



REGIONE PUGLIA

Comune di Spinazzola (BT)

Località "Salice"

Progetto definitivo di un impianto agrolvoltaico della potenza complessiva pari a 49.36880 MW, da ubicare in agro di Spinazzola (BT), delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicare nei Comuni di Banzi e Genzano di Lucania (PZ).

PROPONENTE

SPINAZZOLA SPV s.r.l.
Viale Regina Margherita 125 - 00198 Roma (RM)
PEC spinazzolaspvsl@pec.enel.it
Cf/P.IVA 08379390720

SPINAZZOLA SPV SRL

Codice Autorizzazione Unica 6C4AOU6

ELABORATO

2RG

Relazione Tecnica Impianto

scala

PROGETTISTA

Dott.Ing.Saverio Gramegna
Via Cremona 47, 70022 Altamura (BA)
P.IVA 06306900728
Ordine degli Ingegneri di Bari n.8443
PEC saverio.gramegna@ingpec.eu



IL TECNICO

Dott.Ing.Saverio Gramegna
Via Cremona n. 47, 70022 Altamura (BA)
P.IVA 06306900728
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443
PEC: saverio.gramegna@ingpec.eu



Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo
	REVO	Luglio 2021	ISTANZA VIA ART.23 D.LGS 152/06 – ISTANZA AUTORIZZAZIONE UNICA ART. 12 D.LGS 387/03

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

Sommario

PREMESSA	Errore. Il segnalibro non è definito.
DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO	3
DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO	5
CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	13
CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE	16

DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

L'impianto identificato dal codice di rintracciabilità Terna 201900688, è ubicato in agro di Spinazzola (BT) in località Salice su terreno censito al catasto ai fogli di mappa 100 p.IIa 20, foglio 103 p.IIe 105-55-92-91-65-24-77-64-76-63-56-23-9-62-13-61-60-57-58--4-115-117-49-12-116-118, foglio 104 p.IIe 13-14-32-160, foglio 108 p.IIe 60-18-8, foglio 109 p.IIa 145.. L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico, verrà convogliata nel punto di connessione indicato nella TICA allegata al progetto., coordinate nel sistema di riferimento WGS84 40.931103 N – 16.082117 E.

Il generatore fotovoltaico è di tipo installato a terra ed è costituito da 97.760 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 505 Wp, posati in verticale su una fila su strutture in acciaio zincato direttamente infisse nel terreno con angolo di azimut 0° ad inseguimento, ovvero su tracker monoassiale con angolo di tilt variabile in funzione della posizione del sole.

Il campo è formato da 97.760 suddiviso in 24 sottocampi livello I, ciascuno diviso a sua volta in 16 sottocampi di livello II, moduli sono raggruppati in stringhe formate da 26 moduli collegati in serie, le stringhe in gruppi di 8-10-12 afferiscono ai 384 quadri di campo, 16 per ogni sottocampo di Livello II. Ciascun quadro di campo è poi collegato alla Power Station di campo, un container prefabbricato che contiene un inverter centralizzato, un trasformatore con la relativa protezione MT, che trasformano l'energia da continua in alternata e la elevano alla tensione di riferimento della rete, una rete in MT raccoglie ad anello l'energia e la convoglia nel punto di consegna dove viene immessa nella rete elettrica nazionale.

Occorre sottolineare come la tensione massima di esercizio degli inverter è di 1500 Vdc, ciò costituisce un enorme vantaggio poiché aumentando le tensioni operative, si abbassano la corrente di impiego dei cavi, e perciò la sezione dei cavi di progetto, la caduta di tensione e le relative perdite, di contro tutti i materiali devono essere certificati per tensione di esercizio nominale max 1500 Vdc.

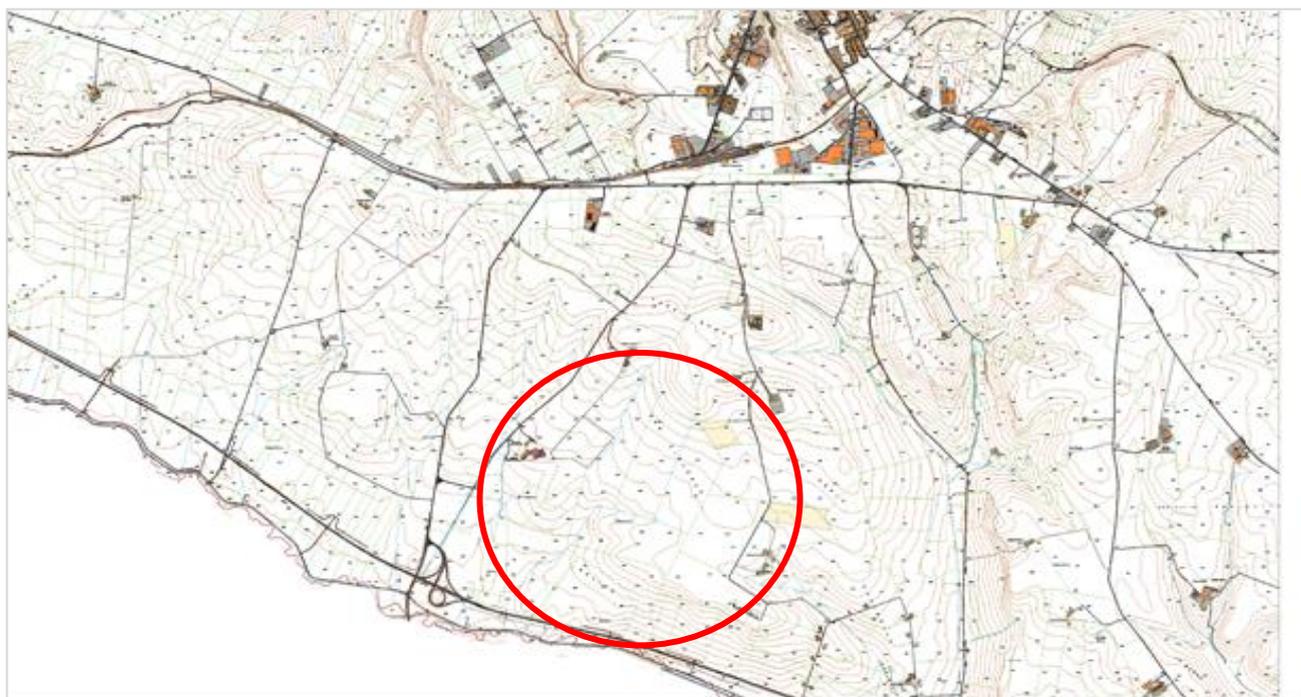
Il progetto in esame, finalizzato alla produzione della cosiddetta energia elettrica "pulita", bene si inquadra nel disegno nazionale di incremento delle risorse energetiche utilizzando fonti alternative a quelle di sfruttamento dei combustibili fossili, ormai reputate spesso dannose per gli ecosistemi e per la salvaguardia ambientale. La crescente domanda di energia elettrica impone un incremento della produzione che non può non essere rivolta a tale forma alternativa di comprovata efficacia, stante le strutture già esistenti che ne confermano l'utilità, non solo in Italia ma nel mondo. Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo. L'area risulta idonea e quindi ottimale per un razionale sviluppo di impianti fotovoltaici.

La realizzazione di questi ultimi viene ritenuta una corretta strada per la realizzazione di fonti energetiche alternative principalmente in relazione ai suoi requisiti di rinnovabilità e inesauribilità, in

assenza di emissioni inquinanti, legati al vantaggio di non necessitare di opere imponenti per gli impianti che, tra l'altro, possono essere rimossi, al termine della loro vita produttiva, senza avere apportato al sito variazioni significative del pregresso stato naturale. Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico favorisce, inoltre, l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al classico ciclo di produzione energetica.



Sito di ubicazione dell'impianto



Sito di ubicazione dell'impianto

DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

Le centrali fotovoltaiche, alla luce del continuo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, rappresentano oggi una realtà concreta in termini di disponibilità di energia elettrica in aree geografiche come quelle interessate dal presente progetto. Questo tipo di installazioni infatti possono garantire una sensibile diminuzione delle centrali termoelettriche funzionanti con combustibile di tipo tradizionale (gasolio o combustibili fossili) col duplice vantaggio di eliminare l'emissione di anidride carbonica nell'atmosfera e di un cospicuo risparmio energetico. Pertanto, la possibilità di sfruttare l'energia ricavata dalla radiazione solare è senza dubbio, per la comunità, un'occasione di sviluppo dal punto di vista dell'occupazione e della salvaguardia dell'ambiente, poiché trattasi di energia pulita.

L'impianto agrovoltaiico si compone essenzialmente di:

- Generatore fotovoltaico, ovvero moduli fotovoltaici e strutture di sostegno e montaggio,
- Rete elettrica, ovvero scavi, cavidotti e cavi
- Power Station, ovvero cabine di trasformazione

In sostanza si tratta di opere civili ed opere elettriche.

Le opere civili da realizzare, recinzione e viabilità interne incluse, risultano essere compatibili con l'inquadramento urbanistico del territorio; esse, infatti, non comportano una variazione della "destinazione d'uso del territorio" e non necessitano di alcuna "variante allo strumento urbanistico", come da giurisprudenza consolidata. Oltre all'installazione del generatore fotovoltaico, sarà necessario realizzare un elettrodotto per il trasporto dell'energia sino al punto di consegna; il tracciato dell'elettrodotto è evidenziato nelle tavole di progetto, redatto in conformità al PEAR Puglia adottato con Delibera di G.R. n.827 del 08-06-2007. ed ai sensi del Decreto Legislativo 29/12/2003 n°387 per l'adozione del provvedimento finale di autorizzazione relativa ad impianti alimentati da fonti rinnovabili e delle opere agli stessi connesse, nonché delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio.

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono in silicio monocristallino, a 150 celle pertanto di dimensioni 2187x1102x35 mm, da 505 Wp ovvero ad alta efficienza, e ciò garantisce a parità di potenza installata una minore occupazione del suolo rispetto a moduli con efficienza standard..

Mono Multi Solutions

THE

Vertex

BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

500W+

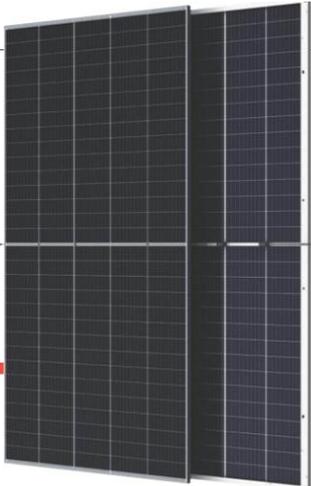
MAXIMUM POWER OUTPUT

PRODUCTS

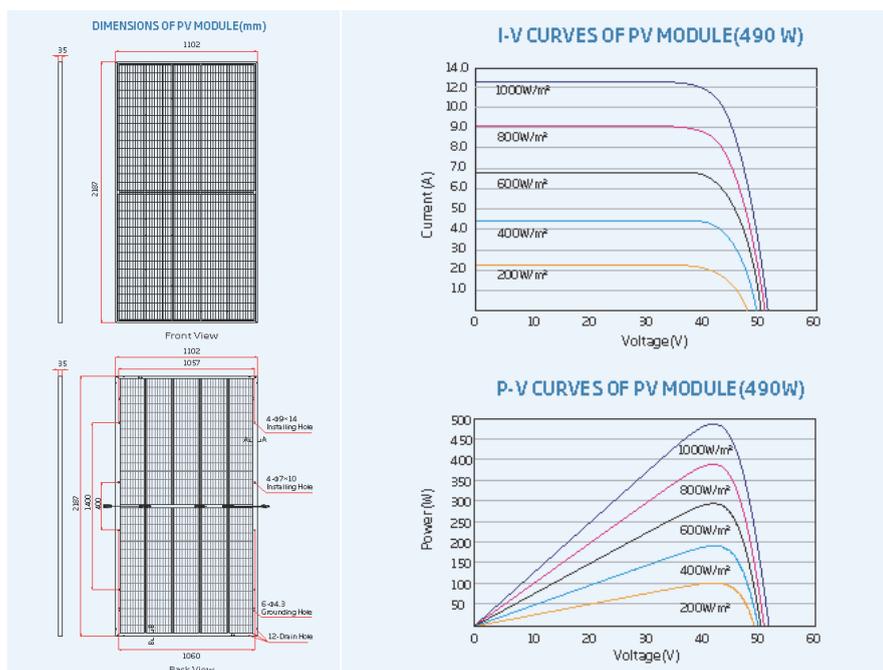
TSM-DEG18MC.20(II)

POWER RANGE

475-505W

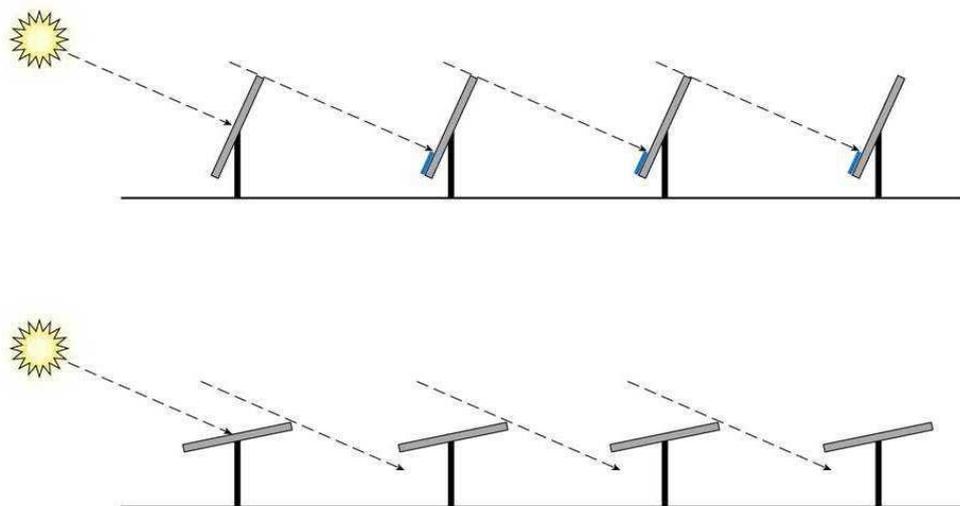


Sono caratterizzati da una cornice in alluminio e da una lastra di protezione delle celle in EVA, che garantiscono una elevata resistenza meccanica, una resistenza al fuoco di classe A tipo 3 oltre a ottime prestazioni da un punto di vista di minori perdite per le connessioni elettriche, minori predite dovute ad ombreggiamenti e minori perdite per temperature.



Strutture di sostegno

Come detto le strutture sono ad inseguimento del tipo monoassiale, ad infissione nel terreno con macchina operatrice battipalo, e sono realizzate per allocare un solo modulo in verticale come da foto esemplificativa :



Sono costituite da un montante verticale in acciaio zincato da una testata di supporto alla fondazione su cui vengono installati gli attuatori lineari e gli arcarecci in alluminio orizzontali su cui vengono posizionati i moduli.



L'infissione dei profili di palificazione nel terreno viene eseguito con battipali idraulici con riguardo al terreno. Questo procedimento di palificazione consente di evitare la realizzazione di plinti in cemento armato anche per forme di terreno più difficili (pietre ecc.); infatti in caso di sottosuoli in roccia, la macchina può essere attrezzata aggiuntivamente con un gruppo di foratura. Il montaggio è possibile anche su pendii.

La traversa presenta una geometria del profilo orientata secondo il flusso di forze, in questo modo si realizzano le caratteristiche statiche necessarie con un impiego minimo di materiale. In tutti i profili sono incorporate le relative scanalature di fissaggio che ne facilitano il montaggio. Le traverse vengono fissate alle unità di supporto con graffe di montaggio speciali.



Il montaggio dei moduli viene eseguito in modo rapido ed economico - a seconda della dotazione desiderata dei moduli da terra o con ausili adeguati.

Rete elettrica e cavi

La rete di distribuzione elettrica interna al sito in corrente continua e in media tensione, è di tipo interrato, realizzata in scavo a sezione ristretta di dimensione idonea a contenere i cavidotti come da elaborato grafico di progetto, ad altezza non inferiore a 60 cm per la rete in Bt e a 100 cm per la rete in MT per evitare eventuali interferenze.

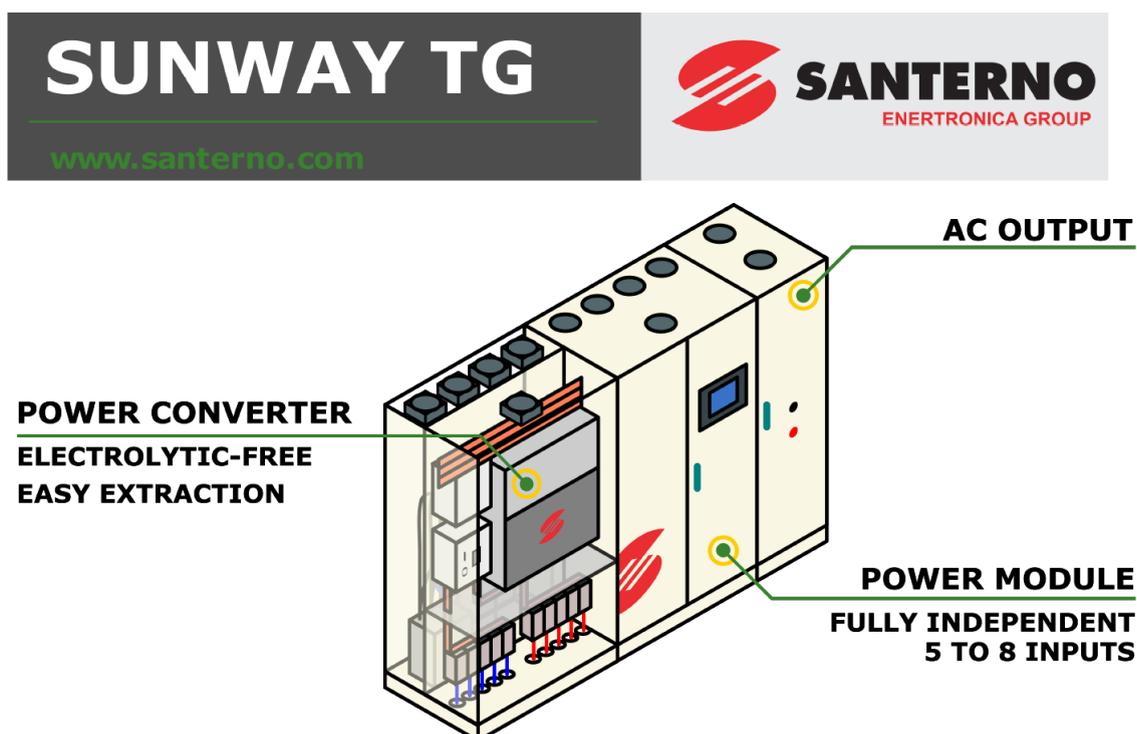
Il fondo degli scavi sarà spianato e rivestito con sabbia per formare un idoneo letto di posa dei cavidotti.

I cavidotti saranno di tipo corrugato serie pesante resistenti allo schiacciamento con diametro determinato per consentire un adeguato grado di costipazione, di sfilabilità e di futura eventuale espansione, da un punto di vista normativo il diametro del fascio dei cavi contenuti nel cavidotto deve essere 1/3 del diametro del cavidotto stesso.

I cavi utilizzati saranno tutti a doppio isolamento, con sezione idonea affinché la portata nominale del cavo sia superiore alla corrente di impiego e la caduta di tensione sia contenuta al 4% fino al punto di consegna.

Power station e cabine prefabbricate

Le Power Station sono dei container preassemblati che contengono gli inverter centralizzati, i trasformatori e gli interruttori di media tensione.

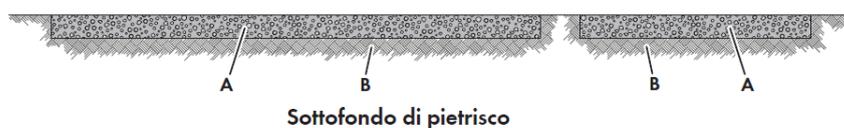


Le dimensioni e la forma di MV Power Station corrispondono a un container ISO da 20 piedi, analogamente ai container la sua struttura è metallica ed è autoportante, certificata dal costruttore per l'alloggio il trasporto e la movimentazione completa di inverter, trasformatore, interruttore MT e accessori..

Il trasporto può avvenire su gomma o via nave, un autocarro lungo 16 m, largo 2,7 m, alto 5 m e con un peso complessivo di 50 t può trasportare fino a 2 MV Power Station.

Per il suo alloggio come detto è sufficiente un sottofondo, avente le seguenti caratteristiche :

- Il fondo deve essere un terreno stabile, ad es. in ghiaia.
- In aree con forti precipitazioni o livelli delle acque sotterranee elevati è necessario prevedere un drenaggio.
- Non installare MV Power Station in avvallamenti per evitare la penetrazione di acqua.
- La base sotto a MV Power Station deve essere pulita e resistente per evitare la circolazione di polvere.
- Non superare l'altezza massima del basamento per consentire l'accesso per gli interventi di manutenzione. L'altezza massima del basamento è: 500 mm.



Posizione	Denominazione
A	Sottofondo di pietrisco
B	Terreno stabile, ad es. ghiaia

Il sottofondo deve soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- Il basamento deve presentare un grado di compattamento del 98%.
- Il compattamento del terreno deve essere pari a 150 kN/m².
- Il dislivello deve essere inferiore all'1,5%.
- Vie di accesso e superfici devono essere adatte a veicoli di servizio (ad es. carrello elevatore a forche frontali) senza ostacoli.

La MV Power Station poggia su 6 punti di appoggio:

- 4 punti di appoggio sui piedini agli angoli esterni
- 2 punti di appoggio sotto al vano del trasformatore MT

Le superfici di appoggio devono presentare le seguenti proprietà:

Le superfici di appoggio (ad es. travi di fondazione) devono essere predisposte per il carico dei punti di appoggio.

La capacità di carico dei 6 punti di appoggio di MV Power Station è di 4000 kg.

Si riportano di seguito le caratteristiche salienti della Power Station PS:

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
DC input voltage	1000 V, 1500 V
Independent MPPTs	Up to 2
DC Inputs	Up to 8 per MPPT
AC output voltage	Up to 690 V_{AC}
AC output current	2000 A @ 25 °C, 1800 A @ 45 °C (1000 V) 1800 A @ 25 °C, 1600 A @ 45 °C (1500 V)
AC output power	1450 VA @ 25 °C, 1320 VA @ 45 °C (1000 V) 2150 VA @ 25 °C, 1912 VA @ 45 °C (1500 V)
Communications	Ethernet, RS-485
Data protocol	Modbus TCP, Modbus RTU
Ingress Protection	IP54 (IP20 open doors)
Dimensions	2.0 x 1.3 x 2.4 m (1 MPPT) 3.2 x 1.3 x 2.4 m (2 MPPTs)

Per quanto concerne il punto di consegna saranno installate cabine prefabbricate omologate Terna anch'esse prefabbricate di dimensioni rispettivamente lato Terna 675x250x265 cm (LXPXH), tipo DG2092, e lato Utente 405x250x265 cm (LXPXH), complete di basamento.

Ciascuna cabina è costituita da box prefabbricato in c.a.v. con struttura monolitica autoportante senza giunti di unione tra le pareti e tra queste ed il fondo e costruiti come da specifica Terna DG 2081.

Il calcestruzzo utilizzato dovrà garantire una $R_{c,k} = 400$ daN/cm² ed armato con doppia rete metallica e tondini di ferro ad aderenza migliorata.

Detta armatura costituirà di fatto, ai fini elettrostatici, una naturale superficie equipotenziale (Gabbia di Faraday), risultando una valida protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche. Le tensioni di passo e contatto sono in tal modo nei limiti delle norme C.E.I. 11.8 art. 2.1.04.

Le pareti dovranno avere uno spessore di 10 cm, il pavimento uno spessore di 10 cm. ed il tetto del monoblocco uno spessore di 9 cm.

Le aperture per l'inserimento delle finestre di aereazione e le porte (in acciaio), nonché i fori nel pavimento per il passaggio dei cavi, la predisposizione di tutti gli inserti metallici, cromati, per consentire il sollevamento del monoblocco e il montaggio delle apparecchiature dovranno essere realizzate in fase di getto.

La cromatura degli inserti è indispensabile per garantire una durabilità del box conforme alle Norme Tecniche vigenti.

La conformazione del tetto dovrà assicurare un normale deflusso delle acque meteoriche.

Il monoblocco dovrà essere protetto esternamente dagli agenti atmosferici, con vernici al quarzo e polvere di marmo, conformi alle specifiche Terna o più.

La pittura all'interno del box sarà realizzata con pitture a base di resine sintetiche di colore bianco.

Le caratteristiche di cui sopra, dovranno consentire la recuperabilità integrale del manufatto, con possibilità di riutilizzo in altro luogo.

La costruzione del monoblocco dovrà essere in tipo serie dichiarata così come previsto nel punto 1.4.1 del D.M. LL. PP. 3/12/1987; rispettando le modalità e le prescrizioni di cui alla Legge n.°1086 del 05/11/1971 (Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio), DM LL.PP. del 14/2/1992 (Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato) ed alla Circolare LL.PP. n.°37406 del 24/06/1993 (Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato) e le verifiche strutturali sono state effettuate secondo il metodo degli stati limite ai sensi del D.M. del 14/01/2008.

La struttura della sola cabina dovrà essere progettata considerando le coordinate geografiche (latitudine e longitudine), categoria del suolo (A,B,C,D e E), Coefficiente Topografico (T1, T2, T3 e T4) del luogo di installazione.

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La progettazione si riferisce oltre alla progettazione dell'impianto in sé, anche alle opere necessarie alla costruzione ed al funzionamento dello stesso.

Gli aspetti tecnico – progettuali che caratterizzano il progetto scaturiscono da un'attenta analisi dei luoghi e l'azione progettuale è ispirata dal principio di ottimizzazione dello stesso al fine di ottenere una soluzione funzionale, con il minore impatto ambientale, con un adeguato livello di sicurezza, con la minima spesa.

Le scelte progettuali sono state orientate alla salvaguardia ambientale ed alla minimizzazione degli impatti prodotti sia dal processo di cantierizzazione, che dalle successive fasi di esercizio e dismissione.

Sito di installazione

Il presente progetto definitivo è ubicato nella Provincia di Potenza, nel comune di Melfi. Di seguito si riportano le coordinate nel sistema di riferimento Gauss-Boaga, Roma 40 fuso Est dell'impianto.

<p>Coordinate dei vertici perimetrali dell'Area Lorda dell'impianto - formato WGS84 EPSG:4326</p> <p>X: longitudine (Est); Y: latitudine (Nord)</p> <p>distinguere le eventuali sezioni isolate</p>	<p>Sezione A</p> <p>X_{1_} 16.087278° Y_{1_} 40.933848° X_{2_} 16.090602° Y_{2_} 40.931482° X_{3_} 16.091464° Y_{3_} 40.927358° X_{4_} 16.089701° Y_{4_} 40.926153° X_{5_} 16.086798° Y_{4_} 40.923956° X_{6_} 16.085250° Y_{4_} 40.924292° X_{7_} 16.083682° Y_{4_} 40.927985°</p> <p>Sezione B (AMPLIAMENTO)</p> <p>X_{1_} 16.080481° Y_{1_} 40.940440° X_{2_} 16.082029° Y_{2_} 40.939696° X_{3_} 16.078471° Y_{3_} 40.935301° X_{4_} 16.086939° Y_{4_} 40.933481° X_{5_} 16.084549° Y_{4_} 40.929889° X_{6_} 16.076901° Y_{4_} 40.931259° X_{7_} 16.075209° Y_{4_} 40.935915°</p>
<p>Coordinate del possibile Punto di Connessione dell'impianto alla rete elettrica esistente - formato WGS84 EPSG:4326</p> <p>X: longitudine (Est); Y: latitudine (Nord)</p>	<p>X 16.120262° Y_ 40.881621°</p>

Il sito è stato scelto sia per la sua morfologia, che per la sua geologia, per la sua localizzazione in prossimità del punto di allaccio alla rete TERNA.

Potenza dell'impianto

L'impianto da realizzare è stato previsto da 49.3688 MWP, e consta di 97.760 moduli da 505 Wp, raggruppati in 1903 stringhe da 52 moduli.

La dislocazione sul territorio è scaturita dalla morfologia del territorio, da una serie di rilievi sul campo, ed elaborazioni informatizzate finalizzate a:

- minimizzare l'impatto visivo;
- ottemperare alle prescrizioni delle competenti autorità;
- ottimizzare la viabilità di servizio dedicata;
- ottimizzare la produzione energetica.

Dati di irraggiamento solare

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Oppido Lucano" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di SPINAZZOLA (BT) avente latitudine 40°.931103 N, longitudine 16°.082117 E e altitudine di 409 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Mese	Ostacolo	Rggmm su sup.orizz.	Errore
Gennaio	assente	6.92	MJ/m2
Febbraio	assente	10.08	MJ/m2
Marzo	assente	13.89	MJ/m2
Aprile	assente	18.31	MJ/m2
Maggio	assente	21.88	MJ/m2
Giugno	assente	23.87	MJ/m2
Luglio	assente	23.59	MJ/m2
Agosto	assente	20.40	MJ/m2
Settembre	assente	15.79	MJ/m2
Ottobre	assente	11.50	MJ/m2
Novembre	assente	7.45	MJ/m2
Dicembre	assente	6.09	MJ/m2

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]- Fonte dati: ENEA-SOLTERM

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **5479 MJ/m²** (Fonte dati: ENEA-SOLTERM)

Previsione di produzione energetica

Radiazione globale annua sulla superficie orizzontale: 5479 MJ/m²
 (anno convenzionale di 365.25 giorni)

Si stima sulla base dell'irraggiamento solare medio annuo che un impianto fotovoltaico da 49.3688 kWp produce mediamente 78.060,614 MWh annui, pari a 3903.28 kWh/kWp.

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	5.841
TEP risparmiate in 20 anni	116.820

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emissioni evitate in un anno [kg]	14.806.807	11.561	13.338	437
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	296.136.146	233.035	266.772	8.740

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2013

Si stima, con ragionevole approssimazione, che la maggior parte dell'impatto ambientale generato dal settore elettrico è dovuto ad un inquinamento di tipo atmosferico. I principali indiziati in questo senso sono NO_x, SO_x, particolati e gas ad effetto serra che sono oggetto, anche recentemente, di studi di carattere epidemiologico, agronomico, chimico. A tutt'oggi risulta ancora difficile

determinare con precisione il grado di pericolosità dei diversi inquinanti nonostante i progressi compiuti negli studi epidemiologici sopra accennati. D'altro canto è noto che i gas che tramite l'effetto serra provocano l'aumento della temperatura terrestre sono numerosi; nel settore elettrico il gas più determinante è l'anidride carbonica tanto che anche le altre emissioni vengono trasformate in "equivalente di CO2". Nella valutazione degli effetti di carattere globale sarebbe si dovrebbe tenere conto delle emissioni di tutti i "gas serra", ma a causa della mancanza di dati per gli altri gas, ci si limita, a livello mondiale, all'esame delle emissioni di CO2.

CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE

C'è un collegamento tra la radiazione solare, l'umidità dell'aria e la frequenza delle scariche elettriche atmosferiche. Le regioni soggette a un elevato irraggiamento solare insieme a un'umidità dell'aria elevata sono più soggette ai fulmini. La frequenza dei fulmini nelle diverse regioni (fulmini per chilometro quadrato all'anno), nonché la posizione e le dimensioni dell'impianto fotovoltaico, costituiscono la base per il calcolo delle probabilità che l'impianto sia colpito da fulmini. I sistemi fotovoltaici sono esposti a condizioni meteorologiche locali, come i temporali, per decenni.

I danni ai sistemi fotovoltaici sono causati dagli effetti distruttivi dei fulmini e dalle tensioni provocate dall'accoppiamento induttivo o capacitivo causato dal campo elettromagnetico dei fulmini stessi. Inoltre, i picchi di tensione derivanti dalle operazioni di commutazione del circuito in c.a. a monte può causare danni ai moduli fotovoltaici, agli inverter, alle centraline di carica, al loro impianto di monitoraggio e ai sistemi di comunicazione. I danni economici provocano spese di riparazione e sostituzione, perdite di resa e costi per l'utilizzo della riserva di energia della centrale. Gli impulsi della corrente di fulmine possono anche provocare un invecchiamento prematuro dei diodi di bypass, dei semiconduttori di potenza e dei circuiti di ingresso e di uscita dei sistemi informatici, che porta ad un aumento dei costi di riparazione. Inoltre, i gestori delle reti impongono dei requisiti sulla disponibilità dell'energia prodotta.

Il rischio derivante da un fulmine va valutato secondo la norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) e i risultati di questa analisi dei rischi vanno tenuti in considerazione in fase di progettazione.

Per garantire una protezione efficace occorre un sistema di protezione antifulmine con elementi perfettamente coordinati (impianti di captazione, impianto di terra, equipotenzialità antifulmine, dispositivi di protezione contro le sovratensioni per impianti di alimentazione e sistemi dati).

Per evitare fulmini diretti agli impianti elettrici di un generatore fotovoltaico, tali impianti vanno

installati nel volume protetto dei sistemi di captazione. La progettazione secondo le linee guida tedesche VdS 2010 è basata sulla classe di protezione LPS III. Secondo questa classe di protezione LPS, per determinare il numero delle aste di captazione è possibile utilizzare il metodo della sfera rotolante secondo la norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3).

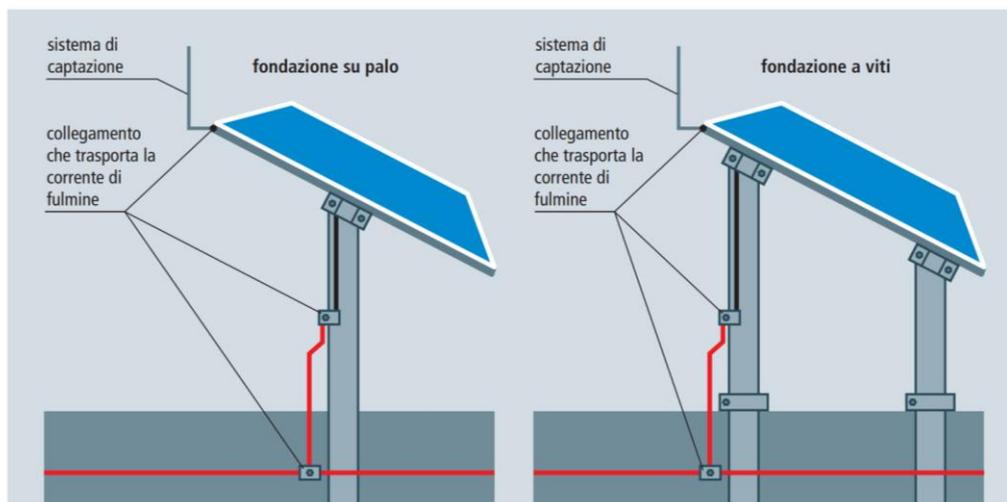


Queste aste di captazione formano un volume protetto che copre edifici operativi, contenitori modulari e cavi. A causa dell'accoppiamento induttivo delle interferenze, si consiglia di installare le scatole di derivazione del generatore montate su contenitori modulari e gli inverter nel modo più decentrato possibile rispetto al sistema di captazione.



Un impianto di terra costituisce la base per la realizzazione di un'efficace protezione contro sovratensioni e fulmini negli impianti fotovoltaici. Grazie all'interconnessione degli impianti di terra si realizza una superficie equipotenziale che riduce notevolmente la tensione sulle linee di collegamento elettrico in caso di interferenza da fulmine tra i gruppi FV e gli edifici operativi. Per mantenere stabile la resistenza di terra per molti anni di funzionamento di un impianto FV, vanno

presi in considerazione gli effetti della corrosione, dell'umidità del suolo e del gelo. La lunghezza effettiva del dispersore è data solo dalla parte che si trova al di sotto della linea di congelamento. Le maglie devono essere collegate tra loro tramite componenti collaudati per una corrente di fulmine adeguata. I supporti metallici dei moduli fotovoltaici devono essere collegati tra loro e con l'impianto di messa a terra. Le fondazioni a pali o a viti possono essere utilizzate come dispersori.



Realizzare un collegamento equipotenziale antifulmine significa collegare direttamente tutti i sistemi metallici in modo che possano trasportare la corrente di fulmine. Nel caso in cui i moduli, i cavi e l'edificio operativo con la stazione meteo si trovino nel volume protetto della protezione contro i fulmini esterna, la corrente di fulmine non dovrebbe essere iniettata nella linea. Se il collegamento alla rete di distribuzione (DNO) avviene a bassa tensione, il punto di collegamento viene a sua volta collegato alla barra di messa a terra principale (MEB) attraverso degli scaricatori Tipo 1 in quanto sono presenti delle correnti parziali di fulmine.

L'impianto di captazione della protezione contro i fulmini esterna è di vitale importanza. In caso di fulminazione incontrollata dell'impianto fotovoltaico, il flusso della corrente di fulmine nell'impianto può provocare gravi danni. Quando si installa la protezione contro i fulmini esterna, si deve evitare che le celle solari risultino ombreggiate, ad esempio, dalle aste di captazione. Le ombre diffuse, invece, proiettate da aste o conduttori lontani, non influenzano negativamente il sistema FV e la sua resa.

I cavi devono essere tutti disposti in modo tale da evitare la formazione di spire conduttrici di grandi dimensioni. Questo criterio va rispettato per il collegamento monopolare in serie dei circuiti a corrente continua (stringhe) e per l'interconnessione di più stringhe. Inoltre, le linee dati o dei sensori non vanno instradate su più stringhe che formano ampie spire conduttrici. Per questo motivo, i conduttori equipotenziali, le linee dati e le linee di alimentazione (in corrente continua e alternata) vanno fatti passare per quanto possibile vicini tra loro.

Per proteggere gli impianti elettrici dei generatori fotovoltaici vanno installati dei dispositivi di protezione contro le sovratensioni, o SPD. Se un fulmine colpisce la protezione contro i fulmini esterna di un impianto FV al suolo, vengono indotti degli impulsi ad alta tensione in tutti i conduttori elettrici; inoltre in tutti i tipi di cavi elettrici della centrale passano delle correnti parziali di fulmine (linee in corrente continua, alternata e linee dati). L'intensità delle correnti parziali di fulmine dipende, ad esempio, dal tipo di impianto di captazione, dalla resistività del suolo in loco e dal tipo di cavi. Nel caso di impianti con inverter centrali vi saranno delle linee in corrente continua che passano sul terreno. L'Allegato D dell'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 richiede una minima capacità di scarica I_{totale} di 10 kA (10/350 μ s) per SPD a limitazione di tensione Tipo 1 in corrente continua.

Bisogna utilizzare SPD con una corrente di corto circuito nominale ISCPV sufficientemente elevata; essa va determinata secondo la norma EN 50539-11 e deve essere specificata dal costruttore. Questo vale anche per quanto riguarda le eventuali correnti inverse. Nei sistemi fotovoltaici con inverter, la protezione dalle correnti inverse è demandata ai fusibili. La massima corrente disponibile effettiva dipende dalla radiazione solare. In alcuni stati di funzionamento, i fusibili intervengono solo dopo alcuni minuti.

Pertanto, i dispositivi di protezione installati nelle scatole di giunzione del generatore vanno progettati per l'eventuale corrente totale, che comprende la corrente di esercizio e la corrente inversa, e devono garantire lo scollegamento automatico senza arco in caso di sovraccarico ($I_{SCPV} > I_{max}$ del sistema fotovoltaico).

Le curve caratteristiche U/I tipiche dei generatori di corrente fotovoltaici sono molto diverse da quelle dei generatori convenzionali di corrente continua, in quanto presentano un andamento non lineare (Figura 9.19.8); inoltre il comportamento degli archi in correnti continua è differente. Questa particolarità delle sorgenti di corrente fotovoltaiche non solo influenza la progettazione e richiede interruttori e fusibili di maggiori dimensioni, ma richiede anche degli specifici dispositivi di protezione contro le sovratensioni, in grado di far fronte alle correnti continue fotovoltaiche susseguenti. L'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 e la norma CEI CLC/ TS 50539-12 CEI 37-12) richiedono funzionamento sicuro dei dispositivi di protezione sul lato corrente continua anche in caso di sovraccarico. L'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 comprende una valutazione più approfondita della distribuzione della corrente di fulmine (simulazioni al computer) rispetto all'Integrazione 1 della norma tedesca DIN EN 62305-4. Per calcolare la distribuzione della corrente di fulmine, vanno considerate le calate del sistema di protezione contro i fulmini, gli eventuali collegamenti di messa a terra del gruppo FV e le linee in corrente continua. Si dimostra che l'intensità delle correnti parziali di fulmine che passano attraverso i dispositivi SPD nelle linee in corrente continua non dipende solo dal numero di calate, ma anche dall'impedenza dei dispositivi

SPD. L'impedenza dei dispositivi SPD dipende dalla loro tensione nominale, topologia e tipo (a commutazione o a limitazione di tensione). La riduzione della forma degli impulsi è una caratteristica delle correnti parziali di fulmine passanti attraverso i dispositivi SPD sul lato a corrente continua dell'impianto fotovoltaico. Per selezionare degli adeguati dispositivi di protezione contro le sovratensioni bisogna considerare la massima corrente impulsiva e il carico impulsivo. Queste correlazioni sono descritte nell'integrazione 1 della norma tedesca DIN EN 62305-4.

Il Tecnico

Ing. Saverio Gramegna

