

**DIREZIONE REGIONALE INPS - ABRUZZO****Coordinamento Regionale Tecnico Edilizio***Via dei Giardini n°2 – 67100 L'Aquila - Telefono 0862.4361 – fax 0862.436.780***PROGRAMMA FOTOVOLTAICO INPS ABRUZZO 2006****PROGETTO DEFINITIVO A BASE DI GARA
IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE :****“ LOTTO 1 ” – Direzione Regionale INPS Abruzzo –L'Aquila****Impianto “AQ1” - POTENZA DI PICCO = 25,200*KWp**

*Potenza massima ammessa alle tariffe incentivanti GSE

Aprile 2007

LOTTO 1 – L'AQUILA REG/LE: Direzione Regionale Abruzzo, Via dei Giardini 2- L'Aquila

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE

IMPIANTO : “AQ – 1; POTENZA DI PICCO = 25,200*KW_p”

INDICE

1. CONSISTENZA E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO
 - 1.1 Premessa
 - 1.2 Oggetto e obiettivi di progetto
 - 1.3 Requisiti di rispondenza a norme, leggi, regolamenti
2. DATI DI PROGETTO
 - 2.1 Modulo 1 – Dati di progetto di carattere generale
 - 2.2 Modulo 2 – Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio
 - 2.3 Modulo 3 – Dati di progetto relativi alle influenze esterne
 - 2.4 Modulo 4 – Dati di progetto relativi alla rete di collegamento
 - 2.5 Modulo 5 – Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico
 - 2.6 Modulo 6 – Dati di progetto clinometrico e diagramma delle ombre
3. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO
4. SCHEMA ELETTRICO GENERALE
 - 4.1 Descrizione
5. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO
 - 5.1 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.
 - 5.2 Portata dei cavi in regime permanente
 - 5.3 Protezione contro il corto circuito
 - 5.4 Cadute di tensione
 - 5.5 Stipamento dei cavi in tubi
 - 5.6 Sezione dei conduttori di protezione
 - 5.7 Misure di protezione contro i contatti diretti
 - 5.8 Misure di protezione contro i contatti indiretti
 - 5.9 Misure di protezione sul collegamento alla rete elettrica
 - 5.10 Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche
6. DETTAGLI DI INSTALLAZIONE
 - 6.1 Posa moduli fotovoltaici
 - 6.2 Posa cassetta di terra
 - 6.3 Posa inverter
 - 6.4 Posa quadro c.a.
 - 6.5 Collegamenti elettrici e cavidotti (vedi disegni allegati)
7. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI PRINCIPALI
 - 7.1 Moduli Fotovoltaici
 - 7.2 Strutture di fissaggio
 - 7.3 Cassetta di terra
 - 7.4 Inverter modulari
 - 7.5 Quadro di interfaccia (o c.a.)
 - 7.6 Sistema di monitoraggio
8. CRONOPROGRAMMA
9. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
10. QUADRO ECONOMICO
11. ELENCO ELABORATI GRAFICI

1. Consistenza dell'impianto

1.1 Premessa

L'impianto oggetto del presente documento, si propone di conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura che lo ospita, costituita dall'edificio destinato a **Direzione Regionale INPS per l'Abruzzo**, sito in Via dei Giardini 2, L'Aquila. Tale obiettivo sarà perseguito con il ricorso alla fonte energetica rinnovabile solare fotovoltaica nell'ambito del "Programma Fotovoltaico INPS Abruzzo 2006" ammesso alle tariffe incentivanti previste dal D.MAP 28/07/2005 e s.m.i..

1.2 Oggetto e obiettivi di progetto

Il presente documento costituisce il progetto definitivo, a base d'appalto, per un impianto fotovoltaico connesso a rete della potenza di 25,200 Kwp.

In generale, l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- soluzioni di progettazione del sistema compatibili con le esigenze di tutela architettonica o ambientale;
- il possibile utilizzo per l'installazione dell'impianto di superfici marginali (tetti, solai, terrazzi, ecc.).

1.3 Requisiti di rispondenza norme, leggi, regolamenti

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla legge n.186 del 1° marzo 1968 e ribadito dalla legge n.46 del 5 marzo 1990. Rimangono valide, sotto il profilo generale, le prescrizioni previste dal DPR 547/55 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei V.V.F.;
- alle prescrizioni ed indicazioni della società distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni ed indicazioni della compagnia telefonica Telecom;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)

2. Dati di progetto

I dati di seguito riportati risultano strutturati e suddivisi secondo quanto riportato nella guida CEI 0-2.

2.1 Modulo 1- Dati di progetto di carattere generale

| Pos. | Dati | Valori stabiliti | Note |
|------|------------------------------------|---|------|
| 1 | Committente | Direzione Regionale INPS Abruzzo | |
| 1.1 | Persona Fisica | Direttore Regionale Giovanni Lencioni | |
| 1.2 | Scopo del lavoro | Realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione | |
| 1.3 | Vincoli progettuali da rispettare | Edificio di proprietà INPS soggetto a vincolo storico BAAS; destinazione ufficio pubblico; interfacciamento alla rete a norme CEI; strutture di sostegno esistenti sul piano di copertura a terrazzo dell'edificio. | |
| 1.4 | Informazioni di carattere generale | Sito di impianto in centro storico; quota di posa dal piano stradale 5° livello fuori terra; | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | presenza rete telefonica (possibile il collegamento via modem per l'eventuale monitoraggio da remoto) | |
| | | | |

2.2 Modulo 2 - Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

| Pos. | Dati | Valori stabiliti | Note |
|------|--|---|---------------|
| 2.1 | Destinazione d'uso | Uffici direzione regionale INPS per l'Abruzzo, con presenza saltuaria di pubblico; classificazione tecnica TERBT(edificio ad uso uffici alimentato in Bassa tensione) | Norma CEI 0-2 |
| 2.2 | Barriere architettoniche | Accesso maestranze al piano terrazzo tramite scale ed imp. elevatore; Trasporto di materiale da costruzione sul terrazzo, previa autorizzazione, possibile anche attraverso gli accessi interni. | |
| 2.3 | Ambienti soggetti a normativa specifica CEI che interessano il presente progetto | Per i luoghi frequentati dai dipendenti INPS o ai quali questi ultimi possono avere libero accesso, si farà riferimento a quanto contenuto nella norma CEI 64-8. | |
| | | | |

2.3 Modulo 3 - Dati di progetto relativi alle influenze esterne

| Pos. | Dati | Valori stabiliti | Note |
|------|---|-------------------------------------|---|
| 3.1 | Temperatura: min/max all'interno dell'edificio min/max all'aperto media del giorno più caldo media delle massime mensili media annuale | | Norma UNI 10349 |
| 3.2 | Radiazione solare | Vedi tabella 1.1 | |
| 3.3 | Formazione di condensa | Possibile | |
| 3.4 | Altitudine (s.l.m.) | 714 m s.l.m. | |
| 3.5 | Latitudine | 42° 21' | |
| 3.6 | Longitudine | 13° 23' | |
| 3.7 | Presenza di corpi solidi estranei Presenza di polvere | NO SI | Protezione quadri da insetti ed utensili |
| 3.8 | Presenza di liquidi: tipo di liquido: -trascurabile -Possibilità di stillicidio -Esposizione alla pioggia -Esposizione agli spruzzi -Possibilità di getti d'acqua | Acqua NO SI SI NO NO | Dati relativi al posizionamento delle apparecchiature elettriche in esterno |
| 3.9 | Condizioni del terreno | Non applicabili | |
| 3.10 | Ventilazione dei locali -naturale | Locale quadro generale SI | Dati riferiti al posizionamento |

| | | | |
|------|--|--|-----------------|
| | -artificiale -naturale assistita da ventilazione artificiale -numero di ricambi | NO NO ---- | del quadro c.a. |
| 3.11 | Dati relativi al vento (UNI 10349) -direzione prevalente -velocità di riferimento -massima velocità di progetto -pressione del vento | Nord – Sud 27 m/s (97,2 Km/h) 33,42 m/s (120,31Km/h) – zona 3 (DM 16/1/96) 6,86 KPa | |
| 3.12 | Carico neve | Il carico neve sulla copertura è di 24,61 KPa, calcolato come riportato nel DM 16/1/96 per la zona I | |
| 3.13 | Effetti sismici | Zona sismica 2 Ordinanza consiglio dei ministri n. 3274 del 20/3/2003 | |

Tabella 1 – Irraggiamento solare giornaliero medio mensile su piano inclinato sud per L'Aquila

| | | | | |
|--|--------------------------------------|---------|--------|--------|
| Dati di ingresso del sito | | | | |
| Dati solari: | UNI 10349 - L'Aquila | | | |
| Orizzonte: | <Vuoto> | | | |
| Albedo: | Cemento, 22% della totale radiazione | | | |
| Latitudine: | 42.3 gradi | | | |
| | | | | |
| Dati di ingresso del generatore fotovoltaico | | | | |
| | | | | |
| Inclinazione: | 27.7 gradi | | | |
| Azimut: | 180.0 gradi | | | |
| Angolo limite: | 5.0 gradi | | | |
| | | | | |
| Radiazione media giornaliera calcolata [kWh/g] | | | | |
| | | | | |
| Mese | Diretta | Diffusa | Albedo | Totale |
| Gen | 1.70 | 0.73 | 0.02 | 2.45 |
| Feb | 2.01 | 1.00 | 0.03 | 3.04 |
| Mar | 2.45 | 1.39 | 0.04 | 3.88 |
| Apr | 2.44 | 1.81 | 0.05 | 4.30 |
| Mag | 3.12 | 2.10 | 0.07 | 5.28 |
| Giu | 3.36 | 2.20 | 0.07 | 5.63 |
| Lug | 4.38 | 2.02 | 0.08 | 6.47 |

| Mese | Diretta | Diffusa | Albedo | Totale |
|-------|---------|---------|--------|--------|
| Ago | 4.04 | 1.83 | 0.07 | 5.94 |
| Set | 3.65 | 1.49 | 0.05 | 5.19 |
| Ott | 2.83 | 1.10 | 0.04 | 3.97 |
| Nov | 1.81 | 0.79 | 0.02 | 2.62 |
| Dic | 1.50 | 0.65 | 0.02 | 2.18 |
| ----- | | | | |
| Med. | 2.77 | 1.43 | 0.05 | 4.25 |

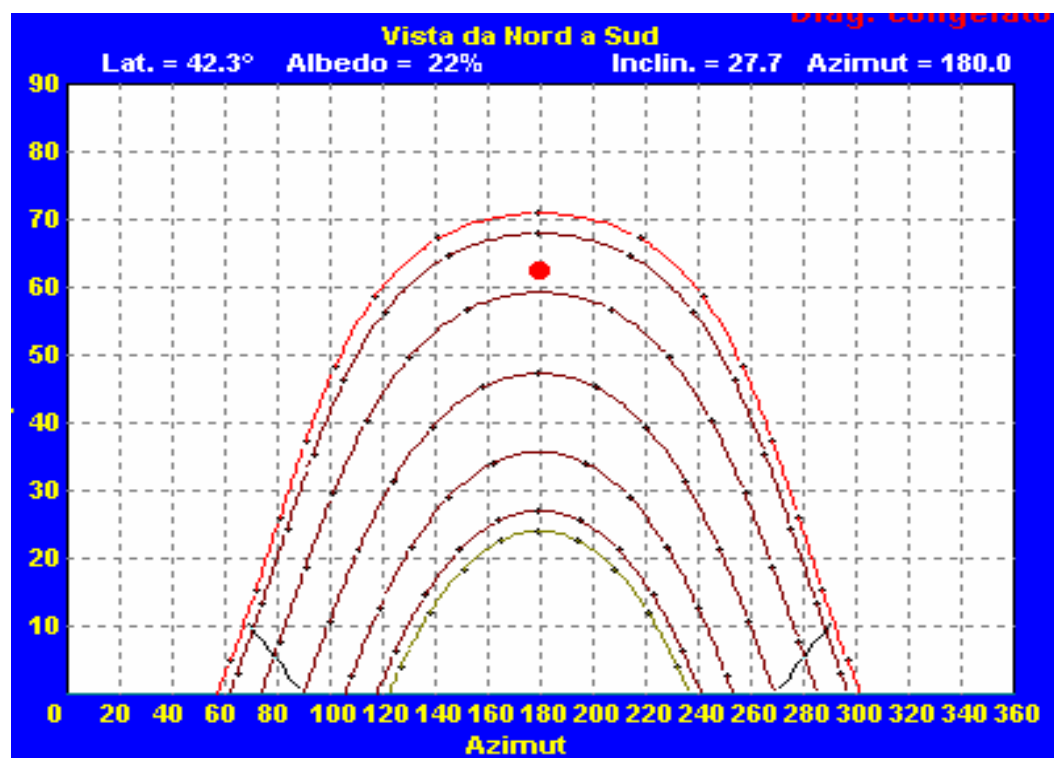
2.4 Modulo 4 - Dati di progetto relativi alla rete di collegamento

| Pos. | Dati | Valori stabiliti | Note |
|------|---|--|------|
| 4.1 | Tipo di intervento richiesto - nuovo impianto - trasformazione - ampliamento | SI | |
| 4.2 | Dati del collegamento elettrico -descrizione della rete di collegamento -punto di consegna -tensione nominale (Un) -potenza disponibile -potenza disponibile di punta -corrente di corto circuito presunta nel punto di consegna -stato del neutro | Bassa tensione 3F+N con montante di bassa dedicato Quadro elettrico generale dell'edificio, al piano seminterrato 400 V unificata trifase 118,70 KW 120,00 KW ----- sistema TN-S | |
| 4.3 | Misura dell'energia | Contatore generale installato nel locale quadro elettrico generale al piano seminterrato | |
| | | | |

2.5 Modulo 5 - Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

| Pos. | Dati | Valori stabiliti | Note |
|------|--|---|------|
| 5.1 | Caratteristiche area di installazione | Struttura di sostegno dei campi fotovoltaici esistente, costituita da elementi in acciaio zincato | |
| 5.2 | Posizione quadro c.a. di interfaccia | In interno , nel locale quadro elettrico C.T. posto al piano attico, posa a pavimento. | |
| 5.3 | Posizione convertitori statici e cassetta di terra | In interno , nel locale quadro elettrico C.T. posto al piano attico, posa a pavimento e/o a parete. | |
| | | | |

2.6 Modulo 6 – Dati di rilievo clinometrico e diagramma delle ombre



3. Normativa tecnica di riferimento

DPR 547/55 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;

Legge 186/68 Disposizioni concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;

Legge 46/90 Norme per la sicurezza degli impianti;

DPR 447/91 Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990 n. 46, in materia di sicurezza degli impianti;

D.Lgs 626/94 e s.m.i. Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;

DM 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata a 1500V in corrente continua.

CEI 11-20 : Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI EN 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione –corrente ;

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre ed irraggiamento spettrale di riferimento ;

CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche di interfaccia con la rete;

CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto ed omologazione del tipo;

CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto ed omologazione del tipo;

CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;

CEI EN 82-25 : Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione;

CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici- moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;

CEI EN 61000 3-2 (CEI 110 –31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)

CEI EN 60555-1 (CEI 77 –2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439 (CEI 17 –13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);

serie composta da:

CEI EN 60439-1 (CEI 17 –13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

CEI EN 60439-2 (CEI 17 –13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;

CEI EN 60439-3 (CEI 17 –13/3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso -. Quadri di distribuzione (ASD);

CEI EN 60445-2 (CEI 16 –12): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529 (CEI 70 –1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60099-1 (CEI 37–1): Scaricatori – Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;

CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI EN 62305 (CEI 81–10): Protezione contro i fulmini;

serie composta da:

CEI EN 62305-1 (CEI 81–10/1): Principi generali;

CEI EN 62305-2 (CEI 81–10/2): Valutazione del rischio;

CEI EN 62305-3 (CEI 81–10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;

CEI EN 62305-4 (CEI 81–10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

CEI 0 -2 : Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

CEI 0-3 : Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/1990;

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

CEI EN 61724 (CEI 82–15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

CEI 13-4 : Sistemi di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica;

CEI EN 62053 -21 (CEI 13–43): Apparecchi per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari – Parte 21: Contatori statici di energia attiva (Classe 1 e 2);

EN 50470-1 ed EN 50470-3 in corso di recepimento nazionale presso CEI;

CEI EN 62053 -23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari – Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (Classe 2 e 3); CEI 64-8, parte 7, sezione 712 : Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione. Inoltre vanno rispettate le disposizioni del D.MAP 28 luglio 2005 e s.m.i. e del Decreto Interministeriale 19 febbraio 2007.

4. Schema elettrico generale

4.1 Descrizione

La tavola allegata n. 1AQ reg. riporta lo schema unifilare dell'impianto fotovoltaico, attraverso il quale è possibile evidenziare le principali funzioni svolte dai vari sottosistemi e apparecchiature che compongono l'impianto stesso.

La tavola allegata n. 2 AQ reg. riporta invece lo schema multifilare dell'impianto.

Il generatore fotovoltaico posto sul piano di copertura dell'edificio è composto complessivamente da n.144 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con cornice in alluminio, tipo ELECTRO SOLAR ES – 175T, con tedlar trasparente lato retro, potenza massima 175 Wp +/-10% , Tensione nominale 24 V, Tensione alla massima potenza 34,8 V, Corrente alla massima potenza 5,02 A, Corrente di c.c. 5,37 A

I moduli fotovoltaici sono collegati in serie tra loro così da formare un idoneo numero di stringhe, per complessivi n.2 campi fotovoltaici (denominati Campo "A" e Campo "B") L'inverter è del tipo Fronius IG 400, potenza di uscita nominale 32,00 Kw, Corrente di uscita nominale 3 x 46,4 A, grado di efficacia 94,3%, con sistema automatico di ventilazione forzata, dispositivi di sicurezza a bordo macchina, sistema di monitoraggio della rete (tensione, frequenza, relè di massima tensione) e sistema di visualizzazione e comunicazione dati per telecomando via modem su PC.

La potenza complessiva di picco lato corrente continua risulta essere 25,200 KWp.

Tabella 2 – Principali caratteristiche dei sottocampi fotovoltaici

| campo | numero totale di moduli | numero di stringhe di moduli | potenza di picco totale (Wp) | tensione nominale (V) | tensione a circuito aperto (V) | corrente nom. stringa (A) | corrente di corto stringa (A) |
|-------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| A | 72 | 8 | 12.600 | 313,2 | 388,8 | 5,02 | 5,37 |
| B | 72 | 8 | 12.600 | 313,2 | 388,8 | 5,02 | 5,37 |

Gli inverter utilizzati sono del tipo con trasformatore di isolamento, in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT) e costruiscono l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori stabiliti dalle norme. Le uscite dell'inverter a 230 Vca sono collegate a fasi diverse ed al neutro del sistema trifase esistente. La tabella 3 riporta i dati salienti della sezione c.a.

Tabella 3 Principali dati di uscita e collegamenti per l'inverter.

| campi | Potenza massima di uscita (Wp) | Corrente massima (A) | fasi |
|-------|--------------------------------|----------------------|-------------|
| A + B | 32.000 | 3 x 46,4 | L1 ; L2; L3 |

Gli inverter saranno predisposti per un sistema di monitoraggio locale ed una interfaccia RS-485 per essere collegati all'eventuale sistema di monitoraggio e acquisizione dati dell'impianto.

Le uscite c.a. degli inverter confluiscono verso un quadro elettrico di protezione e manovra a 230/400 V (quadro di interfaccia o c.a.), nel quale sono contenute le funzioni di sezionamento e di conteggio dell'energia.

5. Calcoli e verifiche di progetto

5.1 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

Si assume una variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza della temperatura pari a $-0,38\%$ /°C con i limiti di temperatura estremi di -10°C e $+70^{\circ}\text{C}$.

Pertanto i valori di tensione alla massima potenza, e di tensione a circuito aperto alle predette temperature sono:

| electrosolar ES 175 T 24 | " - 10 °C (Vm Max) | " + 25 °C (Vm) | " + 70 °C (Vm min) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Vm | 39,43 | 34,8 | 28,85 |
| Voc | 48,95 | 43,2 | 35,81 |

L'inverter scelto lavora entro una gamma di tensioni MPP di 210 – 420 V, con una tensione di ingresso massima a vuoto di 530 V, pertanto alle temperature estreme di progetto risulta:

Tabella 4 – Verifica dei limiti di tensione all'ingresso dell'inverter

| | campo A | campo B | |
|---------|---------|---------|-------|
| Vm min | 259,65 | 259,65 | > 210 |
| Vm max | 354,87 | 354,87 | > 210 |
| Voc min | 322,29 | 322,29 | < 530 |
| Voc max | 440,55 | 440,55 | < 530 |

5.2 Portata dei cavi in regime permanente

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica di sovraccarico deve rispettare le consuete relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad \text{e} \quad I_f \leq 1,45 I_z$$

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito, I_b risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco, mentre I_n e I_f possono entrambe essere poste uguali alla corrente di cortocircuito nei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa.

Collegamenti tra i moduli fotovoltaici e gli inverter

Tutti i collegamenti saranno realizzati con cavi unipolari in gomma di sezione adeguata non inferiore a 2,5 mmq.

Collegamenti tra le uscite dell'inverter e il quadro c.a.

I collegamenti saranno realizzati con cavi tripolari in PVC di sezione adeguata non inferiore a 6 mmq.

Collegamento tra il quadro c.a e il quadro generale di distribuzione B.T..

Il collegamento sarà realizzato tramite linea trifase con neutro in cavo quadripolare in PVC di adeguata sezione non inferiore a 6 mmq.

Saranno installati interruttori con protezione magnetotermica con curva C.

5.3 Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter. L'Interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter agisce quindi da rincalzo all'azione del dispositivo di protezione interno all'inverter stesso.

5.4 Cadute di tensione

La caduta di tensione nei vari circuiti, anche nei casi più sfavorevoli, sarà contenuta entro i limiti previsti dalle norme CEI-Unel 35364, 35747 e 35756 per i cavi in rame.

5.5 Stipamento dei cavi in tubi

Lo stipamento previsto per i cavidotti utilizzati sarà contenuto entro i limiti previsti dalla norma CEI 64 -8, con una percentuale della sezione dei cavidotti occupata dai cavi inferiore al 50%.

5.6 Sezione dei conduttori di protezione

Il conduttore di protezione, collegato alle strutture di fissaggio dei moduli fotovoltaici, avrà sezione pari ad almeno 6 mmq.

A valle degli scaricatori di sovratensione, la sezione del conduttore di protezione sarà almeno di 16 mmq, o tale da garantire comunque il corretto funzionamento dei predetti dispositivi.

5.7 Misure di protezione contro i contatti diretti

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è da considerarsi in bassa tensione. La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata ed alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto) idoneo allo scopo.

5.8 Misure di protezione contro i contatti indiretti

Gli inverter e quanto contenuto nel quadro elettrico c.a. saranno collegati all'impianto elettrico dell'edificio e pertanto fanno parte del sistema elettrico TN-S di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è, in questo caso, assicurata dal seguente accorgimento:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di classe II;
- verifica, da seguire in corso d'opera o in fase di collaudo, che i dispositivi di protezione inseriti nel quadro elettrico generale B.T., intervengano in caso di primo

guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure che intervengano entro 5 secondi ma la tensione sulle masse entro tale periodo non superi i 50 V.

5.9 Misure di protezione sul collegamento alla rete elettrica

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete autoproduttore che della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20, con riferimento anche a quanto contenuto nei documenti di unificazione Enel Dk 5950, DV 1604 e DV 604.

L'impianto risulta pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su tre livelli: dispositivo del generatore, dispositivo di interfaccia, dispositivo generale.

5.9.1. *Dispositivo del generatore*

L'inverter è internamente protetto contro il cortocircuito ed il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.

L'interruttore magnetotermico presente sull'uscita dell'inverter agisce come rincalzo a tale funzione.

5.9.2 *Dispositivo di interfaccia*

Il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto sulla rete elettrica. Il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avviene considerando come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono da una determinata finestra di tensione e di frequenza così caratterizzata:

- minima tensione 0,8 Vn
- massima tensione 1,20 Vn
- minima frequenza 49,7 Hz
- massima frequenza 50,3 Hz

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno, con funzionamento ad isola in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca ed alla riparazione dei guasti.

5.9.3 *Dispositivo generale*

Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento nei confronti dei guasti nel sistema di generazione elettrica. Poiché l'impianto elettrico dell'edificio non risulta essere nel suo complesso, un impianto specificatamente dedicato all'autoproduzione ma anzi, è ragionevole supporre che la produzione da fonte fotovoltaica possa fluire solo occasionalmente verso la rete pubblica (nei giorni di chiusura degli uffici) risulta accettabile che il dispositivo generale sia posizionato immediatamente a monte del montante fotovoltaico e costituito da un interruttore di adeguate caratteristiche posto nel quadro elettrico generale di B.T. al quale il montante fotovoltaico fa capo.

5.10 Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

5.10.1 *Fulminazione diretta*

L'edificio non è dotato di impianto di protezione contro le scariche atmosferiche in quanto autoprotetto. Si ritiene che la presenza dell'impianto fotovoltaico non aumenti la probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

5.10.2 *Fulminazione indiretta*

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare l'inverter. I morsetti dell'inverter risultano protetti internamente con varistori a pastiglia. Tuttavia la notevole estensione dei collegamenti ha suggerito, in fase di progetto, di rinforzare tale protezione con l'inserzione di dispositivi SPD (scaricatori di tensione) sulla sezione c.c. dell'impianto in prossimità del generatore fotovoltaico.

6. Dettagli di installazione

6.1 Posa moduli fotovoltaici

La copertura del tetto è a terrazzo coibentato. I moduli fotovoltaici saranno fissati sulla esistente struttura di sostegno in acciaio zincato per mezzo di appositi ancoraggi in grado di consentire il montaggio e lo smontaggio per ciascun modulo, indipendentemente dalla presenza o meno di quelli contigui. Le strutture di sostegno esistenti consentono il passaggio dell'aria, favorendo così la ventilazione dei moduli stessi. Tutti i materiali di ancoraggio saranno in alluminio o in acciaio inox.

6.2 Posa cassetta di terra

La cassetta di terra è alloggiata all'esterno del locale quadro di campo e fissata alla parete al di sotto del campo fotovoltaico.

6.3 Posa inverter

L'inverter è ubicato all'interno del locale quadro di campo. I cavi provenienti dal generatore fotovoltaico devono essere connessi all'inverter per mezzo di opportuni connettori stagni tipo "Multicontact".

6.4 Posa quadro c.a.

Il quadro c.a. , con fissaggio a parete, deve essere installato nel locale quadro di campo al piano di copertura dello stabile. Il quadro c.a. ospiterà anche il gruppo di misura dell'energia fotovoltaica prodotta ed incentivata dal G.S.E.

6.5 Collegamenti elettrici e cavidotti (vedi disegni allegati)

I collegamenti tra i moduli fotovoltaici in serie dovranno essere effettuati collegando tra loro in serie di 9 moduli per stringa già forniti preintestati alle scatole di giunzione dei moduli con spezzoni di cavo e connettori tipo "Multicontact". Anche i cavi che scendono verso la cassetta di terra andranno attestati con connettori tipo "Multicontact". I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali o cavidotti ricavati o posati nei profili delle strutture di fissaggio. Una volta raccolti in un punto prima della discesa dalla struttura di sostegno verso la cassetta di terra , i conduttori unipolari saranno a posa in tubo corrugato. Il percorso dalla cassetta al convertitore sarà in tubo rigido e l'attestazione al convertitore tramite connettori multicontact o con capicorda ad anello bullone e dado. I collegamenti equipotenziali delle strutture di sostegno devono essere collegati alla cassetta di terra. Il collegamento al quadro c.a., dal locale quadro di campo al piano di copertura al locale Quadro elettrico generale al piano seminterrato sarà eseguito entro cavidotto o canalina chiusa dedicata posta entro il cavedio impianti esistente.

7. Specifiche tecniche dei componenti principali

7.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici saranno del tipo con celle in silicio monocristallino con antiriflesso e cornice. Il lato retro del modulo sarà in Tedlar o similare trasparente. In allegato sono riportate le caratteristiche di dettaglio elettriche e meccaniche.

7.2 Strutture di fissaggio

Per il fissaggio dei moduli fotovoltaici, è stato scelto il sistema di montaggio con profili quadri in alluminio. Con questo sistema, ogni fila di moduli fotovoltaici risulterà sorretta da due profili trasversali in alluminio i quali, a loro volta sono vincolati alle strutture in acciaio esistenti o, a seconda del lotto di riferimento, al solaio di copertura sottostante per mezzo di opportuni ganci ed ancoraggi anche del tipo sottotegola. Nel caso di presenza di copertura a falda con tegole i ganci sono sagomati in modo che i due profili risultino sollevati dal piano delle tegole stesse, in modo che il peso dei moduli non gravi sulle tegole e che sia garantita una sufficiente circolazione d'aria per la dissipazione del calore generato dai moduli. I moduli sono fissati ai due profili in alluminio per mezzo di un adeguato numero di morsetti intermedi. I profili trasversali saranno dotati di un canale integrato per posare i cavi tra i moduli. Tutti i materiali impiegati saranno in alluminio ed in acciaio inox. È richiesta una garanzia sui materiali di almeno 10 anni.

7.3 Cassetta di terra

Sarà costituita da cassetta stagna in poliestere rinforzato con fibra di vetro tipo Gewiss Serie 46 QP, classe di isolamento II, grado di protezione IP 65. Nella cassetta saranno installati almeno n. 2 scaricatori di sovratensione (SPD) per ciascuna stringa, tipo DEHN – DEHN con caratteristiche elettriche adeguate (tensione di riferimento in c.c. e corrente di scarica) collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra. Nella cassetta di terra saranno installati morsetti sezionabili per ciascun cavo di potenza. I cavi di stringa di ogni campo convergeranno poi in apposite barre di parallelo.

7.4 Inverter modulari

L'inverter scelto è del tipo modulare di nuova generazione suddiviso in 12 – 15 circuiti diversi, a seconda della classe di potenza, che si accendono o spengono in modo automatico in base all'irraggiamento presente allo scopo di fornire sempre il massimo quantitativo d'energia possibile in ogni condizione, completo di sistema di areazione per il contenimento del surriscaldamento degli ambienti e per la protezione dal deposito di polveri. L'inverter scelto è dotato di un trasformatore AF (alta frequenza) che garantisce la separazione galvanica tra lato a corrente continua e rete con elevato grado di efficacia. Ove richiesto da ENEL la separazione galvanica sarà realizzata con ulteriore autotrasformatore con collegamenti stella /triangolo.

7.5 Quadro di interfaccia (o c.a.)

Il quadro elettrico dovrà essere certificato e marchiato dal costruttore come AS o ANS secondo le norme CEI 17-11 e CEI 23-51 dove applicabili, sull'involucro esterno dovrà essere posto il marchio CE.

Interruttori morsetti e contaore sono montati su guida DIN da 35 mm, ad eccezione del contatore di energia, che dovrà essere visibile anche dall'esterno.

7.6 Sistema di monitoraggio

L'impianto fotovoltaico dovrà essere preferibilmente dotato di sistema di monitoraggio delle prestazioni (data logger) tale da permettere, attraverso un software dedicato, l'interrogazione in ogni istante dell'impianto al fine di verificare la funzionalità dell'inverter installato, con la possibilità di visionare le funzioni di stato, comprese le anomalie di funzionamento, il tutto anche da postazione remota. Al sistema di

acquisizione faranno capo anche le misure di irraggiamento sul piano dei moduli e la temperatura ambiente con relativi sensori. Il data logger dovrà essere in grado di memorizzare uno storico delle grandezze elettriche acquisite ed elaborate e presentare grafici attinenti alle grandezze elettriche acquisite. Il data logger dovrà essere in grado di dialogare anche con un PC per la visualizzazione del software di acquisizione in loco e per la trasmissione via rete GSM attraverso modem dedicato. Inoltre dovrà essere possibile visualizzare, tramite apposito display da installare nelle zone di attesa del pubblico, le principali grandezze caratterizzante l'impianto fotovoltaico quali: radiazione solare, potenza istantanea, energia prodotta totale/giornaliera, mensile, annua, CO2 evitata, potenza nominale, ore di produzione, ricavi in termine di tariffa incentivante G.S.E.

8. Cronoprogramma

Il programma cronologico relativo all'installazione dell'impianto sarà proposto e concordato con l'appaltatore sulla base del cronoprogramma previsto in fase di gara.

9. Computo metrico estimativo

Vedi computo metrico allegato LOTTO 1 L'Aquila Reg/le

10. Quadro economico

Vedi Capitolato Speciale di Appalto LOTTO 1 L'Aquila Reg/le

11. Elenco elaborati grafici

Caratteristiche modulo ES – 175 T 24

Schema elettrico unifilare AQ 1

Schema elettrico multifilare AQ1

Schema strutture di sostegno AQ1

Schema topografico vela fotovoltaica e cablaggio stringhe AQ 1