



**zero Emission**  
 Roma 16 Settembre 2012

**INTERAZIONI ARCHITETTONICHE DEL FOTOVOLTAICO IN TOSCANA**

ARCH. LUCIA CECCHERINI NELLI

Centro Interuniversitario ABITA sede Firenze  
 Via S. Muccio 81 Firenze tel. 055.2002056 - www.luciaceccherini@abita.uni.it

**OSPEDALE FODIATRICO MEYER FIRENZE**  
 30 kWp

L'impianto solare prevede pannelli fotovoltaici con celle distanziate integrato all'architettura ed alla costruzione della serra. La serra è in effetti un innovativo atrio per il controllo della climatizzazione, un linguaggio di materiali, luce e colori: i pilastri, trasformati in simboli alberi, sono una espressione della tecnologia del legno lamellare su cui è ancorato il fotovoltaico che agisce anche come sistema di ombreggiamento della superficie vetrata.

L'apporto termico dovuto al surriscaldamento delle celle contribuisce in inverno al riscaldamento dell'aria; mentre, in estate i moti convettivi occasionali migliorano la ventilazione naturale, coadiuvando il raffrescamento naturale tramite aperture poste sulla parte superiore della serra.



I laminati FV (di dimensioni 220 x100 cm) sono disposti su file parallele, sorretti dal corrente principale dell'itrasso lungo l'asse verticale e collegati orizzontalmente mediante i traversi della struttura, collocati nell'intradosso della serra, per garantire una continuità e compositiva strutturale della superficie vetrata nella parte esterna.




**TIPOLOGIA**

L'impianto realizzato è composto da 101 moduli fotovoltaici realizzati con vetrocamera di diverse dimensioni. La potenza nominale complessiva è di circa 32 kWp. I moduli sono stati integrati nella facciata fotovoltaica della serra e la maggior parte ha dimensione 220x93,8 cm per una potenza di 201 Wp, altri hanno dimensioni più piccole. Il gruppo di conversione in grado di trasformare la corrente continua in corrente alternata è stato posto sul tetto della serra; il quadro di controllo ed interfaccia con la rete è ubicato al centro della serra all'interno di una struttura in legno.




**DIMENSIONAMENTO**

L'impianto realizzato è costituito da tre campi fotovoltaici, lotto est, lotto centrale e lotto ovest, ciascun campo alimenta ciascuna delle tre fasi della rete elettrica dell'ospedale.

Al fine di ottimizzare il rendimento di conversione i moduli collegati ad ogni inverter hanno tutti la stessa inclinazione (tolleranza ammessa fino a 6°). I moduli occupano al massimo due file contigue in modo che l'impianto possa risultare abbastanza omogeneo.

**1. lotto est**  
 55 moduli da 201 Wp (B1)  
 12 moduli da 88 Wp (B1/2)  
 5 inverter SMA SB2500

**2. lotto centrale**  
 35 moduli da 188 Wp (B2)  
 12 moduli da 88 Wp (B2/2)  
 1 inverter SMA SB3000 + 1 inverter SMA SB3300

**3. lotto ovest**  
 55 moduli da 201 Wp (B1)  
 12 moduli da 88Wp (B1/2)  
 5 inverter SMA SB2500






**Moduli fotovoltaici**  
Le tipologie dei moduli sono 4 (B1, B2, B1/2, B2/2) e sono raggruppabili essenzialmente in 2 tipologie, moduli di lunghezza di 2 metri con potenza di 200W e moduli lunghi 1 metro con potenza 88W. La SE project ha realizzato moduli elettricamente compatibili al fine di evitare mismatching di corrente nelle stringhe. I moduli sono certificati ed entrambi i lati sono in vetro temperato HST (garantiti 20 anni).

**Cablaggio**  
La resistenza dei cavi lato c.c. viene minimizzata dalla dimensione dei cavi:  
1. in ogni stringa la sezione dei conduttori è di 6 mm<sup>2</sup>  
2. dagli inverter al quadro di interfaccia la sezione dei conduttori è di 16 mm<sup>2</sup>  
3. dal quadro di interfaccia al quadro generale la sezione dei conduttori è di 25 mm<sup>2</sup>.  
Le connessioni sono state eseguite con morsetti a compressione e talvolta mediante saldature a stagno. In tali condizioni la diminuzione del rendimento dovuto alle resistenze parassite è inferiore a 2 punti percentuali e le cadute di tensione sono considerate trascurabili.

**Inverter**  
Sono stati scelti inverter da esterno della SMA, il rendimento medio è di circa 94%, le tensioni d'ingresso raggiungono i 550 Vcc la classe di protezione agli agenti atmosferici è IP65. Gli inverter sono ubicati sulla copertura della serra.

**Componenti dell'impianto**

**Inverter**  
n.10 inverter SMA SB 2500 Sunny boy  
n.1 inverter SMA SB3000 Sunny boy  
n.1 inverter SMA SB 3300 Sunny boy

**Vetrocamera e celle fotovoltaiche**  
n.110 moduli da 201 Wp tipo B1 (2200x938)mm S.E Project  
n.35 moduli da 188 Wp tipo B2 (2070x938)mm S.E Project  
n.24 moduli da 88 Wp tipo B1/2 (1089x938) mm S.E Project  
n.12 moduli da 88 Wp tipo B2/2 (1026x938) mm S.E Project  
garanzia 20 anni



**Cablaggio lato c.c.**  
Cablaggio lato c.a.  
Cavi di connessione D.C. tipo FG7-OR con sezioni da 6 mm<sup>2</sup>. Baldassari  
Guaina Spiralata Matuffless  
Canalina di materiale isolante a parete Iboco

**Protezioni di interfaccia**  
n.3 quadri di campo per il sezionamento dell'c.c. e della c.a. co sezionatori portatili bipolari e interruttori magnetotermici bipolari.  
Centraline da est da 24, 36 Mod din  
n.1 quadro di interfaccia  
n.1 dispositivo di protezione di rete Gavazzi DPC 02  
n.1 contatore da 50 A di ABB in AC1 e analizzatore di rete. ABB  
Interruttore magnetotermico 20A S204 ABB  
Interruttore magnetotermico 32A S204 ABB  
Sezionatori con fusibile 10<sup>3</sup> ABB  
Coppie di scaricatori DEHN 600V Dehn(D)

**ISOLAMENTO TERMICO**  
L'edificio deve garantire le condizioni ottimali di benessere termico in relazione alle attività che vengono svolte al suo interno.  
Per ottimizzare il comportamento termico è necessario prestare attenzione alla riduzione delle dispersioni termiche.  
Una delle soluzioni per ovviare al problema è quella di cercare di raggiungere un elevato valore di resistenza termica attraverso un buon livello di isolamento.  
Il locale degenza tipo è caratterizzato da un elemento verticale di tamponamento con inteposto uno strato di materiale isolante dello spessore di 6 cm. La muratura raggiunge un valore di trasmittanza termica pari a 0,37 W/m<sup>2</sup>K, contribuisce notevolmente alla riduzione dei consumi energetici annuali per il riscaldamento, con una percentuale di risparmio energetico pari al 12%.

**COBERTURA VERDE**  
Per ridurre il più possibile le dispersioni termiche è necessario prestare attenzione all'isolamento di tutto l'involucro e non solo degli elementi verticali. L'utilizzo di una copertura a verde permette di diminuire le dispersioni attraverso la copertura e riduce inoltre l'impatto visivo dell'edificio sull'ambiente circostante.  
La copertura a verde realizzata all'Ospedale Meyer è caratterizzata da un valore di trasmittanza termica pari a 0,79 W/m<sup>2</sup>K contro l'1,16 W/m<sup>2</sup>K della tipologia di copertura tradizionale.  
La soluzione adottata per l'involucro dell'intero edificio comporta una riduzione del fabbisogno energetico annuale pari al 36% per ogni camera di degenza.



**COBERTURA VERDE**  
Per ridurre il più possibile le dispersioni termiche è necessario prestare attenzione all'isolamento di tutto l'involucro e non solo degli elementi verticali. L'utilizzo di una copertura a verde permette di diminuire le dispersioni attraverso la copertura e riduce inoltre l'impatto visivo dell'edificio sull'ambiente circostante.  
La copertura a verde realizzata all'Ospedale Meyer è caratterizzata da un valore di trasmittanza termica pari a 0,79 W/m<sup>2</sup>K contro l'1,16 W/m<sup>2</sup>K della tipologia di copertura tradizionale.  
La soluzione adottata per l'involucro dell'intero edificio comporta una riduzione del fabbisogno energetico annuale pari al 36% per ogni camera di degenza.

**FINESTRE E SCHERMATURE**

Le finestre utilizzate sono caratterizzate da profili in legno. Le camere di degenza sono riparate dalla radiazione solare diretta attraverso una struttura aggettante con il rivestimento superiore in rame pre-ossidato, di colore verde, e con la parte inferiore rivestita in legno. In questo modo si ottiene una perfetta integrazione nel contesto circostante del parco ed una riduzione dell'impatto visivo. Il sistema di schermatura adottato nella serra è costituito da tende interne bianche il cui movimento è controllato attraverso un sistema di controllo automatizzato. Le tende riproducono un sistema di vele.



**CONDOTTI DI LUCE E CAMINI SOLARI**

Condotti di luce e camini solari sono stati utilizzati per incrementare la quantità di illuminazione naturale all'interno dei corridoi davanti alle camere di degenza. Questi dispositivi permetteranno un maggior livello di illuminazione naturale ma soprattutto avranno un impatto positivo sul benessere psicologico dei pazienti che si sentiranno in un ambiente più confortevole rispetto a quello proprio di un ospedale tradizionale. L'uso di questi dispositivi permette di stimare un risparmio energetico sui consumi per l'illuminazione di circa il 60%, valore comunque variabile in rapporto all'efficienza dell'attività svolta dal Responsabile Energia e al comportamento dei singoli utenti (più o meno sensibili alle tematiche di risparmio energetico). Tutte le lampade installate sono ad alta efficienza e a basso consumo energetico, con un fabbisogno annuale per corrente elettrica pari a 12.3 kWh/m<sup>2</sup>, ottenendo un risparmio energetico pari al 35%.



**VENTILAZIONE**

La ventilazione nell'Ospedale è garantita da aperture posizionate nelle parti alta e basse dell'edificio, prive di un controllo automatizzato. Una combinazione tra i dispositivi di oscuramento ed i sistemi di ventilazione permette che la temperatura interna non superi più di 10°C quella esterna. Per ottenere una diminuzione dei consumi energetici per il riscaldamento sono state adottate tecniche per favorire la ventilazione naturale in modo tale da utilizzare il meno possibile, e solo se necessario, l'impianto di riscaldamento. La serra svolge la funzione di spazio cuscinetto per l'intero edificio. L'aria riscaldata viene utilizzata per creare un flusso d'aria naturale che attraversa l'edificio.




Realizzazione di un nuovo edificio sperimentale a ENERGIA ZERO  
**NUOVO CENTRO IN AMBIENTI VIRTUALI E ICT LUCCA**

L'obiettivo principale del progetto è stato quello di: **ridurre i consumi energetici dell'edificio e garantire condizioni di comfort indoor ottimali.**



Committente: Camera di commercio industriale artigiana  
 Ente attuatore: Amministrazione Provinciale di Lucca  
 Progettazione: Provincia di Lucca e Studio Marco Sala Associati



È stata prestata grande attenzione alla **PROGETTAZIONE DELL'INVOLUCRO** e degli impianti di climatizzazione, così da garantire, durante tutte le stagioni, corrette condizioni di:

- temperatura
- umidità e velocità dell'aria.






Il tamponamento del fronte sud e di quello est è costituito da una **DOPPIA PELLE DINAMICA**, che durante i mesi invernali, grazie alla possibilità di chiudere la superficie trasparente esterna, permette di incrementare l'isolamento termico della parete interna, ed evitare il fenomeno della parete fredda tipico di molti uffici delimitati da superfici trasparenti monostrato.

**Impianto fotovoltaico della facciata.**  
L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto di 84 moduli fotovoltaici. In ogni pannello della facciata (2,92 x 1,48 m) saranno messi 3 moduli fotovoltaici di posti in orizzontale. L'impianto fotovoltaico della facciata è classificato come "impianto integrato", ha potenza pari a **15,96 kW** e una produzione stimata di 12.840,59 kWh d'energia annua, derivante da 84 moduli occupanti una superficie di 120,71 m<sup>2</sup>.

Il campo fotovoltaico risulta diviso in 6 sottocampi da due stringhe; ogni stringa sarà dotata di un suo quadro di campo con opportuno sezionatore ed eventuale diodo di blocco.

**Scheda tecnica. Dati generali**  
Classificazione architettonica Generatore integrato  
Struttura di sostegno Fissa  
Numero superfici disponibili 28  
Estensione totale disponibile 120,71 m<sup>2</sup>  
Estensione totale utilizzata 120,71 m<sup>2</sup>  
Superficie totale moduli 120,71 m<sup>2</sup>  
Inclinazione dei moduli (Tilt) 90°  
Orientazione dei moduli (Azimut) 7°  
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli 1 074,01 kWh/m<sup>2</sup>

**Dati tecnici**  
Potenza totale 15,96 kW  
Numero totale moduli 84  
Numero totale Inverter 6

**Prestazioni energetiche**  
Energia totale annua 12.840,59 kWh  
Modulo  
Marca - Modello SANYO HIP  
Inverter  
Marca - Modello SMA ITALIA SB 3300TL HC  
Stringhe x Moduli 2 x 7



L'edificio è caratterizzato dalla presenza di un **SISTEMA FOTVOLTAICO** integrato di copertura ed in facciata, la cui potenza è di **78 kWp**, con una produzione stimata di **78500 kWh** d'energia annua.

**Impianto fotovoltaico della copertura vetrata (serra).**  
L'impianto fotovoltaico della copertura vetrata (serra) è un "impianto integrato", ha una potenza di **5,76 kW** e una produzione stimata di 6615,98 kWh d'energia annua, derivante da 24 pannelli fotovoltaici trasparenti vetro-vetro (sistema vetro camera), di dimensioni 3,020 x 1,620 m, disposti su file parallele di 12 pannelli ognuna, occupanti una superficie di 117,5 m<sup>2</sup>.  
Ogni pannello ha una potenza di picco di **240 W**, prodotta per 96 celle.  
Il campo fotovoltaico risulta diviso in 6 sottocampi da 1 stringa, ognuno collegato con un inverter.  
Per il dimensionamento dell'impianto sono state considerate due diverse inclinazioni dei pannelli: 16° e 13°.

**Pannelli con un'inclinazione di 16°.**  
**Dati generali**  
Generatore integrato  
Struttura di sostegno Fissa  
Numero superfici disponibili 1  
Estensione totale disponibile 58,70 m<sup>2</sup>  
Estensione totale utilizzata 58,70 m<sup>2</sup>  
Superficie totale moduli 58,70 m<sup>2</sup>  
Inclinazione dei moduli (Tilt) 16°  
Orientazione dei moduli (Azimut) 7°  
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli 1.541,21 kWh/m<sup>2</sup>

**Dati tecnici**  
Potenza totale 2,88 kW  
Numero totale moduli 12  
Numero totale Inverter 3

**Prestazioni energetiche**  
Energia totale annua 3327,69 kWh

**Modulo**  
Modulo Modulo con 96 celle fotovoltaiche per una potenza di 240 W  
**Inverter**  
Marca - Modello SMA ITALIA - SB 1100 -IT  
Stringhe x Moduli 1 x 4

**Scheda tecnica della sezione con pannelli con un'inclinazione di 13°.**  
**Dati generali**  
Classificazione architettonica Generatore integrato  
Struttura di sostegno Fissa  
Numero superfici disponibili 1  
Estensione totale disponibile 58,70 m<sup>2</sup>  
Estensione totale utilizzata 58,70 m<sup>2</sup>  
Superficie totale moduli 58,70 m<sup>2</sup>  
Inclinazione dei moduli (Tilt) 13°  
Orientazione dei moduli (Azimut) 7°  
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli 1.522,96 kWh/m<sup>2</sup>

**Dati tecnici**  
Potenza totale 2,88 kW  
Numero totale moduli 12  
Numero totale inverter 3

**Prestazioni energetiche**  
Energia totale annua 3.288,29 kWh

**Modulo**  
Marca - Modello Modulo con 96 celle fotovoltaiche per una potenza di 240 W  
**Inverter**  
Marca - Modello SMA ITALIA - SB 1100 -IT  
Stringhe x Moduli 1 x 4



Vetro laminato temperato Vetro -vetro (6+6)

**CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEI 3 IMPIANTI FV**  
Connessione Trifase in BT, protezione di interfaccia (PI) unica ed esterna ai convertitori c/c/c.

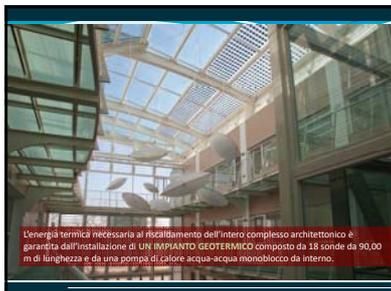
**GENERATORE G1 Impianto Facciata Sud**  
POTENZA Wp tot = 15,96 kW  
MODULI (Marca, modello, potenza) SANYO, HIP - 190BE11, 190 W  
INVERTER (Marca, modello, potenza) SMA ITALIA, SB 3300TL HC-IT, 3000W  
Composizione sottosistema (2 Stringhe x 7 Moduli) (k3)  
Potenza del sottosistema Wp tot = 2,66 kW (k3)

**GENERATORE G2 Impianto Copertura Serra (13° - 16°)**  
POTENZA Wp tot = 2,88 kW  
MODULI (Marca, modello, potenza) Modulo con 96 celle fotovoltaiche per una potenza di 240 W  
INVERTER (Marca, modello, potenza) SMA ITALIA, SB 1100-IT, 1000 W  
Composizione sottosistema (1 Stringhe x 4 Moduli) (k3)  
Potenza del sottosistema Wp tot = 0,96 kW (k3)

**GENERATORE G3 Impianto Copertura**  
POTENZA Wp tot = 5,77 kW  
Tilt: sottile



La realizzazione dell'edificio è garantita da un **SISTEMA A SORBITTO RADIANTE** in tutti gli ambienti destinati ad ufficio, mentre il volume destinato a laboratorio, a causa dell'altezza degli ambienti, è stato installato un sistema a pavimento radiante.



**Moduli fotovoltaici**

I moduli costituenti il generatore fotovoltaico sono del tipo "vetrolastar" trasparente in silicio policristallino, le celle sono collegate in serie tra loro ed incapsulate in un sandwich con vetro ad alta trasmittanza anteriore, incapsulante EVA e Tedlar posteriore, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Potenza minima (garanzia): 125 Wp
- Dimensioni: 1237 x 822,38 mm
- Tensione a vuoto Voc: 25,7 V
- Corrente di corto circuito Isc: 5 A
- Tensione alla max potenza Vm: 32 V
- Corrente alla max potenza Im: 5,64 A
- Peso: 12,5 kg
- Coefficiente di attenuazione spazzatozzi
- Temperatura: 0 a -118 mV/C
- Potenza: 1000W/m<sup>2</sup>; 25°C; AM 1,5
- Potenza massima: 600V DC



**Stringhe**

Ogni stringa è composta da 16 moduli connessi in serie con le seguenti caratteristiche:

Numero di moduli: 16  
 Potenza di stringa: 2.000 Wp  
 Tensione a circuito aperto: 516,8 V  
 Corrente di corto circuito: 5 A  
 Potenza massima: 414,4 V  
 Corrente massima: 4,8 A

La sezione di interconnessione tra le stringhe di ogni quadro di consegna viene effettuata dal diodo di blocco.



**Collegamenti di stringhe**

Sono state realizzate 5 connessioni di stringhe per mettere le stringhe in parallelo in gruppi di 2.

Potenza: 4.000 Wp  
 Tensione a circuito aperto (V): 516,8 V  
 Tensione a circuito aperto: 9,6 A  
 Potenza massima: 414,4 V  
 Corrente massima: 10 A



**Gruppo di conversione: ed. consegna dell'energia elettrica**

Questo gruppo è formato da cinque inverter dedicati ognuno ad un sottosistema, completo di scatola di connessione, per la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico in energia in corrente alternata, per l'immissione in rete.

si tratta di 5 inverter prodotti dalla ditta Sun Power Solartronics GmbH, modello SP 2100, inverter monocellici da 2,1 MW lato continua (ovvero 4,2 kVp lato fotovoltaico).

Il sistema di conversione, controllo, trasformazione e consegna dell'energia prodotta è costituito dai 5 inverter monocellici collegati al generatore PV per mezzo della sezione di arrivo e alla rete elettrica BT (c.a. tramite la sezione di consegna).



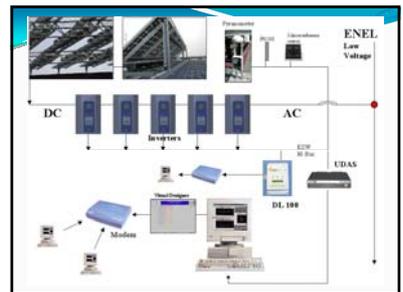
**Sistema di Controllo e Monitoraggio**

Per la diagnostica e il controllo in tempo reale dell'impianto fotovoltaico del Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino è stato installato un sofisticato impianto di monitoraggio: l'impianto sarà completamente operativo alla fine dell'anno 2004 e i costi previsti per la realizzazione saranno ampiamente compensati da una maggiore efficienza nella produzione elettrica e da una più uniforme prestazione generale dell'impianto fotovoltaico.

Gli obiettivi del monitoraggio si riassumono nei seguenti punti:

- assicurare che il sistema complessivo funzioni correttamente
- valutare le prestazioni dei vari componenti
- individuare le anomalie o difetti o i componenti che lavorano al di sotto delle proprie capacità nominali
- permettere la calibrazione dell'impianto PV per una maggiore efficienza produttiva
- fornire linee guida per possibili miglioramenti e ottimizzazioni

L'esperienza ottenuta durante l'attività di monitoraggio costituirà un importante bagaglio di esperienza per la realizzazione di impianti fotovoltaici della stessa misura.

L'edificio oggetto dell'intervento è suddiviso in più porzioni con due, tre o quattro piani fuori terra, disposti a formare due quadrilateri che racchiudono due cortili interni. Sopra la copertura delle porzioni di edificio di due e tre piani sono presenti delle strutture metalliche con altezza pari ad un piano, con funzione estetica; le porzioni di edificio di quattro piani sono disposte ai vertici dei quadrilateri come torrette.

Le parti di edificio interessate dal progetto sono costituite da una porzione di copertura (dotata di struttura metallica) ed una facciata sul lato opposto rispetto a Via delle Isole.

Due dei generatori sono stati installati sulla facciata in modo da realizzare uno schermo solare; il terzo generatore è posto sulla copertura sfruttando in parte la struttura metallica esistente.

I tre sottocampi sono composti rispettivamente da 60, 54 e 74 moduli PV suddivisi su stringhe variabili da 9 a 12 moduli.

La potenza di picco complessiva installata è pari a: **49,71 kWp**

I moduli fotovoltaici del campo sono posizionati con i seguenti valori TILT e Azimut: Sottocampi 1/2/3: TILT 30,0° - Azimut 32°





sottocampo 54 moduli da 290Wp - 15,66 kWp  
 1  
 sottocampo 60 moduli da 290Wp - 17,40 kWp  
 2  
 sottocampo 74 moduli da 225Wp - 16,65 kWp  
 3



**Modulo PV**  
 I moduli fotovoltaici utilizzati sono del tipo ad alta potenza di picco composto da 60 celle solari multicristalline da 156x156 mm. Corpo costituito da telaio in alluminio anodizzato ed alta resistività alla corrosione, vetro temperato fotovoltaico a basso contenuto di ferro, con carico massimo applicabile pari a 550kg/mq. Presenza di n° 3 diodi di by-pass per eventuali fenomeni di ombreggiamento o danneggiamento.

**DATI PANNELLO CAMPO TICOMMA**

		SONETTI SOLAR	
		F502 118 200	
Capacità	Wp	290	225
Potenza di picco	W	88 conversione in serie	60 conversione in serie
Efficienza di conversione	%	19,2	19,2
Corrente di corto circuito (Isc)	A	6,10	6,2
Tensione di circuito aperto (Voc)	V	46,5	46,9
Tensione al punto di massima potenza (Vmp)	V	36,5	36,6
Corrente al punto di massima potenza (Imp)	A	7,31	7,66
Tensione max di sistema	V	1000	1000
Coefficiente di temperatura della corrente di corto circuito $\beta$	mW/K	2,43	2,5
Coefficiente di temperatura della tensione di circuito aperto $\alpha$	mV/K	-182,2	-182,2
Coefficiente di temperatura della potenza massima $\gamma$	%/K	-0,47	-0,45
Certificazione		IEC 61215, IEC 61846 ed. 2	
Efficienza complessiva del modulo	%	13,1	13,7

**DATI PANNELLO CAMPO COPERTURA**

		SONETTI SOLAR	
		F502 118 200	
Capacità	Wp	290	225
Potenza di picco	W	88 conversione in serie	60 conversione in serie
Efficienza di conversione	%	19,2	19,2
Corrente di corto circuito (Isc)	A	6,10	6,2
Tensione di circuito aperto (Voc)	V	46,5	46,9
Tensione al punto di massima potenza (Vmp)	V	36,5	36,6
Corrente al punto di massima potenza (Imp)	A	7,31	7,66
Tensione max di sistema	V	1000	1000
Coefficiente di temperatura della corrente di corto circuito $\beta$	mW/K	2,43	2,5
Coefficiente di temperatura della tensione di circuito aperto $\alpha$	mV/K	-182,2	-182,2
Coefficiente di temperatura della potenza massima $\gamma$	%/K	-0,47	-0,45
Certificazione		IEC 61215, IEC 61846 ed. 2	
Efficienza complessiva del modulo	%	13,1	13,7

Il progetto è stato finanziato nell'ambito del Bando del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare Bando "MISURAS"  
 Progetto di Integrazione del fotovoltaico: Arch. Lucia Ceccherini Nelli - Centro Interuniversitario ABITA  
 Realizzazione: Ditta FEDI IMPIANTI S.r.l. - Verifiche Impianto - Studio Fredducci  
 Direzione lavori: Studio Tavolini S.r.l. Società di Ingegneria Ambientale

**RESIDENZE UNIVERSITARIE FIRENZE**

L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in bassa tensione". La potenza dell'impianto è pari a **19,92 kWp**, e la produzione stimata di **21320 kWh** di energia annua (valore minimo da garanzia), derivata da **94 moduli in silicio amorfo** occupanti una superficie di **220 m2** ca. e da **34 moduli in silicio monocristallino** occupanti una superficie di **44 m2** ca., di potenza rispettivamente: **12,784 kWp**; - **7,14 KwP**.

**Moduli in Si amorfo film sottile**  
 I pannelli fotovoltaici sono costituiti da una lamiera in alluminio 10/10, ad alta resistenza anticorrosiva, aventi dimensioni 5700 mm x 467 mm, che supporta i laminati sopradiscritti tramite incollaggio, da montare parallelamente alle lastre di copertura dell'edificio.

**Moduli in Si monocristallino**

Nella parte inferiore nella copertura è disposta una fila di moduli fotovoltaici a tecnologia ibrida (silicio monocristallino circondato da film di silicio amorfo ultrasottile) parallelamente al manto di copertura.

I moduli sono affiancati tra di loro e fissati alla copertura tramite appositi profili in alluminio ed in aderenza del manto di copertura esistente sfruttandone l'inclinazione esistente (circa 35° sull'orizzante).

Tale impianto (costituito da n° 34 moduli) della potenza nominale di 7,14 kWp, andrà ad integrare l'altro impianto ottenendo un impianto "mixto" da 19,92 kWp complessivi.



**Generatore (G1 + G2)**

**Descrizione**

Il generatore ha potenza pari a **19,92 kWp** e una produzione stimata di **21320 kWh** di energia annua (valore minimo da garantire), derivante da **128 moduli** occupanti una superficie di 264 m<sup>2</sup>.

**Classificazione architettonica Generatore integrato**

Struttura di sostegno **Fissa**

Numero superfici disponibili **1**

Estensione totale disponibile **427 m<sup>2</sup>**

Estensione totale utilizzata **427 m<sup>2</sup>**

Superficie totale moduli **264 m<sup>2</sup>**

Inclinazione dei moduli (Tilt) **15°** (valore medio)

Orientazione dei moduli (Azimut) **24°**

Irradiazione solare annua sul piano dei moduli **1 591,70 kWh/m<sup>2</sup>**

**Dati tecnici**

Potenza totale **19,92 kWp**

Numero totale moduli **128**

Numero totale inverter **4**

**Prestazioni energetiche**

Energia totale annua **21320 kWh** (valore minimo da garantire)/Modulo



**Generatore 1 (G1)**

Potenza di picco **136 Wp**

Voc **46,2 V**

Vmp **33 V**

Isc **5,1 A**

Imp **4,1 A**

Inverter n° **1,2 (Power One PVI 6000 OUTD-IT)**

Numero inverter installati **2**

Potenza max Inverter **6000W**

Stringhe x Moduli (Inverter 1) **3x8 + 3x8 (MPPT in parallelo)**

Stringhe x Moduli (Inverter 2) **3x8 + 2x11 (MMPT indipendenti)**

**Modulo Generatore 2 (G2)**

Potenza di picco **210 Wp**

Voc **50,9 V**

Vmp **41,3 V**

Isc **5,57 A**

Imp **5,09 A**

Inverter n° **3,4 (Power One PVI 3600 OUTD-IT)**

Numero inverter installati **2**

Potenza max Inverter **6000W**

Stringhe x Moduli (Inverter 1) **1x8 + 1x9 (MPPT indipendenti)**

Stringhe x Moduli (Inverter 2) **1x8 + 1x9 (MPPT indipendenti)**

Verifiche elettriche cavi

Analisi dei cavi in CC a monte degli inverter (stringa da 8 pannelli)

Tipo di isolante **EPR - CAVO SOLARE Vm 359, 00 V**

Numero condotti caricati **2** Im **5,17 A**

Numero circuiti raggruppati **1** Caduta di tensione **1,38 %**

Temperatura ambiente **80 °C**

Lunghezza **28,8 m**

Sezione **4 mm<sup>2</sup>**



Il progetto è stato finanziato nell'ambito del Bando del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare Bando "MISURAS".

Proprietà: Università degli Studi di Firenze

Progetto di integrazione del fotovoltaico: Arch. Lucia Ceccherini Nelli - Centro Interuniversitario ABITA

Realizzazione: Ditta SAEET S.p.a

Direzione lavori: Studio Tavolini S.r.l. Società di Ingegneria Ambientale