

Progetto per la realizzazione  
di un impianto geotermico pilota  
nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"

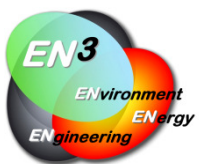
## PROGETTO DEFINITIVO

Documento SCA-003-PD-00-RT

Relazione tecnica  
dimensionamento elettrodotto



gennaio 2015



EN3  
ENvironment  
ENergy  
ENgineering srl

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	1 / 27
Data 15/01/2015			

# Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"

## Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto

REGIONE : Campania  
 PROVINCIA : Napoli  
 COMUNE : Pozzuoli

SCA-003-PD-00-RT	0.0	15/01/2015	Prima emissione	M.Massaro	
<b>Progetto</b>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Coordinamento</b>	<b>Approvazione del Cliente</b>

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.n. 016-SIA-14/r1.0	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	2 / 27
Data 15/01/2015			

## INDICE

<b>1. INFORMAZIONI DI BASE .....</b>	<b>3</b>
1.1 Finalità del documento .....	3
1.2 Localizzazione dell'intervento .....	3
1.3 Normative tecniche e disposizioni specifiche .....	8
<b>2. CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Caratteristiche delle utenze.....	9
2.2 Caratteristiche della rete di connessione .....	9
2.3 Criteri di scelta del tracciato .....	9
<b>3. ESECUZIONE DELLE LINEE IN CAVO INTERRATO.....</b>	<b>11</b>
<b>4. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA.....</b>	<b>13</b>
4.1 Calcolo fascia di rispetto .....	13
4.2 Cavi unipolari interrati disposti a trifoglio .....	15
<b>5. CARATTERISTICHE DELLA CABINA DI CONSEGNA .....</b>	<b>18</b>
<b>6. IMPIANTO DI TERRA SOTTESO ALL'IMPIANTO DI CONSEGNA .....</b>	<b>21</b>
6.1 Impianto di consegna .....	21
6.2 Linea in cavo oggetto di intervento .....	21
<b>7. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLA CONDUTTURA.....</b>	<b>23</b>
7.1 Materiali e dimensionamento cavi .....	23
7.2 Dimensionamento cavi .....	23
7.3 Risultati di calcolo.....	24

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 3 / 27

## 1. INFORMAZIONI DI BASE

### 1.1 Finalità del documento

Premesso che la società Geoelectric srl, con nota Prot. N. 0014559 del 17/07/2012 - Ministero dello Sviluppo Economico – Dipartimento per l'Energia - ha richiesto il Permesso di Ricerca di risorse geotermiche finalizzata alla sperimentazione di impianti pilota convenzionalmente denominato Scarfoglio, con estensione di circa 23 kmq ubicato nella Regione Campania, Provincia di Napoli, Comune di Pozzuoli, la presente relazione ha la finalità di dimensionare l'elettrodotto per il collegamento dell'impianto con la cabina primaria AT/MT "ASTRONI", identificata da Enel Distribuzione nella soluzione tecnica di connessione del 28/10/2013, cod.T0654200.

Successivamente a tale soluzione, da parte di Geoelectric è intervenuta una nuova istanza, in data 16/10/2014, motivata dalla necessità di aggiornare l'ubicazione dell'impianto, ferme restando le altre caratteristiche della connessione. Pertanto, nella presente relazione si assume come riferimento la precedente STMG di Enel Distribuzione, fatto salvo quanto relativo all'ubicazione, per la quale si prevede una estensione del tracciato precedente, come concordato anche con il committente.

Ciò premesso, il presente documento riporta le caratteristiche generali del progetto di elettrodotto ed è redatto in conformità alla circolare ministeriale n. 11827 del 18/3/1936.

Le opere previste nel presente progetto sono di pubblica utilità, urgenti ed indifferibili e costituiscono opere di urbanizzazione primaria.

L'opera da realizzare interessa la connessione in rete di N° 1 impianto geotermico dalla potenza nominale di 4980 kWp.

### 1.2 Localizzazione dell'intervento

L'intervento in progetto consiste nel collegamento dell'impianto geotermoelettrico pilota di Scarfoglio alla Cabina primaria AT/MT "ASTRONI" (cfr. Figura 1-1), mediante un elettrodotto in cavo interrato e una nuova Cabina di consegna.

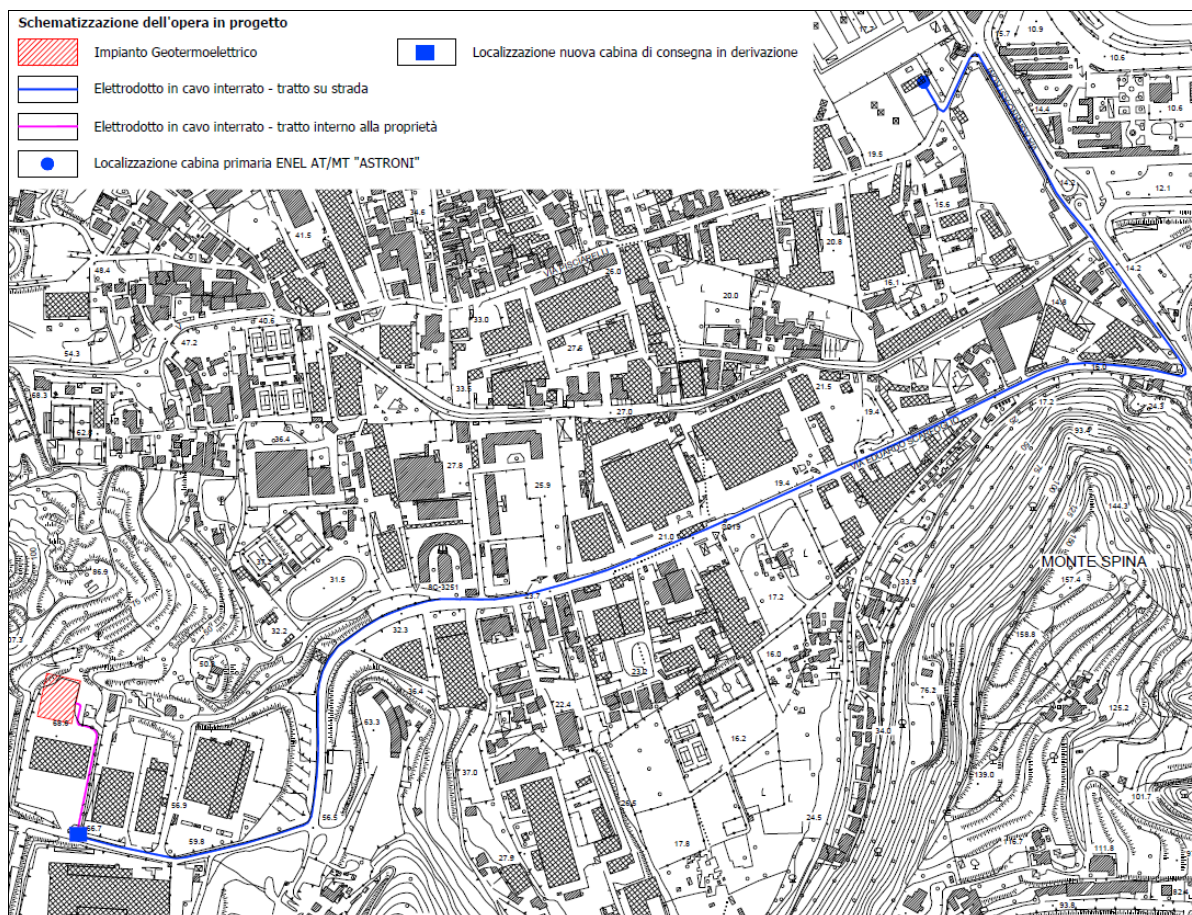
Tale soluzione prevede la realizzazione dei seguenti impianti:

- Allestimento cabina di consegna in derivazione
- Posa fibra ottica – (sotterranea): 2.315 m
- Linea in cavo sotterraneo Al 185 mm<sup>2</sup> su strada asfaltata con riempimenti in inerte naturale e ripristini, doppia terna nel medesimo scavo (esclusi costi delle servitù): 2.315 m.



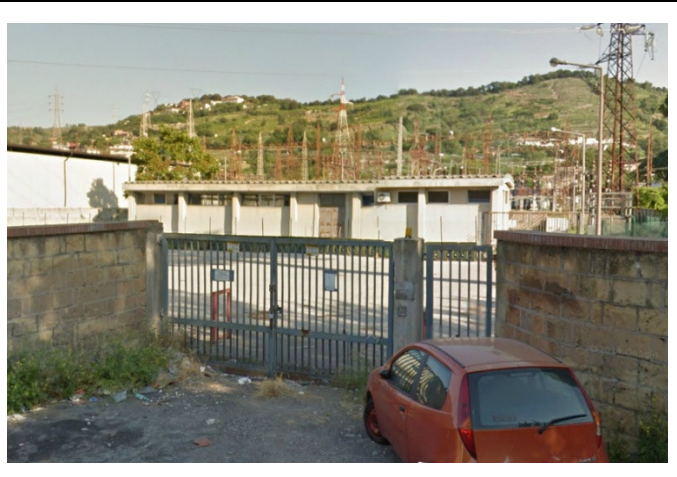
Nello specifico, la viabilità interessata dalla linea in cavo sotterraneo è costituita da:

- Via Agnano agli Astroni (cfr. Figura 1-3)
- Via Eduardo Scarfoglio (cfr. Figura 1-4)
- Via Antiniana (cfr. Figura 1-5)
- Linea in cavo sotterraneo Al 185 mm<sup>2</sup>, costituente il tratto posto all'interno di proprietà privata, su piazzale pavimentato, doppia terna nel medesimo scavo (esclusi costi delle servitù): 190 m



**Figura 1-1 Ubicazione dell'intervento**

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permessi di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Giorgio Onori Ingegnere	5 / 27
Data 15/01/2015	Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina		



**Figura 1-2 Localizzazione della cabina primaria**



**Figura 1-3 Via Agnano agli Astroni**





**Figura 1-4 Via Eduardo Scarfoglio**

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permisso di Ricerca "Scarfolio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	7 / 27
Data 15/01/2015			



**Figura 1-5 Via Antiniana**

Inoltre sono previsti i seguenti interventi sulla rete esistente:

- Scomparto interruttore MT di cabina primaria ed apparecchiature connesse
- Fornitura ed installazione Unità Periferica e modulo GSM in cabina di consegna
- Scomparto interruttore MT di cabina primaria ed apparecchiature connesse



	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 8 / 27

### 1.3 Normative tecniche e disposizioni specifiche

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, le linee elettriche devono essere progettate, costruite ed esercite secondo le norme elaborate dal Comitato Tecnico 11 del Comitato Elettrotecnico Italiano le quali costituiscono disposizioni di legge.

I riferimenti legislativi sono:

- Norma CEI 11-17 luglio 1997: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - linee interrate";
- Norme del Ministero dell'Interno per quanto attiene le disposizioni di sicurezza antincendio;
- Decreto Legislativo 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- Norma CEI 11-8 dicembre 1989: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – impianti di terra e successive varianti";
- Norma CEI 103-6 dicembre 1997: "Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto".
- Norma CEI 0-16 luglio 2007: "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica".
- Norma UE DG2092
- la disciplina di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per i campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti) concernente la fissazione dei limiti dell'obiettivo di qualità e l'elencazione dei luoghi soggetti a tutela;
- il documento Enel Distribuzione "Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" pubblicata sul sito internet di Enel Distribuzione
- le prescrizioni di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 maggio 2008 concernente l'approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per elettrodotti;

Inoltre sono state considerate le seguenti disposizioni emanate da Enel Distribuzione: DK 5600; DK 5310; DK 5740.

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	9 / 27
Data 15/01/2015			

## 2. CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA

### 2.1 Caratteristiche delle utenze

Ai sensi della Norma CEI 0-16 l'utenza è classificabile come Utenti Attivi, trattandosi di N° 1 Impianto di Produzione da fonte geotermica avente le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale 4960 kWp;
- Cabina di trasformazione MT/BT con connessione attraverso rete in cavo MT di sezione 185 mmq con conduttore in alluminio;

### 2.2 Caratteristiche della rete di connessione

L'impianto di connessione, oggetto della presente, comprende:

- Una Linea MT Interrata per uno sviluppo complessivo pari a 2.505 metri (tratto al di sotto della viabilità pubblica e su proprietà privata), in cavo di sezione 185 mmq con conduttori in alluminio di lunghezza, che va dal punto di connessione alle cabine di ricevimento;
- Una Cabina di consegna in derivazione, realizzata mediante box prefabbricato omologato conforme alle norme CEI 0-16 e UE DG2092, situata lato strada e da detta cabina partirà un ulteriore elettrodotto in cavo interrato sino all'impianto geotermico pilota;
- Le caratteristiche della rete MT di connessione sono le seguenti:
  - tensione nominale di 20 kV;
  - stato del neutro IT con previsione di messa a terra del neutro tramite impedenza costituita da reattanza induttiva e resistenza;
  - corrente di corto circuito trifase massima 12.5 kA;
  - corrente di guasto monofase a terra: dato da richiedere al Distributore.

### 2.3 Criteri di scelta del tracciato

La definizione del tracciato e la scelta della collocazione della nuova linea interrata è stata fatta comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati ivi interferenti, in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del Testo Unico 11/12/1933 n. 1775, ed in particolare in modo tale da:

- utilizzare per le nuove installazioni prevalentemente in aree in proprietà o in disponibilità del Richiedente;



	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 10 / 27

- arrecare il minor sacrificio possibile alle proprietà private interessate, vagliando la situazione esistente sul fondo da asservire rispetto alle condizioni dei terreni serventi e contigui;
- interessare per lo più terreni già oggetto di infrastrutturazione pregressa a favore delle aree destinate allo sviluppo urbanistico e di particolare interesse paesaggistico ed ambientale;
- tenere conto dei vincoli esistenti sul territorio;
- ubicare l'intero tracciato dell'elettrodotto interrato in area liberamente accessibile
- non comportare livelli di inquinamento elettromagnetico alle persone al di sopra dei parametri di legge
- essere compatibile con le prescrizioni ANAS/Autostrade in merito a parallelismi o attraversamenti al nastro autostradale prossimo alla linea in progetto.

Inoltre il tracciato è pressoché conforme con quanto stabilito nel preventivo ENEL . La località interessata dalle opere sopra elencate si trova ad un'altezza variabile di 25-30 m s.l.m..

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 11 / 27

### 3. ESECUZIONE DELLE LINEE IN CAVO INTERRATO

Come detto, il collegamento tra il punto di connessione presso la Cabina primaria AT/MT "Astroni" e la nuova Cabina di consegna richiede la realizzazione di linea in cavo interrato di lunghezza complessiva pari a circa 2.315 metri.

La posa del cavo sarà effettuata secondo le prescrizioni tecniche di ENEL.

La canalizzazione sarà di tipo B, quella normalmente prevista per le strade di uso pubblico, con l'estradosso della protezione ad almeno 1,1 m di profondità rispetto al piano del terreno (sotto il nastro stradale la conduttura verrà realizzata ad una profondità di almeno 1,5 metri al di sotto della canaletta di scolo); i cavidotti impiegati saranno di tipo corrugato del diametro esterno di 160 mm (come previsto dalla Disposizione DS 4247/6) e rispetteranno le seguenti caratteristiche:

- resistenza all'urto normale non propagante la fiamma
- raggio di curvatura massimo non superiore a 5 volte il diametro esterno del tubo
- i cavidotti saranno stabilizzati con uno strato di sabbia di 0,2 m e poi ricoperti con materiale inerte;

Il "nastro monitor" sarà posato ad una profondità > di 2,3 m dal piano di campagna dell'impianto, quindi ad una distanza > di 0,2 m rispetto all'estradosso del cavidotto. La scelta di questa quota è stata dettata dalla necessità di consentire una tempestiva individuazione della linea MT nel caso di eventuale futuro scavo in corrispondenza della stessa;

Il cavo da utilizzare dovrà avere le seguenti caratteristiche:

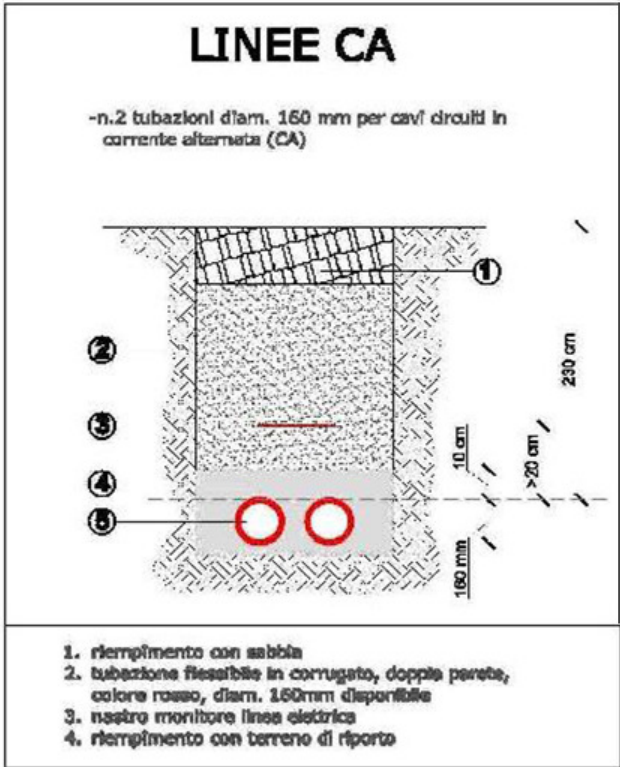
- tensione nominale di 20 kV; o tensione verso terra di 15 kV; o tensione massima di 24 kV; o sezione pari a 185 mmq
- conduttore in alluminio.

Segue sezione tipo del cavidotto interrato.



	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Giorgio Onori Ingegnere Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	12 / 27
Data 15/01/2015			

**Particolari costruttivi cavidotto interrato**



**Figura 3-1 Sezione del cavidotto interrato**

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 13 / 27

#### 4. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

Sono di seguito valutati gli effetti legati all'impatto elettromagnetico generati dalla nuova linea elettrica MT che vettorierà l'energia elettrica dalla cabina di partenza al punto di arrivo, identificato nella cabina primaria Astroni

Per quanto riguarda la metodologa di approccio, ci si baserà sui contenuti del DM 29 maggio 2008.

##### 4.1 Calcolo fascia di rispetto

Come indicato al paragrafo 3.2 del DM 29/05/08, sono escluse dal calcolo delle fasce di rispetto ( poiché le fasce sono particolarmente esigue) le seguenti linee:

- Linee esercite da frequenze diversa da quella di rete (50 Hz);
- Linee definite di classe zero secondo il decreto 449 del 21.03.88;
- Linee definite di prima classe secondo il decreto 449 del 21.03.88;
- Linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aree).

Per quanto riguarda la metodologa di approccio, ci si baserà sui contenuti del DM 29 maggio 2008, in particolare lo studio dei campi elettromagnetici riguarderà quelli generati all'interno della proprietà per quanto riguarda i cavi e la cabina di consegna, mentre per quanto riguarda le cabine inverter/trasformatore, si farà riferimento alla potenza del trasformatore ed alla tipologia di cavi BT.

Lo studio riguarderà anche l'elettrodotto per la connessione alla rete di distribuzione lungo tutto il tracciato all'esterno della proprietà, che si sviluppa fino al punto di consegna che è la cabina primaria Astroni.

Gli elementi progettuali della linea ENEL per il collegamento alla Rete sono inclusi nel presente progetto.

Per quanto riguarda l'elettrodotto, esso è interamente realizzato con percorso interrato e formato da cavo elicordato (Al 3x1x185 mmq)

La profondità di interro del cavo è superiore ad 1 m, e non c'è presenza di personale con permanenza superiore alle 4 ore consecutive nelle immediate vicinanze del cavo.

La definizione dello schema elettrico è riportato nella figura seguente.

Come indicato dallo schema unifilare generale che rappresenta il percorso cavi dalle cabine inverter alla cabina di consegna, le caratteristiche dei cavi di collegamento MT sono le seguenti:



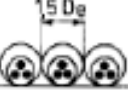


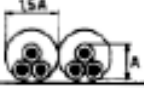
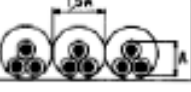


	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	14 / 27
	Data 15/01/2015		

Caratteristiche del cavo

- Cavi RG7H1R 18/20 KV sezione 185 mmq, cavi unipolari disposizione a trifoglio
- Posa direttamente interrata in tubo
- Profondità di posa 0,8 m
- Diametro esterno max del cavo 38,3

Valutazione della portata in regime permanente come definita dalla norma CEI 11-17.

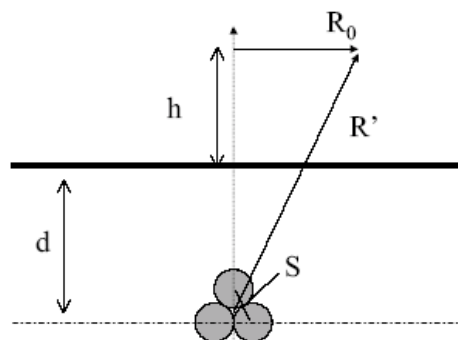
RIF.	NUMERO E DISPOSIZIONE DEI CAVI	TRIPOLARI	UNIPOLARI
E 1	Un solo cavo entro tubo		—
E 2	Due cavi, ciascuno entro un tubo; tubi adiacenti, in orizzontale		—
E 3	Tre cavi, ciascuno entro un tubo; tubi adiacenti, in orizzontale		
E 4	Una terna di cavi entro un tubo	—	
E 5	Due terne di cavi, ciascuna entro un tubo; tubi adiacenti, in orizzontale	—	
E 6	Tre terne di cavi, ciascuna entro un tubo; tubi adiacenti, in orizzontale	—	

TIPO DI CAVO Tensione nominale	Profondità d'interramento m	SEZIONE mm <sup>2</sup>	Resistività termica del terreno: 1 m. K/W										Resistività termica del terreno: 1.5 m. K/W							
			Posa diretta					Posa in tubo					Posa diretta				Posa in tubo			
			Modalità di posa secondo CEI-UNEL 35027, punto 2.2										Modalità di posa secondo CEI-UNEL 35027, punto 2.2							
			D3	D4	D5	D6	D7	E3	E4	E5	E6	D3	D4	D5	D6	D7	E3	E4	E5	E6
RG5H1R/47 (30BC8V-R) U <sub>0</sub> /U = 18/30 kV	1,5	35	167	135	160	136	122	148	141	118	104	148	120	142	122	109	137	133	109	96
		50	196	158	188	160	144	174	166	139	123	174	141	167	143	128	161	157	129	113
		70	239	192	229	195	175	213	203	169	150	212	171	204	174	156	196	193	157	138
		95	284	229	273	231	207	253	243	202	179	252	204	243	206	185	234	230	188	165
		120	322	259	309	262	235	288	277	230	204	286	231	275	234	210	265	262	214	188
		150	357	289	345	292	261	320	310	257	228	318	257	307	261	233	295	293	239	210
		185	402	325	389	329	295	362	351	291	258	358	290	347	294	263	333	333	271	238
		240	461	374	449	379	340	416	408	337	299	411	333	400	339	304	384	386	314	276
		300	535	421	506	427	382	468	462	382	338	476	375	451	382	342	432	437	355	312
		400	605	474	572	483	432	548	527	435	386	539	422	511	432	387	505	498	404	355
500	682	531	645	544	487	621	598	493	437	608	474	576	487	437	572	565	458	403		

Per la posa E4, la portata in regime permanente è fissata in 243 A (resistività del terreno posta pari a 1 mK/W).

Calcolo della fascia di rispetto con procedura semplificata così come definito dalla norma 106-11 parte prima.

#### 4.2 Cavi unipolari interrati disposti a trifoglio



La formula per il calcolo della fascia di rispetto, ha come fondamento l'imposizione di 3 μT come valore di campo magnetico:

$$R0 = \sqrt{0.082 \times S \times I - d^2}$$

Dove

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 16 / 27

S = distanza tra i conduttori 38,3 mm (0,0383)

d = profondità di interro 0,7 m

I = corrente in regime permanente 243 A

Da cui

**R0= 0,35 m pari a circa 0,52 m approssimato fornisce un valore pari a 1 m**

Poiché la disposizione dei cavi è tale da prevedere l'allineamento di 4 terne di conduttori, occorre calcolare il valore della corrente in regime permanente anche le pose E5, E6.

Per le posa E5 la corrente in regime permanente è 202 A, mentre per la posa E6 è di 179 A, da cui ne deriva un valore di DPA pari a

- Posa E5 = 0,37 m che approssimato fornisce una dpa pari a 0,5 m
- Posa E6 = 0,26 m che approssimato fornisce una dpa pari a 0,5 m

Per quanto riguarda la valutazione dell'allineamento di 4 terne, si utilizzerà il modello "CAMPI" (Versione 4.0 febbraio 2001), in grado di determinare l'intensità del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea elettrica da 1 a 16 conduttori, con le condizioni semplificative sotto espresse.

L'algoritmo di calcolo utilizzato si basa su alcune ipotesi che permettono di usare un modello semplificato:

- I conduttori costituenti la linea (attivi e di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica e diametro costante (nel caso di conduttori a fascio si considera un conduttore unico di opportuno diametro equivalente);
- La tensione e la corrente su ciascun conduttore attivo sono considerati in fase tra di loro;
- La distribuzione della carica elettrica sulla superficie dei conduttori è considerata uniforme;
- Il suolo è considerato piano, privo di irregolarità e perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, mentre dal punto di vista magnetico perfettamente trasparente;
- La presenza di tralicci o piloni di sostegno, edifici, vegetazione e qualunque altro oggetto che si trova nell'area interessata viene trascurata.



	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 17 / 27

In tale modo è possibile ridurre il calcolo ad un problema piano, visto anche il fatto che su qualunque sezione normale alla linea la situazione non cambia.

I dati di input richiesti dal modello riguardano la struttura della linea e la configurazione di calcolo.

I primi permettono di configurare la linea dal punto di vista geometrico ed elettrico e riguardano:

- Il raggio dei conduttori (o il raggio equivalente nel caso di conduttori a fascio);
- La posizione relativa dei conduttori;
- L'ampiezza della tensione;
- L'ampiezza della corrente;
- La fase della tensione, supposta uguale a quella della corrente.

I secondi rappresentano invece quel complesso di informazioni che descrivono i punti su cui si vuole calcolare l'intensità dei campi e le caratteristiche della linea sulla sezione normale che interessa i punti suddetti (quota della struttura della linea, misurata lungo la verticale, e pendenza del terreno).

Alla profondità di interro di circa 70 cm, l'obiettivo di qualità è raggiunto a circa 0,9 m di distanza.

Per quanto riguarda la cabina di consegna da 5 MW, supponendo che non sarà mai attivata la consegna di energia in BT per l'intero ammontare della potenza prodotta dall'impianto, si può adottare il criterio previsto nella norma CEI 106-11, per i conduttori disposti a bandiera.

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

La formula approssimata è la seguente:

Dove I è la corrente circolante valutata sulla distribuzione in media tensione e pari a 192 A

Con S equivalente alla distanza tra le sbarre e pari a 20 cm

Da cui ne deriva un valore di 2 m

Si può infine considerare una distribuzione standard massima in Bassa tensione da parte di ENEL con un trasformatore da 630 KVA, che, secondo quanto previsto dal DM 29/05/2008 comporta una dpa di 2 m.

**Per cui per la cabina di consegna è prevista una dpa di 2 m.**

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permessò di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 18 / 27

## 5. CARATTERISTICHE DELLA CABINA DI CONSEGNA

Al fine di consentire la connessione dell'impianto su un unico punto della rete, è stata prevista una Cabina di consegna in derivazione, che sarà localizzata in corrispondenza della recinzione che delimita lungo Via Antiniana il lotto privato all'interno è previsto l'impianto geotermoelettrico (cfr. Figura 5-1).



**Figura 5-1 Localizzazione nuova Cabina di consegna lungo Via Antiniana**

La nuova cabina (cfr. Figura 5-2), conforme alle norme, sarà costituita dai seguenti comparti:

- Locale Enel di esclusiva pertinenza del Distributore Locale;
- Locale Misure che rappresenta il confine tra l'impianto Utente e l'impianto del Distributore, con accesso permesso sia all'Utente che al Distributore;
- Locale Utente contenente la Protezione Generale e di Interfaccia prevista dalle norme, di esclusiva pertinenza dell'Utente.

Per consentire al Distributore il libero accesso al Locale Misure ed al Locale Enel, è stato previsto che le relative porte di accesso siano ubicate sul fronte prospettante lungo Via Antiniana.

La cabina è costituita da un manufatto prefabbricato e, conformemente alle specifiche, dovrà essere dotato di:

- certificato di Deposito rilasciato dalla Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale - ai sensi della Legge 5 novembre 1971 n. 1086 art. 9 D.M. 3 dicembre 1987 n. 39 e s.m.i. - del fornitore;

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 19 / 27

- dichiarazione, rilasciata dal costruttore, della rispondenza dei locali alla Norma CEI 11-1
- dichiarazione, rilasciata dal fornitore, della rispondenza dei locali e degli impianti degli stessi alla Norma CEI 17-63.

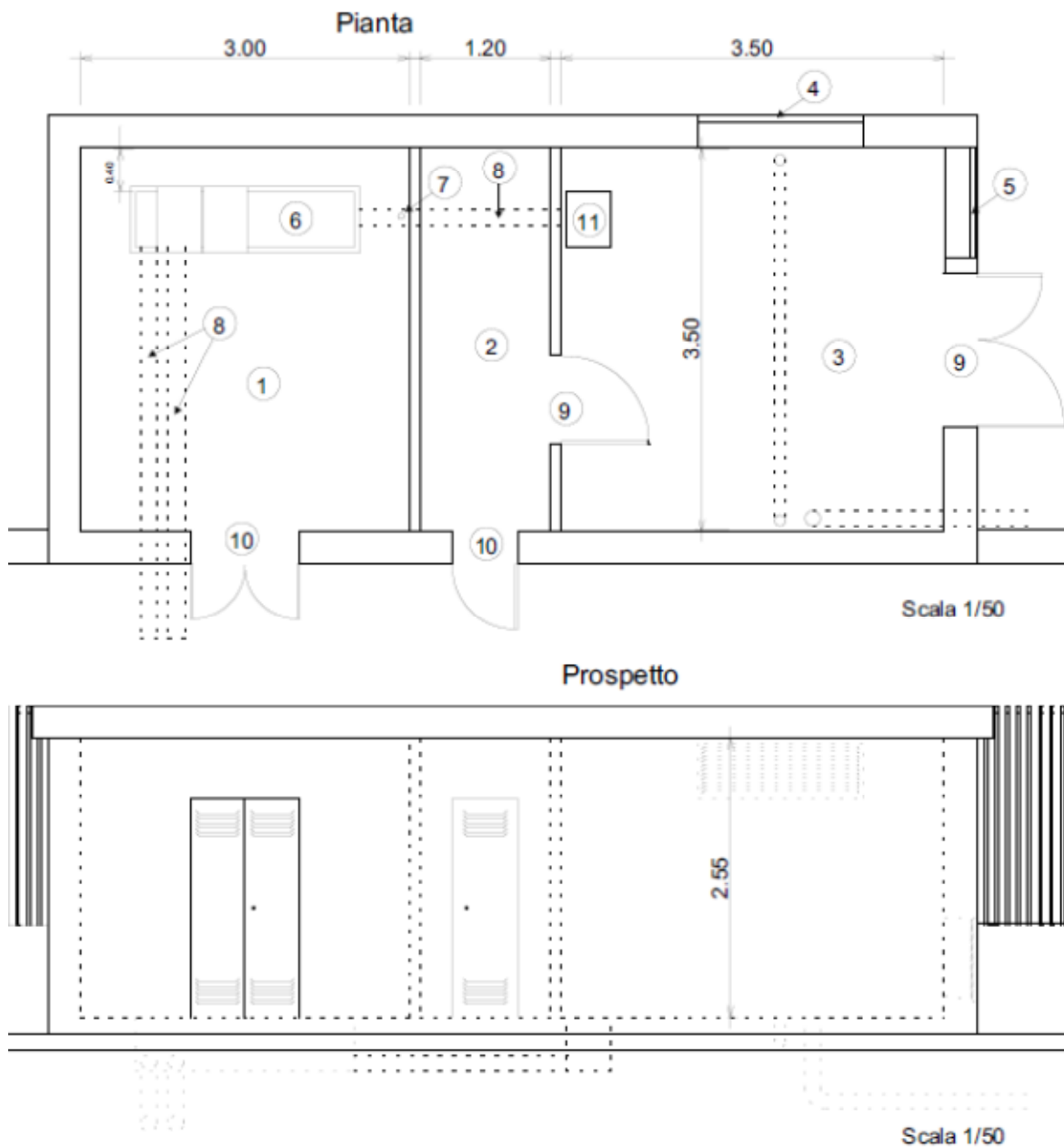
Il locale Enel dovrà contenere le seguenti apparecchiature:

- N° 1 scomparto di sezionamento per la linea in entrata;
- N° 1 scomparto di sezionamento per la linea in uscita.
- N° 1 scomparto di consegna per l'alimentazione dell'Utente e l'installazione dei TA e TV necessari alla misura dei flussi di energia;

Il locale Enel sarà anche dotato di un collettore di terra derivato dal collettore principale collocato all'interno del locale utente, il quale sarà connesso all'anello dell'impianto di terra della cabina.

Tutti gli scomparti sopra elencati dovranno essere forniti di dispositivi di messa a terra fissi, funzionali alla connessione, in grado di garantire agli addetti di operare nel rispetto della Norma CEI 11-27. In particolare, ogni scomparto dovrà essere dotato di un sezionatore di terra, il cui intervento dovrà essere inibito da un dispositivo a chiave, atto ad evitare la messa in tensione della rete messa a terra. Tali chiavi dovranno essere consegnate al Distributore e non dovrà assolutamente essere duplicata dall'Utente.





**Legenda**

- (1): Locale consegna. (2): Locale misura. (3): Locale utente. (4): Presa d'aria 500 x 1000 mm, IP34, altezza dal pavimento: 2000 mm.  
 (5): Presa d'aria 1000 x 750 mm, IP34, altezza dal pavimento: 200 mm. (6): Pozzetto 2000 x 500 x 500 mm (utile) con due coperture  
 in c.a. 400 x 500 mm - carico > 0,5 N cmq. (7): foro diametro 50 mm (8): Tubo in PVC, diametro 150 mm. (9): Accesso riservato utente.  
 (10): Accesso riservato ENEL (11): Pozzetto 400 x 500 x 500 mm (utile)

**Figura 5-2 Pianta e prospetto di Cabina di consegna tipo**

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Giorgio Onori Ingegnere	21 / 27
Data 15/01/2015	Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina		

## 6. IMPIANTO DI TERRA SOTTESO ALL'IMPIANTO DI CONSEGNA

### 6.1 Impianto di consegna

Per il dimensionamento degli impianti di terra dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- Corrente di guasto monofase a terra 50 A;
- Tempo di eliminazione del guasto molto maggiore di 10 s;

In queste ipotesi l'impianto di terra dovrà garantire, conformemente alle norme CEI 11-1, una tensione totale di terra massima di 75 V.

Per raggiungere tale scopo, l'impianto di dispersione per la messa a terra a servizio dell'impianto di consegna sarà realizzato da un anello in rame nudo di sezione 35 mmq, interrato alla profondità di 50 cm ad una distanza di 1 m dal perimetro del box prefabbricato contenente la Cabina di consegna, integrato da n. 4 picchetti verticali in acciaio di sezione minima 50 mmq e lunghezza 1,5 m, installati uno per ogni angolo, conformemente alla tipologia prevista dalla Disposizione DK 5310 paragrafo 7.2.8.2 denominata "ANELLO SEMPLICE".

L'efficienza di tale impianto dovrà essere verificata a lavori eseguiti attraverso un'apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

L'impianto di dispersione, attraverso un conduttore di terra, farà capo ad un collettore principale, posto nel Locale Utente, attraverso il quale verranno collegate a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entranti ed uscenti, salvo diversa indicazione del Distributore.

Il locale Enel sarà anche dotato di un collettore di terra derivato dal collettore principale collocato all'interno del locale utente, il quale sarà connesso all'anello dell'impianto di terra della cabina.

### 6.2 Linea in cavo oggetto di intervento

I cavidotti in cavo cordato ad elica, quale è quello in progetto, non sono soggetti al calcolo delle DPA ai sensi della richiamata Legge n. 36 del 22/02/2001. Si riporta in ogni caso una valutazione degli impatti elettromagnetici in caso di linea interrata con cavo non cordato:

- Caratteristica della linea elettrica in cavo: Tipo di linea Interrata
- Numero conduttori attivi 3 Sezione conduttori 185 mmq Tensione nominale 20 kV Corrente d'impiego 65 A Portata max 236 A (416A)

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 22 / 27

- Profondità minima interrimento 1,1 m (da 2,3 a 3,50 a seconda del suolo attraversato)

I valori sopra riportati si riferiscono al caso peggiore, quello cioè relativo all'elettrodotto che va dal punto di connessione fino alla Cabina di consegna.

Il valore massimo dell'induzione magnetica, calcolato in corrispondenza della proiezione della linea sulla superficie del terreno, ad un metro di altezza dal piano di calpestio, risulta pari a 2,1  $\mu$ T, inferiore al valore di 3  $\mu$ T previsto da DPCM 8 Luglio 2003 come obiettivo di qualità.

Il valore sopra riportato è stato calcolato per analogia agli esempi riportati dalla guida CEI 211/6 e considerando una corrente pari alla portata massima del cavo utilizzato.

Tuttavia, le linee in cavo interrato disposto a trifoglio sono escluse dalla applicazione della "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" elaborato dall'APAT, approvato con decreto del 29 Maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del Mare, e pubblicato sul supplemento ordinario alla gazzetta ufficiale n. 160 del 05/07/2008, in quanto le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta.

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 23 / 27

## 7. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLA CONDUTTURA

Nota la potenza del generatore geotermici, pari a 4980 kWp, e considerando che tale impianto ha un fattore di potenza pressoché unitario, è stata calcolata la corrente di impiego.

La conduttura interrata utilizzata ha una sezione di 185 mmq con conduttore in alluminio con isolamento in EPR per la quale risulta una portata nominale secondo la IEC 60364-5-52 di 236 A, ben superiore alla corrente di impiego calcolata.

### 7.1 Materiali e dimensionamento cavi

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto sia delle massime perdite di potenza ammissibili in linea che del limite termico; infatti, in base alle condizioni di posa adottate, la corrente di impiego "I<sub>b</sub>" deve essere inferiore della portata effettiva del cavo "I<sub>z</sub>" e le massime perdite di potenza in linea devono essere inferiori del 3%.

Le ipotesi fatte per il calcolo della portata dei cavi nel dimensionamento di essi sono:

- La resistenza termica del terreno 1 K m/W e temperatura terreno pari a 20°C (CEI 20/21 A.3);
- Fattore di correzione dovuto alla temperatura diversa da quella di riferimento (K1);
- Fattore di correzione dovuto al tipo di posa e alla presenza di altri cavi installati sullo stesso piano (K2).

Inoltre si è tenuto conto, per le lunghe distanze di un abbattimento di portata del cavo del 15% a causa delle perdite di linea (effetto pelle) che si possono avere.

### 7.2 Dimensionamento cavi

Per il dimensionamento della sezione dei cavi da utilizzare è stato verificato, come prima cosa, il limite termico.

E' stata calcolata la corrente di impiego I<sub>b</sub> e confrontata con la portata effettiva del cavo I<sub>z</sub> (tenendo conto delle opportune ipotesi di calcolo fatte precedentemente).

Il calcolo della corrente d'impiego è data dalla seguente relazione:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

ove:

P è la potenza nominale;

V è la tensione nominale di linea pari a 30 KV;

$\cos\varphi$  è il fattore di potenza pari ad 1.



	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 24 / 27

Tale valore di corrente deve essere inferiore alla portata del cavo utilizzato, come evidenziato dalle seguenti formule:

$$I_b \leq I'_z$$

dove:

$$I'_z = I_z \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 0.85$$

Scelta l'opportuna sezione del cavo, si passa alla valutazione delle perdite. In base alla sezione di cavo scelta si vede in tabella il valore di resistenza R del conduttore a 90°C espressa  $\Omega/\text{Km}$ . Considerando la resistenza R per l'intera lunghezza del tratto di cavo da utilizzare, si possono calcolare le perdite di potenza  $\Delta P_t$  e le perdite di potenza percentuali  $\Delta P_t\%$  con le seguenti relazioni:

$$\Delta P_t = 3 \cdot R \cdot I_b^2$$

$$\Delta P_t\% = \frac{\Delta P_t}{P} \cdot 100$$

ove P è la potenza sopportata.

Sapere quali sono le perdite di potenza permette di arrivare a valutare le perdite totali di tutto l'impianto che non devono superare il 3%. Infatti, facendo la somma delle singole perdite ottenute per ogni tratto, e rapportandolo alla potenza totale dell'impianto (5 MW), otteniamo le perdite totali che si hanno in tutto l'impianto:

$$\Delta P_{TOT} = \sum_{i=1}^N P_{t_i}$$

$$\Delta P_{TOT}\% = \frac{\Delta P_{TOT}}{P_{TOT}} \cdot 100$$

### 7.3 Risultati di calcolo

Nell'allegato A sono riportate le caratteristiche tecniche ed i valori specifici relativi ai cavi NEXANS XLPE 18/30 kV IEC 502 in base ai quali sono stati effettuati i calcoli.

La cabina di consegna (CC) serve per raccogliere la corrente proveniente dal generatore e portarla alla stazione elettrica 30/150 KV.

Come si può vedere dalla tabella in "allegato b", alla piena potenza nominale (100%), la corrente d'impiego  $I_b=57.6$  A; la sezione suggerita è di  $120 \text{ mm}^2$  (per fase) avente portata pari a circa (compreso di abbattimento del 15%)  $I'_z=161$  A.

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto	
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da
	Acc. 2013/0045/OF	 Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina
Data 15/01/2015		Pagina 25 / 27

**L'esigenza di tale dimensionamento viene giustificata da una attenta valutazione termica, elettrica ed economica, tenendo conto delle distanze dei singoli tratti e delle quantità di cavo necessarie per la realizzazione dell'impianto.**

Ai fini del cavidotto di collegamento della cabina di consegna (CC) alla sottostazione (SS) la corrente di impiego è  $I_b=1040,4$  A, verranno quindi utilizzate quattro terne di cavi di sezione suggerita pari a  $185 \text{ mm}^2$ , avente portata totale superiore alla  $I_b$ .

Si ricorre alla scelta progettuale di utilizzare più terne di cavi in parallelo da  $185 \text{ mm}^2$  in quanto risulta, nello specifico, essere soddisfatta la verifica termica dei cavi.

Nella tabella in "allegato b" possono leggersi le perdite di potenza e le perdite di potenza percentuali per ogni tratto.

In base a queste sezioni adottate, si ha che le perdite totali di potenza del cavidotto, sono circa a  $\Delta P_{Tot} = 125,7$  kW, ove in percentuale sono pari a  $\Delta P_{Tot}\% = 1,40\%$ . Tale valore è inferiore a quello preventivato (3%) in fase di dimensionamento del cavidotto. Le cadute di tensione per i singoli tratti sono anche esse molto contenute entro i criteri di ottimizzazione, sempre inferiore ai limiti richiesti.

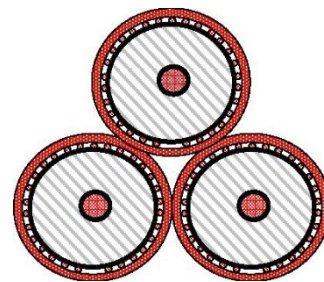
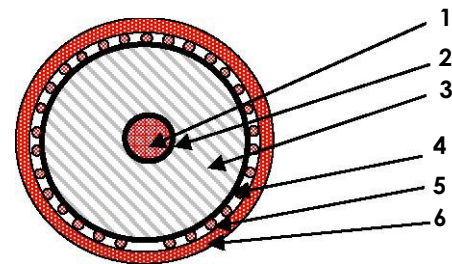
Tutti i cavi sono stati dimensionati valutando la piena potenza nominale del generatore (carico=100%). Tale criterio è stato adottato come motivo precauzionale; infatti in caso si dovesse verificare tale situazione, non si hanno problemi di sovraccarico sui conduttori, e quindi diminuzione della vita utile del cavo.

**ALLEGATO A**

**Cavo NEXANS XLPE 18/30 kV IEC 502**

Sezione nominale conduttore mm <sup>2</sup>	Diametro nominale conduttore mm	Spessore isolante mm	Spessore guaina mm	Diametro nominale cavo mm	Peso cavo nominale AL Kg/Km	Raggio di curvatura minimo mm	Capacità nominale $\mu\text{F}/\text{Km}$	Corrente capacitiva nominale a tensione U <sub>0</sub> A/Km	Reattanza di fase a 50 Hz $\Omega/\text{Km}$	Resistenza massima in CC del conduttore a 20 °C AL $\Omega/\text{Km}$	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C AL $\Omega/\text{Km}$	Portata di corrente in aria a 30°C trifoglio AL A	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W trifoglio AL A	Portata di corrente con abbattimento 15% causa perdite A	Corrente di corto circuito del conduttore (1s) AL kA
35	7,0	8,0	1,9	36,0	920	430	0,13	0,74	0,153	0,868	1,115	160	156	132,6	3,2
50	8,1	8,0	2,0	37,5	990	460	0,13	0,83	0,149	0,641	0,825	198	181	153,85	4,6
70	9,9	8,0	2,0	39,5	1140	480	0,15	0,92	0,140	0,443	0,570	243	222	188,7	6,5
95	11,5	8,0	2,1	41,1	1265	500	0,16	1,01	0,132	0,320	0,412	289	263	223,55	8,8
120	12,9	8,0	2,1	42,5	1380	530	0,18	1,10	0,127	0,253	0,328	334	296	251,6	11,1
150	14,2	8,0	2,2	44,2	1510	550	0,19	1,16	0,123	0,206	0,268	373	337	286,45	13,8
185	15,9	8,0	2,2	45,8	1665	570	0,21	1,22	0,119	0,164	0,213	426	371	315,35	17,0
240	18,3	8,0	2,3	49,0	1940	610	0,22	1,37	0,115	0,125	0,163	494	419	356,15	22,1
300	20,7	8,0	2,4	51,5	2245	640	0,24	1,49	0,111	0,100	0,132	555	469	398,65	27,6
400	23,5	8,0	2,5	57,6	2625	690	0,27	1,64	0,107	0,0778	0,103	630	526	447,1	36,8
500	26,5	8,0	2,6	57,7	3065	730	0,29	1,79	0,103	0,0605	0,081	714	581	493,85	46,0
630	30,1	8,0	2,7	63,4	3860	810	0,32	1,96	0,100	0,0469	0,064	793	625	531,25	58,0

**DISEGNO INDICATIVO (NON IN SCALA)**



Legenda:

1. conduttore Spirale visibile
2. semiconduttore interno
3. isolamento
4. semiconduttore esterno
5. schermo metallico e controspira
6. guaina esterna

	<b>Progetto per la realizzazione di un impianto geotermico pilota nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"</b> Relazione Tecnica dimensionamento elettrodotto		
	Doc.SCA-003-PD-00-RT	Redatto da	Pagina
	Acc. 2013/0045/OF	 Giorgio Onori Ingegnere	27 / 27
	Data 15/01/2015	Dott. ing. Giorgio Onori Via Tuscolo 1, 04100 Latina	

## ALLEGATO B

### Verifica termica, della caduta di tensione e delle perdita di potenza dei cavi Nexans XLPE 18/30 kV IEC 502

Potenza (MW)	Ib (A)	sezione cavo (mmq)	Iz' (A)	R max in CA a 90°C (Ω/Km)	Perdita potenza (W)	Perdita %	Lunghezza tratto (m)	Caduta di tensione nel tratto (V)	Caduta di tensione nel tratto %
LINEA									
5	57,8	3x(1x185)	161,4	0,328	1643,69	0,05%	500	16,40	0,05%

Caduta di tensione nel ramo linea1 ΔV (V)	Caduta di tensione nel ramo linea2 ΔV (V)	Caduta di tensione nel ramo linea3 ΔV (V)	Caduta di tensione nel ramo linea4 ΔV (V)	Caduta di tensione nel ramo linea CC - SS ΔV (V)
418,05	105,59	124,63	163,99	55,62
1,39%	0,35%	0,42%	0,55%	0,19%

Sezione (mmq)	Iz	15% perdita	K1	cos φ	K2	Iz'	R
120	296	0,85	0,93	1,00	0,69	161,5	0,328
185	337,00	0,85	0,93	1,00	0,69	183,80	0,268
300	469,00	0,85	0,93	1,00	0,69	255,81	0,132
400	526,00	0,85	0,93	1,00	0,69	286,90	0,103