



COMUNI DI
SAN SEVERO - LUCERA
PIETRAMONTECORVINO
TORREMAGGIORE
CASTELNUOVO DELLA DAUNIA
PROVINCIA DI FOGGIA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

Potenza nominale 367,2 MW (n.51 aerogeneratori da 7,2MW)

Proponente:



NVA FENICE S.r.l.

P Via Lepetit, 8
20045 Lainate (MI)
nvafigurella@legalmail.it

PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE

Art.27 D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

“FENICE”

RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA

D.Lgs. 387/2003

VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

L.R. 9-10-2008 n.25 - DPCM 8-7-03 - DM 29-5-08

Progettazione:



Tecnico Competente in Acustica:

Ing. Francesco Di Cosmo



Emissione: **Febbraio 2024**

PREMESSA

Il *D.P.C.M. 8 luglio 2003* prescrive che il proprietario/gestore comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto e i dati utilizzati per il loro calcolo.

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare "la fascia di rispetto", di cui al DM 29-5-08 "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*", viene calcolata tenendo conto dell'elettrodotto (o cavidotto) e delle cabine utente AT.

Al calcolo della "*fascia di rispetto*" segue la verifica dell'assenza di recettori sensibili all'interno di tale fascia: aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.

Poiché le linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti), hanno in Europa una frequenza di 50 Hz i campi elettrici e magnetici rientrano nella cosiddetta banda ELF (30 - 300 Hz, bassa frequenza).

Il presente progetto è costituito da 51 aerogeneratori da ubicare nei comuni di San Severo, Lucera, Pietramontecorvino, Torremaggiore e Castelnuovo della Daunia, anche la stazione elettrica di consegna dell'energia è prevista nella Stazione Primaria del GSE (Terna SpA) da ubicarsi in località "Palmori" in agro di Lucera (FG).

Lo studio che segue viene condotto per l'aerogeneratore che si intende installare avente le seguenti caratteristiche:

Modello	Potenza MW	Altezza mozzo m	Diametro rotore m	Numero di giri al minuto rpm	Altezza massima complessiva m
Vestas V172-7.2	7,2	175	172	9,5	261

Basse frequenze

I limiti per le basse frequenze sono imposti dal D.P.C.M. 8-7-03, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 Agosto 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

I valori limite fissati nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz sono riportati nella seguente tabella:

	Campo Elettrico [kV/m]	Induzione Magnetica [μT]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. poiché quest'ultimi sono sottoposti ad una differente normativa.

I campi ELF, contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "campi elettromagnetici quasi statici" e quindi da due entità distinte:

- **il campo elettrico**, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea;
- **il campo magnetico**, generato invece dalle correnti elettriche.

Dagli elettrodotti si genera sia un campo elettrico che un campo magnetico.

Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano, pertanto

L'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante. La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico e, in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Campo magnetico

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore quale quella stagionale.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico d'intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno. Ne consegue che sia campo elettrico che campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, **i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli**, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Campo magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,5- 1,85 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m diventano in questo caso circa 24). Tra i vantaggi collegati all'impiego dei cavi interrati sono da considerare i valori d'intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione). Altri metodi con i quali ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare

"linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

NEL SEGUITO SI RICHIAMANO LE PRINCIPALI NORME:

- **CEI 211-7** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana" (01/2001).
- **CEI 106-11** "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" (02/2006);
- **CEI 106-12** "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" (05/2006).

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico della linea elettrica.

Ai fini della presente relazione è utile richiamare le seguenti definizioni valide per gli elettrodotti e le cabine di trasformazione (*cf.* Decreto 29/05/2008):

Linee elettriche

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti (Centrali di Produzione, Stazioni Elettriche, Cabine di Trasformazione primarie e secondarie, cabine utente AT) allo stesso livello di tensione.

Cabine di trasformazione

Nell'ambito di una rete elettrica, la cabina di trasformazione corrisponde ad un'officina elettrica destinata alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione.

Fascia di rispetto

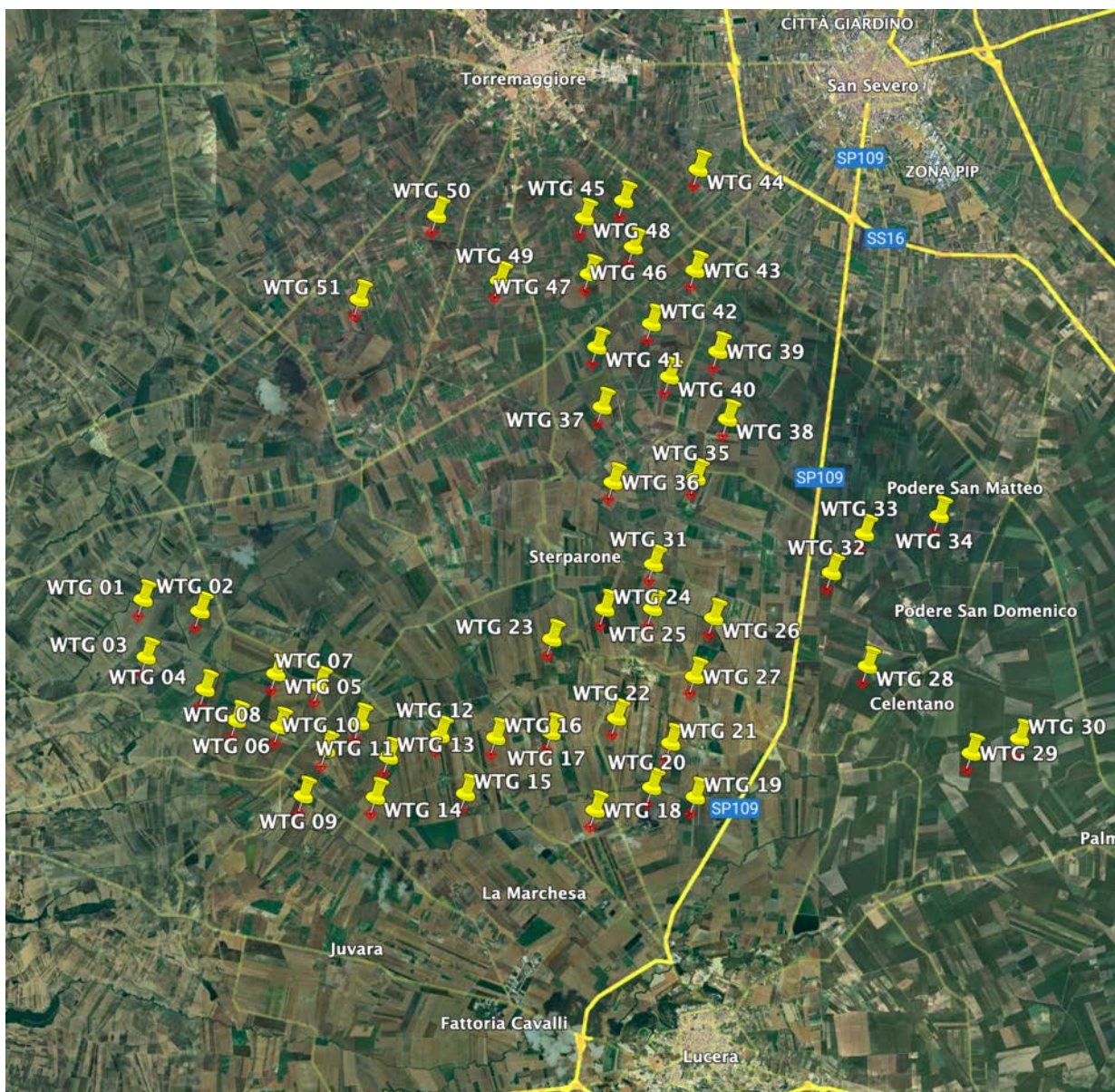
La fascia di rispetto è lo spazio circostante un elettrodotto comprendente tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Distanza di prima approssimazione (Dpa)

Per le **linee** è "la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto". Per le **cabine** è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO EOLICO IN PROGETTO

L'area prevista per l'installazione dell'impianto eolico è ubicata tra i centri abitati di San Severo, Lucera e Torremaggiore, interessando anche Pietramontecorvino e Castelnuovo della Daunia.

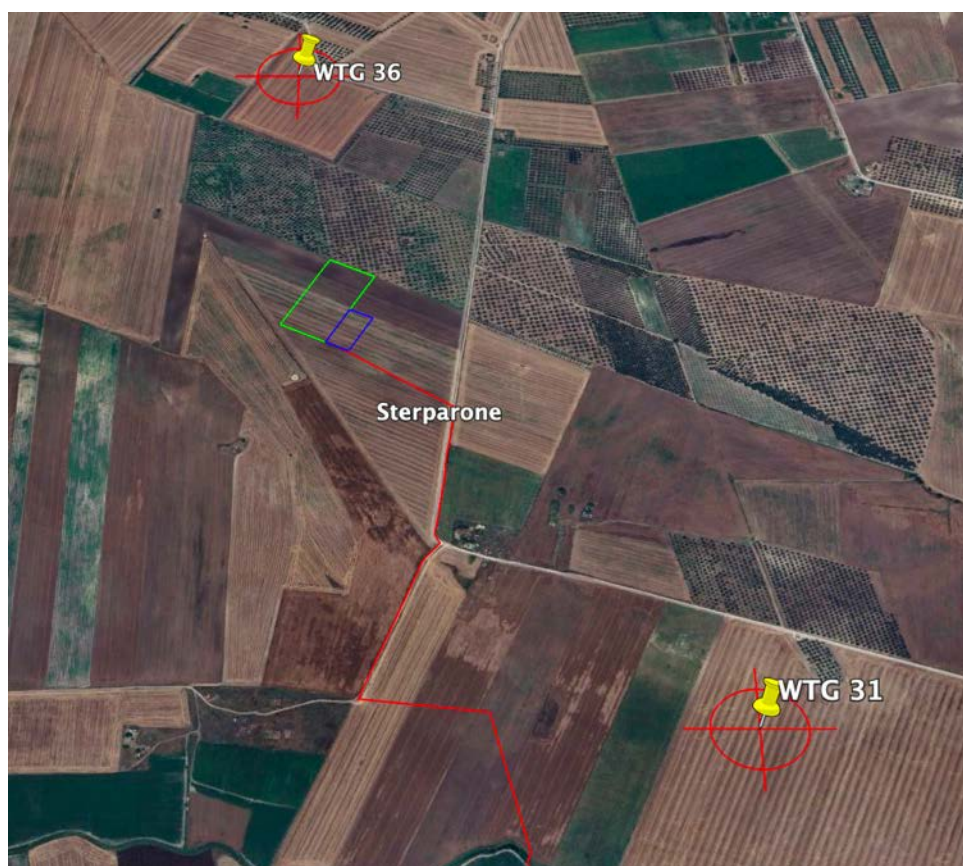


Il progetto prevede la costruzione di:

- 51 aerogeneratori con cabina di trasformazione 0,6/36kV.
- i cavidotti di interconnessione in A.T. (36kV) interni all'impianto di colore bianco nella ortofoto che segue

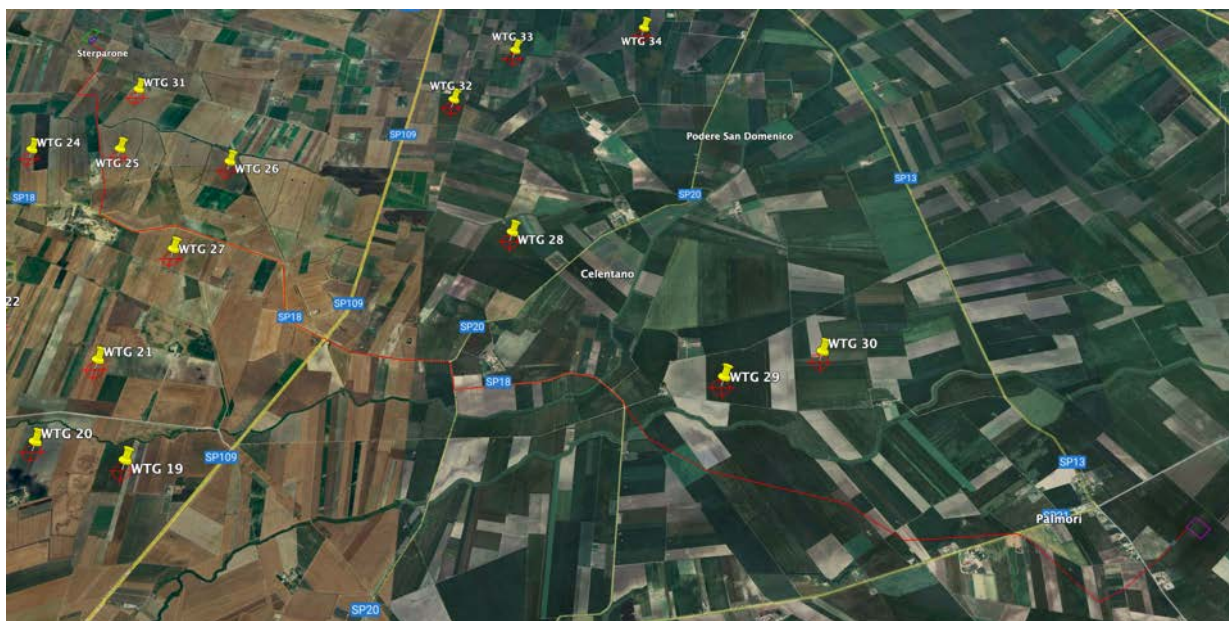


- una cabina utente di raccolta ed elevazione della tensione 36/380kV ubicata in prossimità degli aerogeneratori 31 e 36



- n. 1 Storage per accumulo energia elettrica (in verde)
- n.1 stazione di elevazione (in blu) della tensione 36/380kV ubicata nel Comune di Torremaggiore
- n. 1 locale misure
- il cavidotto esterno di (in rosso) nella ortofoto che segue, che parte dalla cabina di elevazione fino al punto di consegna dell'energia prodotta,

previsto nella Stazione Primaria del GSE (Terna SpA) da ubicarsi in località "Palmori" in agro di Lucera (FG).



Le coordinate geografiche sono le seguenti:

TORRE	X	Y
WTG01	516393.0254	4603930.2571
WTG 02	517571.8384	4603691.5826
WTG 03	516460.2391	4602747.0303
WTG 04	517679.2421	4602086.3775
WTG 05	519143.3717	4602406.2655
WTG 06	518326.2196	4601448.5035
WTG 07	520036.0620	4602159.2094
WTG 08	519219.0457	4601316.7805

WTG 09	519716.3419	4599896.2871
WTG 10	520177.7572	4600840.3495
WTG 11	520875.4616	4601401.9469
WTG 12	522537.4461	4601144.5822
WTG 13	521474.3400	4600700.2241
WTG 14	521207.3124	4599871.4701
WTG 15	523065.7559	4599946.2699
WTG 16	523686.2439	4601099.8199
WTG 17	524830.4074	4601204.4304
WTG 18	525740.4998	4599611.4754
WTG 19	527807.3529	4599886.7130
WTG 20	526909.4697	4600081.9887
WTG 21	527298.7471	4600993.1966
WTG 22	526181.1578	4601501.8930
WTG 23	524843.7157	4603128.4324
WTG 24	525933.8332	4603745.7501
WTG 25	526920.9500	4603756.8012
WTG 26	528182.0761	4603567.9708
WTG 27	527786.5633	4602360.0982
WTG 28	531356.8174	4602581.6296
WTG 29	533500.6383	4600795.6284
WTG 30	534498.7034	4601091.3279
WTG 31	526939.1793	4604668.8268
WTG 32	530612.3060	4604503.2577
WTG 33	531293.2036	4605304.6309
WTG 34	532836.8102	4605680.6415
WTG 35	527812.6544	4606446.1660
WTG 36	526098.5737	4606355.2498
WTG 37	525871.9507	4607907.2542
WTG 38	528464.3537	4607662.3585
WTG 39	528263.3235	4609056.4167
WTG 40	527261.2247	4608530.6142
WTG 41	525759.3293	4609143.7849
WTG 42	526889.4404	4609625.2496
WTG 43	527786.4970	4610728.5583
WTG 44	527850.9756	4612810.0779
WTG 45	526311.1525	4612168.5844
WTG 46	526510.8806	4611208.1554
WTG 47	525600.6136	4610649.4717
WTG 48	525497.6597	4611806.6965
WTG 49	523743.0375	4610505.4303
WTG 50	522441.5784	4611851.9630
WTG 51	520843.8210	4610120.1033

All'interno di ogni torre è ubicato l'impianto di trasformazione per il collegamento alla cabina di raccolta e trasformazione (cabina di

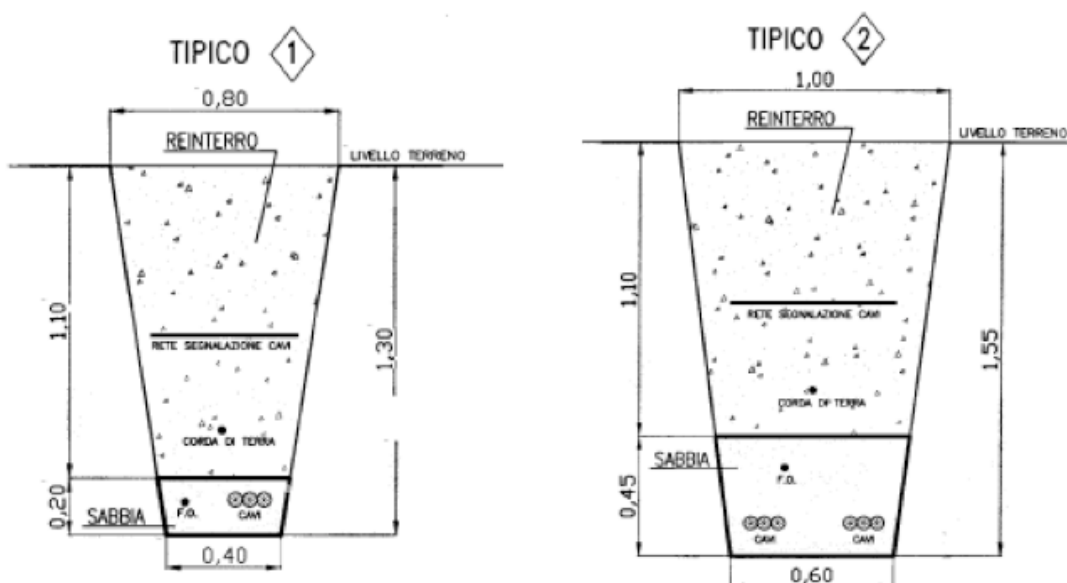
interconnessione), questo consentirà l'elevazione della tensione al valore di trasporto: da 720 V (tensione in uscita dal generatore) a 36 kV (tensione in uscita dal trasformatore). L'energia prodotta verrà trasportata alla cabina di interconnessione tramite cavidotti interrati (a 36kV) che saranno ubicati quasi sempre lungo la rete viaria esistente, tranne i primi tratti a partire da ogni pala e fino al raggiungimento della viabilità secondaria.

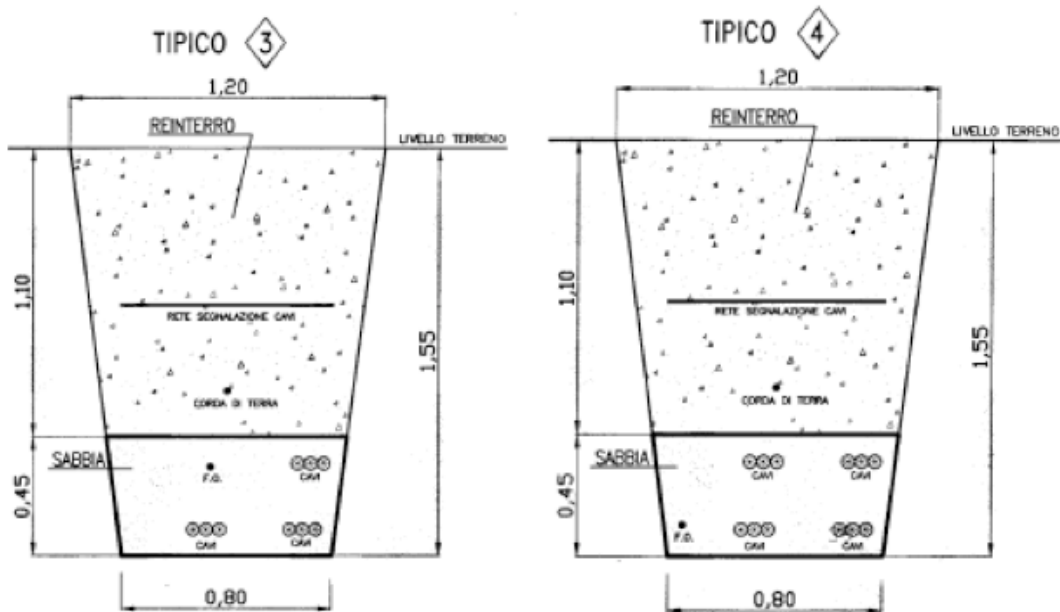
Per garantire una sufficiente elasticità ed indipendenza di esercizio, gli aerogeneratori sono collegati con cavi elettrici separati, garantendo così una continuità di servizio indipendente anche durante il fuori esercizio di uno solo per esigenze di manutenzione.

All'interno di ogni torre è ubicato l'impianto di trasformazione per il collegamento alla cabina di raccolta connessione di progetto, questo consentirà l'elevazione della tensione al valore di trasporto: da 720 V (tensione in uscita dal generatore) a 36 kV (tensione in uscita dal trasformatore). L'energia prodotta verrà trasportata tramite cavidotti interrati (a 36kV) che saranno ubicati quasi sempre lungo la rete viaria esistente, tranne i primi tratti a partire da ogni pala e fino al raggiungimento della viabilità secondaria.

I cavidotti saranno interrati fino alla profondità massima di m.1,50. Saranno realizzati su percorsi di campagna o in fregio alle strade secondo i tipici 1-2-3-4-5A-5B-5C.

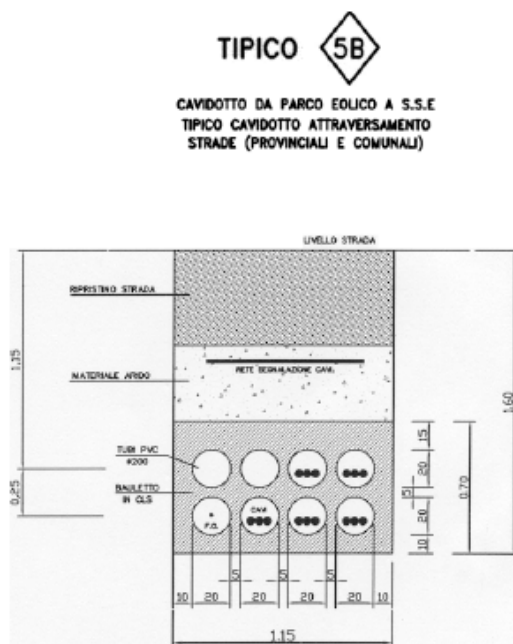
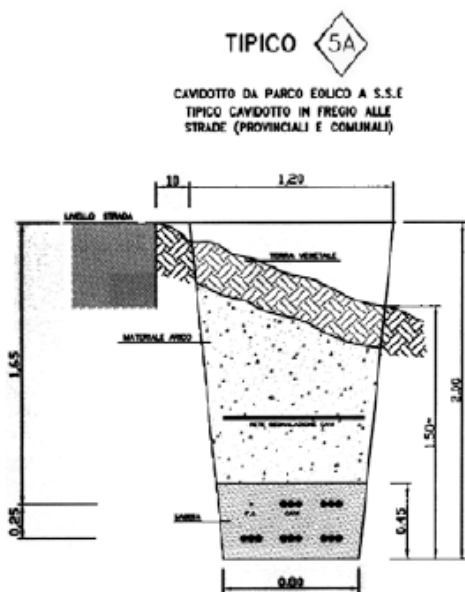
I tipici 1-2-3-4 sotto riportati sono riferiti alle vie cavo all'interno del Parco Eolico e si differenziano fra loro per il numero dei cavi contenuti.

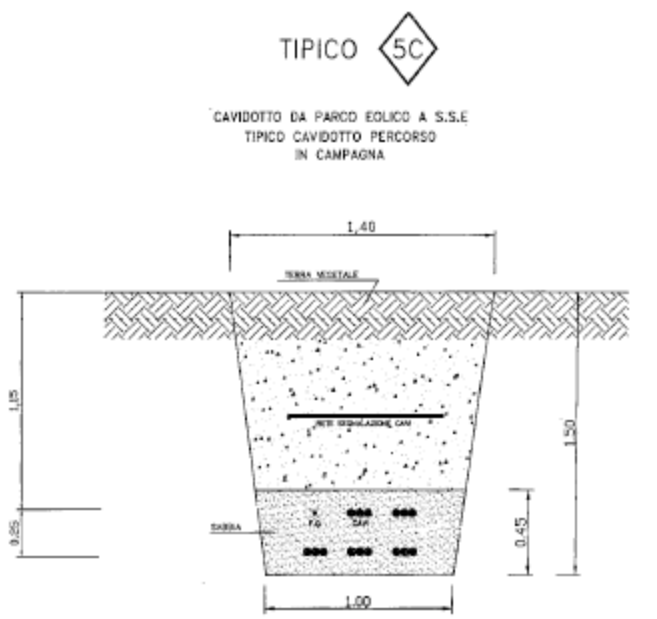




I tipici 5A-5B-5C, sotto riportati, sono riferiti al cavidotto di interconnessione tra il Parco Eolico e la Stazione di Trasformazione e consegna:

- Il tipico 5A è riferito al cavidotto in fregio alle Strade Provinciali.
- Il tipico 5B è riferito agli attraversamenti di Strade (Provinciali e Comunali); i cavi sono posati in tubi in PVC a loro volta protetti da un bauletto di calcestruzzo.
- Il tipico 5C è riferito al cavidotto in un percorso di campagna.





I cavi di potenza sono terne unipolari del tipo ARG7H1(AR)E-AIR-BAG in alluminio sezioni da 185 a 400mmq ed idonei anche alla posa direttamente interrati senza protezione meccanica in conformità alla modalità di posa "L" figura 3.6 e punto 4.3.11 della norma CEI 11-17 Fascicolo 8402.

Per il sistema di supervisione e comunicazione è impiegato un cavo a fibra ottica con caratteristiche conformi alla sopraccitata norma CEI 11-17.

Per il collegamento equipotenziale viene impiegato un conduttore di rame nudo di sezione pari a 50mmq.

CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

Linee in cavo interrato

La norma CEI106-12 indica le formule approssimate per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi avvolti ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

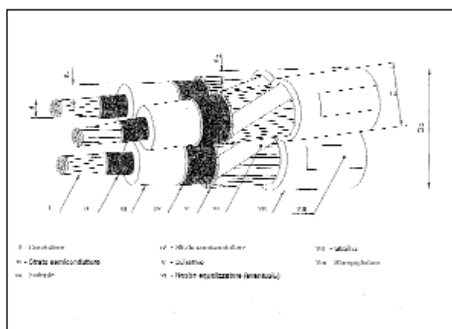
Nel progetto presentato si considera la condizione di posa più sfavorevole dal punto di vista di emissioni di campi elettromagnetici in considerazione che, eventuali soluzioni alternative come l'utilizzo di cavi cordati ad elica, possono solo migliorare la criticità dovuta a tale fenomeno emissivo:

- la disposizione delle terne di cavi sarà in piano. Pertanto, in tale configurazione, si applica la formula per conduttori rettilinei disposti in piano e parallelamente;
- si considera il tipico 5B perché genera una fascia di rispetto di maggiore ampiezza essendo maggiore la distanza tra i conduttori;

- gli elettrodotti interrati presentano distanze rilevanti da edifici abitati o stabilmente occupati;
- la corrente viene distribuita alternata e non continua, riducendo così le perdite a parità di tensione.

PARTICOLARE
CAVO UNIFICATO ENEL

CAVO PER MEDIA TENSIONE TRIPOLARE AD ELICA VISIBILE
ISOLATO CON GOMMA ETILENPROPYLENICA AD ALTO
MODULO ELASTICO SCHERMATO SOTTO GUAINA DI PVC



Caratteristiche elettriche del cavo sotterraneo unificato Enel

CAVO SOTTERRANEO				
Modello	Sezione (mm ²)	Portata di Linea aerea (A)	Resistenza a 20° (Ω/Km)	Reattanza (Ω/Km)
Alcanta	185	360 (320)	0,184	0,115

Modalità di posa elettrodotto interrato

La posa interrata dei cavi avverrà a una profondità maggiore di m.1,10 e una adeguata protezione meccanica sarà posta sui cavi stessi in conformità alla modalità di posa "L" della Norma C.E.I 11-17.

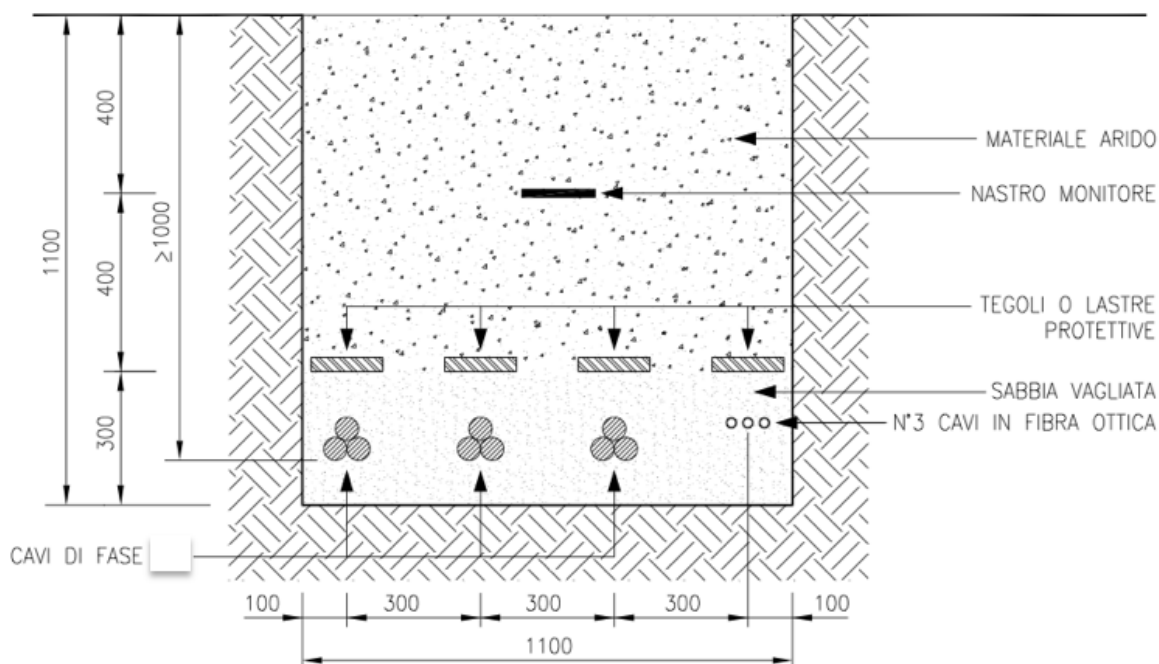
Lo scavo sarà eseguito a sezione obbligata e a profondità costante secondo il tipico applicabile.

Prima della posa dei cavi verrà ricoperto il fondo dello scavo (letto di posa) con uno strato di sabbia avente proprietà dielettriche e per uno spessore secondo il tipico applicabile.

Sarà installata una rete in PVC di colore rosso per protezione e segnalazione dei cavi interrati.

La sezione tipo, con scavo su strada asfaltata, del cavidotto con tensione a 36kV, di collegamento del campo eolico alla stazione primaria è la seguente:

SEZIONE TIPO "C1"



Tutti gli impianti in bassa e media tensione saranno realizzati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-1 con particolare riferimento alla scelta dei componenti della disposizione circuitale, degli schemi elettrici, della sicurezza di esercizio.

Più in generale, le modalità di connessione saranno conformi alle disposizioni tecniche emanate dall'autorità per l'energia elettrica e il gas, al Gestore della rete di distribuzione ed in completo accordo con disposizioni e consuetudini tecniche dell'ENEL e con le regole tecniche di connessione previste dal GRTN.

VALORE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO INDOTTO DAI CAVIDOTTI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Considerando:

- la tipologia di posa dei cavi previsti in progetto;
- la tipologia di cavidotto definito in progetto: trifase unipolare;

si è stimato il valore del campo elettromagnetico, o meglio le distanze dal cavidotto, che garantiscono il rispetto dei limiti normativi, mediante le formule matematiche per il calcolo del campo magnetico.

Campo magnetico

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore, pertanto per il calcolo del valore del campo magnetico si è preso in considerazione la linea elettrica interrata destinata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dall'intero impianto, ossia si è considerato il cavidotto che raccoglie tutta l'energia elettrica prodotta dall'impianto eolico (caso peggiore dal punto di vista dell'induzione di campi elettromagnetici).

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite per determinare la DPA e la fascia di rispetto lungo le singole tratte dove si riscontra la presenza di uno o più cavi.

La situazione in esame è rappresentata da terne di cavi posati in piano lungo direttrici parallele.

La formula della distanza dal baricentro della configurazione di terne di conduttori (che rappresenta la scelta progettuale adottata per $B=3\mu\text{T}$) è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

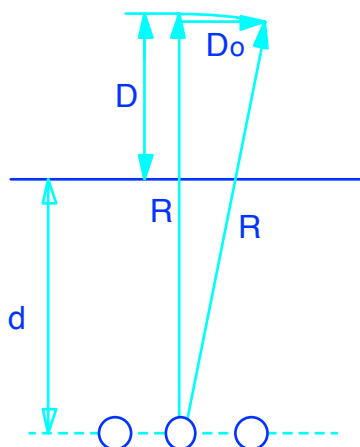
dove:

S rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori

R è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B pari a $3 \mu\text{T}$.

Se a R sottraiamo la distanza di profondità di posa dei conduttori, che nel caso specifico è di circa metri 1,10 otteniamo la distanza di rispetto al di sopra del terreno.

$$D = R - d$$



Inoltre con la relazione seguente può calcolarsi la distanza D_0 in orizzontale dopo la quale il valore della induzione magnetica scende sotto i $3 \mu\text{T}$:

$$D_0 = (0,115 * S * I - d^2)^{0,5}$$

Il cavidotto presenta due situazioni che possono generare la maggiore intensità di campo elettromagnetico. Le due sezioni sono a monte e a valle della cabina di elevazione. Si procederà al calcolo e alla verifica nelle suddette due configurazioni maggiormente penalizzanti.

Considerando una disposizione separata dei cavi si calcola la fascia di rispetto nella sezione più sollecitata che corrisponde all'impiego degli aerogeneratori da **7,2 MW**, nel caso di impiego di aerogeneratori di minor potenza si ottengono fasce di rispetto di minore entità.

Come già detto una disposizione indipendente consente una migliore gestione dell'impianto e una minore perdita energetica in caso di guasto.

Si è scelto di utilizzare cavi unipolari in alluminio, con isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo a fili di rame rosso, guaina in PVC, ma potranno adottarsi anche cavi cordati ad elica. In quest'ultimo caso il campo magnetico risulterà quasi nullo.

I calcoli per la determinazione della DPA sono stati eseguiti con il valore della corrente "I" intesa come corrente nominale di tratta riferita al numero massimo di aerogeneratori collegati con l'ipotesi di posa a profondità 1,2 m, presenza di altri cavi in trincea e resistività del terreno 1,5 mK/W.

Il parco eolico sarà decomposto in sottogruppi, ogni sottogruppo avrà al massimo **5 aerogeneratori** con una potenza massima di **36 MW**.

Utilizzo degli aerogeneratori da 7,2 MW – a monte della cabina di elevazione

Sezione a monte della cabina di elevazione parco eolico con gruppi al massimo di **5 aerogeneratori**:

- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione nominale: **36 kV**
- Potenza nominale: **36 MW**
- Corrente massima generabile alla tensione di **36kV**: circa **642A**
- Distanza (S) tra le generatrici dei cavi: 0,25m

Imponendo il limite di legge:

Obiettivo qualità $B = 3 \mu\text{T} > R = 3,04\text{m}$; **D=1,94m**; $D_0 = 3,03\text{m}$

Utilizzo degli aerogeneratori da 7,2 MW – a valle della cabina di elevazione

Sezione a valle dell'intero parco eolico con **51** aerogeneratori:

- Frequenza nominale: 50 Hz

- Tensione nominale: 380 kV
- Potenza nominale: 367,2 MW
- Corrente massima generabile alla tensione di 380kV: circa 621A
- Distanza (S) tra le generatrici dei cavi: 0,25m

Imponendo il limite di legge:

Obiettivo qualità $B = 3 \mu\text{T} > R = 2,99\text{m}$; **D=1,89m**; $D_0 = 2,98\text{m}$

Dunque la sezione che maggiormente può generare campi elettromagnetici risulta quella a valle della cabina di elevazione.

Se consideriamo che la profondità dei cavi sarà non inferiore a metri 1,10 il vettore R che parte dal baricentro dei cavi in direzione verticale avrà. Nel peggiore delle ipotesi, una estensione pari a $R = 2,99\text{m}$; la distanza verticale a partire dalla superficie del terreno all'interno della quale è corretto ritenere che non ci sia presenza di persone risulta pari a $D = 1,89\text{m}$, la stessa si estende in orizzontale per $D_0 = 2,98\text{m}$.

Cabine di trasformazione

La metodologia di calcolo applicata è quella contenuta nella **Guida CEI 106-12 (2006)**. In essa vengono proposte alcune formule per il calcolo dell'induzione magnetica in riferimento alle sorgenti di campo magnetico a 50 Hz individuate all'interno delle cabina 36/380kV: le sorgenti che producono significativi valori di induzione magnetica negli ambienti esterni, dove è possibile la permanenza di persone, sono individuate dai sistemi trifase di conduttori per il trasporto di corrente elettrica, considerate normalmente equilibrate e simmetriche e con diversa disposizione geometrica. Per la determinazione della fascia di rispetto si farà riferimento al sistema trifase di conduttori percorsi dalla corrente di media tensione ed impiegati nel collegamento diretto fra il parco eolico e la stazione elettrica; la geometria considerata è quella di conduttori disposti parallelamente fra loro ed in piano, con distanza fra le fasi pari alla distanza tra i poli di connessione del trasformatore.

La formula utilizzata per il calcolo dell'induzione magnetica è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

dove:

B = Valore efficace del vettore induzione magnetica (μT);

I = Corrente nominale in ingresso al trasformatore elevatore (A);

S = Distanza tra i conduttori (m);

R = Distanza corrispondente all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ (m).

Relativamente alla cabina di trasformazione **36/380kV** in esame, ipotizzando **due** trasformatori, si riportano nel seguito i dati, con riferimento alle formule precedentemente esposte:

Cabina utente:

- Valore efficace del vettore induzione magnetica (μT) = 3;
- I = Corrente nominale in ingresso su un trasformatore elev. (A) = **3275**;
- S = Distanza tra i conduttori (m) = 0,25;

Risulta:

Calcolo dell'ampiezza della fascia di rispetto secondo la Guida CEI 106-12:

$$R = 9,71 \text{ m}$$

Risulta ovvio che qualora si adottano soluzioni con più di **2** trasformatori il valore dell'ampiezza della fascia di rispetto diminuisce proporzionalmente.

CONCLUSIONI SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO INDOTTO DAL CAVIDOTTO E DALLA CABINA DI TRASFORMAZIONE

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge.

La fascia di rispetto per il cavidotto calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi sull'area al di sopra dello scavo, cioè dal piano strada, risulta estesa per una distanza verticale di $D = m.1,89$ e per una estensione in orizzontale pari a $D_0 = m.2,98$.

La fascia di rispetto per la cabina di trasformazione **36/380kV calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi a partire dal trasformatore risulta pari a circa $R=m.9,71$.**

Dalla verifica puntuale di tutto il percorso del cavidotto e in prossimità della cabina utente non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica il l'impianto nel complesso è conforme alla normativa vigente.