

1 PREMESSA

Il presente elaborato ha lo scopo di illustrare la composizione, i metodi di progettazione, di installazione, di verifica e di collaudo di un impianto per la produzione di energia da fonte solare tramite conversione fotovoltaica.

L'impianto in oggetto ha sede in località Le Campora, nel comune di Oricola (AQ), e sarà realizzato su due appezzamenti di terreno confinanti con il complesso industriale "Rotosud S.p.A.". In tale luogo è presente una fornitura elettrica in MT alla tensione di 20 kV che alimenta le utenze dei capannoni industriali.

2 OGGETTO DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 2168,67 kWp da installare su terreni siti nel comune di Oricola (AQ) in località Le Campore. L'impianto in oggetto sarà costituito dai seguenti elementi:

- Generatore fotovoltaico;
- Cabina di interfaccia ENEL – utente, composta da
 - Locale di consegna;
 - Locale misure;
 - Locale utente;
- Cabina di conversione – trasformazione, composta da
 - Locale di trasformazione MT – BT;
 - Locale quadri MT;
 - Locale di conversione CC – CA.

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture a bipalo infisso. Il generatore fotovoltaico verrà realizzato mediante pannelli in silicio poli-cristallino. Si garantisce che il decadimento complessivo delle prestazioni del sistema sia contenuto entro il 10% della potenza iniziale dopo 10 anni e il 20% della potenza iniziale dopo 25 anni.

L'impianto in oggetto produrrà energia elettrica che verrà immessa direttamente nella rete nazionale a media tensione.

La tipologia costruttiva del sistema prevede l'utilizzo di componenti industriali standard sia per quanto riguarda i moduli fotovoltaici, le strutture di fissaggio e tutte le altre apparecchiature elettriche.

3 DESCRIZIONE DEL SITO

L'impianto verrà inserito all'interno di un'area privata situata in Località Le Campore, comune di Oricola (AQ). L'impianto elettrico verrà realizzato a partire dai moduli fotovoltaici, installati a terra con supporti inclinati di 25°, e si svilupperà in canalizzazioni fino ai locali delle cabine. Tali locali sono appositamente predisposti per il contenimento dei macchinari elettrici: trasformatore, dispositivi di sezionamento e comando, ausiliari e contatori di misura. Saranno realizzate delle strutture di accesso al generatore fotovoltaico e alle altre componenti per facilitare le operazioni e gli interventi manutentivi.



Figura 1 – Ortofotocarta

3.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO

L'area oggetto di intervento fa riferimento ad un'area sita nel comune di Oricola(AQ). Si tratta di un lotto di terreno di proprietà della "Rotosud S.p.A."all'interno del quale è già presente uno stabilimento industriale rotocalcografico composto da piu' capannoni comunicanti e adiacenti.

La proprietà Rotosud S.p.A. si suddivide in diverse unità immobiliari catastali.

Lo stabilimento industriale è censito al Catasto Fabbricati del Comune di Oricola con la particella n. 1076 del foglio 2. L'intera area dello stabilimento (area di sedime dei fabbricati e corti pertinenziali) è censita al Catasto Terreni con la particella n. 1076 del foglio 2.

Rotosud S.p.A. risulta proprietaria inoltre di tre ulteriori aree limitrofe, corrispondenti alle particelle n. 1061, 1103 e 1104 del foglio 2. La superficie complessiva delle aree edificate e non edificate ammonta a mq 126.049.

La particella 1061 si trova a ovest dello stabilimento industriale, ed è da esso separata da una strada facente parte della viabilità dell'area industriale "Piana del Cavaliere". Le particelle 1103 e 1104 sono invece ubicate a est dello stabilimento.

CATASTO FABBRICATI		
Foglio	Particella	Categoria
2	1076	D/1

CATASTO TERRENI		
Foglio	Particella	Superficie
2	1061	14.890
2	1076	81.070
2	1103	29.929
2	1104	160
TOTALE		126.049

Si tratta di "Fabbricato a "U" a semplice elevazione, salvo fronte composto da piano terra e primo piano, oltre 2 locali adibiti a Cabina Enel e Centrale Termica. La superficie coperta è di 17.732 mq. oltre terreno, D/1 industriale, di 136.210 mq.

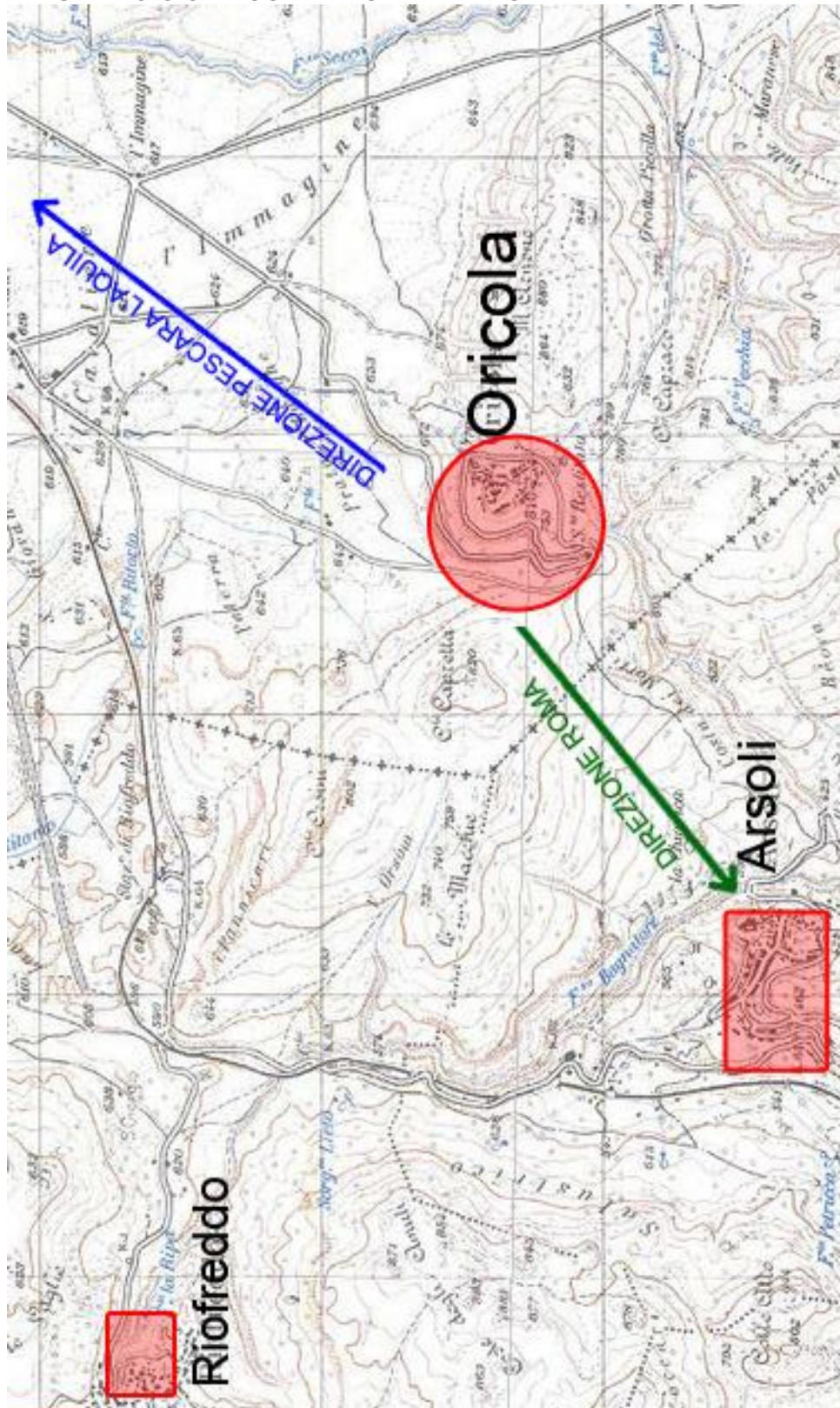
3.2 VINCOLI E SERVITU'

Sul lotto contraddistinto al Fg. 2, part. 319 (Are 11, centerare 75) grava servitù per scarico acque di raffreddamento e di risulta del depuratore biologico dello stabilimento come da atto Umberto Badurina di Carsoli del 1/08/90, prot. n. 1277/212, registrato in Avezzano il

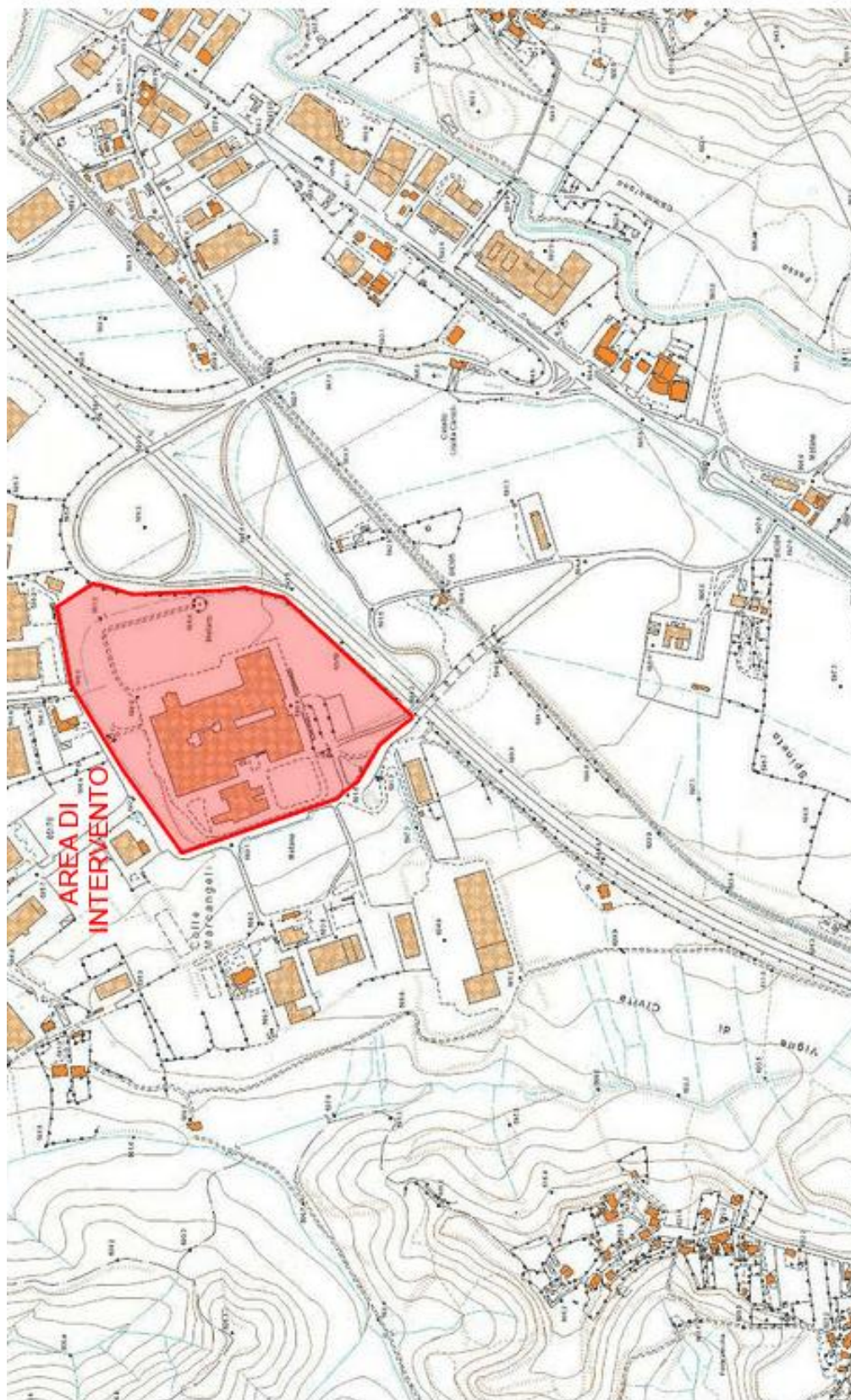
20/08/90 al n. 1612, Serie I e trascritto alla Conservatoria dei Registri Immobiliari de L'Aquila il 21/09/90 al n. 11066.

3.3 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

STRALCIO CARTOGRAFIA GENERALE IGM



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE



Ing. Gianluca Medulli
C/so Nazionale 99 – 86039 TERMOLI (CB)
Tel./Fax. +39 0875 81344
Cell. +39 328 4296884
E-mail. medulli@studioeko.biz

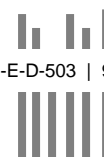




FOTO 8 Vista dello spazio retro e del terreno adiacente di proprietà dello stabilimento.

3.5 DESCRIZIONE STATO ATTUALE DELL'AREA

L'intervento riguarda l'installazione di pannelli fotovoltaici a terra. Si tratta di uno stabilimento rotocalcografico costituito da differenti blocchi di capannoni adiacenti e comunicanti. All'interno del medesimo lotto sono presenti diverse aree pianeggianti libere nello spazio antistante l'edificio e sul lato est.

L'area risulta pressochè pianeggiante e caratterizzata dalla presenza di piccoli insediamenti artigianali, industriali e agroproduttivi. La parte sud confina con dall'asse autostradale A25 Roma-L'Aquila-Pescara e con il relativo svincolo Carsoli-Oricola.

Il territorio in esame presenta qualità e criticità paesaggistiche riferibili alla qualità visiva, trattandosi di un'area aperta pianeggiante su un versante collinare.

Per quanto riguarda il rischio paesaggistico, antropico e ambientale, si può riconoscere a quest'area una certa "sensibilità" ovvero accogliere cambiamenti senza alterazioni o degrado della qualità complessiva; ciò grazie al tipo di intervento proposto, di cui al progetto allegato, che interessa la copertura dello stabilimento senza alterarne la fisionomia complessiva.

Il terreno in esame è a circa 600 metri di quota, caratterizzato da una superficie sub-pianeggiante priva di segni premonitori di instabilità morfologica in atto o verificatasi nel recente passato.

Nella piana, dove è ubicato il sito in esame, la circolazione idrica superficiale è dominata dal fiume Turano a carattere meandriforme che rappresenta il punto di raccolta di tutti i corsi superficiali, in particolare confluiscono nel fiume, il fosso Cammarano e il fosso Sesara a loro volta interessati dall'apporto idrico di numerosi ruscelli che raccolgono l'acqua dei rilievi circostanti.

Per ogni approfondimento tecnico si rimanda alla relazione geologica allegata.

L'area oggetto di studio ha un'evidente utilizzazione artigianale e industriale.

Nello specifico la superficie del lotto in esame è costituita dalla presenza di uno stabilimento di più edifici comunicanti e da terreno nudo di servizio.

Come evidenziato dalle immagini aeree del lotto sono presenti solo sporadicamente presenze arboree spontanee. Risultano assenti presenze arboree significative o tutelate, alberature e siepi.

4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

I lotti di terreno in cui sorgerà l'impianto fotovoltaico hanno una superficie complessiva di circa 65.500 metri quadrati. Il generatore fotovoltaico verrà realizzato con moduli in silicio policristallino con potenza pari a 230 Wp, avrà una potenza nominale di 2.168,67 kWp e sarà suddiviso in 3 sottocampi, così composti:

- SOTTOCAMPO A: 1.323 moduli, 304,29 kWp;
- SOTTOCAMPO B: 6.237 moduli, 1.434,51 kWp;
- SOTTOCAMPO C: 1.869 moduli, 429,87 kWp.

I moduli fotovoltaici saranno collegati elettricamente in stringhe da 21 ciascuna. Le stringhe saranno meccanicamente poste mediante strutture a bipalo infisso della MFV Solar.

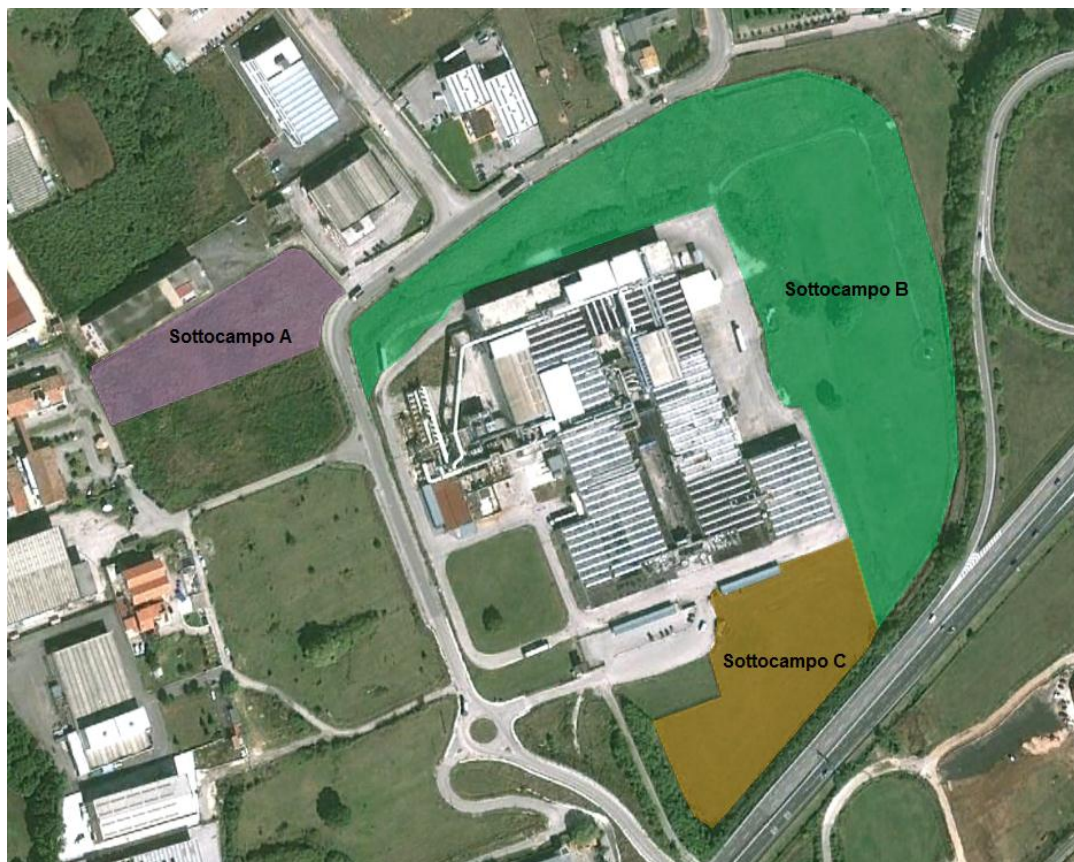


Figura 2 – Suddivisione del generatore fotovoltaico

Il piano dei moduli avrà un'inclinazione di 25° rispetto al piano orizzontale; i moduli saranno orientati verso SUD nel sottocampo B, con azimut di 20° EST nel sottocampo A e con azimut di 15° EST nel sottocampo C. L'energia prodotta dalle stringhe verrà convogliata verso 5 convertitori statici CC/CA. L'energia uscente dagli inverter verrà innalzata a un valore di tensione adeguato (20 kV) per l'immissione nella rete di distribuzione nazionale mediante dei trasformatori elevatori MT/BT che svolgeranno anche la funzione di separazione elettrica dei due sistemi elettrici. Verranno realizzati dei locali che ospiteranno i dispositivi e le macchine elettriche per la misura e la consegna dell'energia elettrica prodotta.

4.1 EFFETTI CONSEGUENTI ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

I principali effetti conseguenti alla realizzazione dell'opera sono:

- da un punto di vista delle MODIFICAZIONI del contesto paesaggistico, l'intervento può incidere in maniera non rilevante sull'assetto percettivo del paesaggio e all'assetto agricolo/colturale.
- dal punto di vista delle ALTERAZIONI del sistema paesaggistico, l'intervento non prevede l'inserimento di elementi estranei o intrusivi per il contesto generale.

4.2 MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DELL'INTERVENTO

Gli elementi principali previsti per la mitigazione dell'impatto sono i seguenti:

- verranno preferiti moduli fotovoltaici in silicio policristallino che hanno tonalità tendente al blu.
- I moduli verranno installati su strutture metalliche di modeste dimensioni (h max= 1,64m e largh.=0,99m con spessore di 40mm – vedi progetto allegato- si strutture esili metalliche di sostegno.

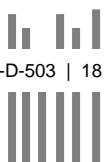
L'intervento non comporta alcun tipo di dispersione al suolo e risulta totalmente reversibile in quanto ogni materiale installato può essere facilmente recuperato e riciclato.

L'unico effetto che non può essere totalmente eliminato è quello visivo ,ma solo in maniera parziale da alcuni punti isolati nelle zone limitrofe (autostrada A25) e strada comunale di servizio, mentre dall'abitato principale del comune di Oricola l'impianto non risulta addirittura percettibile.

5 SCHEDE TECNICA DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sarà composto dai seguenti componenti:

- nr. 9429 moduli fotovoltaici in silicio policristallino, della società PHONO SOLAR della potenza nominale di 230 Wp;
- nr. 2 convertitori statici, della ditta BONFIGLIOLI della potenza nominale in CC 510 kWp;
- nr. 1 convertitore statico, della ditta BONFIGLIOLI della potenza nominale in CC 1460 kWp;



- nr. 29 quadri di stringa tipo BONFIGLIOLI SCB A 16 2F – S1S MC con 16 ingressi, protezione con fusibili 10 gPV 10x38 1000 V DC portata 10 A su polo positivo e negativo, senza diodo anti-ricircolo, tensione massi di uscita 1000Vdc, con monitoraggio corrente e contatti;
- nr. 3 quadri elettrici alimentazione ausiliari a servizio dell'impianto fotovoltaico;
- nr. 3 quadro MT con sezionatore con fusibile a protezione del trasformatore;
- nr. 3 quadro MT con protezione generale e risalita sbarre;
- nr. 1 quadro MT di connessione a rete MT ivi esistente.

Generatore fotovoltaico	
Località	Oricola (AQ)
Luogo di installazione	Su terreno
Tipologia di posa	Integrata
Orientamento	SUD / SUD-EST (azimut -20°, 0°, -15°)
Inclinazione	25°
Potenza nominale	2.168,67 kWp

Convertitori statici BONFIGLIOLI RPS 0510 IT 0100X Multi MPPT	
Potenza nominale CC	510 kW
Intervallo tensioni MPPT	425 V ÷ 875 V
Tensione CC massima	1000 V
Corrente CC massima	1050 A
Potenza nominale CA	450 kW
Fattore di potenza	0,99
Corrente CA massima	960 A

Convertitori statici BONFIGLIOLI RPS TL 1460	
Potenza nominale CC	1454 kW
Intervallo tensioni MPPT	500 V ÷ 875 V
Tensione CC massima	900 V
Corrente CC massima	2450 A
Potenza nominale CA	1283 kW
Fattore di potenza	0,99
Corrente CA massima	2240 A



Moduli fotovoltaici PHONO SOLAR PS230P-20/U	
Potenza MPP	230 Wp
Tensione V_{MPP}	29,40 V
Corrente I_{MPP}	7,83 A
Tensione di circuito aperto V_{OC}	37,10 V
Corrente di corto circuito I_{SC}	8,30 A
Efficienza del modulo	14,10%
Coefficiente di temperatura P_{MPP}	-0,48%/°C
Coefficiente di temperatura V_{OC}	-0,35%/°C
Coefficiente di temperatura I_{SC}	0,05%/°C
Dimensioni	1640 mm x 992 mm x 45 mm
Peso	19 kg

6 IMPIANTI ELETTRICI

6.1 DESCRIZIONE GENERALE

Gli impianti elettrici saranno realizzati in prevalenza a vista con grado di protezione IP non inferiore ad IP54 utilizzando canalizzazioni metalliche e tubazioni e/o guaine in PVC di tipo pesante, in parte saranno di tipo interrati.

Per la posa dei cavi verso il locale tecnico a servizio dell'impianto fotovoltaico e da questo verso il locale del quadro elettrico generale, si farà uso di una canalizzazione metallica asolata in acciaio zincato, da posare al fianco dei pannelli stessi.

Le condutture saranno scelte e messe in opera in modo tale da rendere minimi i danni provocati dalle sollecitazioni meccaniche derivate da urti o schiacciamenti, sia scegliendo un luogo adatto, sia con l'utilizzo, anche solo locale, di protezioni meccaniche supplementari.

All'interno del locale tecnico le derivazioni della condotta principale saranno realizzate in tubazioni e guaine in PVC di tipo pesante.

Le connessioni dei moduli avverranno con cavi unipolari intestati con connettori polarizzati ad innesto rapido con grado di protezione IP67 (tipo MULTICONTACT o similari).

6.2 CAVI E CONDUTTURE

Le linee elettriche da posare nelle tubazioni interrate, nei canali metallici e di collegamento dei moduli fotovoltaici, saranno costituite da cavi flessibili uni-multipolari con conduttori a sezione circolare in rame ricotto stagnato, con isolante in gomma etilpropilenica ad alto modulo avente



elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche e guaina a base di polivinilcloruro di qualità Rz, riempitivo in guaina di materiale non igroscopico, tensione nominale U_0/U 0,6/1 kV, tensione di prova 4 kV in c.a., temperatura massima di esercizio non superiore a 90 °C e di corto circuito non superiore a 250 °C, non propagante l'incendio (norma C.E.I. 20-22 II° ed.), non propagante la fiamma (norma C.E.I. 20-35), ridotta emissione di gas corrosivi (norma C.E.I. 20-37 I°), rispondenti alle tabelle UNEL 35375 - 35376 - 35377.

Le linee elettriche posate in tubazioni e guaine in PVC a vista, saranno costituite da cavi come quelli precedentemente descritti oppure da cavi flessibili unipolari con conduttore a sezione circolare in rame ricotto non stagnato, con isolante a base di polivinilcloruro di qualità R2 a ridotta emissione di gas corrosivi, tensioni nominali U_0/U 450/750 V, tensioni di prova 2500 V in c.a., temperatura di esercizio non superiore a 70 °C e di corto circuito non superiore a 160 °C, non propaganti l'incendio (norma C.E.I. 20-22 II° ed.) e non propaganti la fiamma (norma C.E.I. 20-35), rispondenti alle norme C.E.I. 20-20 e tabelle UNEL 35752.

La sezione minima ammessa per qualsiasi conduttore di energia non deve essere inferiore a 6 mm².

Tutti i conduttori ad ogni loro estremità risulteranno contrassegnati mediante fascetta e/o capocorda numerato; le sigle debbono riferirsi agli schemi elettrici di installazione.

I conduttori di neutro e di protezione saranno contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde, mentre quelli di fase sia in c.a. che in c.c. saranno contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto tale che ogni fase sia dello stesso colore, diverso da quello delle altre fasi.

Per i conduttori unipolari provvisti di guaina si farà uso di fascette colorate.

Le raccomandazioni dei costruttori dei cavi, circa la curvatura e modalità di posa, dovranno essere scrupolosamente osservate e garantite.

Quale condizione generale si stabilisce che le giunzioni non sono assolutamente ammesse. Di norma sono da evitarsi il più possibile le giunzioni diritte di prolungamento dei cavi, sia multipolari che unipolari.

La sezione dei cavi sarà calcolata in modo da ottenere una caduta di tensione non superiore a 0,75%.

6.3 COLLEGAMENTI DI TERRA

Lato c.c. : il campo fotovoltaico non presenta nessun polo collegato a terra (sistema IT). Qualora prevista dal costruttore, sarà impiegata la messa a terra delle cornici dei moduli fotovoltaici. I componenti saranno dotati di isolamento classe II (doppio isolamento).

Lato c.a. : viene utilizzato il sistema TN-S, ovvero conduttore di neutro e di protezione separatamente connessi allo stesso impianto disperdente di terra. Le masse dei convertitori c.c./c.a. ed il quadro interfaccia saranno collegati al collettore di terra del quadro di distribuzione generale tramite conduttore di terra da 16 mmq.

L'impianto disperdente di terra sarà costituito da corda di rame nuda o cavo N07V-K di opportuna sezione collegati alla rete di terra esistente, integrata ed attestata a dispersori a picchetto verticale.

6.4 STRUMENTI DI MISURA

Il Soggetto Responsabile dell'impianto fotovoltaico si occuperà di effettuare la misura dell'energia prodotta dal complesso di generazione fotovoltaico attraverso opportuni riduttori di corrente sul lato BT comune ai montanti di generatore ed effettuato attraverso contatore statico di energia attiva trifase a quattro fili tipo ISKRAMEKO MT 831. Riduttori e contatore dovranno essere per uso fiscale e rispettivamente dotati di certificati di taratura o omologazione MID.

Il gruppo di misura dovrà essere dotato di certificato UTF con possibilità di telegestione via GSM.

I riduttori di corrente dovranno essere dotati di certificazione UTF nonché di classe di precisione non superiore a 0,5 e prestazione non inferiore a 50VA.

Il gruppo di misura sarà alloggiato all'interno dell'involucro in materiale isolante all'interno del locale inverter, su parete non esposta ad irraggiamento diretto ovvero a vibrazioni.

I riduttori di corrente saranno disposti entro gli involucri inverter, immediatamente a valle della morsettiera di attestamento dei cavi elettrici uscenti, nonché connessi mediante conduttori ininterrotti dotati di schermo metallico continuo.

6.5 QUADRI ELETTRICI BT

I quadri elettrici di bassa tensione installati nell'impianto in oggetto saranno:

- Quadro ausiliari: quadro che prevedrà al suo interno tutte le protezioni necessarie per alimentare le varie linee di collegamento ai servizi ausiliari dell'impianto fotovoltaico
- Quadro di misura, contenente il dispositivo di misura dell'energia prodotta con i relativi trasformatori di corrente e di tensione.

6.6 QUADRI ELETTRICI MT

I quadri elettrici in MT installati provvederanno ad alloggiare le protezioni relative all'impianto fotovoltaico.

- Protezione Generale con relativo scomparto per alloggiamento TA e TV
- Sezionatore con fusibile con tensione di isolamento a 24 kV
- Alloggiamento THYTRONIC NV10P

Il quadro dovrà rispondere alla Norma CEI EN 60298 (CEI 17-6, 1998): Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52kV ed alle Norme CEI da questa richiamate.

Il quadro elettrico dovrà essere realizzato con protezione contro l'arco interno, sul fronte e sui due lati, con riferimento alla massima corrente di cortocircuito prevista (16kA), per la durata di 1 sec (come prescritto dalla Norma CEI EN 60298 app. AA.).

Il costruttore dovrà fornire, in offerta, prima della fornitura, certificazione scritta di tali dati.

Il quadro elettrico dovrà avere grado di protezione minimo IP30.

I collegamenti tra elementi meccanici e tra conduttori elettrici saranno realizzati tutti indistintamente con sistemi anti allentanti. Viti e bulloni per il fissaggio delle apparecchiature, per le giunzioni e derivazioni dalla sbarre e per il fissaggio dei quadri dovranno essere di materiale non ossidabile, oppure di acciaio R80, con idoneo trattamento antiossidante.

6.7 STRUTTURE DI SOSTEGNO

Le stringhe saranno meccanicamente poste mediante sistemi di montaggio MFV Solar con struttura a bipalo infisso. Tale tipologia di strutture permette di sostenere i moduli fotovoltaici attraverso un sistema a serraggio meccanico tra il profilato appositamente studiato e la morsettiera posta sulla cornice del modulo. L'ampia superficie di fissaggio, la rigidità del telaio in alluminio e la semplicità di installazione, rendono questa soluzione longeva e resistente alle sollecitazioni meccaniche.



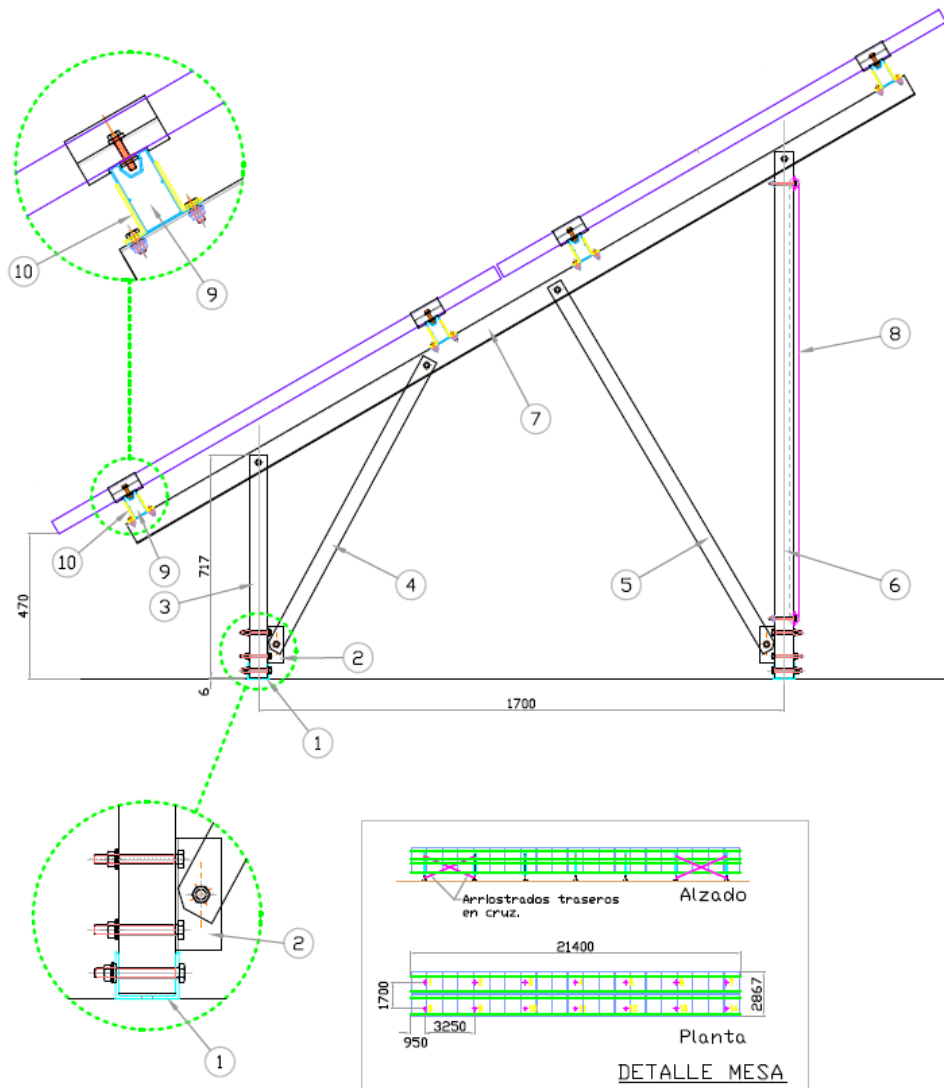


Figura 3 - Particolare della struttura di sostegno

6.8 LOCALI TECNICI

A seguito dell'ispezione si è rilevata la presenza di locali tecnici già esistenti. Qualora, per esigenze varie, non fosse possibile utilizzare quelle pre-esistenti, si provvederà alla realizzazione di strutture prefabbricate in cui ospitare i locali tecnici, composti da:

- Locali inverter, dove troveranno posto i convertitori statici CC/CA;
- Locali trasformatore, dove si troveranno i gruppi di elevazione da bassa tensione (400 V) a media tensione (20.000 V);
- Locali utente, dove troveranno posto la strumentazione di misura e i sistemi di sicurezza e di sezionamento dell'impianto.

I locali tecnici verranno realizzati secondo le disposizioni della vigente Guida alle Connessioni ENEL.

6.9 IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO LOCALE TECNICO

Il locale tecnico a servizio dell'impianto fotovoltaico dovrà essere opportunamente raffrescato, le soluzioni impiantistiche da adottare saranno valutate utilizzando tutti gli accorgimenti impiantistici capaci di garantire le condizioni ambientali richieste (40°C max), minimizzando l'investimento economico necessario, e ricorrendo all'utilizzo dell'energia frigorifera solo nei casi necessari.

Le tipologie impiantistiche da adottare sono:

Tipo 1) Utilizzo della sola aria esterna.

Tipo 2) Utilizzo di macchine di raffrescamento

L'impianto sarà progettato e dimensionato per soddisfare, durante il normale esercizio, il mantenimento delle condizioni interne richieste, prelevando aria esterna considerata ad una temperatura massima di 30°C.

L'estrattore sarà di tipo centrifugo a semplice velocità, già presente nel locale tecnico di conversione c.c./c.a.

Nei casi in cui la temperatura interna superi il valore di 45°-50° C, preventivamente impostato, il raffrescamento del locale sarà fornito da un condizionatore ad espansione diretta.

In caso di emergenza (temperatura ambiente $\geq 40^{\circ}\text{C}$) o guasto del condizionatore sarà generato un allarme sonoro con conseguente funzionamento dell'estrattore.

Le aperture di presa aria sono presenti ed installate sulla porta d'ingresso.

7 REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

7.1 LAVORAZIONI NECESSARIE

Le lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si possono riassumere nel seguente elenco:

- allestimento del cantiere;
- fissaggio e montaggio delle carpenterie metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- realizzazione dei passacavi in copertura dell'impianto fotovoltaico;
- realizzazione della cabina di interfaccia ENEL/Utente;
- realizzazione della cabina conversione/trasformazione;
- messa in opera dei quadri di parallelo stringhe/campo;
- posa e connessione dei moduli fotovoltaici, degli inverter, del sistema di monitoraggio;

- posa dei cavi di collegamento di energia, segnale e comando;
- posa e collegamento dei quadri nelle cabine;
- realizzazione impianto di terra;
- allacciamento alla rete elettrica nazionale;
- prove di funzionalità;
- rimozione del cantiere.

7.2 OPERE DA REALIZZARE

Il presente elaborato descrive i criteri e le prescrizioni per la fornitura e posa dei seguenti componenti e prestazioni:

- a) Opere civili
 - a1. preparazione terreno;
 - a2. struttura di supporto del generatore fotovoltaico.

- b) Impianti elettrici e speciali
 - b1. campo fotovoltaico, posa dei moduli e composizione stringhe;
 - b2. rete di distribuzione lato CC e CA, sia in BT che in MT;
 - b3. quadri elettrici MT;
 - b4. quadri elettrici di protezione, di interfaccia, generale;
 - b5. cabina di interfaccia utente e di trasformazione;
 - b6. gruppo di misura energia elettrica prodotta;
 - b7. impianto elettrico interno alla cabina di interfaccia utente;
 - b8. impianto disperdente di terra.

7.3 PRESCRIZIONI FORNITURA E POSA IN OPERA

I moduli fotovoltaici saranno del tipo in silicio policristallino (nr 9429), costituiti da celle assemblate su cornice in alluminio dotata di asole preforate per il fissaggio, adeguatamente sigillati per evitare penetrazione di umidità e corrosione salina ed altresì dotati di vetro frontale temperato con trasmittanza della radiazione a spettro solare >90%, certificati dal costruttore conforme alla normativa IEC 61215 nonché dotati di isolamento in classe II. Ogni modulo sarà dotato di scatola di giunzione stagna IP65 in materiale isolante, contenente gli eventuali diodi di by-pass montati su circuito stampato, cavo di connessione extraflessibile sezione minima 4mmq dotato di connettori ad innesto rapido.

Il collegamento elettrico dei moduli fotovoltaici all'interno della stringa dovrà essere realizzato per quanto possibile mediante i terminali conduttori e connettori in dotazione con ciascun modulo; i collegamenti terminali di ciascuna stringa dovranno essere realizzati con connettori muniti di targhetta, impiegando cavo unipolare con guaina denominato "Solar Cable", conforme alle norme CEI 20-91.



Nella posa dei pannelli fotovoltaici l'Appaltatore dovrà scrupolosamente attenersi alle istruzioni della ditta fornitrice del sistema di supporto.

I cavi elettrici, se non diversamente specificato, dovranno essere di tipo non propagante l'incendio secondo CEI 20-22, quali N07V-K, FG7OR, FG7H2OR. I rivestimenti dell'isolante principale dovranno avere le colorazioni di tipo giallo/verde per il conduttore di protezione, azzurro per il neutro e per i conduttori di fase marrone-grigio-nero.

Le cadute di tensione con l'impianto percorso dalle correnti di impiego I_b saranno contenute entro il 2% dal generatore fotovoltaico sino al gruppo di misura. Tali cadute verranno valutate secondo quanto previsto dalla relazione:

$$\Delta V\% = K * I_b * L (R \cos\varphi + X \sin\varphi) : 2200$$

- $\Delta V\%$ = caduta di tensione in percentuale
- I_b = corrente di impiego della linea
- R = resistenza specifica ($\mu\Omega$)
- X = reattanza specifica ($\mu\Omega$)
- L = lunghezza conduttura (m)
- φ = angolo di sfasamento tra I_b e V
- K = coefficiente pari a 2 per linee monofasi e 1 per linee trifasi

Per quanto concerne i quadri elettrici BT, dovranno essere costruiti secondo le prescrizioni delle norme CEI 17-13/1/2/3, dovranno essere muniti di etichetta di identificazione riportanti il nome del costruttore, il tipo o il numero di identificazione ed altri eventuali informazioni e dovranno infine essere corredati di dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore del quadro stesso.

I quadri di media tensione MT saranno di tipo protetto a singolo o doppio sezionamento e provati con tensione di isolamento non inferiore a 24kV. Il quadro e le apparecchiature della fornitura saranno progettate, costruite e collaudate in conformità alle norme CEI, IEC in vigore ed in particolar riferimento alle CEI EN 60694, CEI EN 60298, CEI 17.1, IEC 56, CEI EN 60265/1, CEI EN 60129.

8 LAYOUT ELETTRICO

8.1 DIMENSIONAMENTO

La scelta dei moduli fotovoltaici è stata condotta con il criterio della maggiore efficienza di conversione in considerazione della superficie idonea ed utilizzabile all'impianto, altresì con concomitanti criteri di affidabilità intesa anche in termini di stabilità delle prestazioni durante la vita operativa dell'impianto, stimabile oltre i 20 anni. Il layout del campo è stato individuato con lo scopo preminente di ridurre al massimo le interferenze dovute ad ombreggiamenti reciproci o di elementi



esterni, nonché di evitare qualsiasi ombreggiamento sui moduli del campo nelle condizioni di irraggiamento al mezzogiorno del solstizio invernale.

9 PROTEZIONI E SICUREZZE

9.1 CONTATTI INDIRETTI

Con riferimento alla norme CEI vigenti, la protezione contro i contatti indiretti viene assicurata per interruzione automatica dell'alimentazione.

Essendo in presenza di un sistema TN, deve essere soddisfatta la relazione:

$$Z_s * I_a \leq U_0$$

dove:

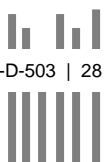
- Z_s = Impedenza del circuito (anello) di guasto, che comprende la sorgente (generalmente il trasformatore), il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente [W]
- I_a = corrente che provoca l'intervento dell'interruttore automatico entro un tempo definito, che dipende dal tipo di circuito (di distribuzione o terminale) e dalla tensione nominale del sistema verso terra [A].

Nel caso dei circuiti di distribuzione la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore in un tempo di 5 s.

Nel caso di circuiti terminali la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore nei tempi riportati nella seguente tabella:

Tensione di fase del sistema U_0 (V)	Tempo d'intervento massimo dell'interruttore (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Nel caso in cui di interruttore differenziale, la I_a è la sua corrente differenziale nominale [A].



- U_0 = tensione nominale del sistema verso terra (tensione fra fase e terra) [V]

Perché la protezione dai contatti indiretti sia garantita occorre che la corrente per guasto a massa I_g sia superiore alla soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico dell'interruttore:

$$I_g \geq I_m$$

In questo modo la corrente di guasto viene ad assumere le caratteristiche di una corrente di corto circuito fra conduttore di fase e conduttore di protezione e l'interruttore interviene in tempi inferiori a quelli riportati nella precedente tabella (intervento istantaneo dovuto allo sganciatore magnetico).

La corrente di guasto può essere calcolata con la stessa formula già usata per il calcolo della corrente di corto circuito minima:

$$I_g = (0,8 * U_0 * S_F) / (1,5 * \rho * L_c) * 1/(1+m) * K_x$$

dove:

- 0,8 = coefficiente che tiene conto del presumibile abbassamento della tensione per effetto del corto circuito
- U_0 = tensione del circuito di guasto = tensione di fase (tensione fra conduttore di fase e conduttore di protezione) [V]
- S_F = sezione del conduttore di fase [mm²]
- 1,5 = fattore che tiene conto dell'incremento della resistività del cavo dovuto all'aumento di temperatura durante il corto circuito
 ρ = resistività del conduttore a 20°C [per il rame 0,0178 W mm²/m]
- L_c = lunghezza della conduttura [m]
- $m = S_F/S_{PE}$ = rapporto fra le sezioni del conduttore di fase e del conduttore di protezione

Rispetto alla sezione del conduttore di fase, la sezione del conduttore di protezione può essere scelta nel modo indicato nella seguente tabella:

Sezione del conduttore di fase S_F (mm ²)	Sezione del conduttore di protezione S_{PE} (mm ²)
SF = 16	SPE = SF
16 < SF =35	SPE = 16
SF > 35	SPE = SF/2



- K_x = coefficiente che tiene conto della reattanza del cavo e che, a seconda della sezione del conduttore di fase, assume i valori riportati nella seguente tabella:

Sezione (mm ²)	95	120	150	185	240
K_x	1	0,90	0,85	0,80	0,75

E quindi:

$$(0,8 * U_0 * S_F) / (1,5 * \rho * L_c) * 1/(1+m) * K_x \geq I_m$$

Dalla relazione precedente si può ricavare la lunghezza massima della condotta L_{MAX} che assicura la protezione dai contatti indiretti:

$$L_{MAX} = L_c \leq (0,8 * U_0 * S_F) / (1,5 * \rho * L_c) * 1/(1+m) * K_x$$

Se la condizione non è verificata si può agire in diverse direzioni:

- intervenendo sull'interruttore diminuendo la soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico;
- intervenendo sulla condotta aumentando la sezione dei cavi: prima quella S_F del conduttore di protezione (se inferiore a S_F), quindi quella S_F dei conduttori di fase;
- se i provvedimenti precedenti non permettono di assicurare la protezione dai contatti indiretti, bisogna ricorrere ad un interruttore differenziale: è, in genere, sufficiente adottarne uno a bassa sensibilità con $IDN = (1..3)$ A. Questa soluzione è particolarmente indicata per quei circuiti terminali che sono suscettibili di frequenti modifiche o che alimentano prese di corrente alle quali sono collegati cavi flessibili di cui non si conosce né la sezione, né la lunghezza.

9.2 SICUREZZA LATO C.C.

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).



L'ingresso dei cavi provenienti dalle stringhe sarà realizzato attraverso pressacavo in dotazione ovvero forniti dall'Appaltatore, in grado di assicurare un grado di protezione IP65; gli ingressi non utilizzati dovranno essere sigillati assicurando un grado di protezione non inferiore a IP65.

Ogni uscita dai box è collegata ad un ingresso (lato CC) del convertitore statico.

Su ciascun quadro di stringa sono inoltre presenti appositi morsetti per il collegamento dati, segnalazioni nonché per il collegamento al conduttore di protezione.

9.2.1 CORTOCIRCUITI

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

9.2.2 CONTATTI ACCIDENTALI

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di 800 V. c.c., che è la tensione tipica delle stringhe, può avere conseguenze letali.

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua dovrà essere assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata sarà garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT.

In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo.

Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

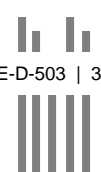
Per prevenire tale eventualità gli inverter saranno muniti di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provocherà l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

9.2.3 FULMINAZIONI

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza.

Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di sottocampo saranno muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita. I varistori, per prevenire eventuali incendi, saranno segregati in appositi scomparti antideflagranti o saranno muniti di spinterometro.

In caso di sovratensioni i varistori collegando una od entrambe le polarità dei cavi a massa provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.



9.3 SICUREZZA LATO C.A.

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogia limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Corti circuiti sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

Per l'interruttore MT in SF6 sarà equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra secondo la Norma CEI 0-16.

In accordo a quanto prescritto dalla normativa italiana sarà previsto, incorporato nell'inverter, un dispositivo per prevenire il funzionamento in isola dell'impianto.

La rete di distribuzione lato AC dovrà assicurare una caduta di tensione non superiore al 2%, realizzata con cavi idonei per posa in canale o cavidotto, grado di isolamento minimo $U_0/U=0,6/1kV$.

9.4 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Ogni sottocampo fotovoltaico dovrà essere munito di anello di terra per il collegamento delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici.

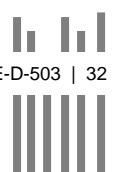
La cabina elettrica di ogni sottocampo sarà dotata di una rete di messa a terra realizzata secondo la vigente normativa. Nella cabina stesa saranno previste barre equipotenziali cui collegare gli armadi contenenti le apparecchiature, tali barre equipotenziali saranno collegate all'armatura in tondino d'acciaio della fondazione della cabina con cavi in corda di rame senza guaina che potranno raggiungere la sezione di 240 mmq, sarà richiesto il calcolo delle correnti massime di guasto a terra.

9.5 ISOLAMENTO GALVANICO

Gli inverter sono dotati di trasformatore che garantirà l'isolamento galvanico tra lato c.c. e lato c.a.. Nella fattispecie, la presenza di un elevatore di tensione costituirà di per sé un elemento di isolamento.

9.6 DISPOSITIVO DI INTERFACCIA

Il dispositivo THYTRONIC NV10P è impiegabile come protezione generale degli utenti allacciati alla rete di distribuzione MT in accordo alle prescrizioni CEI 0-16 e conformemente alla norma CEI 11-20. Esso comprende in un'unica apparecchiatura tutte le protezioni che ogni utente autoproduttore,



operante in parallelo con la rete MT di distribuzione pubblica, deve installare a protezione di quest'ultima.

In tal modo viene impedito che:

- per mancanza di alimentazione dalla rete di distribuzione l'autoproduttore continui ad alimentare la rete stessa con valori di tensione e frequenza non consentiti,
- che in caso di guasto sulla rete di distribuzione l'autoproduttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso
- che in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori del Distributore, il/i generatore/i possa/no trovarsi in discordanza di fase con la rete di distribuzione.

Oltre alle funzioni richieste dalla specifica ENEL sono disponibili le funzioni di presenza/mancanza tensione, derivata di frequenza e di salto di fase.

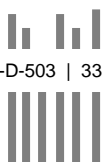
Sono implementate le seguenti funzioni di Protezione e Controllo:

27 Minima tensione
 27T Mancanza tensione
 59 Massima tensione
 59N Massima tensione residua
 59T Presenza tensione
 81 Minima -Massima
 81R Derivata di frequenza
 dTH Salto di fase
 BF Mancata apertura interruttore

10 VERIFICHE E COLLAUDI

Le verifiche e le prove di collaudo dell'impianto saranno in parte effettuate durante l'esecuzione dei lavori, in parte appena ultimano l'impianto. La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consisterà nell'effettuare i controlli secondo la normativa precedentemente citata.

Verrà verificata la disposizione dei componenti come riportate nel progetto esecutivo, il serraggio delle connessioni bullonate sia in funzione della loro integrità geometrica che, nel caso di elementi in acciaio zincato, lo stato della zincatura sui profili di acciaio. Del generatore fotovoltaico verrà valutata l'integrità della superficie captante dei moduli e, effettuando un controllo a campione sulle cassette di terminazione, l'uniformità delle tensioni, correnti e resistenza di isolamento delle stringhe fotovoltaiche. Verranno altresì analizzati i quadri elettrici, in funzione della loro integrità strutturale, della resistenza allo sfilamento dei cablaggi in entrata e in uscita e, qualora siano presenti, l'efficacia dei diodi di blocco. La rete di terra verrà analizzata in modo da verificare la continuità dell'impianto di



terra. I collegamenti elettrici saranno controllati attraverso la battitura dei cavi, in modo da verificarne la correttezza delle polarità e la marcatura secondo quanto previsto dal progetto esecutivo.

Verranno effettuate le prove funzionali sull'impianto fotovoltaico, in modo da provare il corretto funzionamento dell'impianto nelle diverse condizioni di potenza e nelle varie modalità previste dall'inverter.

Le prestazioni dell'impianto in corrente continua dovranno verificare la relazione:

$$P_{cc} > 0.85 P_{nom} * (I/I_{stc})$$

Dove con P_{cc} è indicata la potenza in kW misurata all'uscita del generatore con precisione migliore del 2%, P_{nom} è la potenza in kW somma delle potenze di targa dei moduli installati, I è l'irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 3% e con valore superiore a $600 W/m^2$, I_{stc} è il valore di riferimento dell'irraggiamento pari a $1000 W/m^2$, P_{ca} è la potenza attiva in kW all'uscita del convertitore con precisione migliore del 2%.

In caso di temperatura dei moduli superiore ai $40^{\circ}C$ sarà effettuata la compensazione di temperatura prevista dal DM 19 febbraio 2007.

Le verifiche tecniche di cui sopra saranno eseguite da un tecnico abilitato che utilizzerà la strumentazione riportata nella scheda tecnica di impianto.

Con questi controlli si garantisce che il rendimento della sezione in continua sia maggiore dell' 85%, quello della sezione di conversione sia maggiore del 90%.

Al termine delle prove verrà rilasciata opportuna certificazione che attesti l'esito delle verifiche.

11 PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati UNI 10349 relativi a valori globali giornalieri medi mensili della radiazione solare sul piano orizzontale.

Come riferimento è stato preso il portale PVGIS del JRC. Nel calcolo si sono considerati moduli con angolo di inclinazione rispetto all'asse orizzontale pari a 25° e con angolo di azimut pari rispettivamente, per i tre sottocampi, a -15° , 0° e -20° .

La radiazione solare globale annua stimata sulla superficie dei moduli dei 3 sottocampi è pari a circa $1.600 kWh/m^2$. Ipotizzando un'efficienza del sistema globale pari all' 85%, si stima che la produzione unitaria di energia elettrica annua sia pari a circa $1.100 kWh/kWp$ per i sottocampi A e C e a $1.200 kWh/kWp$ per il sottocampo B.

