acque meteoriche, che risultano inquinate, dalle seconde;
- 2) accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche potenzialmente inquinate e provenienti dalla piazzola, per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, la sedimentazione delle sostanze solide;
- 3) convogliare le acque temporaneamente stoccate ad una unità di trattamento per la separazione di eventuali sostanze inquinanti se presenti quali gli idrocarburi.

Operativamente le acque di prima pioggia vengono separate da quelle successive (seconda pioggia) e rilanciate all'unità di trattamento tramite un bacino di accumulo di capacità tale da contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza della piazzola.

Il bacino è preceduto da un pozzetto separatore che contiene al proprio interno uno stramazzo su cui sfiorano le acque di seconda pioggia dal momento in cui il pelo libero dell'acqua nel bacino raggiunge il livello della soglia dello stramazzo.

Nel bacino è installata una pompa di svuotamento che viene attivata automaticamente dal quadro elettrico tramite un microprocessore che elabora il segnale di una sonda rivelatrice di pioggia installata sulla condotta di immissione del pozzetto.

Alla fine della precipitazione, la sonda invia un segnale al quadro elettrico il quale avvia la pompa di rilancio dopo un intervallo di tempo congruo e relativo al tempo di svuotamento previsto.

Una volta svuotato il bacino, l'interruttore di livello disattiva la pompa e il sistema si rimette in situazione di attesa. L'acqua viene pompata dalla vasca di prima pioggia ad un disoleatore per il trattamento di separazione di eventuali fanghi ed idrocarburi.

La vasca svolge una doppia funzione: separazione ed accumulo dei solidi sedimentabili (fango, limo, sabbia, ecc.), e separazione ed accumulo delle sospensioni oleose (oli, idrocarburi, ecc.).

Le acque da trattare si immettono nel disoleatore dove i solidi sedimentabili si depositano sul fondo mentre l'acqua decantata e le sostanze leggere risalgono in superficie.

L'acqua chiarificata sottostante attraversa il filtro a coalescenza e si immette nella condotta di scarico nel pieno rispetto dei limiti di emissione previsti dalla tabella 3, allegato 5 alla parte III del D.lgs 152/2006.

Durante l'attraversamento del filtro le microparticelle oleose sfuggite al galleggiamento e trascinate dall'acqua coalescono, formando sospensioni più consistenti che si separano risalendo in superficie. Se lo spessore dello strato di olio galleggiante supera il limite previsto dalla norma (punto 6.5.2 della UNI EN 858-1) la valvola a galleggiante si chiude. Quando il pozzetto disoleatore è pieno occorre provvedere all'estrazione e all'allontanamento dell'olio contenuto tramite impresa specializzata.



### 1.9 Montaggio e posa in opera degli aerogeneratori e del cavo, e operazioni di collaudo

Il montaggio degli aerogeneratori avverrà secondo schemi prestabiliti e collaudati da imprese specializzate con numerose esperienze analoghe.

I mezzi principali necessari al montaggio sono 2 autogru che vengono collocate nell'area principale della piazzola riservata all'assemblaggio.

Le fasi principali possono essere riassunte nei seguenti punti:

- sollevamento, posizionamento e fissaggio alla fondazione della parte inferiore della torre, tramo T1;
- sollevamento, posizionamento e fissaggio del troncone intermedio, tramo T2;
- sollevamento, posizionamento e fissaggio del troncone di sommità, tramo T3;
- sollevamento, posizionamento e fissaggio del troncone di sommità, tramo T4;
- sollevamento della navicella e fissaggio alla parte sommitale della torre;
- assemblaggio del rotore al piedi della torre;
- sollevamento e fissaggio del rotore alla navicella;
- sollevamento e fissaggio singolo delle 3 pale dell'aerogeneratore;
- realizzazione dei collegamenti elettrici e configurazione dei dati per il funzionamento ed il controllo delle apparecchiature.

Tutte le fasi di montaggio dei componenti degli aerogeneratori necessitano di spazi di manovra adeguati e piani e, come già detto, della presenza in cantiere di due gru.

La prima gru, di solito gommata di dimensioni contenute e con capacità di sollevamento di 150 t, si rende necessaria nella prima fase di scarico dei vari componenti dai mezzi di trasporto alle piazzole di assemblaggio, e nella fasi successive di montaggio.

Per il sollevamento ed il montaggio dei trami componenti la torre ed il sollevamento ed il montaggio del rotore e delle pale, è necessaria infatti una seconda autogru, di solito cingolata e di elevata potenza con capacità di sollevamento di almeno di 600 t, la quale operando in coordinazione con la gru gommata eseguono le operazioni di montaggio.

Tale seconda gru ha come vincolo operativo la necessità di essere collocata alla minore distanza possibile rispetto al centro del posizionamento del pilone principale T1.

La costruzione dell'impianto, ed in particolare la necessità di trasportare in situ tutti i materiali, gli strumenti ed i componenti che consentiranno di assemblare e posare in opera gli aerogeneratori, comporterà l'effettuazione di un certo numero di viaggi da parte di mezzi di trasporto impegnati nel collegamento del cantiere.

Una prima stima delle esigenze porta a quantificare il seguente fabbisogno:

- per quanto riguarda il cemento, i materiali edili e i macchinari necessari alla realizzazione delle prime opere sono previsti circa 120 – 130 viaggi di autocarri per ogni aerogeneratore (complessivamente, dunque, tra 1560 e 1690 viaggi);
- per il trasporto della gru cingolata da 600 t necessaria al sollevamento delle torri e delle navicelle sono necessari circa 15 veicoli pesanti più due gru;
- per il trasporto dei componenti di ogni aerogeneratore sono necessari complessivamente 7 viaggi. Di questi, 4 riguardano il trasporto dei trami della torre, 1 riguarda il trasporto delle pale con mezzo speciale che carica 3 pale per ogni viaggio, mentre 1 viaggio è necessario al trasporto dei rotori e della cabina di trasformazione.



### 1.9.1 Descrizione mezzi per il trasporto e il montaggio degli aerogeneratori, e le opere di cantiere in genere.

I mezzi d'opera necessari alle attività di cantiere sono individuati in:

- mezzi movimentazione di cantiere e montaggio delle componenti, costituiti essenzialmente da 2 autogru di diversa portata necessarie per lo spostamento ed il posizionamento da differenti punti di aggancio delle diverse componenti
- GP gru principale cingolata da 600 t;
- GS gru secondaria gommata da 150 t.
- mezzi di trasporto logistici, costituiti essenzialmente da trasporti composti da motrici più bilici modulari e carrelli, necessari al trasporto su viabilità ordinaria dei componenti la torre, le pale e la navicella
- AG autogru;
- TB trasporto con bilico;
- TE trasporto eccezionale.
- mezzi d'opera di movimento terra per le opere strutturali, di sostegno e le piazzole di cui elenco non esaustivo:
  - A autocarro a 3 e 4 assi;
  - AB autobetoniera a 3 e 4 assi;
  - E escavatore cingolato a benna rovescia;
  - EM escavatore cingolato con martello demolitore;
  - GR greder per scarifica e livellazione fondo piste di accesso;
  - P pala;
  - PP perforatrice per micropali;
  - R ruspa ;
  - RL rullo vibrante per compattazione fondo stradale e piazzole;
  - TG terna gommata;
  - VF vibro finitrice.

### 1.9.2 Durata delle fasi di progetto

QUADRO TEMPORALE INTERVENTI		
Descrizione	[mesi]	Note
PREPARAZIONE DELLE STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ PRIMARIA E SECONDARIA INTERNA DI CANTIERE	16	Operazioni di realizzazione della viabilità primaria e secondaria interna al parco eolico.
INTERVENTI SULLA VIABILITÀ ESTERNA	6	Interventi di adeguamento della viabilità esterna
STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE DELLE TERRE DI SCAVO	13	Le terre di scavo vengono preliminarmente movimentate e stoccate presso aree già realizzate della viabilità primaria e secondaria, e poi movimentate fino alla zona di utilizzo
PREPARAZIONE CANTIERE E REALIZZAZIONE PIAZZOLE	11	Operazioni di realizzazione delle piazzole



OPERE DI FONDAZIONI TORRI E DI SOSTEGNO DELLE PIAZZOLE	6	Operazioni di sterro delle aree di imposta delle fondazioni, getto di cls, e contestuale realizzazione delle opere di sostegno in terre armate
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE E DELLE OPERE DI PRESIDIO AMBIENTALE	6	Posa in opera contestuale alla realizzazione delle opere di sostegno in terre armate, delle piazzole e della viabilità, dei presidi di mitigazione e ripristino ambientale
REALIZZAZIONE E POSA IN OPERA DEL CAVIDOTTO MT INTERNO	8	Realizzazione della trincea e posa in opera del cavidotto MT interno
TRASPORTO DELLE ATTREZZATURE	6	Le aree di destinazione delle attrezzature sono ubicate presso le piazzole.
MONTAGGIO DEGLI AEROGENERATORI	8	Operazioni di montaggio aerogeneratori con gru ed autogru
DISMISSIONE CANTIERE, COLLAUDO E MESSA IN ESERCIZIO	2	

#### 1.10 Cronoprogramma delle attività di cantiere

In generale, i tempi di realizzazione del Parco Eolico saranno non superiori ai 20/24 mesi opportunamente intervallati da sospensioni in ragione delle attese condizioni metereologiche locali.

I lavori consisteranno essenzialmente negli interventi per l'adeguamento della viabilità esistente alle caratteristiche di carico e scarico dei mezzi di trasporto, nella realizzazione della viabilità interna primaria e secondaria e nella realizzazione delle piazzole e delle piste di accesso alle stesse. Nello scavo e posa in opera delle fondazioni, nella installazione degli aerogeneratori e nello scavo e posa in opera dei cavi elettrici interrati.





Tabella 33. Tabella CRONOPROGRAMMA PARTE 01

FASI CANTIERE	MESE 1			MESE 2			MESE 3			MESE 4			MESE 5			MESE 6		
	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	E M A P P P R L GR	
Preparazione delle strade di accesso e viabilità interna di cantiere																		
Interventi di adeguamento della viabilità esterna																		
Stoccaggio e movimentazione delle terre di scavo																		
Preparazione cantiere e realizzazione piazzole																		
Opere di fondazioni torri e di sostegno delle piazzole																		
Sistemazione delle aree di cantiere e delle opere di presidio ambientale																		
Realizzazione delle opere del candidato MT interno ed esterno																		
Transporto delle attrezzature																		
Montaggio degli aerogeneratori																		
Dimissione cantiere, collaudi e messa in esercizio																		
FASI CANTIERE	MESE 7			MESE 8			MESE 9			MESE 10			MESE 11			MESE 12		
Preparazione delle strade di accesso e viabilità interna di cantiere																		
Interventi di adeguamento della viabilità esterna																		
Stoccaggio e movimentazione delle terre di scavo																		
Preparazione cantiere e realizzazione piazzole																		
Opere di fondazioni torri e di sostegno delle piazzole																		
Sistemazione delle aree di cantiere e delle opere di presidio ambientale																		
Realizzazione e posa in opera del candidato MT interno ed esterno																		
Transporto delle attrezzature																		
Montaggio degli aerogeneratori																		
Dimissione cantiere, collaudi e messa in esercizio																		





### 1.11 Verifiche geotecniche strutturali – Opere di fondazione

La struttura di fondazione degli aerogeneratori consiste principalmente in una piastra circolare di cemento armato, del diametro di 22m e con altezza compresa fra 2.0m al bordo e 3.0m al centro, in cui è inghisata la virola in acciaio a cui vengono imbullonati i trami della torre.

Il tutto come meglio descritto nella tavola progettuale specifica.

Le verifiche geotecniche da eseguire per le opere di fondazione, relativamente a quanto indicato dalla vigente normativa NTC 2018, sono riferite a Stati Limite così definiti:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno;
- Collasso per scorrimento sul piano di posa;
- Stabilità globale;
- SLU
- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione  $E_d < R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite.

Come indicato in normativa le verifiche di stabilità globale, eseguite secondo l'Approccio 1, combinazione 2(A2+M2+R2), sono riportate in dettaglio nel paragrafo 1.11.1

Le altre verifiche verranno di seguito effettuate secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Si evidenzia però, che con riferimento alla tipicità dell'opera in progetto, gli approcci proposti in normativa e i modelli di verifica indicati, non sono in grado di definire in maniera esaustiva le problematiche inerenti al corretto dimensionamento delle opere di fondazione.

In particolare come di seguito evidenziato, la principale sollecitazione delle torri trasmessa alle fondazioni risulta essere un momento ribaltante, dovuto all'azione del vento sulle pale, di valore estremamente elevato. Normalmente quindi le strutture di fondazione evidenziano un elevato valore di eccentricità, ed inoltre le formule utilizzate sia per la verifica della portanza del piano di fondazione sia per lo scorrimento, tendono a fornire valori non più totalmente affidabili, in quanto le dimensioni delle piastra di fondazione introducono dei comportamenti non lineari nella modellazione dell'interazione struttura terreno.

Di seguito quindi verranno riportate le verifiche, secondo quanto previsto dalla normativa vigente NTC2018, oltre alla modellazione secondo parametri aggiuntivi, come descritto dalla bibliografia internazionale disponibile.

L'ulteriore principale parametro utilizzato per il dimensionamento della piastra, rispetto alle condizioni dell'orizzonte geomeccanico di posa, risulta essere il  $C_{\phi, dyn}$  o rigidità rotazionale equivalente dell'insieme struttura-terreno.

Tale parametro, che valuta il comportamento dell'insieme struttura-terreno in termini di rigidità rotazionale, è calcolato sulla base dei valori di velocità delle onde S del sottosuolo indagato.

Come riportato nel paragrafo seguente 1.11.1, in considerazione dell'elevato valore della rigidità del sottosuolo richiesta, come da indicazioni del costruttore, si ipotizza che la maggior parte delle strutture di fondazioni dovranno essere realizzate mediante una piastra circolare di fondazione in cemento armato, poggiante su fondazioni profonde composte da pali  $\phi 100$ cm della lunghezza di circa 28 m.



Figura 29. Schema strutturale delle fondazioni profonde – sezione piastra circolare e pali

## SEZIONE B - SCALA 1:200

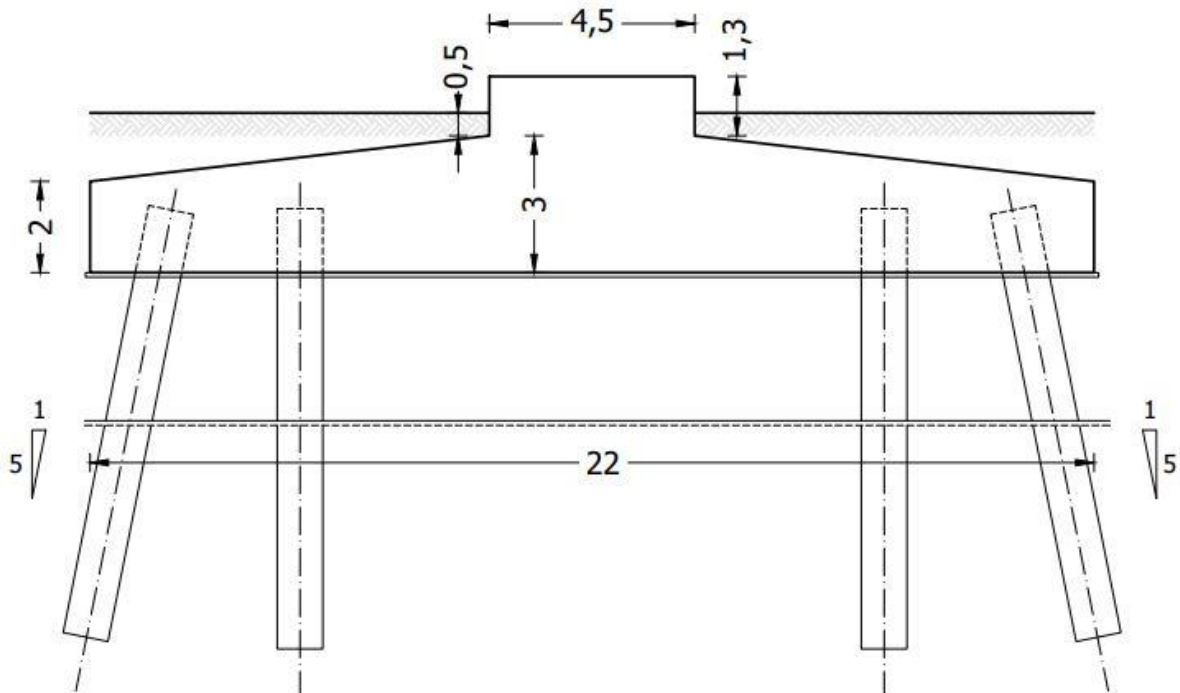
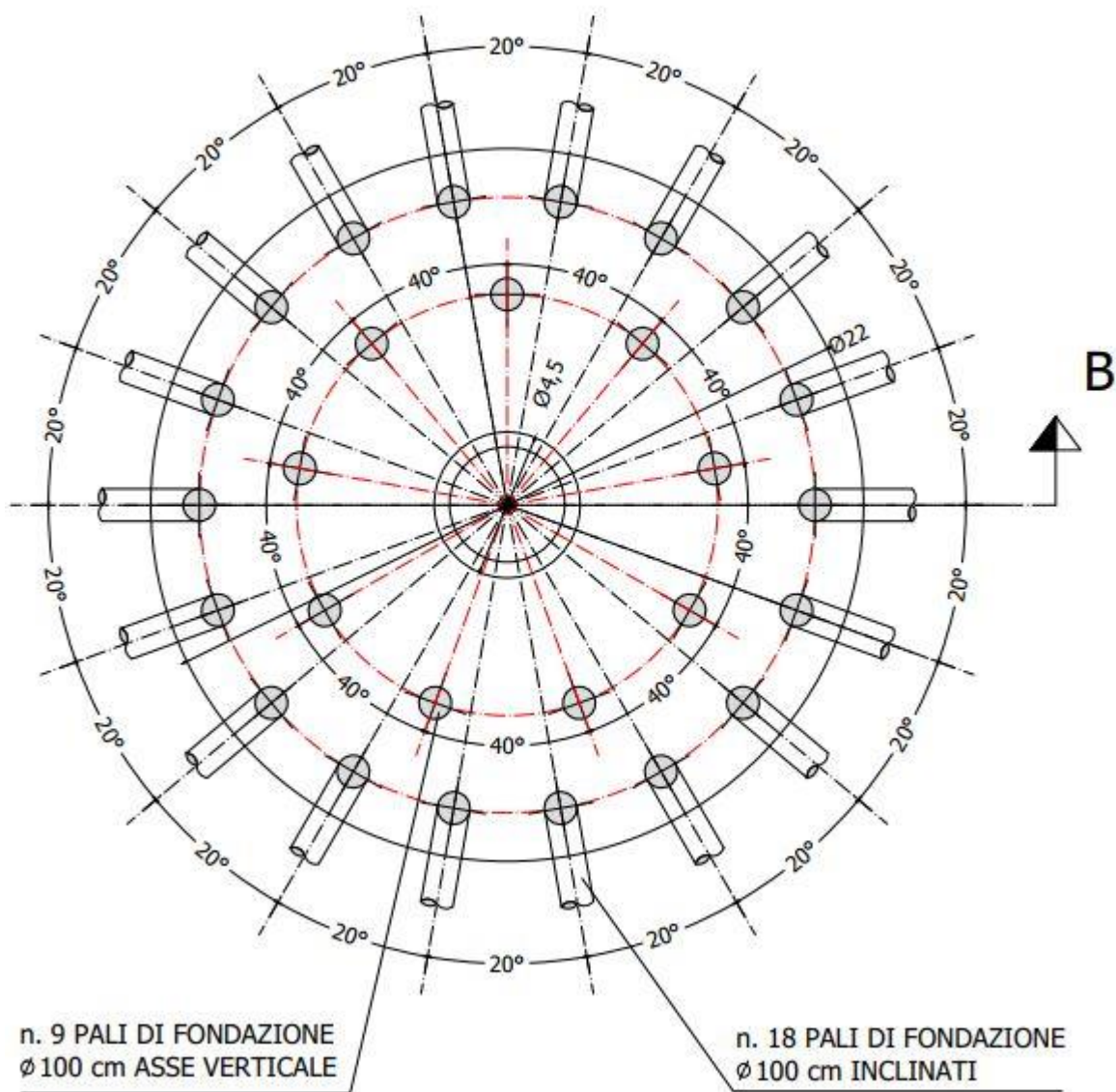




Figura 30. Schema strutturale delle fondazioni profonde – pianta piastra circolare e pali

### PIANTA PALI DI FONDAZIONE - SCALA 1:200



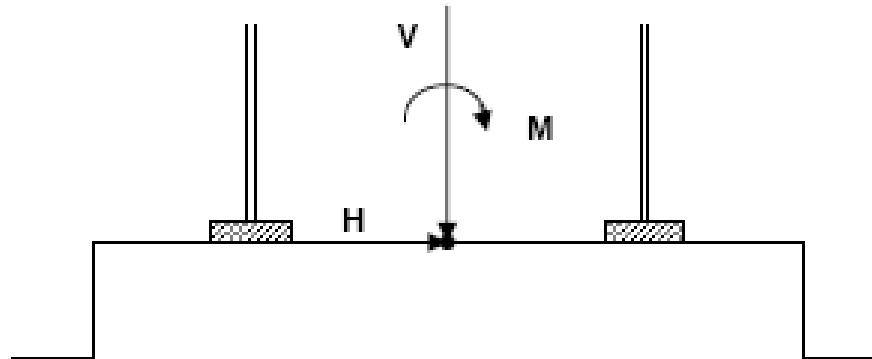
Relativamente alle condizioni di verifica secondo le NTC2018, con particolare riferimento al carico limite e scorrimento, esse sono ampiamente conseguite come di seguito riportato in dettaglio dalla sola fondazione superficiale, mentre per le verifiche di stabilità globale verranno verificate le fondazioni di tipo misto, superficiale + profondo, considerando quindi l'apporto in termini di stabilità dovuto alla presenza dei pali.

Al fine di un corretto dimensionamento delle opere di fondazione, i valori delle sollecitazioni, sia agli Stati Limite Ultimi che di Esercizio, sono derivati dall'analisi dei dati relativi ai vari aerogeneratori oggetto di



analisi, per cui le sollecitazioni di verifica utilizzate nei calcoli, rappresentano un involucro relativo al cosiddetto aerogeneratore di “progetto”, e sono di seguito riportate:

Figura 31. Schema dei carichi sollecitanti per l’aerogeneratore di “progetto”



Sketch 1

Figura 32. Carichi sollecitanti ultimi SLU per l’aerogeneratore di “progetto”

SLU - EXTREME LOADS ACCORDIND TO IEC61400			
NAME	LABEL	UNIT	DESIGN LOAD
Normal force	Fz	kN	-5310.23
Shear force resultant	Fxy	kN	-1915.96
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	162867.75
Torsional moment	Mz	kNm	4076.11





Figura 33. Carichi sollecitanti di esercizio SLE per l'aerogeneratore di "progetto"

<b>SLE - CHARACTERISTIC LOADS SERVICEABILITY LIMIT STATE ACCORDING TO GL2012 SEC. 5.4.3</b>			
<b>NAME</b>	<b>LABEL</b>	<b>UNIT</b>	<b>DESIGN LOAD</b>
Normal force	Fz	kN	-4874.44
Shear force resultant	Fxy	kN	-1491.94
Overturning bending moment resultant	Mxy	kNm	104177.36
Torsional moment	Mz	kNm	3320.04

Per la definizione dei carichi sollecitanti di analisi si fa quindi riferimento alla colonna "DESIGN LOAD" in quanto gli stessi sono stati definiti secondo le specifiche norme di setto IEC-61400-1 Ed3, evidenziando che al fine di valutare con la massima garanzia e sicurezza le condizioni di stabilità, la sollecitazione derivante dal vento pur considerata di tipo variabile, è stata inserita con coefficiente di parzializzazione pari a 1.0 in quanto il "safety factors" risulta già calcolato nelle quantificazioni "Design Load".

Relativamente alle analisi di stabilità globale, a favore di sicurezza, le sollecitazioni da vento vengono verificate contestualmente al sisma, contrariamente a quanto indicato dalla normativa, per cui in caso di sisma non si dovrebbe verificare contestualmente le sollecitazioni dovute al vento.

Lo schema per le verifiche della piastra di fondazione è il seguente come riportato in figura.



Figura 34. Schema orizzonte geotecnico per le verifiche delle strutture di fondazione

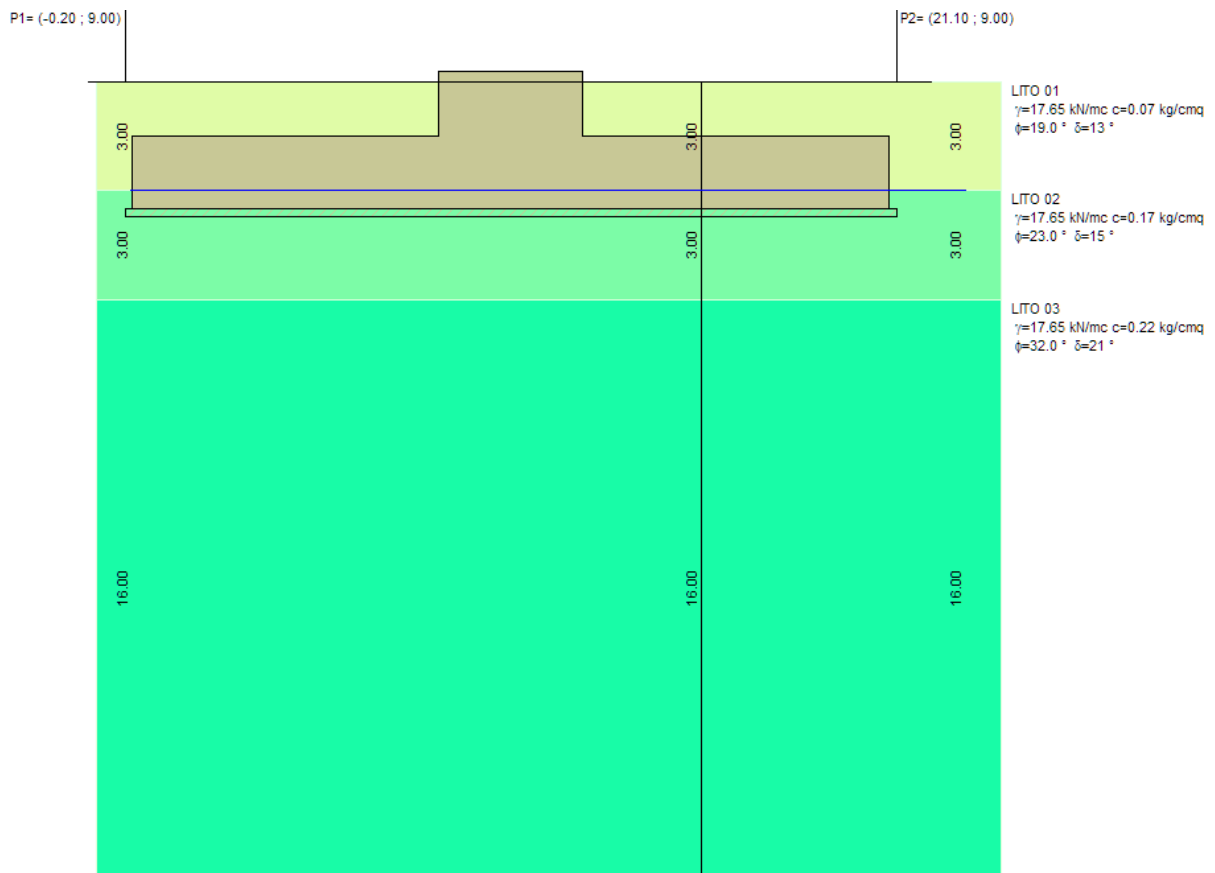


Figura 35. Parametri geotecnici del sottosuolo per le verifiche delle strutture di fondazione

Descrizione terreni

Terreno	g [kN/mc]	gs [kN/mc]	phi [°]	d [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	a [kg/cm <sup>2</sup> ]	Colore
LITO 01	17.652	19.614	19.00	12.67	0.070	0.035	Yellow
LITO 02	17.652	19.614	23.00	15.33	0.170	0.085	Light Green
LITO 03	17.652	19.614	32.00	21.33	0.220	0.110	Dark Green

Buttons: Aggiungi, Modifica, Elimina, Help



Figura 36. Modello strutturale 3D per le verifiche delle strutture di fondazione

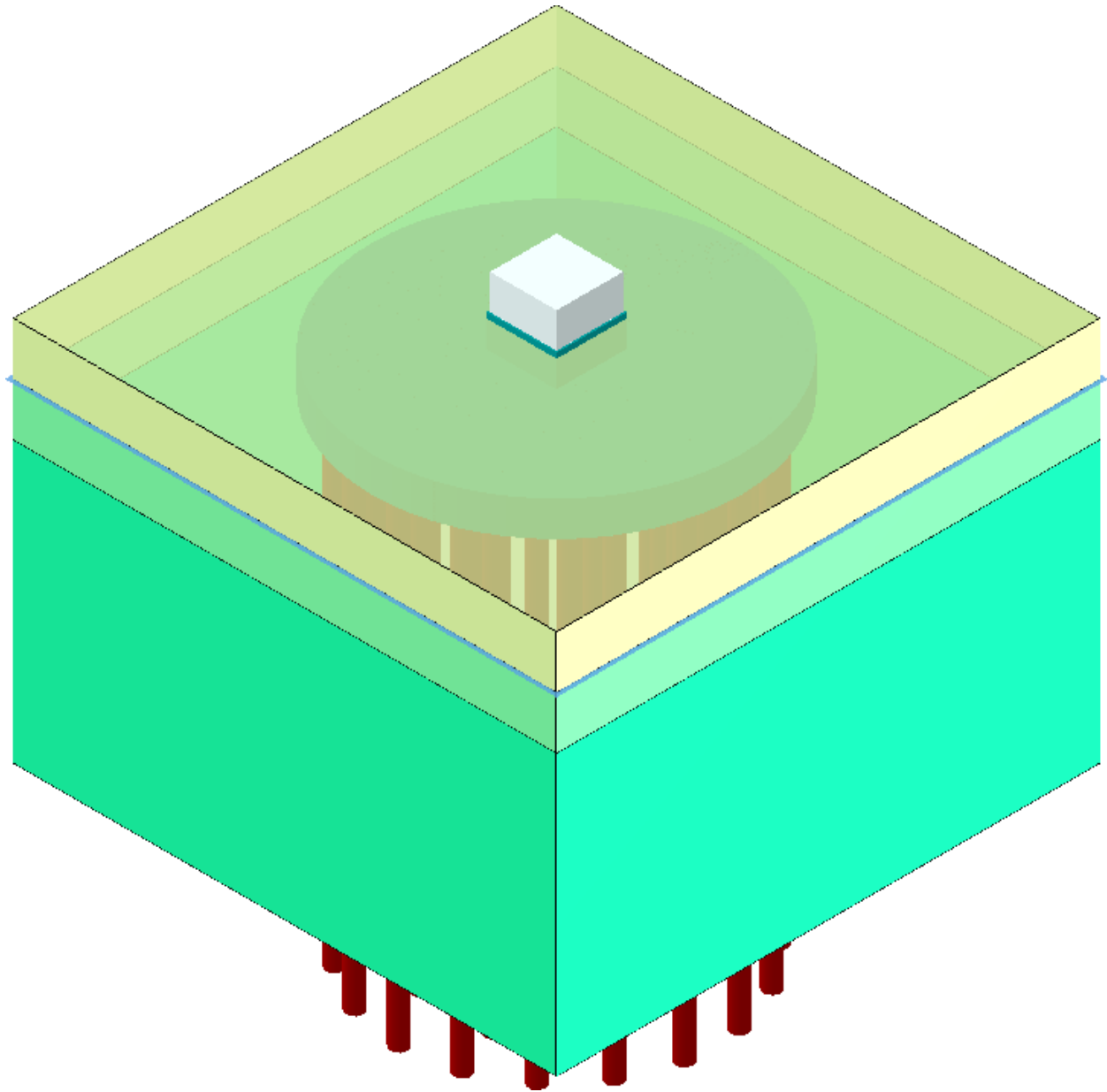
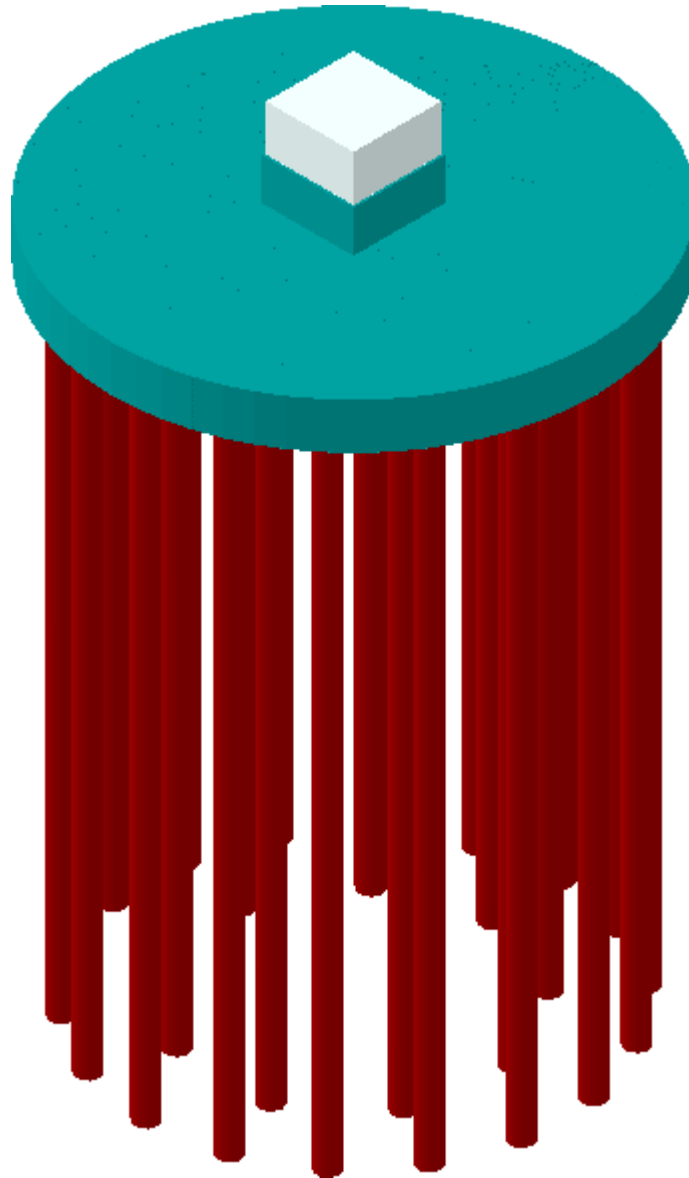




Figura 37. Modello strutturale 3D per le verifiche delle strutture di fondazione





### 1.11.1 Verifiche geotecniche strutturali - Carico Limite di fondazioni su terreni

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

Prandtl ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad \text{valida anche per i terreni.}$$

Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

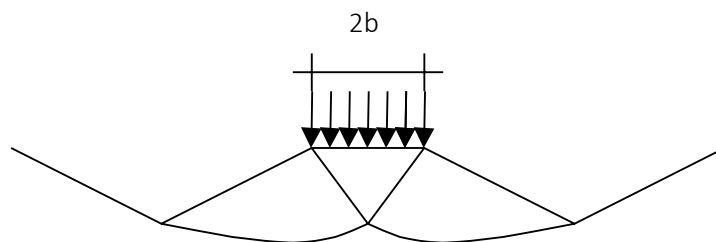
- Materiale privo di peso e quindi  $\phi=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione  $\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza  $2b$  (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie GFBCD.

Nel triangolo AEB la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di  $45^\circ + \phi/2$  rispetto all'orizzontale.

Nelle zone ABF e EBC la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti A ed E e l'altra da archi di due famiglie di spirali logaritmiche.

I poli di queste sono i punti A ed E. Nei triangoli AFG e ECD la rottura avviene su segmenti inclinati di  $\pm(45^\circ + \phi/2)$  rispetto alla verticale.



Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione  $q = B c$ , dove il coefficiente  $B$  dipende soltanto dall'angolo di attrito del terreno.

$$B = \cot g \phi [e^{\pi \operatorname{tg} \phi} \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \phi/2) - 1]$$

Ulteriori sviluppi si hanno con la formula di Hansen (1970), che è un'estensione della precedente formula; le estensioni consistono nell'introduzione di  $b_i$  che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore  $g_i$  per terreno in pendenza.



La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di  $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso  $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\varphi=0$ .

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$s_c = 1$  per fondazioni nastroformi

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$d_\gamma = 1$  per qualsiasi  $\varphi$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$





Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

Si ricorre anche ad altre formule come quella di Vesic (1975), che è analoga alla formula di Hansen, con  $N_q$  ed  $N_c$  come per la formula di Meyerhof ed  $N_{\text{eq}}$  come sotto riportato:

$$N_{\text{eq}} = 2(N_q + 1) \cdot \tan(\varphi)$$

I fattori di forma e di profondità che compaiono nelle formule del calcolo della capacità portante sono uguali a quelli proposti da Hansen; alcune differenze sono invece riportate nei fattori di inclinazione del carico, del terreno (fondazione su pendio) e del piano di fondazione (base inclinata).

Infine si ricorre anche alla formula di Brich-Hansen (EC 7 – EC 8) come proposto negli Eurocodici, per cui affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi



normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \gamma) c_u + \gamma' z + q$$

Dove:

$$A' = B' L'$$

area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  Coesione non drenata.

$q$  pressione litostatica totale sul piano di posa.

$sc$  Fattore di forma

$sc = 1 + 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$sc = 1,2$  per fondazioni quadrate o circolari.

$i_c$  fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico  $H$ ,  $i_c = 0,5 \left( 1 + \sqrt{1 - H/A' c_u} \right)$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c sc ic + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma}$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \tan \phi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0,3(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_{\gamma} = 0,7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale  $H$  parallelo a  $L'$

$$i_q = i_{\gamma} = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale  $H$  parallelo a  $B'$

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_{\gamma} = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$



Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

La verifica a slittamento, in conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità di un plinto di fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dell'utente.

La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$FRd = Nsd \tan \varphi + ca A'$$

Nella quale  $Nsd$  è il valore di calcolo della forza verticale,  $\varphi$  è l'angolo di resistenza a taglio alla base del plinto,  $ca$  è l'adesione plinto-terreno e  $A'$  è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

Il calcolo coefficienti sismici, viene eseguito secondo quanto previsto dalle NTC 2008 che calcolano i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_h = \beta \beta (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio:

- $a_{max} = SS ST ag$
- $SS$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq Ss \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
- $ST$  (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii. Il valore di  $ST$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1 (ST = 1.0) \quad T2 (ST = 1.20) \quad T3 (ST = 1.20) \quad T4 (ST = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con  $VR$  vita di riferimento della costruzione e  $PVR$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $VR$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.



## Richiami teorici - Metodi di analisi

### Calcolo - Analisi ad elementi finiti

Per l'analisi platea si utilizza il metodo degli elementi finiti (FEM). La struttura viene suddivisa in elementi connessi fra di loro in corrispondenza dei nodi. Il campo di spostamenti interno all'elemento viene approssimato in funzione degli spostamenti nodali mediante le funzioni di forma. Il programma utilizza, per l'analisi tipo piastra, elementi quadrangolari e triangolari. Nel problema di tipo piastra gli spostamenti nodali sono lo spostamento verticale  $w$  e le rotazione intorno agli assi  $x$  e  $y$ ,  $\phi_x$  e  $\phi_y$ , legati allo spostamento  $w$  tramite relazioni

$$\phi_x = -dw/dy$$

$$\phi_y = dw/dx$$

Note le funzioni di forma che legano gli spostamenti nodali al campo di spostamenti sul singolo elemento è possibile costruire la matrice di rigidezza dell'elemento  $\mathbf{k}_e$  ed il vettore dei carichi nodali dell'elemento  $\mathbf{p}_e$ .

La fase di assemblaggio consente di ottenere la matrice di rigidezza globale della struttura  $\mathbf{K}$  ed il vettore dei carichi nodali  $\mathbf{p}$ . La soluzione del sistema

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

consente di ricavare il vettore degli spostamenti nodali  $\mathbf{u}$ .

Dagli spostamenti nodali è possibile risalire per ogni elemento al campo di spostamenti ed alle sollecitazioni  $M_x$ ,  $M_y$  ed  $M_{xy}$ .

Il terreno di fondazione se presente viene modellato con delle molle disposte in corrispondenza dei nodi. La rigidezza delle molle è proporzionale alla costante di sottofondo  $k$  ed all'area dell'elemento.

I pali di fondazione sono modellati con molle verticali aventi rigidezza pari alla rigidezza verticale del palo.

Per l'analisi tipo lastra (analisi della piastra soggetta a carichi nel piano) vengono utilizzati elementi triangolari a 6 nodi a deformazione quadratica. Gli spostamenti nodali sono gli spostamenti  $u$  e  $v$  nel piano XY. L'analisi fornisce in tal caso il campo di spostamenti orizzontali e le tensioni nel piano della lastra  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  e  $\sigma_{xy}$ . Dalle tensioni è possibile ricavare, noto lo spessore, gli sforzi normali  $N_x$ ,  $N_y$  e  $N_{xy}$ .

Nell'analisi tipo lastra i pali di fondazione sono modellati con molle orizzontali in direzione X e Y aventi rigidezza pari alla rigidezza orizzontale del palo.



Nel caso di platea nervata le nervature sono modellate con elementi tipo trave (con eventuale rigidità torsionale) connesse alla piastra in corrispondenza dei nodi degli elementi.

### Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\varphi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- $Q_T$  portanza totale del palo
- $Q_P$  portanza di base del palo
- $Q_L$  portanza per attrito laterale del palo
- $W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P(cN'_c + qN'_q)$$



dove  $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo,  $\gamma$  è il peso di volume del terreno,  $D$  è il diametro del palo ed i coefficienti  $N'_c$   $N'_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro  $\eta$  che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come:  $K_0 = 1 - \sin\varphi$ .

### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a ds$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno,  $\gamma$  è il peso di volume del terreno,  $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo,  $L$  e  $P$  sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo,  $K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

### Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm.

Il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento





infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che viene risolto mediante una analisi al passo.

### 1.11.2 Dati verifiche geotecniche strutturali

#### Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [kg/cmq]
$\gamma_{cls}$	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kN/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [kg/cmq]
v	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [kg/cmq]	$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	E [kg/cmq]	v	n	TA
1	Materiale 1	C25/30	305.91	24.52	320665.55	0.200	15.00	B450C

#### Geometria

Coordinate contorno esterno

n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	20.50	10.00	2	20.45	11.03	3	20.30	12.05	4	20.05	13.05
5	19.70	14.02	6	19.26	14.95	7	18.73	15.83	8	18.12	16.66
9	17.42	17.42	10	16.66	18.12	11	15.83	18.73	12	14.95	19.26
13	14.02	19.70	14	13.05	20.05	15	12.05	20.30	16	11.03	20.45
17	10.00	20.50	18	8.97	20.45	19	7.95	20.30	20	6.95	20.05
21	5.98	19.70	22	5.05	19.26	23	4.17	18.73	24	3.34	18.12
25	2.58	17.42	26	1.88	16.66	27	1.27	15.83	28	0.74	14.95
29	0.30	14.02	30	-0.05	13.05	31	-0.30	12.05	32	-0.45	11.03
33	-0.50	10.00	34	-0.45	8.97	35	-0.30	7.95	36	-0.05	6.95
37	0.30	5.98	38	0.74	5.05	39	1.27	4.17	40	1.88	3.34
41	2.58	2.58	42	3.34	1.88	43	4.17	1.27	44	5.05	0.74
45	5.98	0.30	46	6.95	-0.05	47	7.95	-0.30	48	8.97	-0.45
49	10.00	-0.50	50	11.03	-0.45	51	12.05	-0.30	52	13.05	-0.05
53	14.02	0.30	54	14.95	0.74	55	15.83	1.27	56	16.66	1.88
57	17.42	2.58	58	18.12	3.34	59	18.73	4.17	60	19.26	5.05
61	19.70	5.98	62	20.05	6.95	63	20.30	7.95	64	20.45	8.97

#### Spessori piastra

Simbologia adottata

Sp	Spessore, espresso in [cm]
n°	Indice del punto
X, Y	Ascissa e ordinata del punto, espresso in [cm]

Sp [cm]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
200.00	1	-0.50	-0.50	2	20.50	-0.50	3	20.50	20.50	4	-0.50	20.50
380.00	1	8.00	8.00	2	12.00	8.00	3	12.00	12.00	4	8.00	12.00



## Caratteristiche pilastri

### Simbologia adottata

n°	Identificativo del pilastro
X	Ascissa pilastro espressa in [m]
Y	Ordinata pilastro espressa in [m]
Bx	Dimensione pilastro in direzione X espressa in [cm]
By	Dimensione pilastro in direzione Y espressa in [cm]
nodo	Indice nodo mesh su cui è posizionato il pilastro

n°	X [m]	Y [m]	Bx [cm]	By [cm]	nodo
1	10.00	10.00	380.00	380.00	497

## Tipologie pali

### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia
Descrizione	Descrizione tipologia
Geometria	Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)
Armatura	Tipologia armatura per pali in c.a.
Portanza	Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe)
Vincolo	Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)
TC	Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infisso)
Mat	Indice materiale tipologia palo
Pt	Pressione quota testa palo, espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	Geometria	Armatura	Portanza	Vincolo	TC	Mat	Pt [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Tipologia 1	Pali circolari in c.a.	Ferri longitudinali + staffe	Entrambe	Cerniera	Trivellato	1	0.00

## Caratteristiche pali

### Simbologia adottata

n°	Indice palo
X	Ascissa palo, espressa in [m]
Y	Ordinata palo, espressa in [m]
d	Diametro palo, espresso in [cm]
l	Lunghezza palo, espressa in [m]
nodo	Indice nodo su cui è posizionato il palo
It	Indice tipologia palo

n°	X [m]	Y [m]	D [cm]	L [m]	Nodo	It
1	19.00	10.00	100.00	28.00	51	1
2	18.46	13.08	100.00	28.00	171	1
3	16.89	15.79	100.00	28.00	326	1
4	14.50	17.79	100.00	28.00	491	1
5	11.56	18.86	100.00	28.00	670	1
6	8.44	18.86	100.00	28.00	871	1
7	5.50	17.79	100.00	28.00	1084	1
8	3.11	15.79	100.00	28.00	1199	1
9	1.54	13.08	100.00	28.00	1193	1
10	1.00	10.00	100.00	28.00	1202	1
11	1.54	6.92	100.00	28.00	1121	1
12	3.11	4.21	100.00	28.00	928	1
13	5.50	2.21	100.00	28.00	752	1
14	8.44	1.14	100.00	28.00	550	1
15	11.56	1.14	100.00	28.00	363	1
16	14.50	2.21	100.00	28.00	199	1
17	16.89	4.21	100.00	28.00	75	1
18	18.46	6.92	100.00	28.00	4	1
19	16.00	10.00	100.00	28.00	166	1
20	14.60	13.86	100.00	28.00	433	1
21	11.04	15.91	100.00	28.00	821	1
22	7.00	15.20	100.00	28.00	961	1
23	4.36	12.05	100.00	28.00	993	1
24	4.36	7.95	100.00	28.00	940	1
25	7.00	4.80	100.00	28.00	744	1
26	11.04	4.09	100.00	28.00	476	1
27	14.60	6.14	100.00	28.00	162	1



## Descrizione terreni

### Caratteristiche fisico meccaniche

#### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\tau$	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\alpha$	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	Parametri	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	ca [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\tau$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\alpha$
LITO 01	17.652	19.614	Caratteristici	19.00	12.67	0.070	0.035	0.000	1.00
			Minimi	19.00	12.67	0.070	0.035	0.000	
			Medi	19.00	12.67	0.070	0.035	0.000	
LITO 02	17.652	19.614	Caratteristici	23.00	15.33	0.170	0.085	0.000	1.00
			Minimi	23.00	15.33	0.170	0.085	0.000	
			Medi	23.00	15.33	0.170	0.085	0.000	
LITO 03	17.652	19.614	Caratteristici	32.00	21.33	0.220	0.110	0.000	1.00
			Minimi	34.00	22.67	0.220	0.110	0.000	
			Medi	34.00	22.67	0.220	0.110	0.000	

## Descrizione stratigrafia e falda

#### Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coefficiente di spinta
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm <sup>2</sup> /cm]
$\alpha$	Coeff. di sbulbatura

N	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Ks	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> /cm]	$\alpha$
1	-3.0	-3.0	-3.0	LITO 01	1.000	2.000	1.000
2	-6.0	-6.0	-6.0	LITO 02	1.200	3.000	1.000
3	-22.0	-22.0	-22.0	LITO 03	1.400	4.000	1.000

#### Falda

Profondità dal piano campagna 3.00 [m]

#### Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm <sup>2</sup> /cm]



Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm <sup>2</sup> /cm]
Verticale	Kwv	0.600
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(φ))

## Convenzioni adottate

### Carichi e reazioni vincolari

Fz	Carico verticale positivo verso il basso
Fx	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
Fy	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
Mx	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
My	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

### Sollecitazioni

Mx	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
My	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
Mxy	Momento flettente XY.

## Condizioni di carico

### Carichi pilastri

#### Simbologia adottata

Ip	Indice pilastro
N	Carico verticale, espresso in [kN]
Mx	Momento intorno all'asse X, espresso in [kNm]
My	Momento intorno all'asse Y, espresso in [kNm]
Tx	Forza orizzontale in direzione X, espressa in [kN]
Ty	Forza orizzontale in direzione Y, espressa in [kN]

### Condizione n° 1 - Condizione 1 [Permanente - Partecipa al sisma]

#### Carichi pilastri

Ip	N	Mx	My	Tx	Ty
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	5310.000	162868.000	0.000	0.000	1916.000

### Condizione n° 2 - Condizione 3 [Permanente - Partecipa al sisma]

#### Carichi pilastri

Ip	N	Mx	My	Tx	Ty
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	4874.000	104177.003	0.000	0.000	665.000

### Condizione n° 3 - Condizione 4 [Permanente - Partecipa al sisma]

#### Carichi pilastri

Ip	N	Mx	My	Tx	Ty
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	4874.000	104177.003	0.000	0.000	1492.000

### Condizione n° 4 - Condizione 5 [Permanente - Partecipa al sisma]

#### Carichi pilastri

Ip	N	Mx	My	Tx	Ty
----	---	----	----	----	----



	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	4874.000	104177.003	0.000	0.000	1492.000

## Normativa - Coefficienti di sicurezza

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1, fav}$	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1, sfav}$	1.30
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2, fav}$	0.80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q, fav}$	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q, fav}$	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q, sfav}$	1.35

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi^k$	$\gamma_\phi$	1.00
Coesione efficace	$c^k$	$\gamma_c$	1.00
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche (Pali trivellati)

Resistenza	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15
Totale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25

### Coefficienti parziali $\gamma_T$ per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soqgetti a carichi trasversali

$\gamma_T$	(R1)	(R2)	(R3)
$\gamma_T$	1.00	1.60	1.30

### Fattori di correlazione $\xi$ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	$\xi_3$	$\xi_4$
1	1.70	1.70

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

### Coefficienti amplificativi $\gamma_{Rd}$ in funzione della classe di duttilità

$\gamma_{Rd}$	Fondazione	Bicchieri
$\gamma_{Rd}$	1.10	1.20

## Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 4

### Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 1	1.00

Combinazione n° 2 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 4	1.00

Combinazione n° 3 - - SLE Frequente

Condizione	CP
------------	----



Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 5	1.00

Combinazione n° 4 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Condizione 3	1.00

### Impostazioni di analisi

#### *Portanza fondazione superficiale*

Metodo calcolo portanza: Hansen  
Criterio di media calcolo strato equivalente: Ponderata  
Riduzione portanza per effetto eccentricità: MeyerhofCalcolo fondazioni mista Carichi verticali ed orizzontali  
Con interazione significativa esegui verifiche comeFondazione mista

#### *Portanza verticale pali*

Metodo calcolo portanza: Hansen  
Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza di punta:  
Pressione geostatica  
Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza laterale:  
Pressione geostatica

#### *Portanza trasversale pali*

Costante di Winkler: da strato

Rottura palo-terreno:  
Pressione limite pari alla pressione passiva con moltiplicatore pari a 3.00



### 1.11.3 Risultati verifiche geotecniche strutturali

Si riportano di seguito i risultati delle analisi e verifiche eseguite, in forma di diagramma grafico di immediata comprensione.

In ragione della tipicità del presente elaborato tecnico, si omettono per economia di esposizione, i tabulati analitici delle verifiche eseguite.

Dai diagrammi di seguito riportati si può comunque facilmente evidenziare la positiva verifica di quanto richiesto dalle NTC.

Figura 38. Diagramma bulbi di pressione delle verifiche delle strutture di fondazione

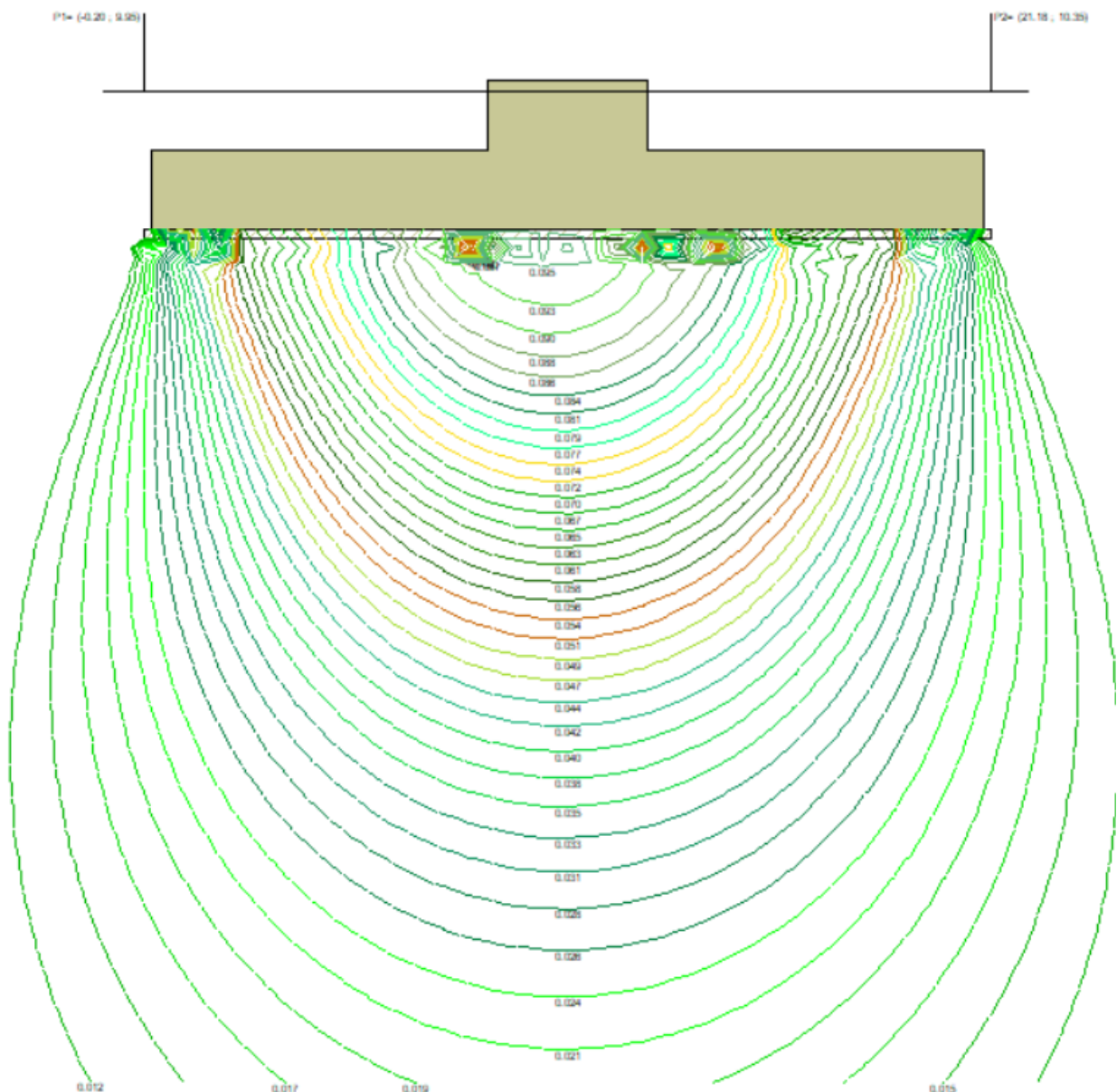








Figura 40. Rappresentazione bulbo di pressione delle verifiche delle strutture di fondazione

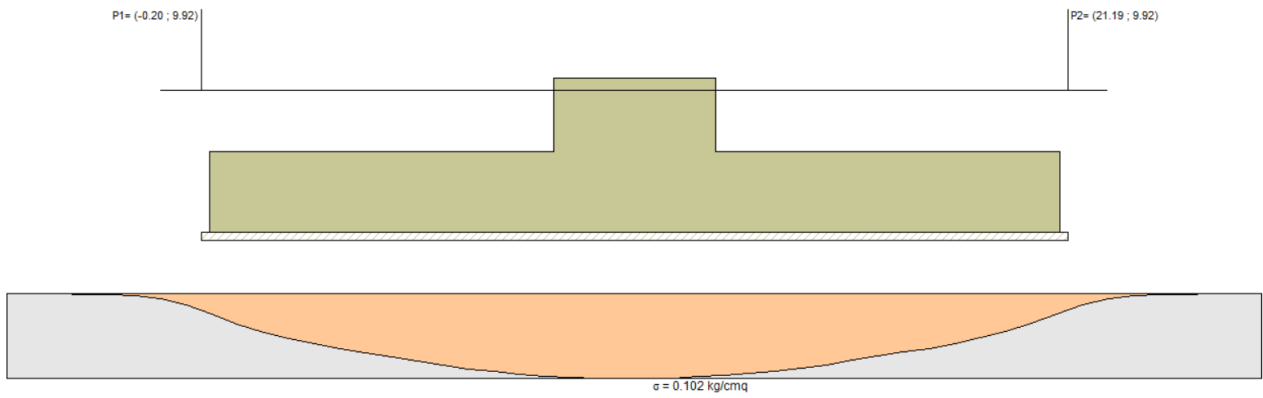


Figura 41. Rappresentazione bulbo di pressione delle verifiche delle strutture di fondazione

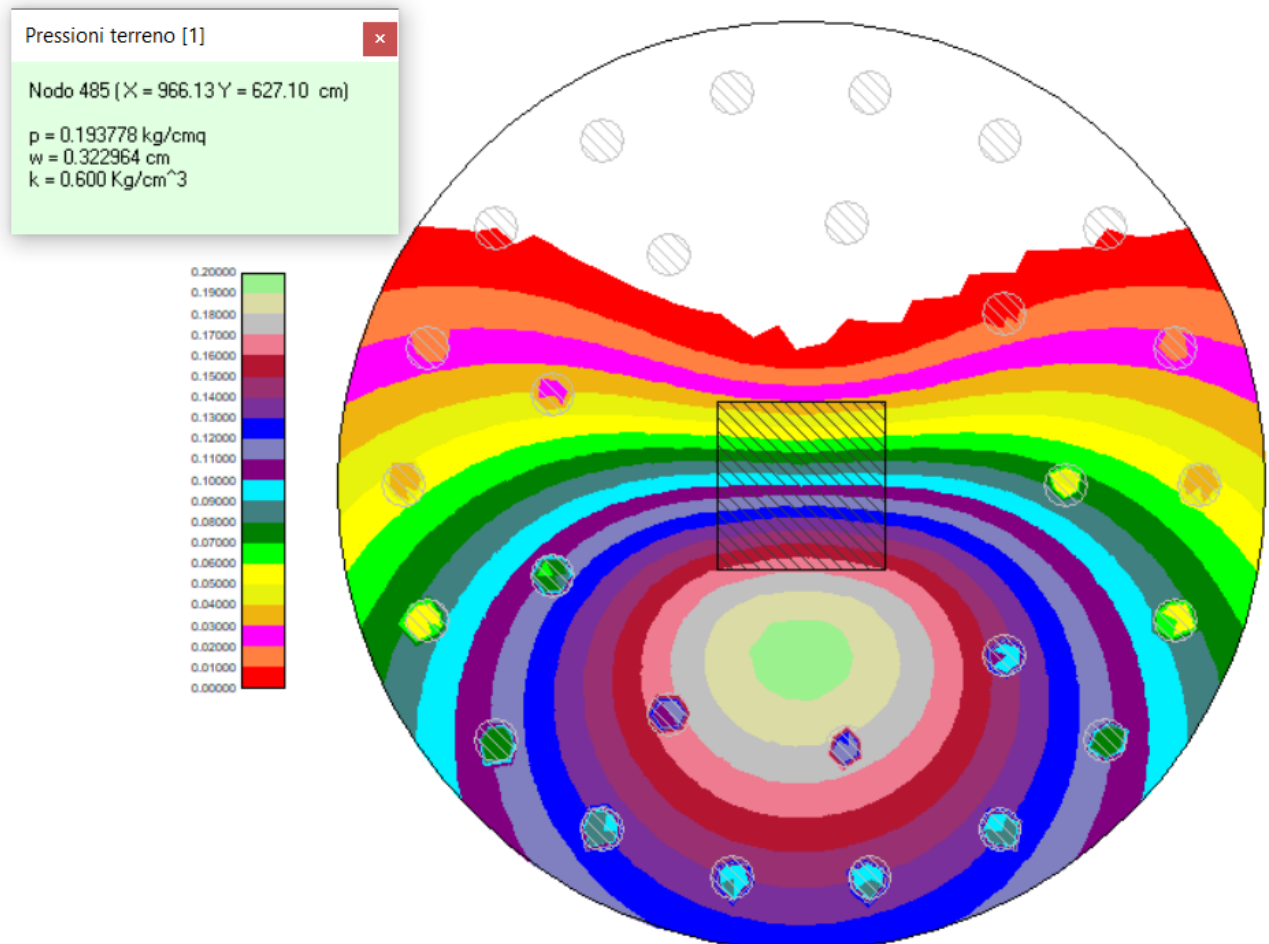




Figura 42. Rappresentazione schematica strutture di fondazione

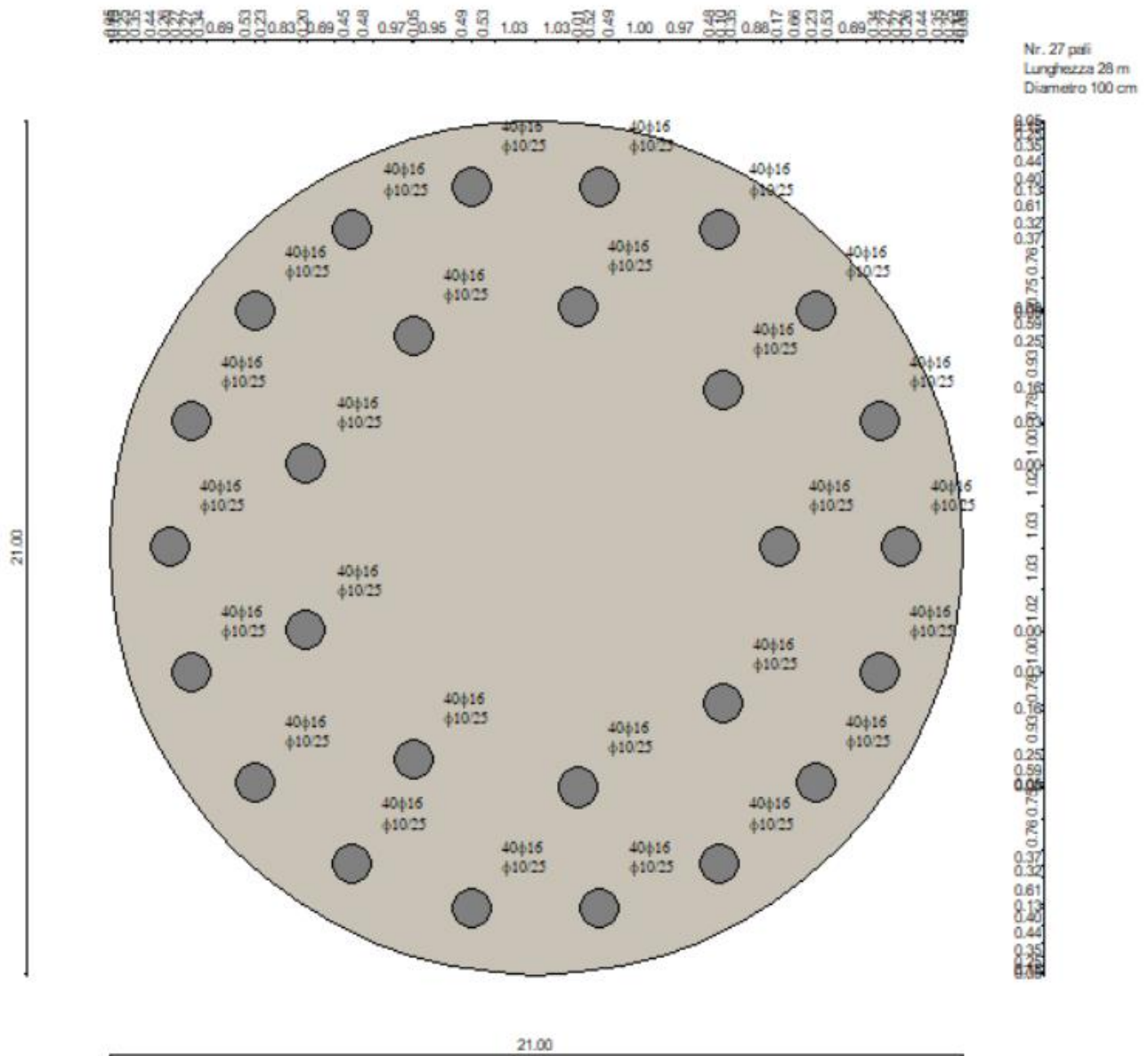




Figura 43. Diagrammi stati limite pali

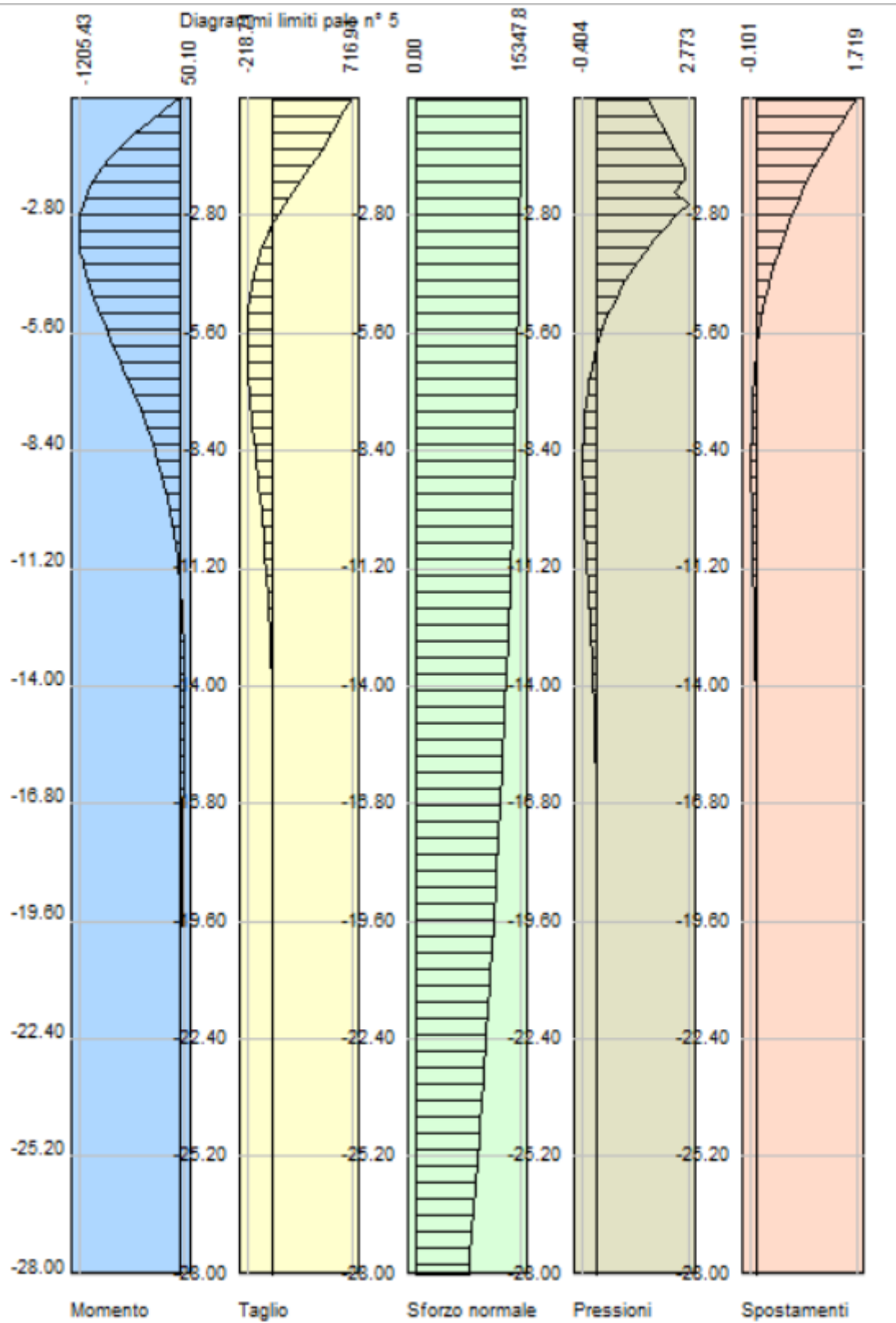




Figura 44. Risultati analisi e verifiche – Verifiche geotecniche piastra fondazione

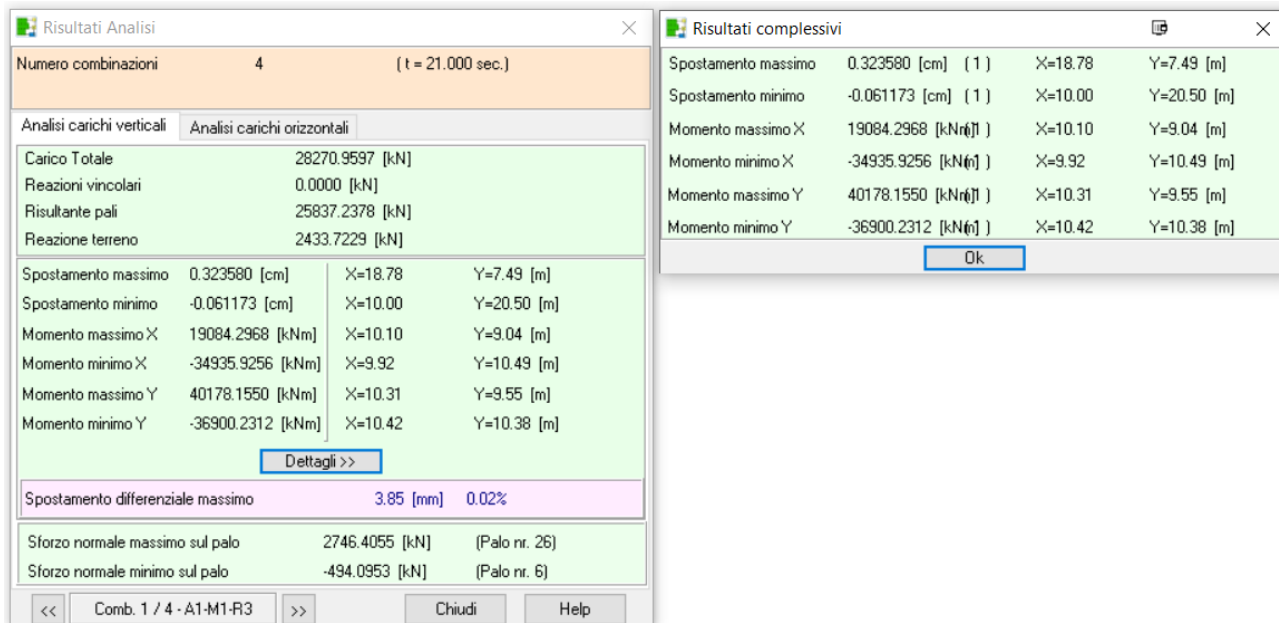




Figura 45. Risultati analisi e verifiche – Verifiche geotecniche piastra fondazione pressione terreno

Risultati Piastra			
Carichi			
Portanza			
Portanza ultima (Qu)	216004.7591 [kN]	[19.96 kg/cmq]	
Portanza ultima pali (Qup)	236443.2379 [kN]		
Portanza di progetto (Qd)	196716.5204 [kN]		
Carico verticale trasferito al terreno (N)	2433.7229 [kN]		
Fattore di sicurezza (Qd/N)	80.829		
B = 18.60 [m]	L = 18.60 [m]		
Nc 31.68	Nc' 22.63		
Nq 19.75	Nq' 14.18		
Ng 16.65	Ng' 7.31		
Pressione massima/minima sul terreno	0.19389	0.00000 [kg/cmq]	
Pressione media sul terreno	0.07177 [kg/cmq]		
Pressione geostatica piano di posa	0.59 kg/cmq		
Parametri strato equivalente			
H = 16.31 m	$\gamma = 9.8068$ kN/mc	$\phi = 30.62^\circ$	c = 0.212 kg/cmq

<< Comb. 1 / 4 - A1-M1-R3 >> Chiudi Help



Figura 46. Risultati analisi e verifiche – Verifiche geotecniche pali

N°	Oggetto	N [kN]	Pd [kN]	FSv	FSvmin	T [kN]	Td [kN]	FSo	FSomin
1	Piastra 1	844.44	6950.68	8.231	8.231 (1)	48.91	551.47	11.276	11.276 (1)
2	Piastra 1	370.95	6950.68	18.738	18.738 (1)	48.94	551.47	11.267	11.267 (1)
3	Piastra 1	-41.67	6624.69	158.975	158.975 (1)	49.05	551.47	11.244	11.244 (1)
4	Piastra 1	-340.29	6624.69	19.468	19.468 (1)	49.16	551.47	11.217	11.217 (1)
5	Piastra 1	-493.76	6624.69	13.417	13.417 (1)	49.24	551.47	11.200	11.200 (1)
6	Piastra 1	-494.10	6624.69	13.408	13.408 (1)	49.24	551.47	11.199	11.199 (1)
7	Piastra 1	-339.52	6624.69	19.512	19.512 (1)	49.17	551.47	11.215	11.215 (1)
8	Piastra 1	-40.87	6624.69	162.097	162.097 (1)	49.06	551.47	11.241	11.241 (1)
9	Piastra 1	371.03	6950.68	18.733	18.733 (1)	48.96	551.47	11.263	11.263 (1)
10	Piastra 1	845.53	6950.68	8.220	8.220 (1)	48.92	551.47	11.272	11.272 (1)
11	Piastra 1	1318.43	6950.68	5.272	5.272 (1)	48.96	551.47	11.263	11.263 (1)
12	Piastra 1	1729.60	6950.68	4.019	4.019 (1)	49.06	551.47	11.240	11.240 (1)
13	Piastra 1	2017.83	6950.68	3.445	3.445 (1)	49.17	551.47	11.215	11.215 (1)
14	Piastra 1	2165.48	6950.68	3.210	3.210 (1)	49.24	551.47	11.199	11.199 (1)
15	Piastra 1	2163.73	6950.68	3.212	3.212 (1)	49.24	551.47	11.200	11.200 (1)
16	Piastra 1	2020.39	6950.68	3.440	3.440 (1)	49.16	551.47	11.217	11.217 (1)
17	Piastra 1	1728.09	6950.68	4.022	4.022 (1)	49.05	551.47	11.244	11.244 (1)
18	Piastra 1	1320.15	6950.68	5.265	5.265 (1)	48.95	551.47	11.266	11.266 (1)
19	Piastra 1	1188.10	6950.68	5.850	5.850 (1)	49.10	551.47	11.231	11.231 (1)
20	Piastra 1	151.51	6950.68	45.875	45.875 (1)	49.21	551.47	11.206	11.206 (1)
21	Piastra 1	-378.06	6624.69	17.523	17.523 (1)	49.36	551.47	11.173	11.173 (1)
22	Piastra 1	-198.39	6624.69	33.393	33.393 (1)	49.31	551.47	11.184	11.184 (1)
23	Piastra 1	635.78	6950.68	10.933	10.933 (1)	49.14	551.47	11.221	11.221 (1)
24	Piastra 1	1743.61	6950.68	3.986	3.986 (1)	49.15	551.47	11.221	11.221 (1)
25	Piastra 1	2573.90	6950.68	2.700	2.700 (1)	49.31	551.47	11.184	11.184 (1)
26	Piastra 1	2746.41	6950.68	<b>2.531</b>	<b>2.531 (1)</b>	49.36	551.47	<b>11.172</b>	<b>11.172 (1)</b>
27	Piastra 1	2228.92	6950.68	3.118	3.118 (1)	49.21	551.47	11.206	11.206 (1)

Indice palo con fattore di sicurezza minimo      26      26      26      26

<< Comb. 1 / 4 - A1-M1-R3 >>      Help

Somma Portanza laterale 21932585 [kg]      Efficienza palificata      0.88

Portanza laterale del gruppo 19274768 [kg]

Come sopra riportato le analisi risultano ampiamente verificate, sia per il carico limite verticale che per lo scorrimento.

Si evidenzia che in base alle sollecitazioni di calcolo, è stata determinata una tensione massima di contatto fondazione terreno di 0.20 kg/cm<sup>2</sup>, e che in ottica di massima garanzia e sicurezza per le verifiche di stabilità come riportato al paragrafo 1.13, è stato considerato come applicato su tutta la superficie di contatto fra la piastra di fondazione ed il terreno, pari a 0.50 kg/cm<sup>2</sup>





#### 1.11.4 Verifica di rigidezza torsionale

Come riportato nel paragrafo precedente, un parametro estremamente importante per il corretto dimensionamento delle opere di fondazione degli aerogeneratori, risulta essere la rigidezza rotazionale.

Si riporta di seguito, una figura che evidenzia il valore della rigidezza rotazionale da conseguire per l'aerogeneratore di "progetto"

Figura 47. Rigidezza equivalente richiesta – struttura fondazione terreno aerogeneratore di "progetto"

The spring stiffness of the foundation must be at least  $C_{\varphi, dyn} \geq 7.0 \cdot 10^{10}$  Nm/rad.

If a pile foundation is needed, the following minimum horizontal spring for the total pile system must be achieved:

Weight from tower and nacelle at tower base interface:		$G_{tower/Nac} = 245,000$ kg	
Weight of foundation plate:	700,000 kg	=>	$C_{h, dyn} \geq 3.49 \cdot 10^8$ N/m
Total weight:	945,000 kg		
Weight of foundation plate:	850,000 kg	=>	$C_{h, dyn} \geq 4.03 \cdot 10^8$ N/m
Total weight:	1,095,000 kg		
Weight of foundation plate:	1,000,000 kg	=>	$C_{h, dyn} \geq 4.58 \cdot 10^8$ N/m
Total weight:	1,245,000 kg		

Il dimensionamento delle opere di fondazione è avvenuto facendo riferimento agli schemi di calcolo proposti nelle "Guidelines for Design of Wind Turbines" edite da DNV/Riso, come di seguito riportato.



Figura 48. Parametri rigidezza per il dimensionamento strutture di fondazione.

Table 8-6. Circular footing embedded in stratum over bedrock	
Range of validity: $D/R < 2$ $D/H < 1/2$	
Mode of motion	Foundation stiffness
Vertical	$K_v = \frac{4GR}{1-\nu} \left(1 + 1.28 \frac{R}{H}\right) \left(1 + \frac{D}{2R}\right) \left(1 + \left(0.85 - 0.28 \frac{D}{R}\right) \frac{D/H}{1-D/H}\right)$
Horizontal	$K_h = \frac{8GR}{2-\nu} \left(1 + \frac{R}{2H}\right) \left(1 + \frac{2D}{3R}\right) \left(1 + \frac{5D}{4H}\right)$
Rocking	$K_r = \frac{8GR^3}{3(1-\nu)} \left(1 + \frac{R}{6H}\right) \left(1 + 2 \frac{D}{R}\right) \left(1 + 0.7 \frac{D}{H}\right)$
Torsion	$K_t = \frac{16GR^3}{3} \left(1 + \frac{8D}{3R}\right)$

Il valore della rigidezza rotazionale della fondazione superficiale, è ottenuto dalla seguente formula:

$$K_R = \frac{8GR^3}{3(1-\nu)} \left(1 + \frac{R}{6H}\right) \left(1 + 2 \frac{D}{R}\right) \left(1 + 0.7 \frac{D}{H}\right)$$

in cui il valore di G, modulo di deformazione elastico, è desunto dalla velocità delle onde S del sottosuolo.

Il contributo alla rigidezza rotazione della struttura fondativa, dovuta alle fondazioni profonde è invece riportata nella seguente tabella.

La previsione progettuale sul tipo di fondazione degli aerogeneratori di progetto, è quindi stata determinata in base alle considerazioni sopra riportate, in base ai risultati delle indagini geofisiche, ed in considerazione anche dei locali aspetti morfologici, geologici e geotecnici come desunti dal QRA.



Figura 49. Parametri rigidità per il dimensionamento strutture di fondazione

Soil profile	Standardised springs at pile head		
	Horizontal $\frac{K_H}{DE_s}$	Rocking $\frac{K_R}{D^3 E_s}$	Coupled $\frac{K_{H,R}}{D^2 E_s}$
Linear increase with depth $E = E_s z/D$	$0.6 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.35}$	$0.14 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.80}$	$-0.17 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.60}$
Increase with square-root of depth $E = E_s \sqrt{z/D}$	$0.8 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.28}$	$0.15 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.77}$	$-0.24 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.55}$
Homogeneous $E = E_s$	$1.08 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.21}$	$0.16 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.75}$	$-0.22 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0.50}$

Il valore minimo di KR da conseguire è pari  $8.0 \cdot E_{10}$  Nm/rad, per cui si riporta di seguito le ipotesi progettuali di verifica.

Tabella 35. Tabella riepilogativa schema di calcolo e parametri dimensionamento fondazione

R [m] semilato fondazione	11.5	$\nu$ modulo di Poisson	0.35
H [m] spessore strato sopra bedrock	3	$\rho$ [kN/m <sup>3</sup> ] densità media strato	20
D [m] spessore incastro	3.5	$V_s$ [m/s] velocità onde di taglio	550
G modulo di deformazione elastico	6050000	$K_R$ [Nm/rad] Rocking stiffness fondazione superficiale	1.81E+11
$E_s$ [MPa] modulo di Young terreno	1633.5	$D_p$ [m] diametro palo	1
$E_p$ [Mpa] modulo di Young palo	210000	$K_R$ [Nm/rad] Rocking stiffness pali	8.38E+11
		$K_R$ [Nm/rad] Rocking stiffness fondazione superficiale + pali	1.02E+12



## 1.12 Opere civili strutturali - Piazzole ed opere connesse all'installazione degli aerogeneratori

### 1.12.1 Opere di sostegno e di presidio ambientale

La realizzazione delle piazzole prevede la creazione di un piano di campagna di progetto, orizzontale e complanare, generalmente mediante interventi di riprofilatura del terreno, con operazioni di escavazione a monte e riporto a valle.

Normalmente quindi si rendono necessarie delle opere di sostegno e presidio ambientale, sia dei fronti di escavazione sia dei piedi del rilevato della piazzola.

Gli interventi sui fronti di scavo saranno prioritariamente realizzati attraverso modellazioni dei terreni tali da armonizzarsi ed integrarsi con la morfologia limitrofa.

Sequenzialmente si prevede la realizzazione degli interventi di sostegno dei fronti di scavo a monte e del rilevato a valle, e la successiva creazione del piano delle piazzole e delle viabilità secondaria di accesso alla superficie interessata, in modo tale da renderla idonea alle operazioni di trasporto, assemblaggio e posa in opera.

Gli interventi di sostegno dei fronti di scavo saranno realizzati esclusivamente con opere in terra o interventi di ingegneria naturalistica e, dove non sia possibile intervenire con opere in terra, saranno utilizzate gabbionate.

Tali opere in considerazione dell'assetto topografico, morfologico e geologico del terreno possono essere preliminarmente individuate (dalle semplici alle più complesse) in:

- modellazione e riprofilatura dei pendii con pendenze 2 su 3, 1 su 2 e successiva idrosemina;
- interventi di ingegneria naturalistica con funzione antierosiva :
- idrosemina con biostuoia biodegradabile;
- piantagione di arbusti;
- terre armate e rinforzate;
- rivestimento vegetativo a materasso;
- gradonata viva;
- grata viva;
- opere di sostegno con tecniche di ingegneria naturalistica:
- Palificata viva doppia rinverdita, ad uno o più ordini, fino ad una altezza massima di 2 m con profondità di circa 1.5 m, con posa di materiale lapideo sul paramento esterno per migliorare tenuta del substrato terroso di riempimento.

Si evidenzia che il ricorso alla forma rettangolare compatta delle piazzole, è stato deciso a livello progettuale così da minimizzare i movimenti terra in fase di cantiere e da limitare al massimo l'uso del territorio, e che quindi le aree occupate rappresentano il minimo indispensabile per il corretto ed agevole montaggio delle torri.

Si evidenzia altresì che il sottofondo delle piazzole, realizzato con materiale lapideo di recupero dagli sterri permetterà una facile integrazione con l'ambiente limitrofo.

Le opere di contenimento del terreno, o costruite a contatto con il terreno, saranno dimensionate e costruite in modo da assicurarne la stabilità nelle condizioni più sfavorevoli di azione delle forze determinate dal terreno stesso, dall'acqua, dai sovraccarichi e dal peso proprio delle opere.

Le stesse opere di contenimento del terreno saranno realizzate in modo da non alterare la circolazione delle acque superficiali, subsuperficiali e profonde, evitando in particolare di determinare un aumento della filtrazione delle acque superficiali ed ipodermiche negli strati più profondi del terreno.

A tal fine, a tergo di tutte le opere di contenimento realizzate con terre armate, saranno messi in opera drenaggi che rispondano ai seguenti requisiti:



- impiego di materiali inerti non gelivi e lavati;
- essere in grado di assicurare nel tempo il mantenimento delle capacità filtranti e di smaltimento delle acque piovane e di falda, evitando, a tal fine, che si verifichino intasamenti dei materiali drenanti (uso di guaine in tessuto non tessuto, strati sabbiosi);
- essere in grado di assicurare la raccolta di fondo ed il rapido smaltimento delle acque drenate (tubi microfessurati, soglie di fondo, ecc.). Le acque drenate saranno smaltite in idonei corpi recettori senza determinare ristagni o erosioni ed escludendo smaltimenti a dispersione nel terreno;
- la parte superiore del dreno sarà sigillata con materiali argillosi e/o con opere in calcestruzzo al fine di impedire l'ingresso di acque superficiali nel dreno. Nel caso si tratti di terre armate poste alla base di pendici sarà realizzata apposita canaletta sovrastante il drenaggio, al fine di impedire il ristagno e/o la tracimazione di acque di scorrimento al di sopra della terre armata.

I movimenti di terra saranno limitati a quanto indicato negli elaborati grafici di progetto e saranno eseguiti in modo tecnicamente idoneo e razionale e nella stagione più favorevole, adottando tutti gli accorgimenti utili, onde evitare, durante e dopo l'esecuzione, eventuali danni alla stabilità dei terreni ed al buon regime delle acque.

Gli scavi saranno eseguiti procedendo per stati di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi o il consolidamento dei fronti con opere provvisorie o definitive di contenimento.

Qualora sussistano particolari condizioni di rischio per la stabilità a breve termine, gli sbancamenti devono procedere per piccoli settori ed essere seguiti dall'immediata realizzazione delle opere di contenimento. Si potrà procedere ad ulteriori scavi solo dopo che queste ultime diano garanzia di stabilità.

Le opere di contenimento del terreno, o costruite a contatto con il terreno, sono state dimensionate e costruite in modo da assicurarne la stabilità nelle condizioni più sfavorevoli di azione delle forze determinate dal terreno stesso, dall'acqua, dai sovraccarichi e dal peso proprio delle opere.

I riporti di terreno, realizzati come da elaborati progettuali, saranno eseguiti in strati, previa disposizione dei piani di posa (scorticatura ed eventuale gradonatura), assicurando il graduale compattamento dei materiali terrosi, dai quali saranno separate le frazioni litoidi di maggiori dimensioni. Nelle aree di riporto saranno essere sempre garantite le opere necessarie alla regimazione delle acque ed alla difesa da fenomeni erosivi.

Le opere di contenimento saranno realizzate prima dell'inizio dei riporti di terreno.

Le scarpate saranno razionalmente conformate e rifinite e, secondo il caso, inerbite con idonee essenze entro la prima stagione utile evitando fenomeni erosivi o scoscendimenti.

Il terreno di risulta proveniente da scavi di sbancamento o movimento di terreno in genere, sarà riutilizzato in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori, in conformità e nei limiti delle previsioni di progetto.

Per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori verrà eseguito, al di fuori di corsi d'acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, il conguagliamento del terreno, senza che ciò determini apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei luoghi, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.

I materiali lapidei di maggiori dimensioni saranno separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento di quest'ultimo. I materiali lapidei saranno reimpiegati in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori, e gli saranno depositati in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali.

I materiali terrosi o lapidei eccedenti la sistemazione in loco dovranno essere trasportati a rifiuto in discariche autorizzate. Essi potranno altresì essere riutilizzati in terreni ove il riporto degli stessi sia autorizzato o consentito ai fini del vincolo idrogeologico.

Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei saranno realizzati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Detti depositi non saranno collocati all'interno di



impluvi, fossi o altre linee di sgrondo naturali o artificiali delle acque e saranno mantenuti a congrua distanza da corsi d'acqua permanenti.

Non verrà in nessun caso scaricato materiale terroso o lapideo all'interno o sulle sponde di corsi d'acqua anche a carattere stagionale. I depositi non saranno inoltre essere posti in prossimità di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

### 1.12.2 Opere di regimazione idraulica e di bonifica areale

Particolare attenzione sarà rivolta alla regimazione idraulica delle acque meteoriche, al ripristino della funzionalità idraulica di esistenti scoline, e alla realizzazione di una capillare rete di drenaggio e captazione delle acque superficiali, in modo da conseguire un adeguato livello di bonifica idraulica sia dell'area delle piazzole sia di un buffer limitrofo alle piazzole con raggio di circa 100 metri.

Come illustrato precedentemente, anche le piattaforme stradali sia delle viabilità principale sia delle piste di accesso saranno adeguatamente drenate, e le acque meteoriche collettate con fossi di guardia.

Le operazioni di ripristino e di mantenimento ambientale avranno come priorità:

- bonifica delle aree occupate rispetto ai rischi di frane e di fenomeni di erosione non compatibili con la stabilità dei versanti e delle aree oggetto di intervento;
- reimpiego, per quanto possibile, dei materiali di scavo ed eventuale impiego di materiali di recupero, prima dell'impiego di terre vergini.

I terreni dovranno essere lavorati, concimati e seminati nel periodo immediatamente successivo alla realizzazione dei piani definitivi delle sistemazioni e comunque nel periodo climatico più opportuno.

Le scarpate sia in rilevato che in trincea, con tipo di terreno o roccia particolarmente poveri di sostanze nutritive e facilmente erodibili dalle acque meteoriche, potranno essere seminate a spruzzo, in periodo umido (autunno), con apposite pompe e macchinari, con impiego di sementi di specie frugali e rustiche, con radici profonde.

Ulteriori interventi di stabilizzazione e di rivestimento saranno posti in essere e finalizzati alla protezione dei terreni dall'erosione e, a seconda delle necessità evidenziate nei successivi livelli progettuali, verranno previsti sia interventi di rinverdimento che rivestimenti.

Per la protezione dall'erosione ove necessario si prevede di realizzare interventi di rivestimento, eseguiti ponendo in opera del materiale biodegradabile. Il rivestimento consentirà di proteggere il pendio dai fenomeni di erosione superficiale, permettendo al tempo stesso l'arricchimento della vegetazione. I materiali utilizzati per i rivestimenti saranno:

- sementi, fiorume;
- legname;
- fascine vive o morte;
- talee ed arbusti radicati o in fitocella;
- materiale biodegradabile (bioreti, biofeltri, biostuoie).

La posa in opera di rivestimenti consentirà di realizzare strutture di rinforzo del terreno entro le quali impiantare talee o piantine radicate, in modo che i materiali vegetali vivi, intercettando e rallentando il flusso delle acque meteoriche, possano contrastare l'erosione superficiale rinforzando con il loro apparato radicale il terreno.

Rispetto ai materiali sintetici, i materiali biodegradabili offrono una minore resistenza alle sollecitazioni meccaniche e conseguentemente i materiali biodegradabili vengono utilizzati con funzione prettamente antierosiva. Il vantaggio dell'utilizzo dei materiali biodegradabili è la capacità di incrementare la fertilità del terreno a seguito della loro decomposizione e al conseguente apporto di sostanza organica.



Ove necessario si prevedrà di realizzare due differenti tipologie di piantumazioni di cui:

- messa a dimora di talee;
- impianto di specie arboree e arbustive.

La piantumazione verrà eseguita nei casi in cui si imponga la necessità di ottenere in breve tempo un'efficace copertura vegetale per il consolidamento e la protezione dall'erosione superficiale di pendii e scarpate.

Le talee potranno essere utilizzate come picchetti viventi per rivestimenti e fascinate oppure infisse negli interstizi di grate e palificate.

Gli interventi di gradonatura localizzata mireranno ove necessario alla riduzione della pendenza del versante attraverso la realizzazione di gradoni regolarmente spazati lungo il pendio; le gradonature permetteranno di tenere sotto controllo e mitigare l'instabilità superficiale, diminuendo l'energia di ruscellamento superficiale e diminuendo l'erosione e l'alterazione dei materiali costituenti il pendio.

Gli interventi di gradonatura localizzati saranno eseguiti particolarmente nei versanti in roccia: così da ridurre le potenziali masse instabili tramite l'interruzione della continuità del pendio, il tratto orizzontale ai piedi dei gradoni contribuisce a ridurre notevolmente l'energia dei blocchi in caduta, arrestandone, nella maggior parte dei casi, il movimento lungo lo stesso pendio. Nel caso di rocce deboli e intensamente alterate, il materiale d'alterazione derivante dai gradoni, colmando le banchine sottostanti, tenderà a formare nel tempo un versante uniforme, favorendo l'attecchimento della vegetazione.

Contestualmente alla gradonatura, si prevede la messa a dimora di talee per dare maggiore efficacia all'intervento stabilizzante, grazie alla radicazione delle talee stesse nel terreno, che vanno a compiere un'azione di trattenimento delle particelle del terreno e di rinforzo dello stesso attraverso il loro apparato radicale.

### **1.12.3 Opere di realizzazione e finitura piattaforme piazzole**

La realizzazione delle piazzole è mirata principalmente ad ottenere un piano di cantiere livellato, che permetta le operazioni di montaggio degli aerogeneratori. Mediante operazioni di sterro e riporti, e con movimenti terra come da progetto si procederà alla creazione del tronco di accesso in distacco dalla viabilità di cantiere primaria. Per la realizzazione del piano di cantiere di opera, oltre al pacchetto di materiale inerte simile a quello stradale, verrà posto in opera del materiale inerte per la creazione del fondo portante.

Lo strato superficiale delle strade di cantiere e delle piste di accesso, dello spessore di 0,50 m, sarà realizzato con materiale lapideo di recupero dagli sterri, e appoggiato su uno strato di sottofondo dello spessore di 0,50 m adeguatamente compattato.

Tutti gli strati dovranno essere adeguatamente compattati con appositi macchinari per evitare problemi durante il passaggio dei carichi pesanti.

Tra i due strati, per evitare risalita in superficie di acqua in caso di presenza di falda, potrà essere inserito del geotessuto. Contestualmente alla fase realizzativa delle opere di sostegno, in particolare delle terre armate, saranno posti in opera gli interventi di ripristino ambientale con riporto di terreno vegetale e la messa in opera di materiale vegetale ad esclusione del limitato spazio necessario per le piste di accesso finalizzate alla manutenzione.

### **1.12.4 Opere strutturali – fondazioni aerogeneratori superficiali e profonde**

L'opera strutturale di maggiori dimensioni è sicuramente rappresentata dalle fondazioni degli aerogeneratori, che saranno costituite da piastre circolari in cemento armato C25/30

Le dimensioni della piastra di forma circolare, con diametro di 22.00 m, saranno tali da opporsi agli sforzi di ribaltamento e slittamento dovuti all'azione del vento e alle azioni sismiche.





Sulla piastra verranno disposti i pezzi speciali di ancoraggio delle torri di sostegno costituiti da un piedistallo centrale cilindrico in acciaio (virola) all'interno del quale è posizionata la barra di fissaggio della torre di sostegno.

Per la realizzazione di ciascuna fondazione (scavo, posa in opera delle armature e delle casseformi e getto del calcestruzzo) sono necessari 3-4 giorni di lavoro mentre per la presa completa sono necessari da 30 a 45 giorni a seconda delle condizioni climatiche.

La fondazione della torre avrà uno spessore variabile da un minimo di 2.0m ai bordi fino a 3.0 m al centro, per cui la profondità dell'estradosso della fondazione rispetto al piano di campagna è di circa 3.50 m, e pertanto non costituirà ostacolo alla movimentazione dei vari componenti dell'aerogeneratore e non sarà visibile al termine delle operazioni di assemblaggio.

Le tipologie di fondazione previste sono:

- fondazioni profonde ricorrendo in considerazione degli assetti geomeccanici e geomorfologici locali a pali trivellati di diametro di 1000 mm e lunghezza indicativa di circa 28 ml;

Le indicazioni fin qui acquisite sul contesto geomeccanico, geotecnico e sismico dell'area del Parco Eolico, permettono di evidenziare la presenza di orizzonti geotecnici dalle buone caratteristiche geomeccaniche, che inducono a ritenere ottimali le diverse tipologie di strutture di fondazione sopra indicate.

#### 1.12.5 Atlante e tavole sinottiche sede aerogeneratori: piazzole e fondazioni

Tabella 36. Sinottica opere fondazione e sostegno

Aero generatore	Piazzola		Raccordo alla viabilità principale		Fondazioni	Opere mitigazione ambientale
	Sterri [m3]	Riporti [m3]	Sterri [m3]	Riporti [m3]		
AE01	888	403	0	0	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE02	454	353	1340	389	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE03	1802	411	0	0	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE04	359	2104	531	192	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE05	910	770	1586	397	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR



						INER
AE06	478	968	652	76	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE07	316	1088	702	545	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE08	824	365	1435	588	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE09	1490	499	553	753	PQ + P	FS - DS DSUB – GEOR INER
AE10	1002	404	1373	328	PQ + P	FS – DS DSUB – GEOR INER
AE11	556	2280	0	0	PQ + P	FS – DS DSUB – GEOR INER
<b>TOT.</b>	<b>9079</b>	<b>9645</b>	<b>8550</b>	<b>3371</b>		

Opere di sostegno	Terre armate
Fondazioni	PQ Platea circolare P Pali $\phi$ 1000mm
Opere mitigazione ambientale	FS Fosso di guardia DS Drenaggi superficiali delle piazzole DSUB Drenaggi subsuperficiali piazzole GEOR Georeti strutturali antierosione INER Inerbimento



### 1.13 Opere civili di viabilità

#### 1.13.1 Viabilità principale esterna al Parco Eolico Strade di accesso e aree di cantiere

Come specificato in dettaglio al paragrafo sulla modalità di trasporto delle componenti degli aerogeneratori, particolare cura è stata riposta nell'individuazione delle migliori modalità e tecnologie di trasporto in modo da rendere nulli e/o minimi gli interventi di adeguamento della viabilità pubblica esistente.

In particolare si prevede di realizzare una serie di opere e/o interventi di minima entità e rilevanza, come evidenziato i risultati dei sopralluoghi e delle verifiche di fattibilità, che sono schematicamente riassunte di seguito:

- Allargamento della carreggiata esistente rendendo praticabili banchine attualmente non transitabili;
- Temporanea rimozione, con successivo rifacimento ed adeguamento, di guard-rail per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna dei carrelli di trasporto;
- Temporanea rimozione di segnaletica verticale a bordo carreggiata per permettere il passaggio, in carreggiata interna od esterna dei carrelli di trasporto;
- Temporanea rimozione e/o abbassamento, con successivo rifacimento ed adeguamento, di muri od opere di sostegno a bordo carreggiata per aumentare le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura;
- Puntuali interventi di allargamento della carreggiata, con riprofilatura contro monte o valle del versante, per aumentare le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura;
- Puntuali azioni sulla carreggiata, con riprofilatura contro monte o valle del versante, per estendere le dimensioni delle corsie e il raggio di curvatura, con impiego delle banchine;
- Puntuali interventi di adeguamento/allargamento della carreggiata in corrispondenza di opere d'arte quali ponti o attraversamenti di corsi d'acqua, con successivo rifacimento/adeguamento delle opere d'arte.

Gli interventi previsti non presentano problematiche relativamente alla fattibilità, salvo recepire in fase di Autorizzazione Unica le indicazioni degli Enti competenti con riferimento agli aspetti paesaggistici, di inserimento ambientale, e di adeguamento funzionale della viabilità esistente in conformità alla normativa vigente.

#### 1.13.2 Viabilità principale interna al parco eolico e di accesso alle piazzole

La logistica del parco eolico necessita della realizzazione di tratti stradali per il collegamento diretto di tutti gli aerogeneratori, per cui si prevedono degli interventi di realizzazione di nuova viabilità.

In particolare si prevede che le piste della viabilità principale primaria che secondaria saranno realizzate riutilizzando in situ terreni sterrati, realizzando in maniera intensiva ed estesa terre armate, come meglio riportato negli elaborati grafici di progetto.

Per consentire il corretto passaggio degli speciali mezzi di trasporto, verranno progettate nel rispetto delle seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza carreggiata di 4.00 m, oltre a banchine laterali di 0.5 m da ogni lato, per totale ingombro piattaforma stradale di 5.0m;
- Raggio di curvatura minimo interno 12.50 m;
- Pendenza longitudinale ordinaria massima 10%;
- Pendenza longitudinale straordinaria per brevi tratti 20%;
- Pendenza trasversale massima 5%;
- Raggio di curvatura verticale minimo 400 m.



In considerazione delle condizioni di acclività locali, ed in base al posizionamento delle piazzole, per la viabilità primaria interna e per le piste di accesso alle piazzole, ove necessario saranno realizzate delle opere di sostegno simili a quelle previste per le piazzole.

Si evidenzia che la necessità di realizzare opere di sostegno a supporto degli interventi di nuova realizzazione della viabilità interna primaria e secondaria, si renderanno necessari per i tratti della viabilità di nuova realizzazione, e per alcune delle piste di accesso agli aerogeneratori.

Negli elaborati progettuali si riportano le sezioni con indicazione schematica delle dimensioni e posizione delle opere di sostegno di mitigazione ed antiersive.

Gli interventi sui fronti di scavo saranno prioritariamente realizzati attraverso modellazioni dei terreni tali da armonizzarsi ed integrarsi con la morfologia limitrofa.

Sequenzialmente si prevede la realizzazione degli interventi di sostegno dei fronti di scavo a monte e del rilevato a valle, e la successiva creazione del piano della viabilità, in modo tale da renderla idonea alle operazioni di trasporto.

Gli interventi di sostegno dei fronti di scavo saranno realizzati esclusivamente con opere in terra o interventi di ingegneria naturalistica e, dove non sia possibile intervenire con opere in terra, saranno utilizzate in maniera intensiva terre armate con eventuali tiranti.

Tali opere in considerazione dell'assetto topografico, morfologico e geologico del terreno, dal punto di vista tipologico possono essere preliminarmente individuate (dalle semplici alle più complesse) in:

- modellazione e riprofilatura dei pendii con pendenze 2 su 3, 1 su 2 e successiva idrosemina;
- interventi di ingegneria naturalistica con funzione antiersiva :
- idrosemina con biostuoia biodegradabile;
- piantagione di arbusti;
- rivestimento vegetativo a materasso;
- gradonata viva;
- grata viva;
- opere di sostegno con tecniche di ingegneria naturalistica:
- Palificata viva doppia rinverdita, ad uno o più ordini, fino ad una altezza massima di 2 m con profondità di circa 1.5 m, con posa di materiale lapideo sul paramento esterno per migliorare tenuta del substrato terroso di riempimento.
- Terre armate o terre rinforzate con eventuali tiranti, costituire da un volume di terreno compattato, all'interno del quale vengono inseriti geosintetici che costituiscono una vera e propria armatura, con funzioni di opera di sostegno, che permette però una completa rinaturazione del paramento.

Data questa individuazione preliminare, all'interno del progetto di paesaggio relativo al presente progetto, si individua la necessità di minimizzare l'impatto ambientale, ecologico e paesaggistico che comporta la realizzazione della viabilità interna, prevedendo il ripristino della copertura vegetale eliminata o ridotta, arborea, arbustiva ed erbacea, coerentemente con quanto riportato all'interno dell'elaborato SI.BIO.R.01.a del SIA e nel rispetto delle normative di sicurezza delle piantagioni vegetali a corredo delle infrastrutture.

A seconda della porzione territoriale e paesaggistica interessata dal tratto stradale, gli interventi di inserimento paesaggistico assumeranno quindi le caratteristiche di inerbimento relativamente a tutte le scarpate di pertinenza della sede stradale e inserimenti di fasce arbustive e nuclei arborei, nelle modalità individuate all'interno delle sezioni tipologiche consultabili all'elaborato PD.PPA.S.01.a – Fascicolo interventi tipologici allegato al Progetto di Paesaggio; unitamente ad interventi di ingegneria naturalistica nei casi in cui la pendenza delle scarpate risulti con angolo di abbanco di 30° o superiore.



Nello specifico per una trattazione più approfondita di quanto riguarda la qualificazione paesaggistica del nuovo tracciato stradale, si rimanda alla consultazione dell'elaborato PD.PPA.R.01.a *Relazione di progetto di paesaggio*.

Per una trattazione specifica delle tipologie e consistenze di opere di mitigazione e di interventi di ingegneria naturalistica, si rimanda alla successiva fase di progettazione esecutiva.

Le pendenze trasversali delle piste di viabilità principale unitamente ad una serie di lavorazioni di regimazione delle acque superficiali permetteranno il collettamento e l'allontanamento delle acque meteoriche che insistono su di esse e sui versanti interessati e ne consentiranno un rapido allontanamento ottenendo così fra l'altro un sostanziale miglioramento della rete di deflusso delle acque superficiali.

Infine si realizzeranno quelle opere di presidio fossi laterali di scolo, taglia-acque, ecc., che attualmente non sono presenti e che indurranno un generale miglioramento dell'assetto idraulico areale all'interno dell'area dell'impianto.

### 1.13.3 *Struttura del corpo stradale*

Per quanto riguarda i carichi che devono essere in grado di sopportare le piste di accesso per il trasporto ed il montaggio delle strutture degli aerogeneratori è stata considerata la capacità di carico limite degli automezzi che è disposta pari a 16 t per asse.

E' stata quindi prevista una composizione del corpo stradale così fatta:

- strato di fondazione realizzato mediante spaccato grossolano adeguatamente compattato ed ingranato in modo tale da realizzare uno strato di fondazione con spessore dipendente localmente dalla consistenza del terreno presente in sito, mediamente valutabile in almeno 50 cm;
- strato di finitura della pista con spessore minimo 50 cm realizzato mediante lapideo di recupero dagli sterri opportunamente compattato.

Tale strato di finitura servirà a garantire il regolare transito degli automezzi previsti e ad evitare l'affioramento del materiale più grossolano presente nello strato di fondazione.

### 1.13.4 *Fasi realizzative delle piste di accesso*

La realizzazione delle piste di accesso avverrà in fasi successive per ottenere una buona compattezza dei diversi strati e per garantire la portanza necessaria per il transito dei mezzi di trasporto dei diversi componenti gli aerogeneratori. Le fasi di realizzazione delle piste saranno:

- Rimozione dello strato di terreno vegetale;
- Realizzazione dei tratti di rilevato e di scavo necessari al rispetto delle pendenze minime;
- Realizzazione dei fossi di guardia e predisposizione dei canali di attraversamento per il drenaggio della strada e del versante;
- Realizzazione delle opere di sostegno di monte e di valle, nel caso terre armate e terre armate + tiranti, con posa in opera contestuale dei presidi di mitigazione e ripristino ambientali, quali geostuoie inerbite e piantumazioni di arbusti;
- Predisposizione delle trincee e delle tubazioni necessarie al passaggio dei cavi a MT, dei cavi per la protezione di terra e delle fibre ottiche per il controllo degli aerogeneratori;
- Riempimento delle trincee;
- Realizzazione dello strato di fondazione;
- Realizzazione dello strato di finitura;



- Realizzazione delle cunette in terra e fossi di scolo per la dispersione delle acque di superficie lungo il naturale;
- Realizzazione delle opere d'arte dove si rendessero necessarie.

Tutte le operazioni di rimodellamento e ridefinizione della viabilità principale e secondaria interna saranno eseguite limitando il più possibile la realizzazione di opere d'arte e movimenti di terra utilizzando inserendo il pacchetto portante in materiale inerte



## 1.14 Opere impiantistiche elettriche - Il sistema di generazione e distribuzione dell'energia

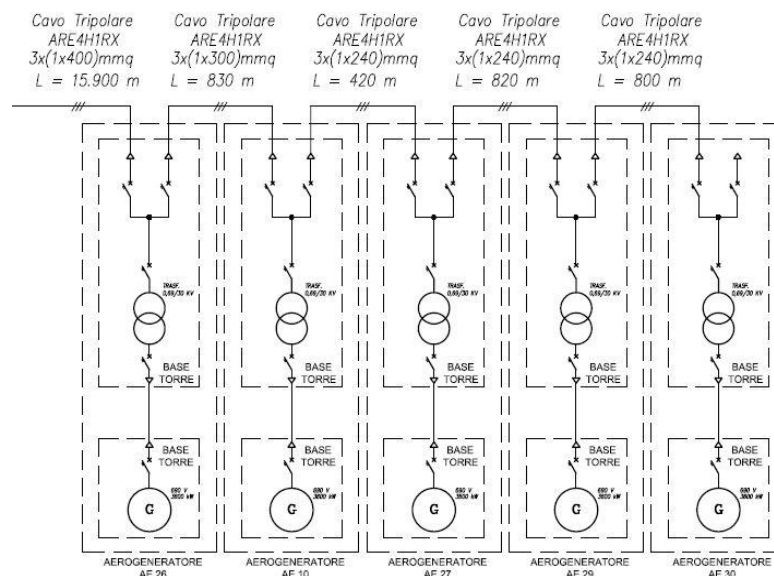
### 1.14.1 Opere impiantistiche elettriche

Il Parco Eolico che si andrà a realizzare in località TRE VESCOVI, nell'Alta Valmarecchia, avrà una potenza complessiva di 72.60 MW, una producibilità annua stimata pari a circa 165 GWh e sarà collegato alla Rete Nazionale di Alta Tensione all'interno della Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda (AR) con punto di consegna in alta tensione (132 kV).

Il parco sarà costituito da n. 11 aerogeneratori, ciascuno avente una potenza massima di 6,6 MW, raggruppati in tre distinti settori: settore-1 → n. 3 aerogeneratori; settore-2 → n. 4 aerogeneratori; settore-3 → n. 4 aerogeneratori.

Gli aerogeneratori di ogni settore saranno collegati fra loro con linee MT entra-esce:

**Figura 50. – Schema a blocchi impianti elettrici**



Ogni aerogeneratore sarà infatti dotato di una cabina elettrica inserita alla base della torre, all'interno della struttura metallica della stessa. Nell'ultimo aerogeneratore di ogni sezione, saranno presenti le protezioni elettriche MT della linea finale di collegamento alla Cabina Primaria di Badia Tedalda.

A quest'ultima giungeranno dunque le tre linee MT provenienti dai tre settori costituenti il parco.

La cabina di raccolta sarà dotata di celle MT compatte per l'attestazione e la protezione dei cavi provenienti dai tre settori del parco, per la protezione di un trasformatore 36/04 kV dedicato all'alimentazione di tutti i servizi ausiliari della stazione, nonché per l'alimentazione del trasformatore di elevazione della tensione da 36 kV a 132 kV.

Le celle MT saranno alloggiate all'interno del fabbricato di servizio, che avrà dimensioni tali da ospitare tutte le apparecchiature ausiliare, di protezione e controllo e di teletrasmissione dati, oltre ai locali di servizio per il personale addetto.





Il trasformatore di elevazione 36/132 kV avrà una potenza di 50 MVA e sarà installato sopra una platea di appoggio ed ancoraggio esterna, assieme agli isolatori e a tutte le apparecchiature di manovra, protezione e misura in AT.

La misura dell'energia immessa in rete sarà realizzata sullo stallo a 132 kV della cabina di elevazione.

La Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda (AR) sarà equipaggiata con un nuovo stallo AT per il collegamento del parco, a cura della stessa ENEL.

#### 1.14.2 *Descrizione delle linee MT, terra e fibre ottiche*

I cavi provenienti dalla navicella, che trasportano l'energia elettrica prodotta in bassa tensione pari a 690 V, saranno collegati, tramite cavi di potenza, a trasformatori BT/MT da 1.000 kVA, che eleveranno il valore della tensione a 36 kV.

I trasformatori sono posizionati all'interno della torre, non comportando dunque alcun ulteriore ingombro. L'energia prodotta da ogni aerogeneratore sarà quindi adattata, con i suddetti trasformatori elevatori e a mezzo di conversione elettrostatica, alle caratteristiche nominali di frequenza a 50Hz e tensione a 15 kV della rete di distribuzione interna del Parco Eolico, e sarà quindi convogliata verso la rete ricevente ENEL con dei cavi di sezione adatta alla potenza trasportata, ed aventi caratteristiche di isolamento funzionali alla tensione di trasmissione (36 kV).

Il collegamento degli aerogeneratori costituenti i vari settori si svilupperà su percorso stradale sterrato.

Le relative linee saranno costituite dai seguenti cavi MT 36 kV:

- Alluminio 3x1x120 mm<sup>2</sup>, di tipo ARE4H5EX (portata termica massima di 367 A, con posa a trifoglio), avranno una portata massima di effettivo esercizio di 307,9 A, un diametro del conduttore di 18,4 mm ed un diametro esterno di 38,9 mm;
- Alluminio 3x1x300 mm<sup>2</sup>, di tipo ARE4H5EX (portata termica massima di 414 A, con posa a trifoglio), avranno una portata massima di effettivo esercizio di 384,9 A, un diametro del conduttore di 20,7 mm ed un diametro esterno di 41,6 mm.

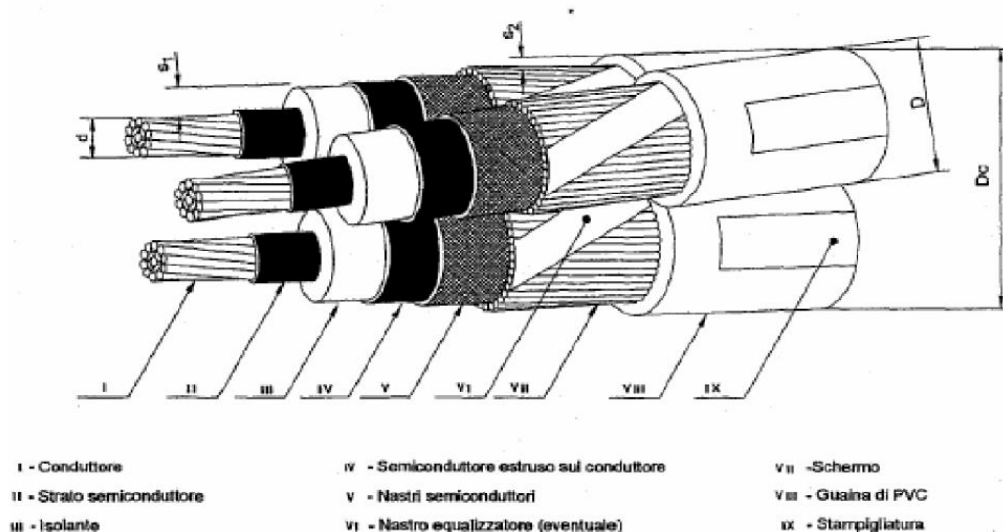
Dall'ultimo aerogeneratore di ogni settore, partirà la linea interrata generale che collegherà lo stesso settore alla stazione di elevazione del parco, come detto ubicata in adiacenza alla Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda.

Il tracciato delle tre linee in cavo MT, necessarie per collegare le tre sezioni del parco alla cabina Primaria Enel, si svilupperà su percorso stradale/carrabile (sede asfaltata o sterrata) per circa 15 Km.

Per ciascuna delle tre linee, saranno utilizzati cavi media tensione tripolare ad elica visibile tipo ARE4H5EX 20,8/36kV o similare isolato in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC con le seguenti caratteristiche: (portata termica massima di 470 A con posa a trifoglio), caratterizzati da un diametro del conduttore di 23,6 mm ed un diametro esterno di 50,5 mm, con portata massima effettiva di esercizio di 384,9 A per il settore 1 e di 307,9 A per i settori 2 e 3.



Figura 51. – Cavi elettrici



Il sistema di linee interrate a servizio del parco, che per la quasi totalità del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso e la viabilità stradale, sarà realizzato con le seguenti modalità:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili: circa 50x140 cm di altezza (una sola linea tripolare MT); circa 80 x 140 cm di altezza (due linee tripolari MT); circa 100 x 160 cm di altezza (tre linee tripolari MT);
- letto di sabbia di circa 15 cm, per la posa delle linee MT;
- linee tripolari in cavo MT 36 kV;
- rinfiando e copertura dei cavi con sabbia, per almeno 25 cm;
- corda nuda in rame, per la protezione di terra, e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte;
- manto stradale, per le tratte di cavidotto lungo la viabilità carrabile.

I cavi MT dei vari settori per alcuni tratti corrono affiancati all'interno dello stesso scavo, posati sul fondo dello stesso. Il calcolo dell'induzione magnetica viene effettuato in corrispondenza delle seguenti sezioni di riferimento:



Figura 52– Particolare sezione di posa cavo

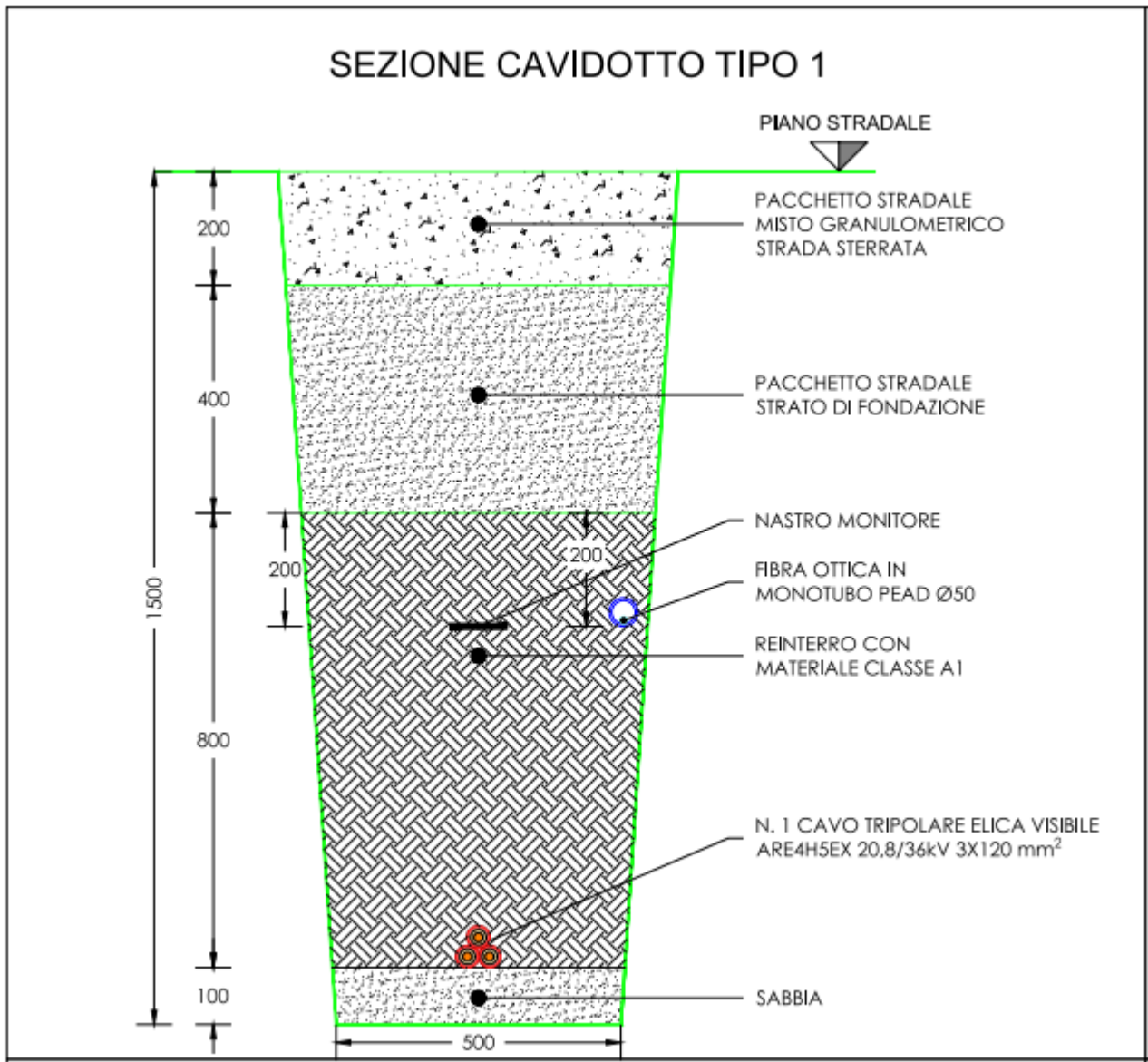




Figura 53 – Particolare sezione di posa cavo

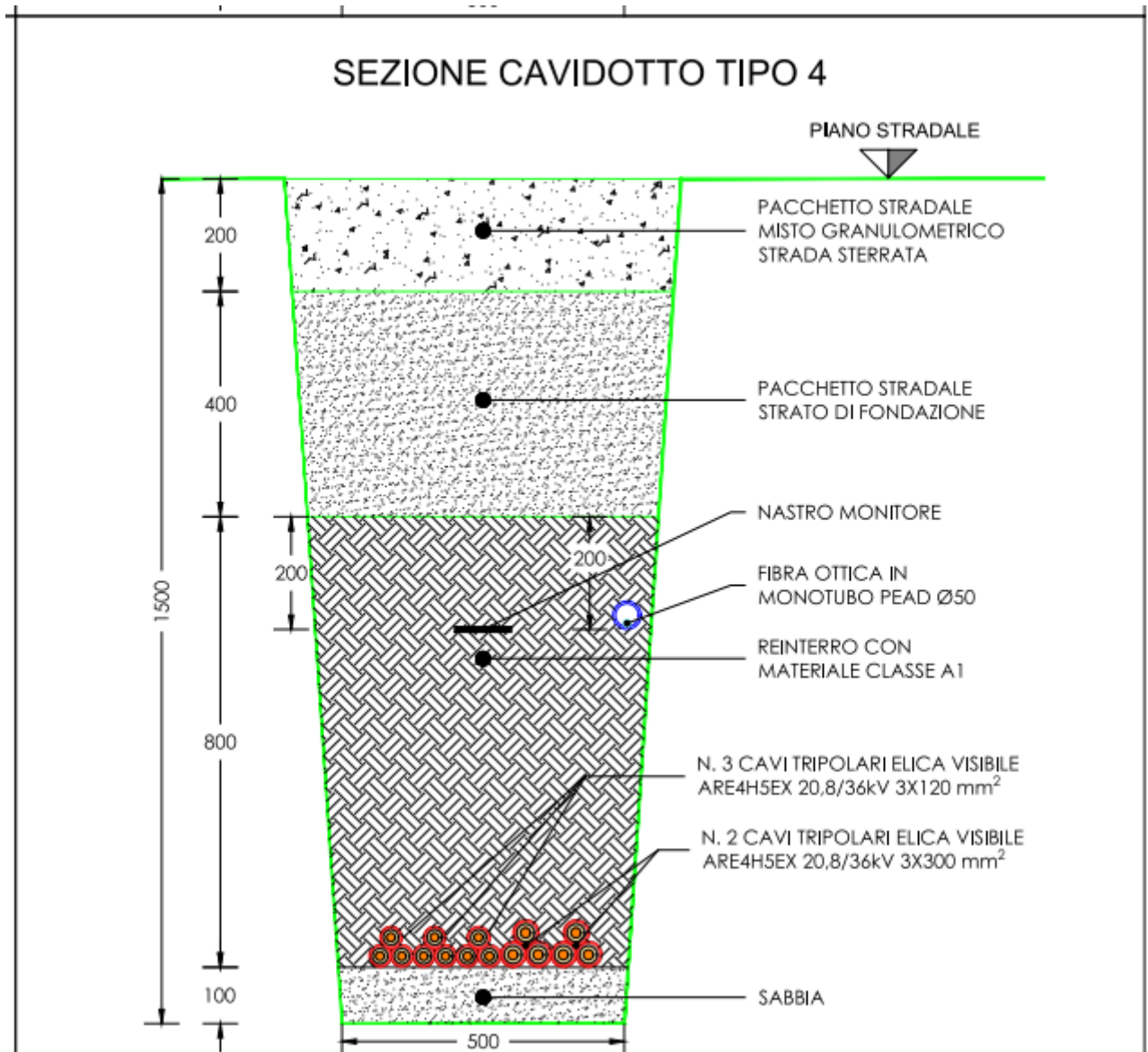
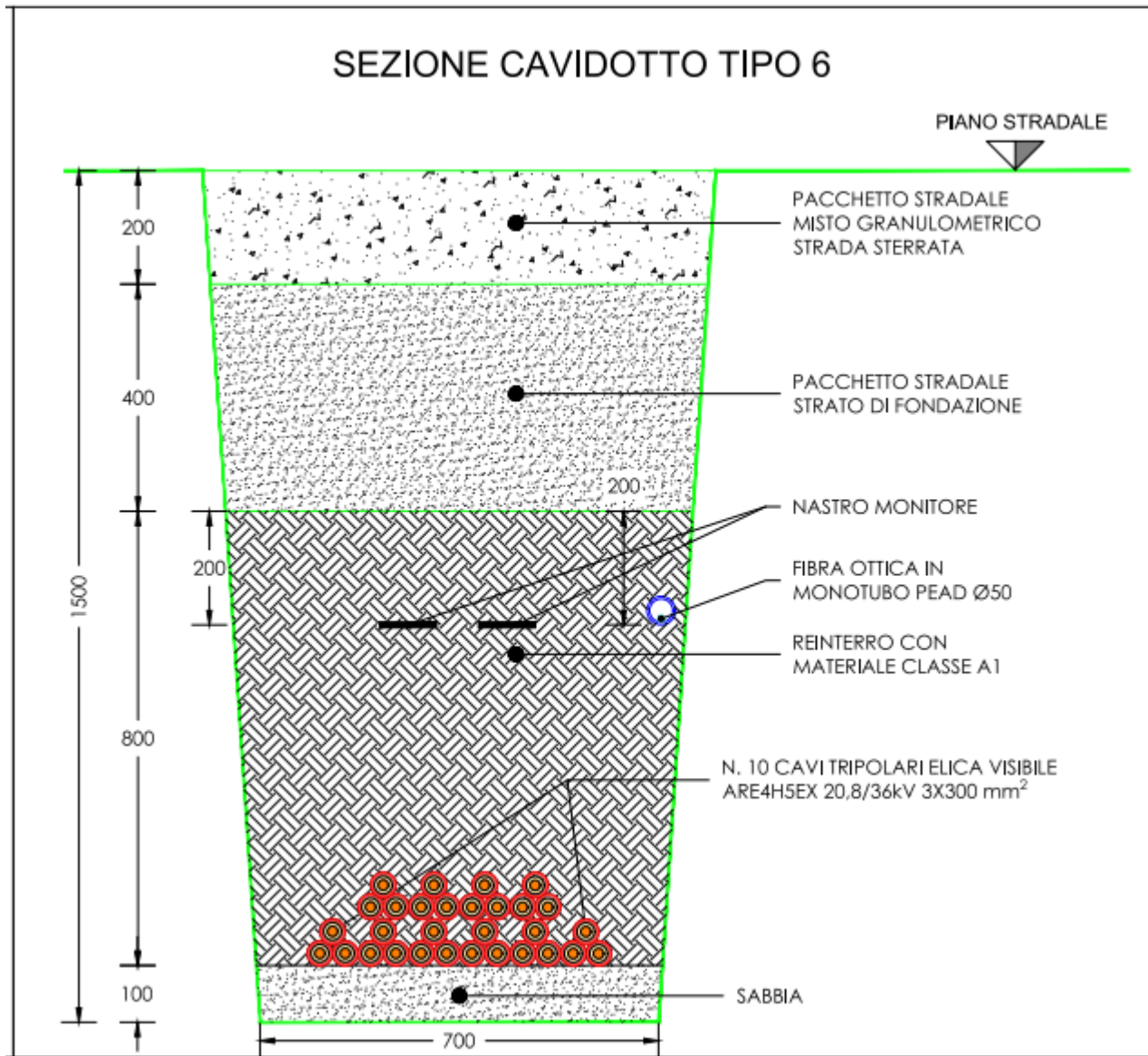




Figura 54 – Particolare sezione di posa cavo



La parte più alta del coppone di protezione del cavo MT sarà a non meno di 1 metro dalla superficie stradale in base al nuovo Codice della Strada e la posa sarà effettuata realizzando una trincea a sezione costante di almeno 60 centimetri di larghezza, ponendo sul fondo dello scavo, opportunamente livellato un letto sabbia fine o di terreno escavato se dalle buone caratteristiche geomeccaniche.

Nella trincea sarà installato anche un una canalizzazione realizzata sul tracciato del cavo elettrico mediante l'impiego di tubazione in PEHD per l'eventuale installazione di cavo in fibra ottica che sarà utilizzato per la supervisione e il controllo remoto dell'impianto.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il reinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna.

Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con l'infissione periodica (ogni 150 metri circa) di cartelli metallici indicanti l'esistenza dei cavi a MT sottostanti.





Tali cartelli potranno essere eventualmente, sostituiti da mattoni collocati a filo superiore dello scavo e riportanti le indicazioni relative ai cavi sottostanti (Profondità di posa, Tensione di esercizio).

### 1.14.3 *Interferenze ed attraversamenti*

In caso di attraversamenti stradali o di interferenze lungo la giacitura, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale, Provinciale e/o ANAS).

Nel caso di interferenze con sottoservizi esistenti gli stessi saranno oggetto di puntuale risoluzione in accordo e con la supervisione degli Enti Gestori preposti, ed i lavori saranno eseguiti secondo i disciplinari vigenti.

Si evidenzia che dette problematiche, non possono essere efficacemente risolte in sede di progettazione definitiva, in quanto si tratta di interventi puntuali dalla bassa difficoltà realizzativa, che però richiedono una puntuale e diretta ricognizione delle posizioni delle eventuali interferenze in cantiere.

Si rimanda quindi ad attività di cantiere in cui in contraddittorio con i tecnici degli Enti Gestori sarà possibile definire strategie condivise di risoluzione delle interferenze, anche sulla base di tracciamento di precisione dei sotto servizi esistenti, evidenziando ulteriormente che potendo variare con libertà la quota e la posizione di giacitura del cavidotto, sarà quindi possibile risolvere le eventuali interferenze che dovessero verificarsi.

Per quanto riguarda gli attraversamenti di ponti, si fa presente che la terna di cavi MT passerà lungo la spalletta dei ponti all'interno di una canaletta passacavi in acciaio zincato adeguatamente ancorata.

Tale intervento non modificando la luce del ponte, non altera il regime idraulico, né, in considerazione del peso non significativo, viene modificato l'assetto statico.

Più in particolare, si provvederà allo staffaggio del cavidotto lungo gli attraversamenti.

Relativamente alla componente elettromagnetica, in presenza di situazioni di interferenza del cavidotto con sottoservizi pubblici o altre situazioni che non dovessero consentire di mantenere le sezioni di scavo di riferimento, saranno adottate le seguenti strategie, al fine di garantire il rispetto dei limiti prescritti dalla normativa vigente relativamente all'impatto elettromagnetico, di cui:

Ove possibile, aumento della profondità di scavo per sottopassaggio dell'interferenza. Tale soluzione consentirà di risolvere la discontinuità del percorso senza alcuna necessità di porre in essere opere di schermatura del campo magnetico, in quanto di per se già una mitigazione del campo al suolo (aumento della distanza fra il piano di posa dei cavi e la superficie);

Ove sia indispensabile ridurre la profondità di posa o portare in superficie i cavi, saranno poste in essere idonee opere di schermatura che, a seconda del caso specifico, saranno una o più delle seguenti combinazioni:

- canali schermanti chiusi (canali + coperchio) costituiti da triplice strato metallico (permeabile-altamente permeabile-conduttivo) a doppia azione schermante (confinamento e abbattimento);
- realizzazione di loop passivi classici e/o ad elevato accoppiamento magnetico (mediante inserzione di nuclei magnetici di accoppiamento fra i loop ed i cavi), per la cancellazione della sorgente (abbattimento).



Figura 55 – Particolare sezione di posa cavo su strada asfaltata

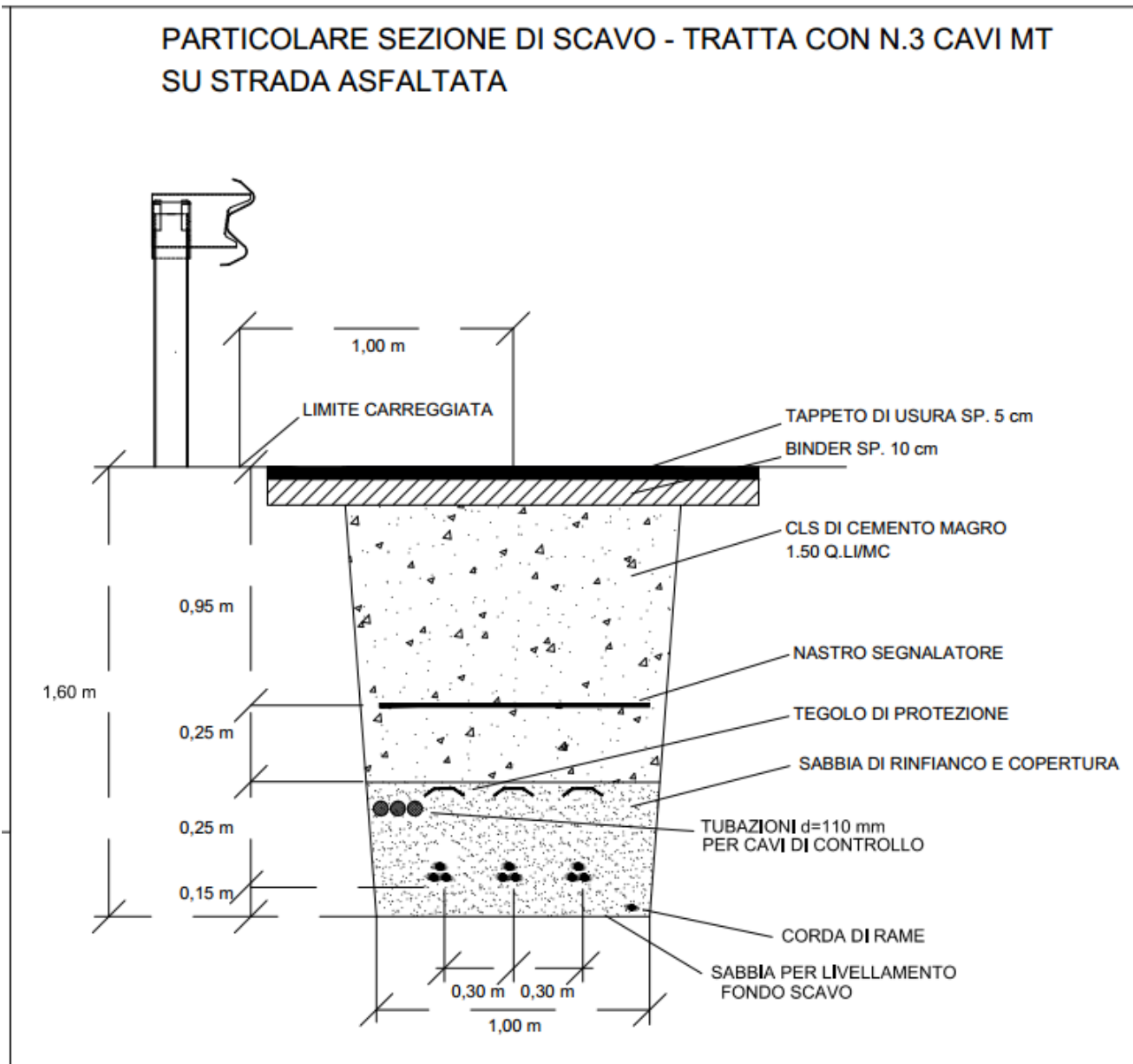






Figura 56– Particolare risoluzione interferenza per attraversamento fosso scarico acque

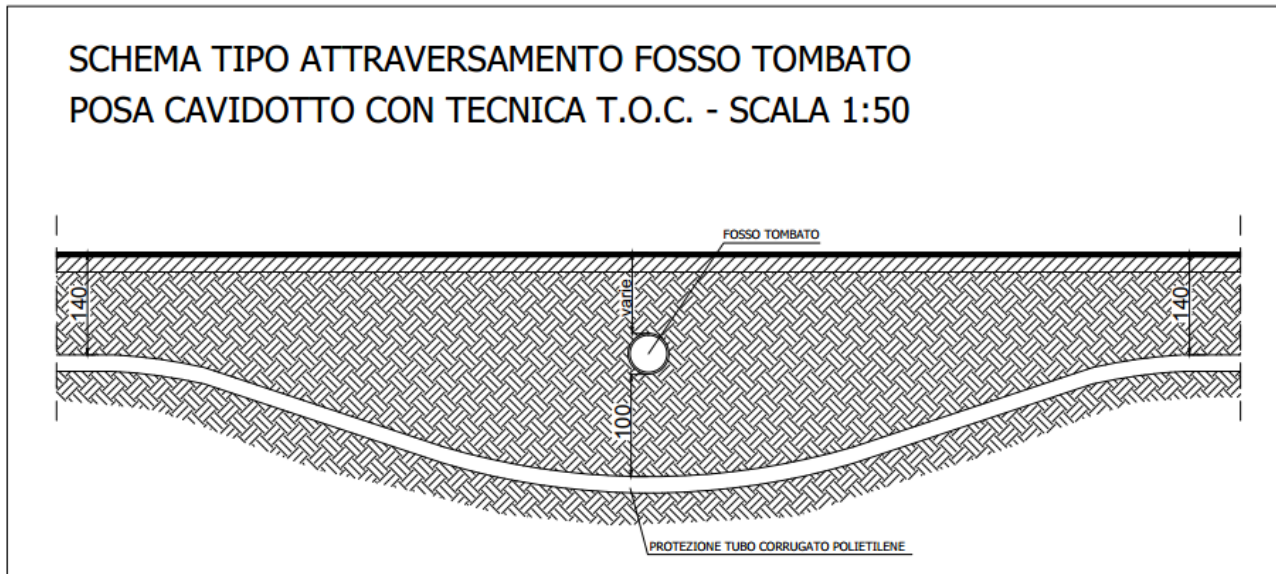
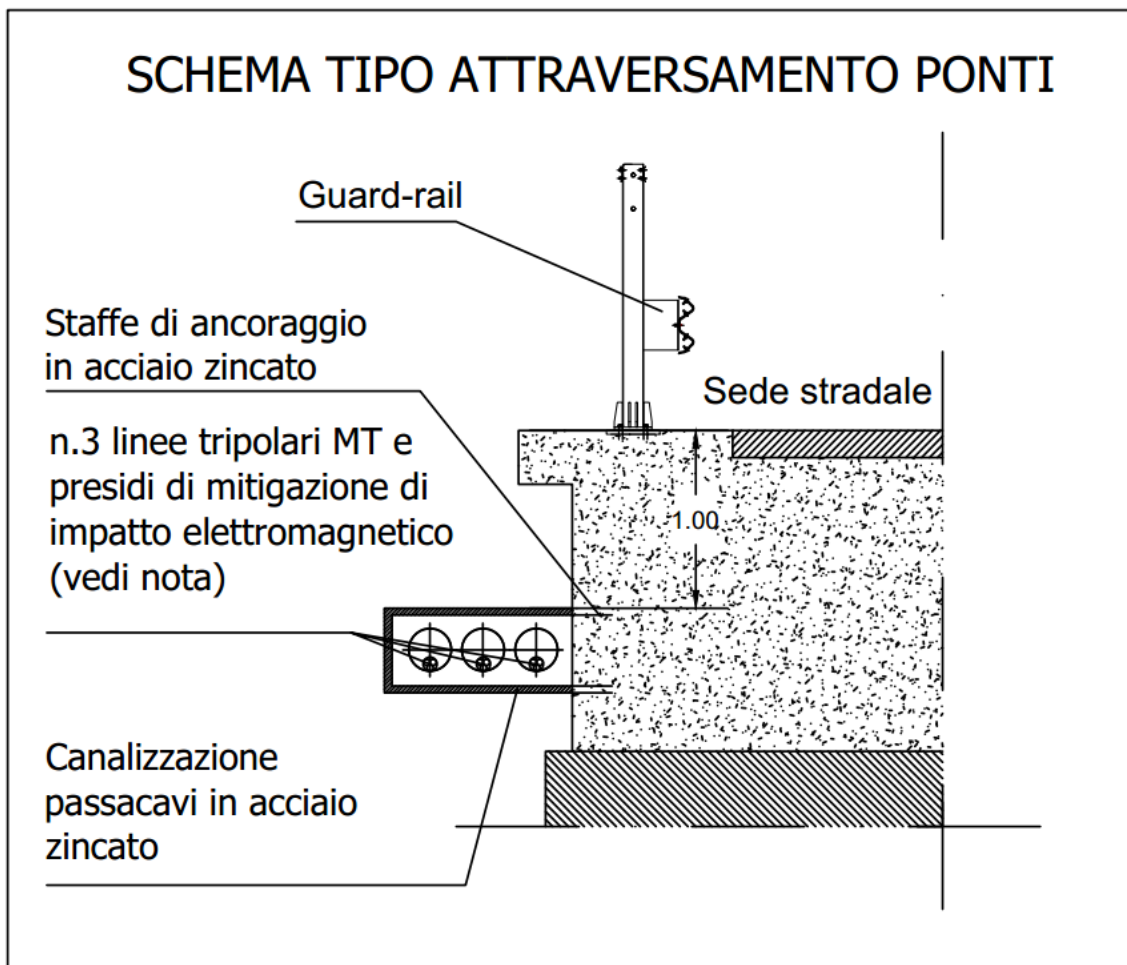


Figura 57– Particolare staffatura su ponte





### 1.15 Analisi di stabilità dei pendii

Come desumibile dalle tavole progettuali riportate in allegato, particolare attenzione è stata rivolta all'inserimento di strutture di presidio ambientale con la funzione di mitigazione di potenziali impatti negativi per quanto riguarda l'assetto geomorfologico dell'area di realizzazione del Parco Eolico. Come riportato nelle tavole progettuali, si è fatto ricorso ad un intenso uso di strutture di sostegno, ambientalmente compatibili, quali le terre armate e le palificate vive, che per le caratteristiche di resistenza ed elasticità, oltre che ottimale grado di inserimento nell'ambiente, hanno rappresentato la scelta progettuale di elezione.

Con riferimento alle strutture di fondazione, superficiali e profonde, fatti salvi i successivi livelli di approfondimento delle indagini geognostiche e dei successivi livelli progettuali, al momento per la totalità delle torri sono state previste fondazioni con piastra quadrata di cemento armato con micropali.

Le analisi di stabilità eseguite in conformità alla nuova normativa 2008 "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni", hanno permesso di verificare che la realizzazione delle opere, ed in particolare delle opere di fondazione profonda, pali e micropali, non modificano negativamente o aumentano i valori del fattore di sicurezza della stabilità dei pendii interessati dalle opere.

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità.

Le analisi sono state svolte con il software STAP FULL 16 2022 della AZTEC s.r.l.

#### 1.15.1 Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale.

A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico.

Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

#### 1.15.2 Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).



### 1.15.3 Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .
- Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$  mentre le equazioni a disposizione sono:
- Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$
- Equazioni relative al criterio di rottura  $n$
- Totale numero di equazioni  $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a  $i = (6n-2) - (4n) = 2n-2$ .

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### 1.15.4 Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica  $K_c$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in  $n$  strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale  $N_i$  agisca nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$



dove  $E_i$  e  $X_i$  rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia  $i$ -esima del concio generico  $i$ .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di Sarma la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$*\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$**\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha') + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di  $K$  (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione  $K$  corrispondente al fattore di sicurezza  $F = 1$ , ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \text{ accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \text{ fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne  $X_i$  ed  $E_i$  tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze  $X_i$ :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove  $Q_i$  è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla  $i$ -esima faccia del concio  $i$ , e  $\lambda$  rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di  $K_c$ ,  $\lambda$  e  $F$ , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Il calcolo sulla stabilità dei pendii, verificando l'interazione terreno-struttura, viene eseguito secondo diverse configurazioni di calcolo ed ipotesi sugli assetti geomeccanici e relativamente alla componente sismica.

In particolare si verificano le seguenti ipotesi di calcolo geotecniche di cui:

- assunzione dei parametri geotecnici del terreno in termini di tensioni efficaci per la modellazione sia in condizioni statiche a lungo termine, che per la modellazione durante l'evento sismico, in quanto come desumibile dal QRA, gli orizzonti geotecnici così come descritti sono assimilabili a materiali grossolani, idraulicamente aperti, e quindi modellabili sempre in condizioni di tensioni efficaci.
- Verifica ed analisi delle condizioni maggiormente cautelative in termini di verifiche di sicurezza, e quindi condizioni con sisma sempre con parametri efficaci.



**Tabella 37 - Tabella riepilogativa schema di calcolo per verifica stabilità dei pendii**

PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE FATTORE DI SICUREZZA FS	
	PENDIO STATO ATTUALE	PENDIO STATO PROGETTO
TENSIONI EFFICACI CONDIZIONE DI SISMA E DI BREVE TERMINE	C1	C2

Con riferimento alla tabella precedente, e a quanto riportato negli elaborati geologici di cui “Relazione geologica di supporto allo Studio aree in dissesto da assoggettare a verifica ai sensi dell’art. 17 comma 3 delle norme PAI Autorità di Bacino interregionale Marecchia-Conca”, le piazzole oggetto di analisi saranno verificate secondo 2 diverse ipotesi di calcolo, si ritiene quindi, che conformemente al livello di progettazione e per economia di esposizione, si riportano i risultati della verifica di 2 diverse piazzole con caratteristiche peculiari rappresentative di tutte le tipologie del Parco Eolico.

In particolare i calcoli saranno sviluppati per le piazzole AE01 e A04, di cui si riporta di seguito il modello geotecnico assunto, riferito a pendii in terra, e che l’analisi viene sviluppata per verificare la stabilità in funzione del diverso contesto morfologico.

**Tabella 38 - Tabella riepilogativa parametri geotecnici sottosuolo**

MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO			
QUOTA STRATIGRAFICA (m)	0,00 – 4,00	2,00 - 6,00	> 6,00
LIVELLO OMOGENEO	COPERTURA DETRITICA	ALTERAZIONE SUBSTRATO	SUBSTRATO LITOIDE PORTANTE
DESCRIZIONE DEL TERRENO	LITO01	LITO02	LITO03
PESO DI VOLUME $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-19	19-21	>20
ANGOLO DI ATTRITO EFF. $\phi'$ (°)	19	23	32
COESIONE EFFICACE $c'$ (kPa)	7	17	22
COESIONE NON DRENATA $c_u$ (kPa)	40	80	4000
$V_s$ (m/s)	0-250	250 – 800	> 800

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica, i suoli dell’area oggetto di analisi vengono classificati come di seguito riportato:

**Tabella 39 - Tabelle riepilogative dei parametri di caratterizzazione sismica**

CATEGORIA SOTTOSUOLO	DI	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE
B		Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u,30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina)



### 1.1.1 Valutazione dell'azione sismica

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico.

Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

- FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W: peso concio
- Ko: Coefficiente sismico orizzontale
- Kv: Coefficiente sismico verticale.

Per il calcolo dei coefficienti sismici, secondo le NTC 2008, si definiscono i coefficienti Ko e Kv in dipendenza di vari fattori:

- $K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$
- $K_v = \pm 0,5 \times K_o$

Con

- $\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio:

- $a_{max} = S S T a g$
- SS (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_s \leq 1.80$ ; è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
- ST (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1(ST = 1.0) T2(ST = 1.20) T3(ST = 1.20) T4(ST = 1.40).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC).

In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.



Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

- $K_0 = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$
- $a_{gR}$  : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,
- $\gamma_I$ : fattore di importanza,
- $S$ : soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).
- $a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$

è la “design ground acceleration on type A ground”.

Il coefficiente sismico verticale  $K_v$  è definito in funzione di  $K_0$ , e vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot K_0$$





**Tabella 40 - Tabella di calcolo dei coefficienti sismici secondo N.C.T. 2018**

Via  n°

Comune  Cap

Provincia  Cerca

---

**WGS84 (°)**

Latitudine

Longitudine  Cerca

---

Isole

(1)\* Coordinate WGS84 (°)  
 Latitudine  Longitudine

---

(1)\* Coordinate ED50 (°)  
 Latitudine  Longitudine

---

Classe dell'edificio

**Su = 1**

Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione  Calcola

Map data ©2017 Google. Termini e condizioni d'uso. Segnala un errore nella mappa. 43.749763, 12.126002

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>0</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> * [s]
Operatività (SLO)	30	0,066	2,423	0,266
Danno (SLD)	50	0,084	2,416	0,275
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,208	2,390	0,310
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,264	2,450	0,316
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno       Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b> Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,14
<b>Cc *</b> Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,39	1,39
<b>St *</b> Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,024	0,084	0,101
kv	0,010	0,012	0,042	0,051
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,938	1,188	2,933	3,540
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Calcola

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.



Tabella 41 - Parametri di riferimento e coefficienti sismici

Calcolo coefficienti sismici

Il calcolo dei parametri sismici sul sito di riferimento può essere effettuato utilizzando il software GEOSTRU PS, connettendosi all'indirizzo [www.geostru.com/geoapp](http://www.geostru.com/geoapp)  
Per la ricerca automatica della zona digitare l'indirizzo nel seguente formato: Via..., Città, Provincia, Nazione

**Dati Generali**

**Località**  
Indirizzo:   
Lat. Long.

**Dati opera**  
Tipo opera:   
Classe d'uso:   
V. Nominale:  V. Rif.:

**Parametri sismici su sito di riferimento**

SL	TR [Anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
SLO	30.00	0.65	2.42	0.27
SLD	50.00	0.82	2.42	0.28
SLV	475.00	2.04	2.39	0.31
SLC	975.00	2.59	2.45	0.32

Zona sismica:   
Categoria sottosuolo:   
Categoria topografica:

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

SL	amax [m/s <sup>2</sup> ]	β	khk [-]	kvk [-]
SLO	0.936	0.2	0.0191	0.0095
SLD	1.1808	0.2	0.0241	0.012
SLV	2.9376	0.28	0.0839	0.0419
SLC	3.5467	0.28	0.1013	0.0506

Stato limite di riferimento:

Calcolo parametri sismici [GeoStru PS...]    Importa da Geostru PS    Calcola    Ok    Annulla

I carichi trasmessi al terreno dalla piastra di fondazione, sono stati modellati tenendo conto del peso delle strutture della pala eolica, della piastra di fondazione stessa, e della pressione generata dal momento indotto dalla pressione del vento sulle pale.

Come desumibile dalle figure di seguito riportate, è stata stimata una pressione di contatto fondazione-terreno pari a 0.20 kg/cm<sup>2</sup>, modellata come carico distribuito di forma rettangolare delle stesse dimensioni della piastra.

Tale valore come riportato nel paragrafo 1.11, rappresenta il massimo valore della tensione di contatto fra fondazione-terreno, nel caso di fondazione fortemente parzializzata a seguito dell'eccentricità indotta dai momenti sollecitanti del vento.

Si assume quindi, con elevato indice di sicurezza, una tensione di contatto relativa ad una fondazione parzializzata estesa a tutta l'area di fondazione, e pari a 0.50 kg/cm<sup>2</sup>, contro una tensione massima di progetto determinata pari a 0.20 kg/cm<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda le opere di riporto eseguite per la realizzazione delle piazzole, si ipotizza che il materiale posto in opera dovrà garantire un angolo di attrito di almeno 35°.



Tale valore della pressione, a favore di sicurezza, è stato mantenuto anche nel caso di analisi di stabilità per evento sismico, senza nessun tipo di parzializzazione, e considerando quindi carichi indotti da un'azione contemporanea di sisma e vento.

Nella tabella seguente sono riportati valori del fattore di sicurezza  $F_s$ , calcolato secondo i seguenti parametri:

**Tabella 42 - Parametri geotecnici – analisi stabilità pendio**

Stratigrafia											
Angolo resistenza al taglio: Picco ? x											
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1900	0		35		Permeabile			RIPORTO
2		1800	1900	0.07		19		Permeabile			LITO01
3		1900	2100	0.17		23		Permeabile			LITO02
4		2000	2100	0.22		32		Impermeabile			LITO03

**Tabella 43 - Tabella riassuntiva valori  $F_s$  - coefficiente di sicurezza stabilità pendii aerogeneratore AE04**

VALORE FATTORE DI SICUREZZA $F_s$	PENDIO STATO ATTUALE		PENDIO STATO PROGETTO	
TENSIONI EFFICACI CONDIZIONE DI SISMA E DI BREVE TERMINE	C1	1.65	C2	2.35

**Tabella 44 - Tabella riassuntiva valori  $F_s$  - coefficiente di sicurezza stabilità pendii aerogeneratore AE15**

VALORE FATTORE DI SICUREZZA $F_s$	PENDIO STATO ATTUALE		PENDIO STATO PROGETTO	
TENSIONI EFFICACI CONDIZIONE DI SISMA E DI BREVE TERMINE	C1	1.61	C2	2.27



Le tabelle sopra riportate evidenziano che, in seguito alla realizzazione delle strutture di fondazione delle pale e delle opere di presidio ambientale, si hanno significative variazioni del valore del coefficiente di sicurezza in termini positivi, in quanto la realizzazione delle opere di fondazione profonde induce positivi effetti stabilizzanti delle coltri superficiali.

Si evidenzia infatti che in alcuni casi si ha un miglioramento ed una mitigazione del rischio di movimenti gravitativi, in quanto i coefficienti di sicurezza dello stato progetto sono maggiori dello stato attuale e che comunque in ogni caso le analisi degli stati di progetto evidenziano valori del fattore di sicurezza in grado di garantire e giustificare la fattibilità degli interventi.

Si evidenzia che i valori del coefficiente di sicurezza sono relativi all'analisi di stabilità in condizioni sismiche, e che quindi i valori dello stato di progetto in condizione sismica evidenziano i valori più cautelativi, ma come già accennato in grado di garantire e giustificare la fattibilità degli interventi.

Tutte le assunzioni e le analisi sopra riportate, come riportato anche nella Relazione Geologica, dovranno essere comunque supportate e confermate da estese ed approfondite indagini di dettaglio e da monitoraggi inclinometrici, propedeutici agli interventi esecutivi.

Si riportano di seguito gli elaborati grafici delle analisi di stabilità eseguite per i diversi pendii e le diverse condizioni.

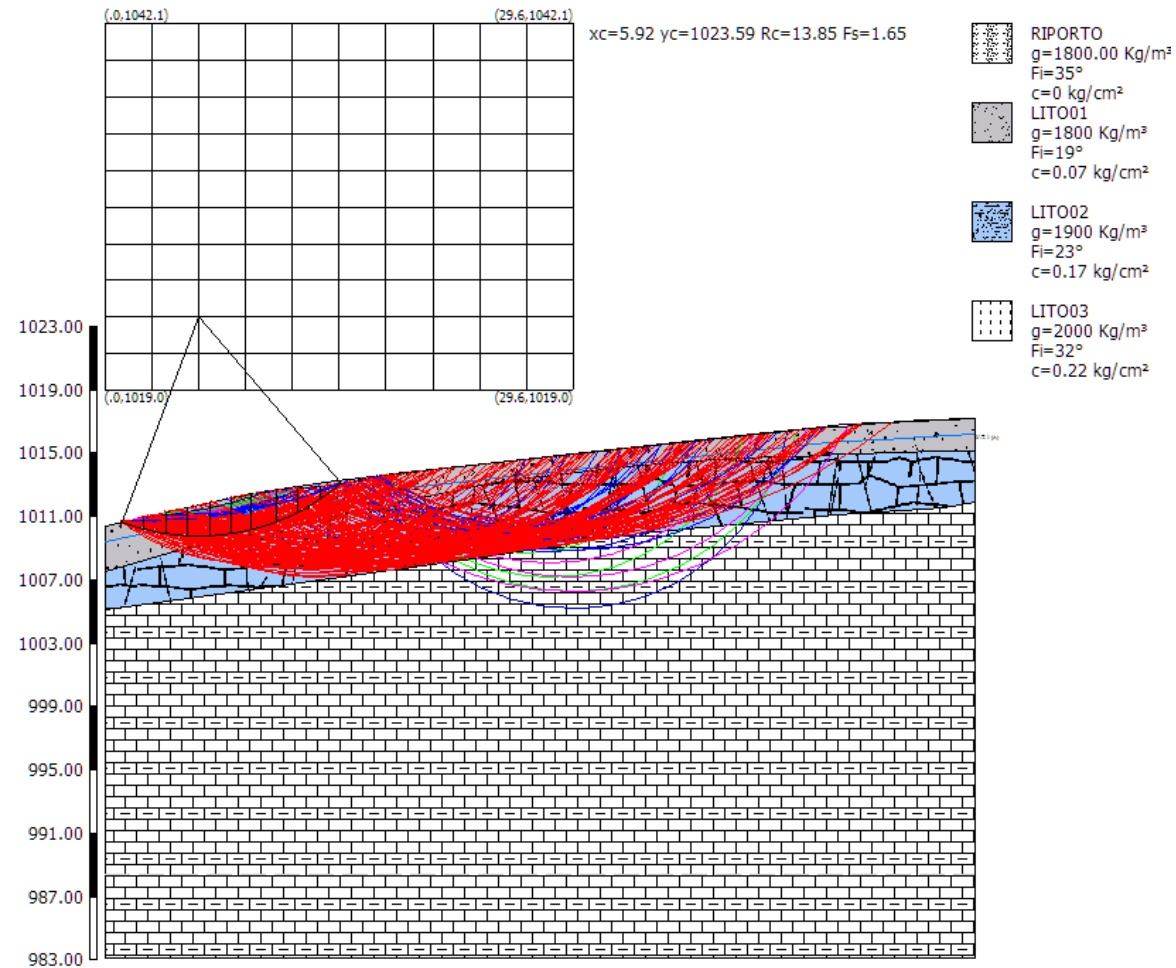


Figura 58 - Schema di calcolo pendio AE01 – C1 STATO ATTUALE – CONDIZIONI DRENATE STATO ATTUALE

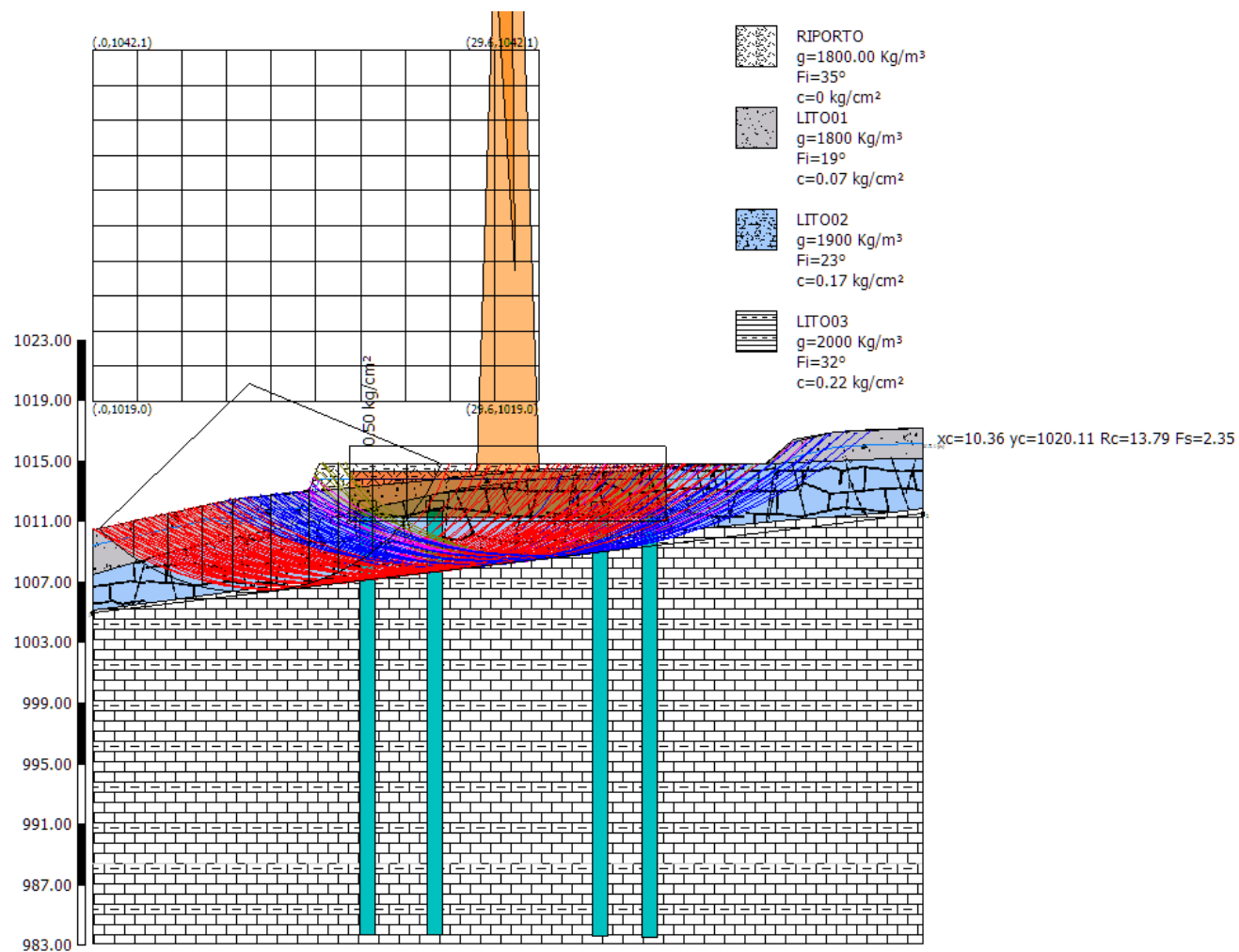


Figura 59 - Schema di calcolo pendio AE01 – C2 STATO PROGETTO – CONDIZIONI DRENATE STATO PROGETTO

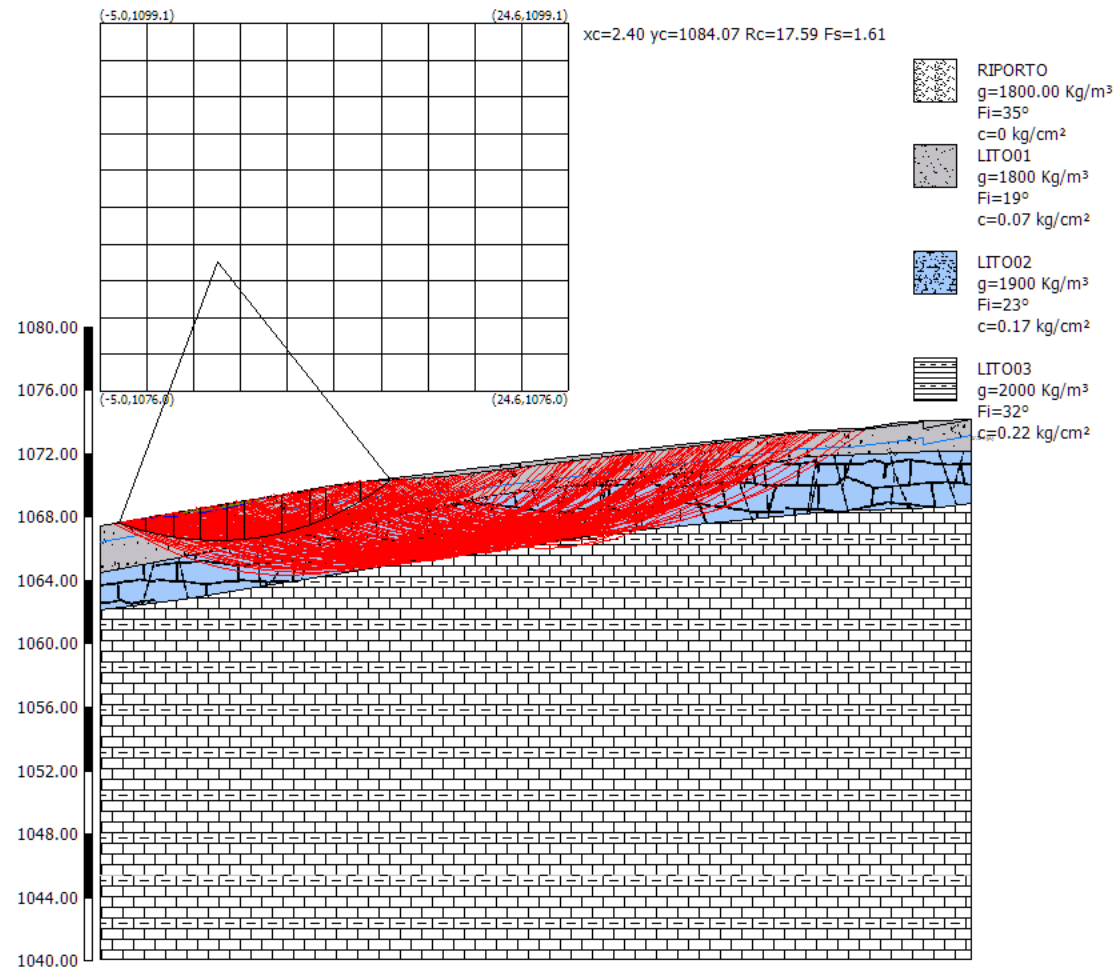


Figura 60 - Schema di calcolo pendio AE04 – C1 STATO ATTUALE – CONDIZIONI DRENATE STATO ATTUALE



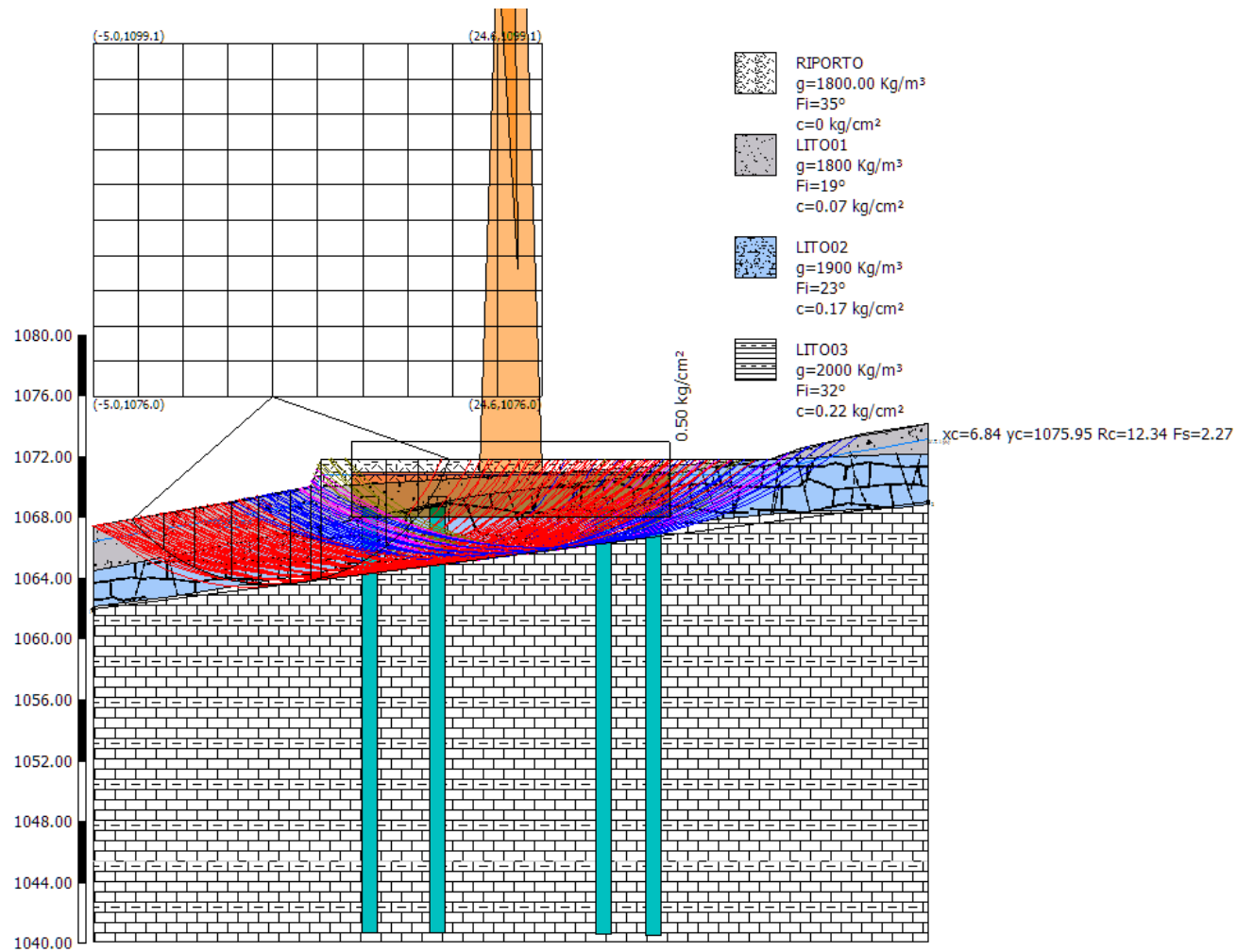


Figura 61 - Schema di calcolo pendio AE04 – C2 STATO PROGETTO – CONDIZIONI DRENATE DI PROGETTO



### 1.16 Verifiche geotecniche delle opere di sostegno delle piazzole - viabilità

Come indicato per la realizzazione delle piazzole e della viabilità, sono previste delle opere di sostegno in funzione degli assetti morfologici locali.

Si tratta essenzialmente di diverse tipologie di sezioni, per cui si prevede la realizzazione di terre armate a monte, a valle, in riporto e/o in sterro.

Sono state quindi eseguite una serie di verifiche, come previsto dalle NTC2018, per determinare il corretto dimensionamento delle opere di sostegno previste.

Si riporta di seguito una descrizione delle verifiche eseguite su una serie di sezioni tipologiche, in grado di descrivere compiutamente la totalità delle sezioni di progetto.

Le verifiche condotte in accordo alla normativa:

Norme tecniche per le costruzioni NTC2018 con verifiche nei confronti dello SLU

Relativamente ai carichi di progetto si evidenzia che è stato ipotizzato un carico dovuto ad esempio alla presenza di mezzi d'opera pari a 1000 kg/mq.

#### Descrizione terreni

##### *Caratteristiche fisico meccaniche*

###### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in [°]
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	ca [kg/cm <sup>2</sup> ]
LITO 01	1750.00	1950.00	19.000	12.670	0.070	0.035
LITO 02	1750.00	1950.00	23.000	15.330	0.170	0.085
LITO03	1750.00	1950.00	32.000	21.330	0.220	0.110

##### *Caratteristiche di deformabilità*

###### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
E	Modulo elastico ,espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\nu$	Coefficiente di Poisson
G	Modulo tangenziale, espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Vs	Velocità onde di taglio, espressa in [m/s]

Descrizione	E [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\nu$	G [kg/cm <sup>2</sup> ]	Vs [m/s]
LITO 01	75.00	0.000	0.00	0.00
LITO 02	0.00	0.000	0.00	0.00
LITO03	75.00	0.000	0.00	0.00

#### Stratigrafia terreno spingente

###### Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Sp	Spessore dello strato, espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione dello strato, espresso in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	Sp [m]	$\alpha$ [°]	Terreno
1	3.00	0.000	LITO 01
2	2.00	0.000	LITO 02
3	2.00	0.000	LITO03



## Caratteristiche rinforzi

### Simbologia adottata

Rinforzo	Identificativo del rinforzo
LTDS	Resistenza di progetto di lungo termine, espresso in [kg/m]
FS <sub>DG</sub>	Fattore di sicurezza per danni di giunzione
FS <sub>DC</sub>	Fattore di sicurezza per danni chimici
FS <sub>DB</sub>	Fattore di sicurezza per danni biologici
FS <sub>DA</sub>	Fattore di sicurezza per danni ambientali
LTDS <sub>A</sub>	Resistenza di progetto di lungo termine ammissibile, espresso in [kg/m]

Rinforzo	LTDS	FS <sub>DG</sub>	FS <sub>DC</sub>	FS <sub>DB</sub>	FS <sub>DA</sub>	LTDS <sub>A</sub>
	[kg/m]					[kg/m]
rinforzo 1	5600.00	1.00	1.00	1.00	1.30	4307.69

## Geometria terra armata

### Simbologia adottata

Il sistema di riferimento è il punto in alto a destra della terra armata

n°	Indice punto
X	Ascissa, espresso in [m]
Y	Ordinata, espresso in [m]

### Materiale di riempimento della terra armata: LIT003

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0.00	0.00	2	-1.60	0.00	3	-2.40	-2.80	4	0.00	-2.80

## Descrizione rinforzi della Terra armata

### Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
Y	Quota del rinforzo
Rinforzo	Identificativo del rinforzo
L	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
Lrv	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
Lro	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
Fds	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
Fpo	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y	Rinforzo	L	Lrv	Lro	Fds	Fpo
	[m]		[m]	[m]	[m]		
1	-0.40	rinforzo 1	1.71	0.30	1.20	0.90	0.90
2	-1.00	rinforzo 1	1.89	0.60	1.20	0.90	0.90
3	-1.60	rinforzo 1	2.06	0.60	1.20	0.90	0.90
4	-1.90	rinforzo 1	2.14	0.30	1.20	0.90	0.90
5	-2.20	rinforzo 1	2.23	0.30	1.20	0.90	0.90
6	-2.50	rinforzo 1	2.31	0.30	1.20	0.90	0.90
7	-2.80	rinforzo 1	2.40	0.30	1.20	0.90	0.90

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.  
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kg/m]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
Ψ <sub>0</sub> , Ψ <sub>1</sub> , Ψ <sub>2</sub>	Coefficienti di combinazione

### Condizione n° 1 - Condizione 1 \* VARIABILE - (Condizione 1)

#### Carichi distribuiti



$X_i$	$X_r$	$Q_i$	$Q_r$
[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
-1.60	1.40	1000.00	1000.00

Come riportato nelle figure seguenti, i tipologici delle sezioni verificate evidenziano valori elevati dei coefficienti di sicurezza.

Le verifiche eseguite sui tipologici delle sezioni sono riferite a:

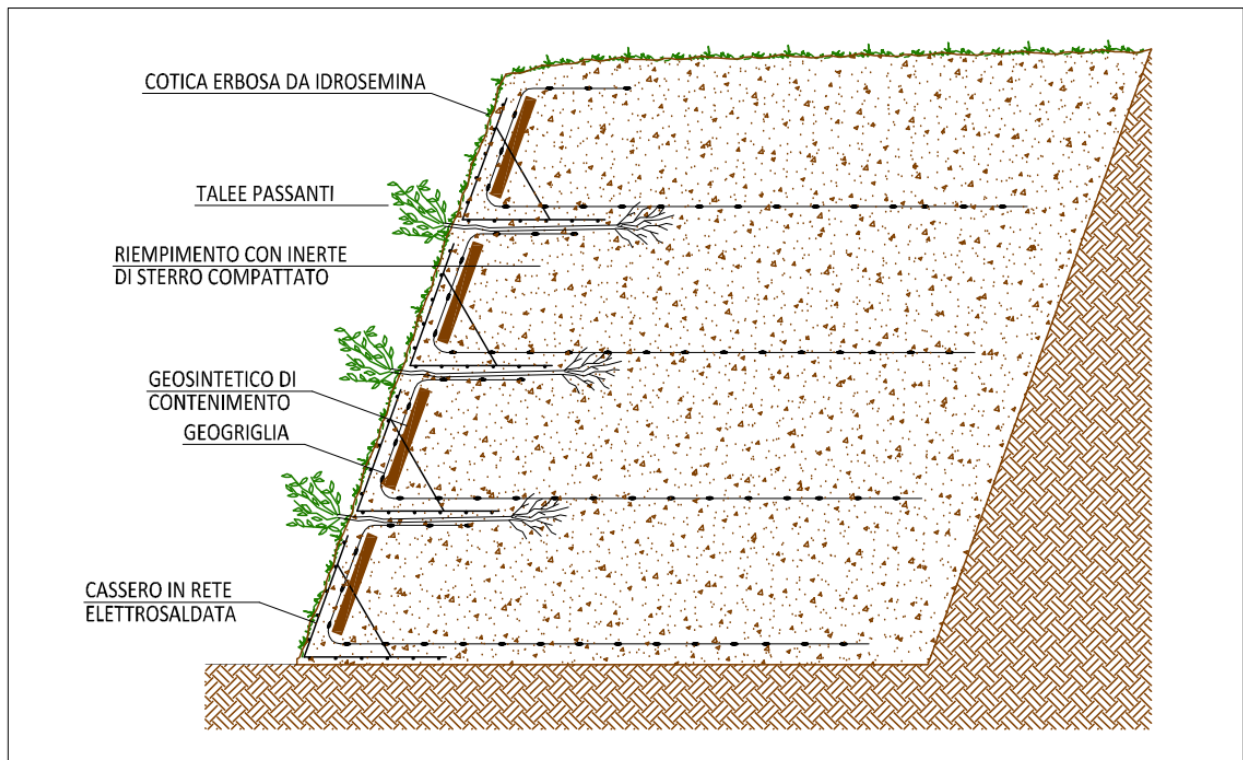
Stabilità globale, dell'insieme terreno + terra armata;

Scorrimento, all'interfaccia tra opera di sostegno e terra armata;

Stabilità interna, per la verifica dell'interazione interna terreno + materiali di rinforzo.

**Figura 62 - Schema di verifica tipologico terra armata – piazzole e viabilità**

### PARTICOLARE TERRE ARMATE



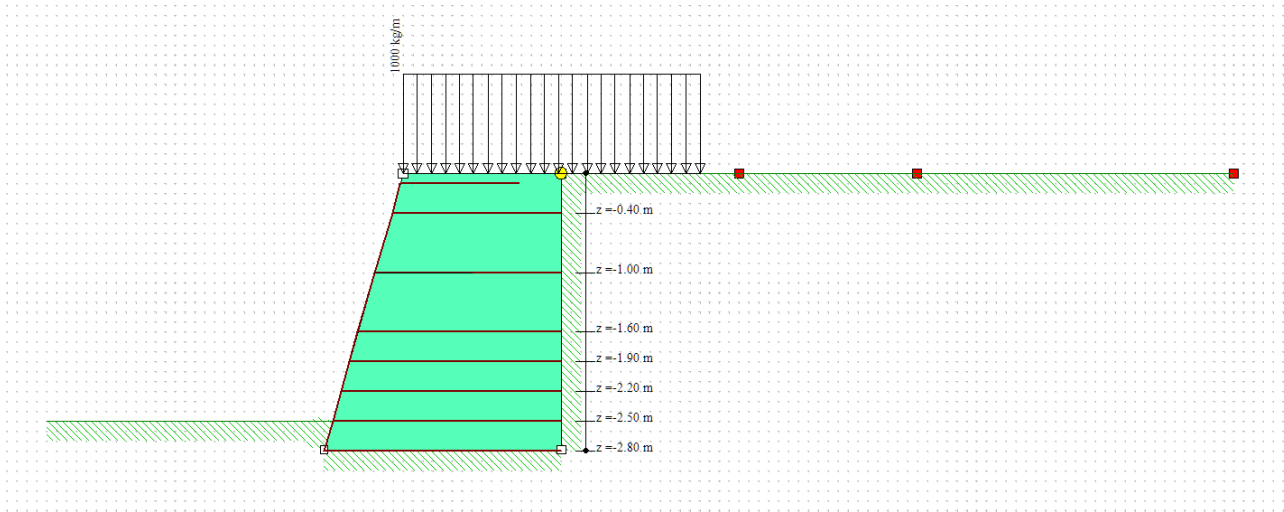


Figura 63- Schema di verifica tipologico terra armata – piazzole e viabilità

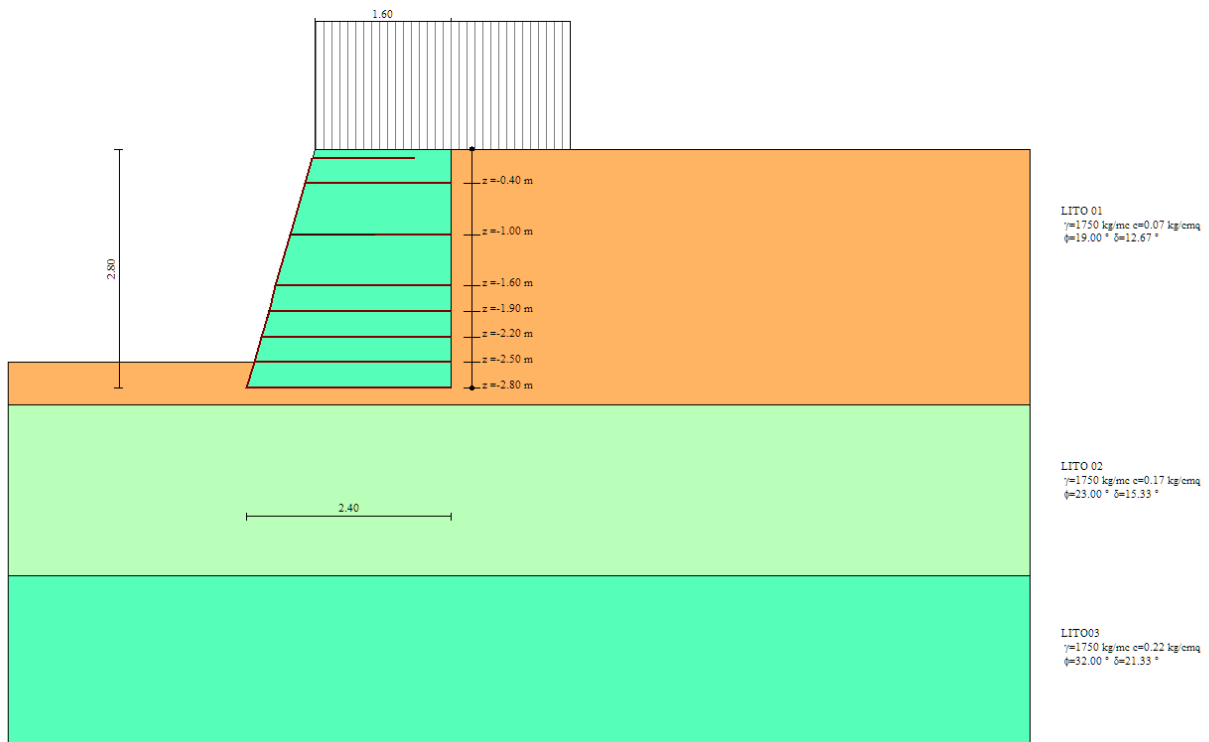


Figura 64 - Schema di verifica tipologico terra armata con stratigrafia – piazzole e viabilità



N°	Descrizione	g [kg/mc]	js [kg/mc]	phi [°]	d [°]	a [kg/cmq]	a [kg/cm]	colore
1 [A]	LITO 01	1750.0	1950.0	19.00	12.67	0.070	0.035	Orange
2 [A]	LITO 02	1750.0	1950.0	23.00	15.33	0.170	0.085	Light Green
3 [A]	LITO03	1750.0	1950.0	32.00	21.33	0.220	0.110	Green

Figura 65 - Schema di verifica tipologico terra armata con stratigrafia – piazzole e viabilità

Nr.	IR	xc [m]	yc [m]	R [m]	Xv [m]	Xm [m]	Fs
1	1	-1.75	0.00	0.40	-1.71	-1.35	8.85
2	1	-1.83	0.07	0.49	-1.71	-1.35	8.22
3	1	-1.91	0.15	0.58	-1.71	-1.35	7.88
4	1	-1.99	0.22	0.68	-1.71	-1.35	7.68
5	1	-2.07	0.29	0.78	-1.71	-1.35	7.55
6	1	-1.59	0.00	0.42	-1.71	-1.17	8.33
7	1	-1.67	0.11	0.51	-1.71	-1.17	7.56
8	1	-1.75	0.22	0.62	-1.71	-1.17	7.28
9	1	-1.83	0.33	0.74	-1.71	-1.17	7.04
10	1	-1.91	0.44	0.86	-1.71	-1.17	6.91
11	1	-1.54	0.15	0.57	-1.71	-0.98	7.66

MINIMO COMB.      RICHIESTI      MINIMO ASSOLUTO

Coefficiente di sicurezza (compound)      4.32      1.30      4.32 (Comb. 1)

Sforzo Rinforzi >>

<<      1 - A1-M1      >>

Help

Figura 66 – Risultati verifica geotecnica tipologico terra armata – piazzole e viabilità



	CALCOLATI		RICHIESTI	MINIMI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.50	■	1.10	1.50 (1)
Coefficiente di sicurezza a carico limite	3.00	■	1.40	3.00 (1)
Coefficiente di sicurezza stabilità globale				

1 - A1-M1

Figura 67 – Risultati verifica geotecnica tipologico terra armata – piazzole e viabilità

	CALCOLATI		RICHIESTI	MINIMI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.06	■	1.00	5.06 (2)
Coefficiente di sicurezza a scorrimento				
Coefficiente di sicurezza a carico limite				
Coefficiente di sicurezza stabilità globale				

2 - EQU

Figura 68 – Risultati verifica geotecnica tipologico terra armata – piazzole e viabilità





	CALCOLATI	RICHIESTI	MINIMI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento			
Coefficiente di sicurezza a scorrimento			
Coefficiente di sicurezza a carico limite			
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.71	1.10	1.71 (3)

<< 3 - STAB >> Help

Figura 69 – Risultati verifica geotecnica tipologico terra armata – piazzole e viabilità

n°	FS_sc	FS_sf	FS_tr	FS_sfr
1	100.00	100.00	100.00	1000.00
2	100.00	100.00	100.00	1000.00
3	100.00	100.00	100.00	1000.00
4	100.00	100.00	100.00	1000.00
5	100.00	100.00	100.00	1000.00
6	100.00	100.00	100.00	1000.00
7	263.67 [T]	527.35 [T]	157.74 [T]	96.29

Valori	RICHIESTI	CALCOLAT	MINIMI
RICHIESTI	1.50	3.00	1.30
CALCOLAT	100.00	100.00	96.29
MINIMI	100.00 (1)	100.00 (1)	96.29 (1)

<< 1 - A1-M1 >> Help

Figura 70 – Risultati verifica geotecnica tipologico terra armata – piazzole e viabilità



## Risultati

### Sintesi - Fattori di sicurezza

#### Verifiche esterne

##### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
FS <sub>Rib</sub>	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS <sub>Scor</sub>	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS <sub>Qlim</sub>	Fattore di sicurezza a carico limite
FS <sub>Stab</sub>	Fattore di sicurezza a stabilità globale

IC	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Qlim</sub>	FS <sub>Rib</sub>	FS <sub>Stab</sub>
1	1.502	2.999	--	--
2	--	--	5.063	--
3	--	--	--	1.706
4	2.870	5.191	--	--
5	2.124	4.225	--	--
6	2.870	5.191	--	--

#### Verifiche esterne

#### Risultati spinta

##### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
S	Spinta statica, incremento sismico della spinta e spinta falda, espresse in [kg]
So	Componente orizzontale della spinta statica, espresse in [kg]
Sv	Componente verticale della spinta statica, dell'incremento sismico o la sottospinta della falda, espresse in [kg]
P	Punto di applicazione della spinta, dell'incremento sismico e della spinta della falda, espresse in [kg]
Is	Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

n°	Descrizione	S [kg]	So [kg]	Sv [kg]	P [m]	Is [°]
1	Spinta statica	2997	2924	657	0.00; -1.85	12.67
4	Spinta statica	1106	1079	243	0.00; -2.24	12.67
5	Spinta statica	1682	1641	369	0.00; -1.97	12.67
6	Spinta statica	1106	1079	243	0.00; -2.24	12.67

#### Risultanti al piano di posa

##### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rp	Risultante al piano di posa, espressa in [kg]
β	Inclinazione della risultante rispetto al piano di posa, espresse in [°]
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kg]
Rt	Risultante tangente al piano di posa, espressa in [kg]
Rx	Risultante in direzione X, espressa in [kg]
Ry	Risultante in direzione Y, espressa in [kg]
e	Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione, espressa in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

n°	Rp [kg]	β [°]	Rn [kg]	Rt [kg]	Rx [kg]	Ry [kg]	e [m]	Mr [kgm]	Ms [kgm]
1	16066	10.49	15797	2924	2924	15797	-0.085		
2	12281	15.76	11820	3335	3335	11820	0.011	3459	17510
4	10100	6.13	10043	1079	1079	10043	-0.151		
5	11883	7.94	11769	1641	1641	11769	-0.132		
6	10100	6.13	10043	1079	1079	10043	-0.151		



## Verifica a carico limite

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kg]
Qu	Carico ultimo della fondazione, espressa in [kg]
Pv	Pressione terreno allo spigolo di valle, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Pm	Pressione terreno allo spigolo di monte, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Lr	Lunghezza fondazione reagente, espressa in [m]
Nc, Nq, Ng	Coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N'g	Coeff. di capacità portante corretti dai coeff. di forma, profondità, inclinazione del piano di posa e inclinazione del piano campagna a valle

n°	N	Qu	Pv	Pm	Lr	Nc	Nq	Ng	N'c	N'q	N'g
	[kg]	[kg]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[m]						
1	15797	47369	0.518	0.799	2.40	13.93	5.80	2.40	11.26	4.60	0.49
4	10043	52127	0.261	0.576	2.40	13.93	5.80	2.40	12.52	5.12	1.12
5	11769	49727	0.329	0.652	2.40	13.93	5.80	2.40	11.99	4.90	0.83
6	10043	52127	0.261	0.576	2.40	13.93	5.80	2.40	12.52	5.12	1.12

## Stabilità globale terra armata + terreno

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)	
Is	Indice della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
l	lunghezza della base della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kg]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kg]
Rt, Rn	Resistenza tangenziale e normale del rinforzo alla base della striscia espressa in [kg]

### Combinazione n° 3

#### Superficie di scorrimento n° 32 - Fs = 1.71

Is	W	α	φ	c	l	u	N	T	El	Er	Rt	Rn
	[kg]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[m]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1	78	-38.923	15.401	560.00	0.43	0.00	61	150	0	0	0	0
2	219	-32.810	15.401	560.00	0.40	0.00	184	160	0	0	0	0
3	333	-27.246	18.756	1360.00	0.37	0.00	296	357	0	0	0	0
4	423	-22.112	18.756	1360.00	0.36	0.00	392	364	0	0	0	0
5	492	-17.304	18.756	1360.00	0.35	0.00	470	371	0	0	0	0
6	543	-12.737	18.756	1360.00	0.34	0.00	530	377	0	0	0	0
7	576	-7.596	18.756	1360.00	0.34	0.00	571	381	0	0	0	0
8	594	-2.089	18.756	1360.00	0.33	0.00	594	383	0	0	0	0
9	1509	2.218	18.756	1360.00	0.33	0.00	1508	565	0	0	0	0
10	1383	6.555	18.756	1360.00	0.33	0.00	1374	540	0	0	0	0
11	1930	11.200	18.756	1360.00	0.34	0.00	2122	692	0	0	0	0
12	1954	17.261	18.756	1360.00	0.35	0.00	2279	731	0	0	0	0
13	1887	21.983	18.756	1360.00	0.36	0.00	2150	714	0	0	0	0
14	1799	27.007	18.756	1360.00	0.37	0.00	1988	693	0	0	0	0
15	1688	32.423	15.401	560.00	0.39	0.00	2039	418	0	0	391	249
16	1551	38.330	15.401	560.00	0.42	0.00	1556	390	0	0	0	0
17	1379	44.830	15.401	560.00	0.47	0.00	1285	361	0	0	0	0
18	1161	51.994	15.401	560.00	0.54	0.00	981	336	0	0	0	0
19	871	60.582	15.401	560.00	0.68	0.00	640	326	0	0	0	0
20	406	74.265	15.401	560.00	1.23	0.00	167	429	0	0	0	0

## Verifiche interne

### Risultati rinforzi

#### Simbologia adottata

Ir	Indice rinforzo
Sft	Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kg/m]
Sfdc	Sforzo nel rinforzo per meccanismo doppio cuneo, espressa in [kg/m]
Sfr	Sforzo nel rinforzo per meccanismo rotazionale, espressa in [kg/m] (sforzo che ha determinato il fattore di sicurezza minore a scorrimento)

Gli sforzi nei rinforzi possono essere nulli. In tal caso la stabilità della superficie analizzata è garantita a meno del contributo dei rinforzi.



Combinazione n° 1

Ir	Sft [kg/m]	Sfdc [kg/m]	Sfr [kg/m]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	27.31	0.00	0.00

**Meccanismi di rottura**

**Simbologia adottata**

n°	Indice del rinforzo
Sf	Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kg/m]
RSCO	Resistenza allo scorrimento, espressa in [kg/m]
FSSCO	Fattore di sicurezza allo scorrimento
RSFI	Resistenza allo sfilamento, espressa in [kg/m]
FSFI	Fattore di sicurezza allo sfilamento
RTRA	Resistenza a trazione, espressa in [kg/m]
FSTRA	Fattore di sicurezza a trazione
Ll, Lf	Lunghezza libera e di fondazione, espresse in [m]

**Meccanismo rottura planare**

Combinazione n° 1

Ir	Sf [kg/m]	RSCO [kg/m]	FSSCO	RSFI [kg/m]	FSFI	RTRA [kg/m]	FSTRA	Ll [m]	Lf [m]
1	0.00	0.00	100.000	0.00	100.000	4307.69	100.000	1.71	0.00
2	0.00	306.97	100.000	613.93	100.000	4307.69	100.000	1.65	0.24
3	0.00	1965.09	100.000	3930.18	100.000	4307.69	100.000	1.10	0.96
4	0.00	3208.70	100.000	6417.39	100.000	4307.69	100.000	0.82	1.32
5	0.00	4692.57	100.000	9385.13	100.000	4307.69	100.000	0.55	1.68
6	0.00	6071.47	100.000	12142.94	100.000	4307.69	100.000	0.27	2.04
7	27.31	7200.58	263.675	14401.15	527.350	4307.69	157.742	0.00	2.40

**Stabilità globale della terra armata**

**Simbologia e convenzioni di segno adottate**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)	
Is	Indice della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kg]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kg]

Combinazione n° 1

**Superficie di scorrimento n° 69 -  $F_s = 4.32$**

Is	W [kg]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	b [m]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	N [kg]	T [kg]
1	28	18.105	32.000	0.22	0.09	0.00	27	51
2	84	19.824	32.000	0.22	0.09	0.00	79	59
3	139	21.588	32.000	0.22	0.09	0.00	129	67
4	194	23.402	32.000	0.22	0.10	0.00	178	75
5	247	25.721	32.000	0.22	0.10	0.00	223	82
6	280	27.830	32.000	0.22	0.10	0.00	343	100
7	271	29.794	32.000	0.22	0.10	0.00	350	102
8	261	31.830	32.000	0.22	0.10	0.00	334	101



<b>Is</b>	<b>W</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\phi</math></b>	<b>c</b>	<b>b</b>	<b>u</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
	[kg]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[m]	[kg/cmq]	[kg]	[kg]
9	249	33.945	32.000	0.22	0.11	0.00	317	100
10	237	36.146	32.000	0.22	0.11	0.00	298	99
11	223	38.440	32.000	0.22	0.11	0.00	279	98
12	209	40.952	32.000	0.22	0.12	0.00	257	97
13	193	43.383	32.000	0.22	0.12	0.00	236	96
14	175	45.892	32.000	0.22	0.13	0.00	214	95
15	156	48.645	32.000	0.22	0.13	0.00	190	96
16	135	51.573	32.000	0.22	0.14	0.00	166	96
17	111	54.565	32.000	0.22	0.15	0.00	141	98
18	85	57.677	32.000	0.22	0.16	0.00	116	101
19	55	61.387	32.000	0.22	0.18	0.00	90	107
20	20	65.279	32.000	0.22	0.21	0.00	64	117



### 1.17 Prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei Piani di Sicurezza

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento (P.S.C.) dovrà essere redatto da professionista abilitato ai sensi del D.Lgs. 81/08, e farà parte degli elaborati progettuali di contratto per l'esecuzione dei lavori.

L'impresa aggiudicataria dei lavori è tenuta ad attuare quanto previsto nel P.S.C. e deve predisporre un proprio Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) che deve avere le caratteristiche di un piano complementare di dettaglio del P.S.C.

Oltre all'impresa aggiudicataria tutte le imprese esecutrici e i lavoratori autonomi che prestano la propria attività all'interno del cantiere, a qualsiasi titolo, sono tenute, prima dell'inizio dei rispettivi lavori, alla redazione di un proprio P.O.S.

Il datore di lavoro dell'impresa esecutrice mette a disposizione copia del P.S.C. al Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza almeno 10 giorni prima dell'inizio dei lavori, gli stessi rappresentanti dei lavoratori potranno avanzare richieste di chiarimenti sul contenuto del Piano e ove lo ritengano necessario produrre proposte di modifica.

L'impresa che si aggiudica i lavori può presentare proposte di integrazione al P.S.C. ove ritenga, sulla base della propria esperienza, di poter meglio garantire la sicurezza dei lavoratori nel cantiere.

Il Committente, prima dell'affidamento dell'incarico dei lavori, designa un professionista abilitato quale Coordinatore per l'esecuzione dei lavori cui spettano i poteri e gli obblighi di cui al D. Lgs. 81/08; in particolare si ricorda che una funzione molto importante è quella di organizzare tra i datori di lavoro, ivi compresi i lavoratori autonomi, la cooperazione ed il coordinamento delle attività, nonché la loro reciproca informazione.

E' facoltà e dovere del Coordinatore in fase di esecuzione, ove egli stesso lo ritenga necessario per il verificarsi di mutate condizioni nel corso delle lavorazioni o perché lo reputi comunque indispensabile, apportare eventuali modifiche al fine di integrare e migliorare il presente Piano.

Tutti i lavoratori presenti in cantiere, sia quelli dipendenti dell'impresa appaltatrice che quelli autonomi, dovranno seguire i contenuti e prescrizioni del Piano.

Durante la realizzazione delle opere, i principali rischi sono quelli derivanti dall'esecuzione di scavi, la predisposizione delle opere in cls e la movimentazione ed il montaggio delle diverse attrezzature e dei diversi macchinari.

Nel caso delle opere di scavo e di preparazione del cantiere, al fine di preservare la caduta dei lavoratori, come misure di prevenzione e protezione la normativa prescrive di delimitare il bordo degli scavi con adeguate segnalazioni temporanee, riposizionabili nel proseguimento delle fasi di scavo (DPR 164/56, art. 12).

E' inoltre vietato effettuare deposito di materiale sul ciglio dello scavo, sostarvi e sostare nel raggio di azione della macchina operatrice.

Nel caso di scavi che arrivano a profondità superiori ad 1,50m o quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

Il D.Lgs. 626/94 obbliga in generale ogni lavoratore a prendersi cura della propria sicurezza e salute sul luogo di lavoro e ciascun datore di lavoro a porre in atto tutte le condizioni affinché possa essere garantita la sicurezza e la salute dei lavoratori stessi. I datori di lavoro e i lavoratori autonomi dovranno seguire quanto previsto dal D.Lgs 81/08, oltre ad adottare i contenuti e le prescrizioni del presente Piano.

I direttori di cantiere, i preposti, gli assistenti sono a loro volta chiamati, ognuno per le proprie competenze, a vigilare e verificare che siano rispettate da parte dei lavoratori e delle imprese le norme di Legge in materia di sicurezza e i contenuti e le prescrizioni dettate dal Piano di Sicurezza e dal Coordinatore in fase di esecuzione.



E' obbligatorio predisporre idonea segnaletica di sicurezza, sia diurna che notturna; vietare l'avvicinamento, la sosta e il transito delle persone non addette mediante avvisi e sbarramenti (DPR 164/56, art.9).

Sarà quindi presente in cantiere adeguata segnaletica di sicurezza e salute di cui al D. Lgs. 493/96 (al quale si rimanda per una completa valutazione di quanto necessita al cantiere in oggetto).

Essa verrà posizionata stabilmente negli specifici punti del cantiere ove è necessaria la presenza di un determinato cartello in relazione al tipo di lavorazione svolta, alla sua pericolosità, alla presenza impianti, attrezzature o macchine operatrici che inducano rischio. In generale si dovrà evitare di raggruppare la segnaletica in un unico grande cartello.

In particolare, lungo la recinzione e nell'area delimitata dalla stessa ed in posizione ben visibile, devono essere installati dei cartelli che evidenzino le condizioni di pericolo, i divieti, i comportamenti e le informazioni di sicurezza, in conformità al D.Lgs. 493/96.

All'ingresso del cantiere verrà affisso un cartello indicante, l'oggetto dei lavori, la ditta appaltante, la ragione sociale dell'Impresa appaltatrice, gli eventuali subappaltatori, il nominativo dei coordinatori sia in fase di progettazione che di esecuzione e le altre notizie utili a identificare la tipologia dei lavori.

Ogni lavoratore della Ditta appaltatrice e rappresentante per la sicurezza, così come ciascun lavoratore autonomo, deve essere a conoscenza dei rischi presenti in cantiere anche attraverso la segnaletica di sicurezza, in particolare attraverso i cartelli; per questo motivo dovrà conoscerne l'esatto significato (divieto, prescrizione, salvataggio). I segnali di salvataggio e soccorso hanno forma quadrata o rettangolare con colore di fondo verde. I luoghi dove esistono pericoli di urto, di caduta, di inciampo, oppure le zone con rischio di caduta di carichi o materiali dall'alto saranno delimitati con nastri tratteggiati tipo vedo. All'ingresso del cantiere o in prossimità di esso, verrà disposta la segnaletica stradale necessaria per impedire incidenti. In questo caso sarà indicato: cantiere, lavori in corso, uscita di automezzi, ecc... Di seguito sono presentati alcuni dei principali segnali che devono essere posti nell'area di cantiere.

**Tabella 45 - Tabella riepilogativa segnalazioni/indicazioni sicurezza area cantiere**

Descrizione dei segnali	Riferimento	Richiesto in Cantiere	
Divieto di ingresso alle persone non autorizzate	accessi cantiere e zone esterne al cantiere.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
In cantiere è obbligatorio l'uso dei dispositivi di protezione individuale Utilizzo dei DPI	Segnalazione nei pressi della baracca di cantiere e nelle zone interessate a particolari situazioni (raggio di azione gru - presenza lavorazioni particolari)	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Annunciarsi in ufficio prima di accedere al cantiere	All'esterno del cantiere presso l'accesso pedonale e carraio	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Vietato pulire, oliare, ingrassare organi in moto	È esposto nei pressi della centrale di betonaggio, betoniere, mescolatrici per calcestruzzo.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Vietato eseguire riparazioni o registrazioni su organi in moto	È esposto nei pressi della centrale di betonaggio, betoniere, mescolatrici, pompe e gru.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Vietato passare e sostare nel raggio d'azione della gru.	È esposto in corrispondenza dei posti di aggancio e sollevamento dei materiali.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Vietato passare e sostare nel raggio d'azione dell'escavatore (o pala)	È esposto in prossimità della zona dove sono in corso lavori di scavo e/o movimento terra con mezzi meccanici	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Attenzione carichi sospesi	È esposto nelle aree di azione delle gru ed in corrispondenza delle zone di salita e discesa dei carichi.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Protezione del capo	È presente negli ambienti di lavoro dove	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO






	esistono pericolo di caduta materiale dall'alto o urto con elementi pericolosi.		
Pericolo di caduta in aperture del suolo	Nelle zone degli scavi e delle canalizzazioni per posa tubature e simili.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Pericolo di tagli e protezione di schegge	E' presente nei pressi delle attrezzature con tali rischi (es. sega circolare, tagliamattoni ecc.)	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Estintore	Zone fisse (baracca ecc.) Zone mobili (nei pressi di lavorazioni a rischio)	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Divieto di fumare	Nei luoghi chiusi. (!)	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Vietato l'accesso ai pedoni	Nei pressi del passo carraio	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Pronto soccorso	Nei pressi della cassetta di medicazione	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Pericolo: rimozione amianto	All'ingresso del cantiere e per la durata dei lavori di bonifica. E' opportuno che il cartello di pericolo sia esposto anche in altri punti "caldi" del cantiere.	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO

La segnaletica deve essere posizionata in prossimità del pericolo ed in luogo ben visibile, di seguito sono illustrati i segnali principali presenti nei cantieri.

**Tabella 46 - Tabella riepilogativa segnali cartelli di cantiere**

CARTELLO	INFORMAZIONE TRASMESSA DAL CARTELLO	COLLOCAZIONE IN CANTIERE DEL CARTELLO
	Vietato l'ingresso agli estranei	Ingresso cantiere, ingresso zona deposito dei materiali.
	Attenzione ai carichi sospesi	Recinzione esterna ed area di cantiere, in corrispondenza dell'argano del ponteggio
	Pericolo di scarica elettrica	Quadro elettrico.
	Protezione obbligatoria degli occhi	Nelle lavorazioni che possono determinare eiezioni e spruzzi di materiali.
	Casco di protezione obbligatorio	Recinzione esterna vicino agli ingressi ed area di cantiere.
	Protezione obbligatoria dell'udito	Nell'uso di macchine/attrezzature rumorose.



	Calzature di sicurezza obbligatorie	Area di cantiere.
---	-------------------------------------	-------------------

L'uso dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) da parte dei lavoratori, DPI che dovranno essere conformi a quanto indicato nel Decreto Legislativo 475/92 e succ. modifiche, è disciplinato in relazione alle varie fasi lavorative ed indicato in apposite schede. L'utilizzo dei DPI stessi potrà comunque essere controllato e indicato anche dal Coordinatore in fase di esecuzione in relazione allo specifico svolgimento delle lavorazioni e alle contingenze delle fasi di cantiere e di gestione dell'impianto.

Di seguito è inserita una tabella riepilogativa sulla funzione dei vari DPI.

**Tabella 47 - Tabella riepilogativa DPI cantiere**

TIPO DI PROTEZIONE	TIPO DI DPI	MANSIONE SVOLTA
Protezione del capo	Casco	Tutte le mansioni
Protezione dell'udito	Cuffie – Inserti – Tappi	Durante le fasi di lavorazione in cui se ne ha specifica prescrizione del Coordinatore (saldatura, etc..)
Protezioni occhi e viso	Occhiali, visiera	Durante le fasi di lavorazione in cui se ne ha specifica prescrizione del Coordinatore (impermeabilizzazione, etc...)
Protezione delle vie respiratorie	Maschere in cotone, maschere al carbonio, maschere antipolvere	Durante le fasi di lavorazione in cui se ne ha specifica prescrizione del Coordinatore
Protezione dei piedi	Scarpe antinfortunistica, stivali in gomma	Tutte le mansioni
Protezione delle mani	Guanti in pelle Guanti in gomma Guanti in lattice Guanti in maglia metallica	Tutte le mansioni
Protezione delle altre parti del corpo	Gambali in cuoio Ginocchiere	Durante le fasi di lavorazione in cui se ne ha specifica prescrizione del Coordinatore
Protezione contro le cadute dall'alto	Cinture di sicurezza	Lavori in quota

Prima dell'inizio dei lavori i lavoratori dovranno essere portati a conoscenza delle modalità di pronto intervento, degli obblighi e competenze degli specifici addetti e del comportamento da tenere singolarmente in caso si verifichi un incidente; dovrà inoltre essere assegnato specificatamente il compito di chiamata telefonica in caso di emergenza sanitaria.

Dovrà essere nota a tutti i lavoratori la dislocazione della cassetta di pronto soccorso, la quale sarà conservata a norma di Legge e dotata di tutti i presidi previsti dalla Legge stessa (il pacchetto delle medicazioni deve essere conforme a quanto previsto dal D.P.R 303/56).



I lavoratori dovranno aver ricevuto adeguata informazione sulla formazione degli addetti al pronto intervento, sui procedimenti relativi alle operazioni di pronto soccorso immediato in caso degli incidenti che possono verificarsi in cantiere onde garantire un uso adeguato dei presidi medici in attesa dei soccorsi.

La ditta dovrà fornire e conservare i dati del medico competente (nominativo, numero di telefono) e in relazione alla tipologia delle lavorazioni dovrà garantire la sorveglianza sanitaria sulle maestranze stesse, compreso accertamenti sanitari preventivi e periodici di cui all'art. 33 della L. 303/56, di cui all'art. 16 del D. Lgs. 81/08, di cui all'art. 29 e segg. Del d. lgs. 277/91.

Specifiche procedure di emergenza ed evacuazione del luogo di lavoro dovranno essere approntate per il periodo corrispondente alle fasi di gestione dei cantieri.

A titolo del tutto indicativo si forniscono delle procedure comportamentali da seguire in caso di pericolo grave ed immediato, consistenti essenzialmente nella designazione ed assegnazione dei compiti da svolgere in caso di emergenza e in controlli preventivi, durante la fase di cantiere.

Idonee e similari indicazioni di gestione delle fasi di emergenza dovranno essere approntate dal committente per quanto riguarda le fasi di gestione ordinaria dell'impianto, una volta questo ultimato e avviato.

Il personale operante nella struttura dovrà conoscere le procedure e gli incarichi a ciascuno assegnati per comportarsi positivamente al verificarsi di una emergenza, secondo i compiti e le procedure generali riportate di seguito:

Il capo cantiere è l'incaricato che dovrà dare l'ordine di evacuazione in caso di pericolo grave ed immediato; Il capo cantiere una volta dato il segnale di evacuazione provvederà a chiamare telefonicamente i soccorsi (i numeri si trovano nella scheda "numeri utili" inserita nel piano di sicurezza e di coordinamento);

Gli operai presenti nel cantiere, al segnale di evacuazione, metteranno in sicurezza le attrezzature e si allontaneranno dal luogo di lavoro verso un luogo sicuro (normalmente ingresso cantiere);

Il capo cantiere, giornalmente, verificherà che i luoghi di lavoro, le attrezzature, la segnaletica rimangano corrispondenti alla normativa vigente, segnalando le anomalie e provvedendo alla sostituzione, adeguamento e posizionamento degli apprestamenti di sicurezza.

Di seguito viene riportato un elenco delle procedure di pronto soccorso, come prima bozza preliminare di lavoro.

Poiché nelle emergenze è essenziale non perdere tempo, è fondamentale conoscere alcune semplici misure che consentano di agire adeguatamente e con tempestività :

garantire l'evidenza del numero di chiamata per il Pronto Soccorso, VVF, negli uffici (scheda "numeri utili"); predisporre indicazioni chiare e complete per permettere ai soccorsi di raggiungere il luogo dell'incidente (indirizzo, telefono, strada più breve, punti di riferimento);

cercare di fornire già al momento del primo contatto con i soccorritori, un'idea abbastanza chiara di quanto è accaduto, il fattore che ha provocato l'incidente, quali sono state le misure di primo soccorso e la condizione attuale del luogo e dei feriti eventuali;

in caso di incidente grave, qualora il trasporto dell'infortunato possa essere effettuato con auto privata, avvisare il Pronto Soccorso dell'arrivo informandolo di quanto accaduto e delle condizioni dei feriti;

in attesa dei soccorsi tenere sgombra e segnalare adeguatamente una via di facile accesso;

prepararsi a riferire con esattezza quanto è accaduto, e le attuali condizioni dei feriti;

controllare periodicamente le condizioni e la scadenza del materiale e dei farmaci di primo soccorso.

Infine si ricorda che nessuno è obbligato per legge a mettere a repentaglio la propria incolumità per portare soccorso e non si deve aggravare la situazione con manovre o comportamenti scorretti.

•



### Prima assistenza infortuni:

Valutare quanto prima se la situazione necessita di altro aiuto oltre al proprio;  
evitare di diventare una seconda vittima: se attorno all'infortunato c'è pericolo (di scarica elettrica, esalazioni gassose, ...) prima di intervenire, adottare tutte le misure di prevenzione e protezione necessarie;  
spostare la persona dal luogo dell'incidente solo se necessario o c'è pericolo imminente o continuato, senza comunque sottoporsi agli stessi rischi;  
accertarsi del danno subito: tipo di danno (grave, superficiale,...), regione corporea colpita, probabili conseguenze immediate (svenimento, insufficienza cardio-respiratoria);  
accertarsi delle cause: causa singola o multipla (caduta, folgorazione e caduta,...), agente fisico o chimico (scheggia, intossicazione, ...);  
porre nella posizione più opportuna (di sopravvivenza) l'infortunato e apprestare le prime cure;  
rassicurare l'infortunato e spiegarli che cosa sta succedendo cercando di instaurare un clima di reciproca fiducia;  
conservare stabilità emotiva per riuscire a superare gli aspetti spiacevoli di una situazione d'urgenza e controllare le sensazioni di sconforto o di disagio che possono derivare da essi.

## 1.18 Quadro descrittivo delle fasi di gestione

### 1.18.1 Tempi e forme di utilizzo

Per quanto riguarda tempi e forme di utilizzo nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono già stati riassunti il quadro temporale e la durata della fasi di edificazione degli interventi di cantiere (circa 20/24 mesi). Per quanto riguarda la durata della fasi di edificazione, operatività e smantellamento si riassume in sintesi il quadro temporale degli interventi di cui:

QUADRO TEMPORALE DI SINTESI (ANNI)	
FASI DI EDIFICAZIONE	2
FASE DI OPERATIVITA'	25-30
FASI DI SMANTELLAMENTO	0,4

Le fasi di edificazione, la cui durata complessiva è di circa 20/24 mesi, sono state già descritte in precedenza e prevedono una serie di interventi sulla viabilità, per la realizzazione delle piazzole e della linea elettrica a MT, e per la messa in opera degli aerogeneratori.

La fase di operatività per una centrale eolica va dai 25 ai 30 anni e nell'arco temporale previsto la centrale funzionerà come descritto nel progetto.

Lo smantellamento di una centrale eolica avviene alla fine della operatività della centrale: si tratta sostanzialmente delle operazioni opposte alla costruzione, per cui le fasi sono temporalmente rovesciate rispetto alla costruzione stessa, e individuabili nelle operazioni di smontaggio e sezionamento delle pale, in modo da posizionarle su un autoarticolato standard così da effettuare il trasporto senza alcun reintervento sulla viabilità esistente, smontaggio della navetta e smontaggio dei cilindri che compongono la torre. Smontata la struttura metallica, che era fissata alla fondazione con bulloneria speciale, la fondazione verrà ricoperta di terra e quindi viene ripristinata la condizione originaria con la piantumazione di erba e vegetazione come presente ai margini dell'area, in tale modo il plinto di fondazione continua a rimanere interrato ad oltre un metro di profondità, consentendo eventuali operazioni agricole (aratura compresa) e/o pastorali originariamente presenti nell'area in oggetto.



### 1.18.2 *Interventi di manutenzione di esercizio corrente*

Lo stato degli aerogeneratori viene monitorato in continuo con un sistema di telecontrollo da remoto, non è prevista quindi nessuna attività sul posto di controllo o di manutenzione corrente.

### 1.18.3 *Interventi di manutenzione ordinaria*

Per la manutenzione ordinaria dell'impianto si prevede una frequenza semestrale ed un impegno pari a 6 – 8 ore per aerogeneratore e per intervento. La squadra di servizio e manutenzione sarà composta da due tecnici. Ad ogni controllo vengono testati tutti i componenti dell'aerogeneratore così come previsto dal manuale di manutenzione.

Le verifiche periodiche comprendono anche una serie di simulazioni in condizioni di avaria, per verificare la sicurezza del sistema. Un campione di olio lubrificante viene inoltre periodicamente spedito ad un laboratorio specializzato per verificarne l'efficacia e le condizioni generali.

Le verifiche avvengono interamente all'interno delle macchine (in alto nella navicella ed al suolo alla base della torre) e sono pertanto evitati sversamenti accidentali di oli e lubrificanti o di altri liquidi inquinanti sul terreno.

### 1.18.4 *Interventi di manutenzione straordinaria.*

Gli interventi di manutenzione straordinaria riguardano principalmente la sostituzione degli olii e dei lubrificanti o di eventuali pezzi che presentano anomali livelli di usura. In considerazione dell'eccezionalità e della specificità dell'intervento, ogni operazione verrà propedeuticamente analizzata, e successivamente eseguita da imprese e manodopera altamente specializzate, che offriranno in ogni condizioni la massima garanzia contro eventuali compromissioni ambientali.

## 1.19 **Descrizione delle principali fasi di smantellamento del parco**

Il tempo di vita media di un impianto eolico è generalmente non inferiore ai 20 anni, trascorsi i quali è comunque possibile, dopo una attenta revisione di tutti i componenti dell'impianto, prolungare ulteriormente l'attività dell'impianto e conseguentemente la produzione di energia. Una volta esaurita la vita utile, in altri termini, è possibile programmare lo smantellamento dell'intero impianto e la riqualificazione del sito di progetto che – con interventi non particolarmente onerosi – può essere ricondotto alle condizioni ante operam.

### 1.19.1 *Interventi di smontaggio degli aerogeneratori*

#### • SMONTAGGIO PALE

Le tre pale in vetroresina vengono separate dalla navetta in cui trova alloggiamento il generatore e il riduttore, e quindi depositate sulla piazzola da una apposita gru. Si provvede quindi allo smontaggio delle tre pale e del perno centrale, pale che vengono quindi singolarmente posizionate su un autoarticolato speciale che effettua il trasporto alle Aziende produttrici (in genere nord europee) delle stesse pale che le ricondizioneranno per successivi riutilizzi in altri impianti.

Tempi di smontaggio per singola turbina: 2 giorni - Tempi di smontaggio per 16 turbine: 32 giorni

#### • SMONTAGGIO NAVETTA

La speciale gru da 600 ton. provvede successivamente a smontare e posizionare su speciale autoarticolato la navetta contenente il generatore e il riduttore, autoarticolato che effettua il trasporto presso ditte specializzate per lo smontaggio e il ricondizionamento di parti dello stesso, le parti non ricondizionate verranno quindi trasferite a fonderie che le utilizzeranno come "materie seconde".

Tempi di smontaggio per singola turbina: 2 giorni - Tempi di smontaggio per 16 turbine: 32 giorni

#### • SMONTAGGIO CILINDRI CHE COMPONGONO LA TORRE



La torre viene smantellata in tre o 4 cilindri di circa 4 m di diametro (cilindri che compongono la stessa torre), e che vengono posizionati su speciali autoarticolati che provvedono al trasferimento a fonderie dove l'acciaio speciale di cui sono composti, viene utilizzato come "materia seconda".

Tempi di smontaggio per singola turbina: 3 giorno - Tempi di smontaggio per 16 turbine: 48 giorni

#### **1.19.2 Interventi di ripristino ambientale delle piazzole**

Smontata la torre rimane una porzione di ancoraggio della stessa ad una profondità di circa 2 m rispetto al piano del terreno circostante ed eccedente il piano di campagna per circa 40 cm. Tale porzione della fondazione verrà completamente rimossa senza alterare la integrità del plinto in cemento armato che ora svolge la sola funzione di presidio strutturale del versante. L'intera area viene quindi ricoperta di terreno vegetale ripristinando la forma originaria e ottenendo la sistemazione finale con la piantumazione di essenze autoctone e vegetazione in analogia a quanto esistente nelle aree limitrofe. In questo modo il plinto di fondazione rimane interrato a circa 2 metri di profondità, consentendo tutte le normali operazioni agricole (aratura compresa) e/o pastorali a cui era originariamente dedicata l'area in oggetto.

Tempi per il ripristino del terreno, per singola turbina: 2 giorni - per 16 turbine: 32 giorni

Pertanto i tempi complessivi necessari per le fasi smantellamento sono di circa 120 giorni

### **1.20 Opere di mitigazione e ripristino ambientale**

La realizzazione degli impianti eolici può risultare impattante sul paesaggio se non viene effettuato un adeguato ripristino ambientale che vada a mitigare l'impatto visivo a breve raggio. Le azioni compensative e di mitigazione che verranno adottate sono di seguito [riportate sinteticamente](#) per i diversi comparti ambientali interessati. [Per quanto riguarda una trattazione più dettagliata delle opere di mitigazione e ripristino ambientale si rimanda agli elaborati relativi al progetto di paesaggio, con particolare riferimento a PD.PPA.R.01.a \*Relazione di progetto di paesaggio\* e PD.PPS.S.01.a \*Fascicolo interventi tipologici\*.](#)

#### **1.20.1 Principi di intervento**

Al fine di garantire una corretta e duratura copertura delle opere realizzate (scarpate della nuova viabilità e scarpate piazzole aerogeneratori) a mezzo di opere a verde, considerate le difficili condizioni ambientali della stazione, si rende necessario un intervento di rinverdimento di tipo intensivo.

[Per quanto riguarda la trattazione delle opere relative al progetto di paesaggio si rimanda alla consultazione dei relativi elaborati, con particolare riferimento a PD.PPA.R.01.a \*Relazione di progetto di paesaggio\* e PD.PPS.S.01.a \*Fascicolo interventi tipologici\*.](#)

In linea generale, dal punto di vista tipologico tutte le superfici dovranno essere oggetto di un primo intervento di rinverdimento a mezzo semina di specie polifite erbacee, ottenendosi così un nuovo inerbimento che andrà a costituire il piano basale del ripristino.

[Nel contempo, a seconda di collocazione e sviluppo del tratto di viabilità o della piazzola, è prevista la messa a dimora di fasce arbustive o arboreo/arbustive \(siepe campestre\), alla base delle scarpate e/o nel terreno immediatamente adiacente ad esse; piantagioni che peraltro garantiscono un'eccellente protezione al piano basale di nuovo inerbimento. Tali e siffatte sistemazioni saranno ulteriormente integrate, laddove le scarpate si presentino particolarmente sviluppate o dove la struttura paesaggistica dell'intorno lo renda possibile e necessario, da piantagioni di nuclei o fasce arboree, capaci di garantire oltre alla mitigazione degli interventi, una connessione funzionale/ecologica e percettivo/paesaggistica con le strutture ecologiche a rete presenti nell'intorno \(formazioni arboree a fasce o nuclei, alberature isolate\).](#)





Le nuove fitocenosi, produrranno evidenti cambiamenti microclimatici nelle varie stazioni di impianto, andando a mitigare l'effetto dei venti, aumentando la produzione di sostanza organica sul suolo grazie al rilascio di resti organici, con conseguente miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche del terreno, che si rifletteranno con un miglior accostamento della copertura erbacea, grazie all'aumentata capacità di ritenzione idrica prodotta dall'humus (ricco di colloidali degli acidi organici). La nuova copertura a verde, sarà caratterizzata da una costante evoluzione dei rapporti fitosociologici che si verranno a determinare tra le varie componenti e tra le varie specie impiegate; tale evoluzione sarà governata unicamente dalle diverse condizioni e caratteristiche stazionali che potranno essere corrette, per lo meno nei primi periodi, dall'intervento antropico, indirizzato unicamente ad operazioni di manutenzione e cura limitatamente però al primo quinquennio dall'impianto

### 1.20.2 *Metodi di rinverdimento da utilizzare per le superfici piane interessate dai lavori (scarpate e piazzole)*

Tra i principali interventi di mitigazione delle opere di progetto (piazzole degli aerogeneratori e delle relative scarpate; nuova strada di collegamento tra le piazzole e relative scarpate), sono previste opere a verde di rinverdimento **puntuale** o sistemico, ovvero realizzato con il metodo della copertura diffusa multipiano (piano erbaceo, piano arbustivo, piano arboreo), facendo ricorso ad impianti densi onde compensare alle certe ed innegabili fallanze che si verificheranno nel periodo immediatamente successivo all'impianto, garantendo così un buon livello di copertura diffusa che possa svilupparsi e consolidarsi nel tempo, realizzando altresì le finalità di progetto e cioè la mitigazione visiva e la protezione delle opere realizzate.

Saranno impiegate in tutti gli utilizzi previsti e sopra descritti, specie idonee a vegetare e svilupparsi nelle particolari condizioni stazionale di alta quota e in ogni caso in coerenza con quanto riportato all'interno dell'elaborato SI.BIO.R.01.a *Relazione sugli aspetti vegetazionali ed ecologici*.

Generalmente nei rinverdimenti di alta quota caratterizzati da difficili condizioni di crescita (breve periodo vegetativo, forti variazioni climatiche giornaliere, improvvisi ritorni di freddo con gelate, vento, neve, grandine, pioggia intensa e/o prolungata, deficit di calore) si rende necessaria l'adozione di adeguati procedimenti affinché l'operazione di semina del piano basale erbaceo abbia successo.

Di seguito, per completezza di informazione, vengono indicati i metodi di rinverdimento **usualmente** adottati per stazioni simili a quella in oggetto e considerati quali tipologici, in grado di assicurare una copertura vegetale erbacea stabile e adatta alle condizioni stazionali come quella in oggetto:

- Il metodo più appropriato e più utilizzato è il cosiddetto "nero-verde" ovvero "semina a paglia e bitume" messo a punto da Schiechl e Watschinger; il metodo consiste nel distribuire uniformemente a mano su tutte le superfici da rinverdire, uno strato di paglia di 3-4 cm (650 g/mq), su cui vengono cosparsi i semi (25-35 g/mq) e fertilizzante organico a lenta cessione (100 g/mq); il tutto viene poi irrorato con un'emulsione di bitume nero non stabilizzato (700 g/mq). Questa stuoia di paglia e bitume funge da serra, proteggendo i semi dalla grandine, dalla pioggia, dal dilavamento e favorendo la germinazione e la successiva crescita delle specie seminate grazie all'assorbimento di calore e al mantenimento di un buon bilancio idrico. Anche nel caso di repentini abbassamenti di temperatura, fenomeno assai ricorrente, che producono gelate improvvise, le piantine, trapassando la stuoia bituminosa in via di disgregazione, continueranno egualmente a crescere, dato che la zona meristemica e quindi le foglie basali, rimarranno protette dallo strato di paglia.
- Nelle zone molto ripide e lungo i margini delle aree in fase erosiva, al posto dell'emulsione bituminosa, viene spesso impiegato il metodo definito "semina a stuoia di paglia e iuta", in cui una rete di iuta viene stesa sopra lo strato di paglia ed ancorata al terreno con appositi spilli (chiodo in ferro o picchetti in legno). Tale rete non assorbe la stessa quantità di calore della copertura bituminosa, ma in compenso, oltre a trattenere una maggiore quantità di acqua, esercita anche una funzione di protezione meccanica contro il rotolamento di sassi e terra oltre a prevenire lo slittamento di piccole quantità di paglia ed anche di semi. Il mercato oggi offre, in alternativa a questo classico e collaudato **metodo**,





anche la possibilità di impiegare biostuoie di varia fattura (paglia e iuta, paglia e cocco, paglia e canapa); queste **biostuoie** sono materassini in fibre **naturali**, ammagliate tra loro, in grado di sviluppare un'ottima protezione antierosiva di scarpate non eccessivamente inclinate dove già sussiste un idoneo sottofondo in grado di permetterne l'inerbimento.

- Poiché la biostuoia si decompone naturalmente durante uno o due cicli biologici, le fibre decomposte, costituite essenzialmente da cellulosa e materiale ligneo, daranno al terreno stesso un notevole apporto organico; inoltre le fibre di cocco favoriranno la ritenzione dell'umidità aumentando la permeabilità del terreno mentre quelle di paglia, migliorando la scabrezza del sottofondo e riducendo quindi la velocità di scorrimento dell'acqua, tratterranno le particelle del terreno.
- L'effetto stabilizzante delle biostuoie sono altresì integrabili con la preventiva applicazione di una geostuoia antierosione tridimensionale in monofilamenti di poliammide termosaldati tra loro nei punti di contatto, a struttura aperta su entrambi i lati. di spessore variabile, ovvero 9 mm- 13 mm-17 mm (tipo Enkamat). Questa geostuoia viene stesa sulla superficie riprofilata da rinverdire, fissandola con appositi spilli di acciaio, per poi venire saturata con terreno fine, arricchito di ammendanti e concime a lenta cessione; successivamente seminato a mano o con idrosemina e poi ricoperto con biostuoie organiche di protezione, come avanti descritte; in questo caso quando la biostuoia organica avrà esaurito la sua funzione e la sua integrità sarà venuta meno (da uno a tre anni), le giovani piantine potranno contare nell'azione stabilizzante esercitata sulla superficie dalla geostuoia, che offrirà altresì ampie possibilità di ancoraggio ai neoformati apparati radicali
- Nelle stazioni climaticamente più favorevoli (protette dal vento), viene impiegata la tecnica della " idrosemina ". In un serbatoio di circa 2000 litri di acqua vengono mescolati, fino ad ottenere una poltiglia, 25 Kg di sementi, 100 Kg di fertilizzante organico con attivatori enzimatici e ormonici, 60 Kg di cellulosa come mulch e quale sostanza collante 100 Kg di un prodotto a base di alginati (idrocolloidi che rigonfiano a contatto con l'acqua e trattengono umido e coeso il substrato irrorato con essi per un certo tempo, utile alla germinazione e conseguente emissione di radichette); il tutto viene poi spruzzato con una pompa (da circa 2 litri/mq).La germinazione dei semi non è così rapida come nel caso di impiego dello strato protettivo di paglia; tuttavia se nel primo mese successivo all'intervento, la grandine o delle precipitazioni di elevata densità non dilavano o non danneggiano la materia incollata, anche questa tecnica di rinverdimento offre delle buone garanzie. Nel caso di interventi su stazioni molto ripide, dove non è possibile intervenire con semine effettuate a mano, l'idrosemina può essere effettuata con l'ausilio di elicottero dotato di macchinario simile a quello avanti descritto, ma modificato per il particolare alloggiamento; il miscuglio viene spruzzato, in questo caso, in fase di volo ascendente ad un'altezza di circa 5 m.
- Su terreni sconnessi e leggermente declivi, purché climaticamente protetti, le superfici risistemate possono essere rinverdate facendo ricorso al metodo della " semina normale ", ovvero semina manuale di sementi e fertilizzanti. Questo metodo è il più semplice tra quelli illustrati.
- Nelle zone particolarmente impervie e molto ripide, i materiali necessari ai rinverdimenti effettuati con le tecniche descritte, possono essere trasportati a mezzo di elicottero. Nei pascoli di crinale o di altitudine (> 1000 m s.l.m.), dell'area in oggetto, dove cessano i boschi di faggio, primeggiano le erbe di piccola taglia; nelle zone silicee si ritrovano associazioni tipo *Seslerieto-Sempervireto*, oppure *Firmeto*, fino agli stadi pionieri a *Drias octopetala*. L'acidimento e l'eccessivo carico da pascolo danno luogo assai spesso oltre la quota di 1200 m s.l.m., al classico NARDETO in cui al *Nardus stricta* si associano la *Festuca rubra* e la *Poa alpina*.
- La mitigazione delle opere d'arte costituite dalle scarpate delle piazzole e dalle scarpate della nuova strada di sub crinale, che permette il collegamento tra le varie piazzole degli aerogeneratori, sarà realizzata oltre che con l'inerbimento sopra descritto anche con la realizzazione di una copertura diffusa di specie arbustive disposte in masse semidense, intervallate ove possibile (a seconda dell'altezza delle scarpate di progetto) dalla piantagione di specie arboree, al fine di ricreare le tipiche associazioni vegetali presenti negli intorni dell'area di intervento.



Data questa individuazione di carattere generale, all'interno del progetto di paesaggio relativo al presente progetto, si individua la necessità di minimizzare l'impatto ambientale, ecologico e paesaggistico che comporta la realizzazione degli interventi, prevedendo il ripristino della copertura vegetale eliminata o ridotta, arborea, arbustiva ed erbacea, coerentemente con quanto riportato all'interno dell'elaborato SI.BIO.R.01.a del SIA e nel rispetto delle normative di sicurezza delle piantagioni vegetali a corredo delle infrastrutture.

A seconda della porzione territoriale e paesaggistica interessata dal progetto, gli interventi di inserimento paesaggistico assumeranno quindi le caratteristiche di inerbimento relativamente a tutte le scarpate e inserimenti di fasce arbustive e nuclei arborei, nelle modalità individuate all'interno delle sezioni tipologiche consultabili all'elaborato PD.PPA.S.01.a – Fascicolo interventi tipologici allegato al Progetto di Paesaggio; unitamente ad interventi di ingegneria naturalistica nei casi in cui la pendenza delle scarpate risulti con angolo di abbanco di 30° o superiore.

Nello specifico per una trattazione più approfondita di quanto riguarda il progetto di paesaggio, si rimanda alla consultazione dell'elaborato PD.PPA.R.01.a *Relazione di progetto di paesaggio*, all'interno della quale si riportano gli interventi di inserimento paesaggistico previsti a livello di masterplan delle aree di intervento per le cui specifiche si rimanda alla consultazione dell'elaborato SI.BIO.R.01.a *Relazione sugli aspetti vegetazionali ed ecologici* all'interno della componente *Biodiversità, ecosistemi e reti ecologiche (BIO)* dello Studio di Impatto Ambientale. Tali interventi sono di seguito riassunti:

- **Inerbimenti:** interventi di formazione e ripristino di aree a vegetazione erbacea, per la cui funzione e strutturazione sono riconoscibili diverse sottocategorie individuabili in:
  - inerbimento del sedime della piazzola;
  - inerbimento delle scarpate (sterri e riporti);
  - inerbimento esterno alla piazzola per formazione di campi chiusi/prati.
- **Radure e spazi aperti da riqualificare:** evitare di eliminare e/o sostituire le radure o loro lembi residuali a seguito dell'inserimento delle strutture di progetto, ovvero non prevedendo l'inserimento di formazioni arboree/arbustive così da preservare la presenza di questi importanti spazi aperti e le relative fasce di transizione che si interpongono fra loro ed il sistema forestale.
- **Rivegetazione scarpate con palificata:** nelle parti di scarpata dove la riconfigurazione morfologica delle piazzole o i rilevati stradali, impongono un angolo di abbanco di 30°.
- **Fasce e nuclei arbustivi:** la formazione di fasce arbustive si configura come serie di azioni importanti per la creazione e il mantenimento di ambienti naturali ricchi dal punto di vista ecologico e con alto grado di biodiversità e di resilienza.
- **Siepi campestri:** I nuovi impianti di siepi campestri arboreo-arbustive saranno improntati sulle associazioni ecologiche naturali presenti nella zona e tipiche della fascia vegetazionale e bioclimatica di riferimento, oltre che fondamentali alla ricucitura della maglia paesaggistica strutturante delle aree agro-pastorali a campi chiusi tipiche di questi territori.
- **Formazione di nucleo arboreo o fascia arborea:** interventi di rimboschimento e ricostituzione dei nuclei boscati, sfruttandone la collocazione in accordo con la morfologia dei luoghi, in modo da porli come elementi di continuità ecologica e paesaggistica e di filtro e mediazione visiva nei confronti delle piazzole e delle scarpate stradali, nonché della stazione elettrica.
- **Piantagione di alberi isolati o in filare - grandi alberi esistenti da salvaguardare:** le radure presenti e interessate dagli interventi evidenziano la presenza di alcuni significativi esemplari arborei isolati (genere *Quercus spp.*, *Fagus spp.*, *Acer campestre* e *Abies alba*), individuati quali elementi testimoniali e per i quali il presente progetto intende promuovere una forte azione di tutela e salvaguardia, evitandone la rimozione e per quanto possibile ogni danno o disturbo potenziale.



- **Qualificazione paesaggistica del nuovo tracciato stradale:** a seconda della porzione territoriale e paesaggistica interessata dal tratto stradale, gli interventi di inserimento paesaggistico assumeranno le caratteristiche di inerbimento relativamente a tutte le scarpate di pertinenza della sede stradale e inserimenti di fasce arbustive e nuclei arborei, nelle modalità individuate all'interno delle sezioni tipologiche consultabili all'elaborato PD.PPA.S.01.a – *Fascicolo interventi tipologici* allegato al Progetto di Paesaggio.



### 1.20.3 Opere di ingegneria naturalistica

Alcune scarpate della strada di servizio e delle piazzole degli aerogeneratori, saranno strutturate tramite la realizzazione di terre armate il cui paramento a vista sarà sistemato con rinverdimento a mezzo idrosemina su biostuoia, costituente la parte a vista o meglio la finitura del modulo cassero; saranno altresì inseriti postime arbustivo a radice nuda o in fitocella, a mezzo cavicchio; alla base delle stesse saranno altresì piantumati a gruppi secondo uno schema random, con un andamento curvilineo, sia specie arbustive sia specie arboree. In alcuni casi la porzione sovrastante la scarpata in terra armata di monte sarà stabilizzata con la realizzazione di cordonata e/o di grata viva. La cordonata è un'opera che prevede la realizzazione di banchine perpendicolari alla linea di massima pendenza, costituite da uno scavo a reggipoggio di circa 10°, nel quale viene posto a dimora materiale vegetativo vivo. La grata viva, costruita con orditura ortogonale di tondame di castagno, porzioni di rete els interrata e ancorata ai tratti di orditura orizzontale, riempita con terra per riprofilare la linea di scarpata, rinverdata con postime arbustivo, talee arbustive, idrosemina superficiale su biostuoia. Queste tecniche sono particolarmente utili per la stabilizzazione superficiale di scarpate naturali e artificiali, di rilevati e accumuli di materiale sciolto, di zone di erosione ed anche di terreni con marcata tendenza allo smottamento. Si possono applicare anche in condizioni pedologiche difficili, poiché si migliora la struttura del suolo ed aumenta l'apporto di sostanza organica, migliorando anche il drenaggio in terreni umili, argillosi o marnosi. La manutenzione consiste esclusivamente nello sfalcio ed in interventi sulle fallanze.

Nello specifico per una trattazione più approfondita di quanto riguarda il progetto di paesaggio, si rimanda alla consultazione dell'elaborato PD.PPA.R.01.a *Relazione di progetto di paesaggio*, all'interno della quale si riportano gli interventi di inserimento paesaggistico



Figura 71 - Schema di interventi di mitigazione e ripristino ambientale piazzole





Figura 72 - Schema di interventi di mitigazione e ripristino ambientale viabilità

