

## **PROGETTO SOLARGRID - COMMESSA G0K2**

### **CONTRATTO DI APPALTO PER LA FORNITURA DI N°2 PROTOTIPI DI SISTEMA FOTOVOLTAICO A CONCENTRAZIONE SOLARE**

#### **Specifiche Tecniche**

---

##### **1. Premessa**

Nel presente documento sono riportate le specifiche tecniche per la fornitura di un prototipo di sistema fotovoltaico a concentrazione solare, il cui design è stato sviluppato nell'ambito del Progetto di Ricerca Solargrid ed in particolare nell'OR3 "Sistemi CPV innovativi"- SS1 "Realizzazione di due prototipi sperimentali di impianto CPV" che ha avuto inizio il 1/4/2021 e che prevede a carico di ENEA la realizzazione di un prototipo di impianto CPV del tipo point-focus di piccola taglia.

##### **2. Descrizione generale del sistema**

La Ditta dovrà realizzare N°2 moduli CPV base perfettamente uguali e pertanto si riporta di seguito la descrizione delle caratteristiche di uno.

Il modulo prototipo sarà costituito da 10 vaschette metalliche parallele con sezione a forma di V, ognuna avrà sulla sommità un parquet di 9 lenti concentratrici, mentre sul fondo saranno fissati 9 ricevitori fotovoltaici.

Tutte le vaschette saranno vincolate ad una intelaiatura metallica esterna mediante due alberini metallici di estremità e pertanto esse potranno ruotare intorno all'asse longitudinale comune di tali alberi. Da uno dei lati dell'intelaiatura, infatti, le estremità degli alberi saranno collegate a delle leve a loro volta messe in rotazione da un cinematismo comune mosso da un motore elettrico.

Tutta l'intelaiatura dovrà poi essere fissata su un motoriduttore che ne consentirà la rotazione intorno ad un asse ortogonale a quelli di rotazione delle vaschette e passante per il centro geometrico dell'intelaiatura.

La movimentazione deve essere governata da un sistema di controllo indipendente che consenta di orientare la superficie delle lenti sempre in direzione ortogonale a quella di incidenza dei raggi solari combinando in modo efficace le rotazioni dei due motori. Dovrà essere previsto un sistema di feedback attivo che consenta di correggere le movimentazioni teoriche nel caso in cui esse non permettano di ottenere la tolleranza di posizionamento richiesta.

Ogni modulo sarà dotato di un sistema autonomo di conversione dell'energia dc/AC, di un piccolo accumulo elettrico e di un circuito di raffreddamento delle celle che consenta di recuperare il cascame termico di queste ultime.

E' esclusa dal presente appalto la fornitura dei componenti necessari ad effettuare la movimentazione ed il controllo della movimentazione del sistema ed in particolare di motori, riduttori, sistema di feedback e controllo che saranno messi a punto da ENEA. La Ditta, però, dovrà interfacciarsi con ENEA al fine di definire le interfacce meccaniche per il corretto montaggio di tali sistemi.

Di seguito si descrivono i singoli sotto-assiemi del sistema.

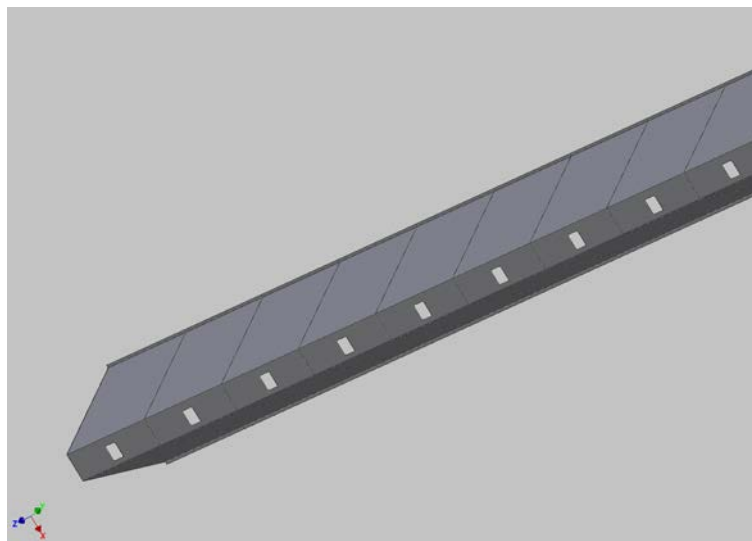
### 3. Realizzazione delle vaschette

Le vaschette saranno realizzate mediante un housing costituito da un foglio di alluminio pressopiegato avente sezione a V e lunghezza 1260mm di spessore 2mm.

Nella parte superiore della V saranno realizzati due risvolti orizzontali verso l'esterno che serviranno come supporto per il parquet di lenti.

Nella parte inferiore, invece, la vaschetta deve essere forata per poter permettere il fissaggio dei ricevitori.

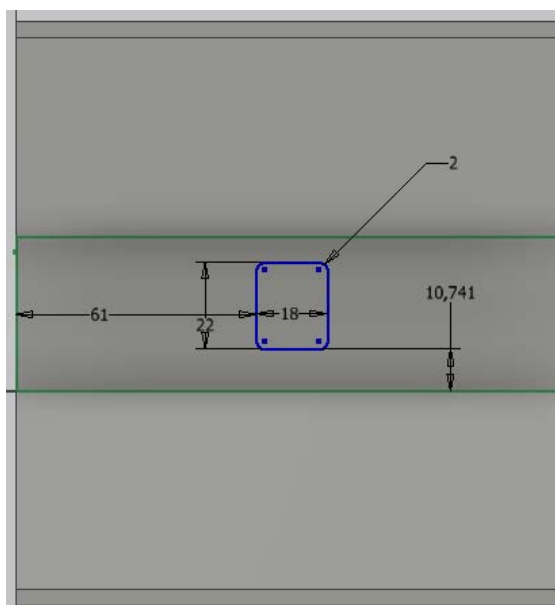
Ogni “finestra” avrà dimensione 22x18mm e sarà disposta come in figura 1



*Figura 1 – Assonometria della vaschetta lunga 1260mm*

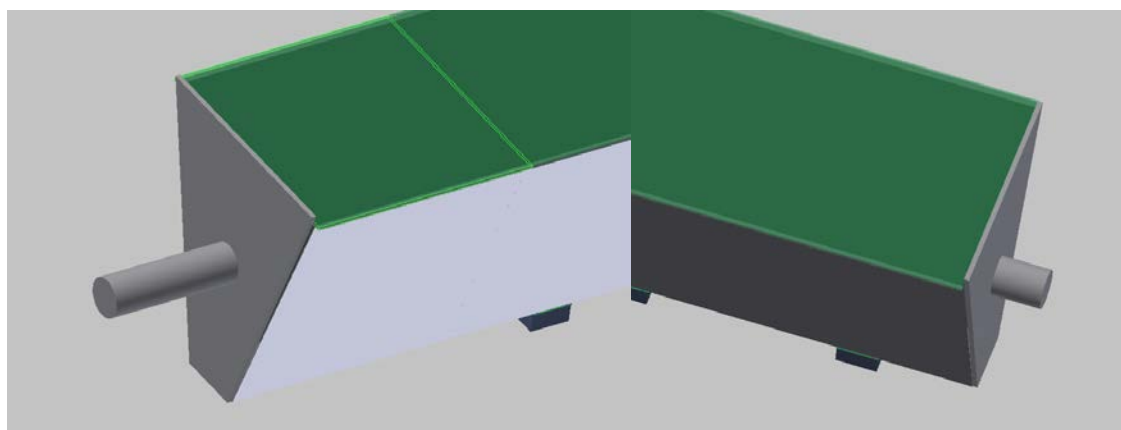
La finestra deve essere posizionata in modo tale che il centro del secondario si trovi esattamente al centro della vaschetta: in figura 2 è riportato un disegno quotato del posizionamento dell'apertura. La quota di 61mm si riferisce al posizionamento della prima finestra rispetto al bordo della vaschetta; ovviamente le altre aperture andranno posizionate parallelamente alla prima e con un passo pari a 140mm.

In ogni caso, come sarà meglio specificato in seguito, è richiesto che il centro di ogni ricevitore sia perfettamente allineato con il centro dell'ottica corrispondente secondo la normale alla faccia piana della lente.



*Figura 2– Posizionamento della finestra nella parete inferiore*

La vaschetta metallica viene chiusa da entrambi i lati con dei terminali costituiti da una piastra a V al centro della quale viene posizionato un alberino cilindrico. Da uno dei lati tale alberino sarà corto in quanto si andrà ad alloggiare in una boccia, mentre dall'altro lato è più lungo perché dovrà integrarsi con il sistema di movimentazione del sistema.



*Figura 3 – Terminali destro e sinistro della vaschetta*

Le due piastre di estremità e gli alberini potranno essere realizzati anche in acciaio zincato e dovranno essere connessi alla vaschetta in modo da garantire una corretta tenuta agli agenti atmosferici del componente.

All'interno della vaschetta dovranno essere previsti degli appositi irrigidimenti per garantire una rigidità torsionale del componente che consenta di evitare torsioni da una estremità all'altra inferiori a  $0,1^\circ$ . Tali irrigidimenti potranno essere costituiti anche da ulteriori piastre a V da fissare internamente alle pareti della vaschetta stessa.

#### 4. Preparazione e montaggio dei ricevitori solari

ENEA consegnerà in conto lavorazione alla Ditta Appaltatrice i ricevitori solari che sono stati precedentemente acquistati presso il fornitore tedesco AZUR SPACE Solar Power GmbH.



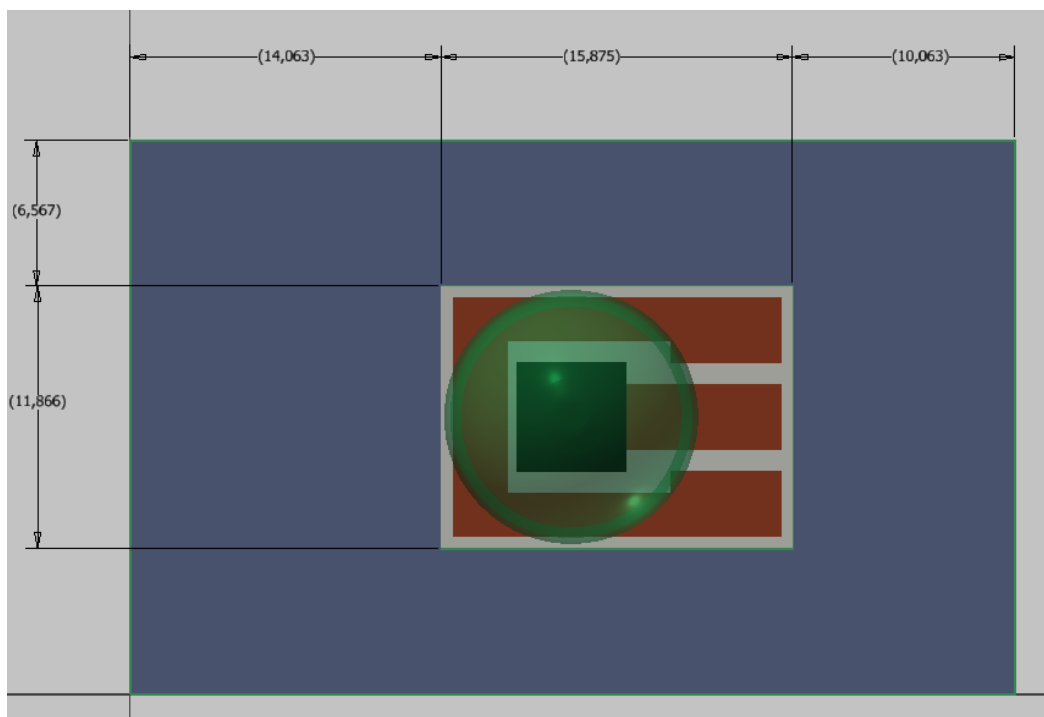
*Fig.4-Ricevitori AZUR Space come consegnati*

Esse sono costituite da celle già assemblate su basette di materiale ceramico, contattate e complete di secondario rifrattivo di concentrazione. I ricevitori sono stati preparati con le basette collegate tra di loro come se fossero su un unico foglio. Al fine di essere utilizzati, i ricevitori devono essere separati mediante una leggera pressione sulla basetta. Sulla parte superiore della basetta sono riportate 3 piazzole di area 3x3mm che sono i contatti elettrici del ricevitore: quella centrale è collegata al polo positivo, mentre le due laterali sono collegate entrambe al polo negativo della cella e ovviamente dovranno essere messe in parallelo. Sulla basetta tra il polo positivo e quello negativo è anche presente un diodo di by-pass integrato nel ricevitore.

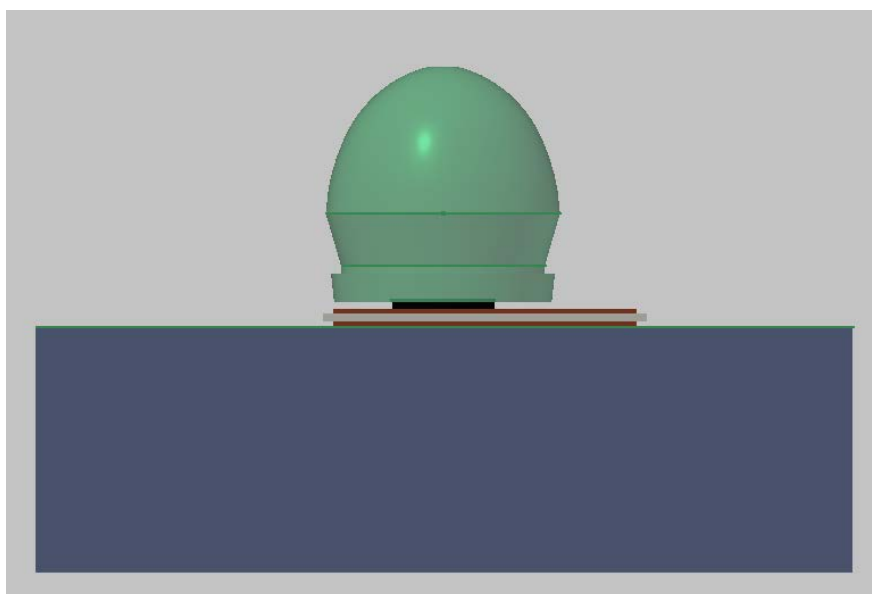
La Ditta dovrà fissare tali ricevitori su un blocchetto di alluminio anodizzato nero di dimensioni 40x25x12mm mediante una resina termo-conduttiva o un collante di altra natura che consenta di ottenere i seguenti target:

- a) ottimo fissaggio meccanico del ricevitore sul blocchetto di alluminio, anche a seguito di cicli termici ripetuti legati al funzionamento del sistema da 0°C fino a 90°C con presenza di aria umida
- b) mantenimento delle caratteristiche di adesione fino alla temperatura massima di 120°C
- c) bassa resistenza termica del collante e comunque inferiore a 15 W/mK

Il posizionamento del ricevitore sul blocchetto di alluminio dissipatore deve essere fatto in modo tale che il centro dell'area attiva della cella si trovi al centro dell'area 40x25 del ricevitore come riportato nella figura 5

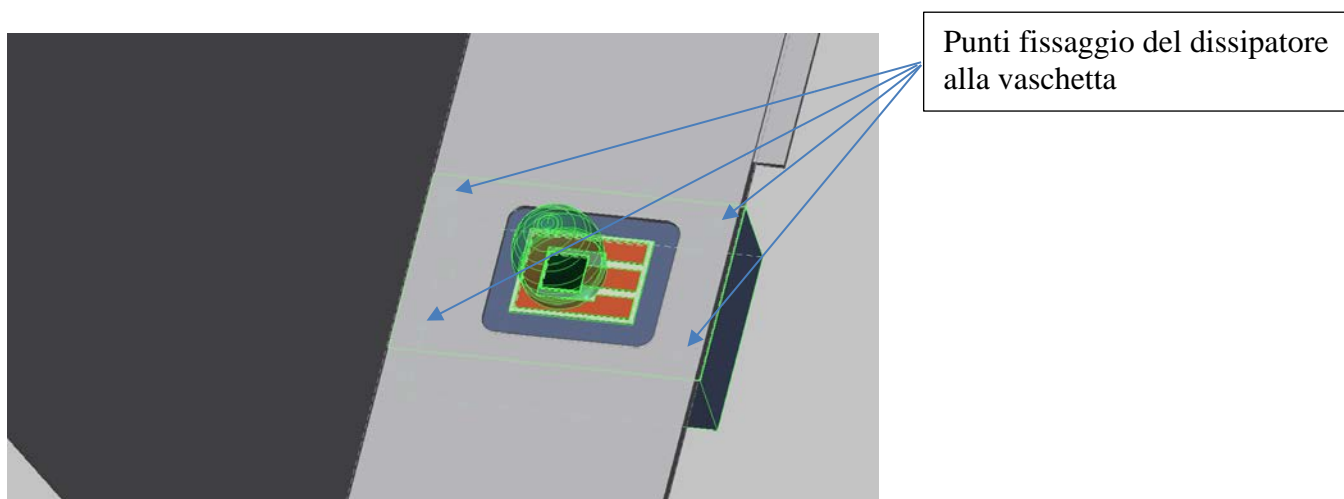


*Fig.5-Montaggio ricevitori su dissipatore in alluminio, vista dall'alto*



*Fig.6-Montaggio ricevitori su dissipatore in alluminio, vista frontale*

Sulla superficie superiore del dissipatore dovranno essere praticati 4 fori filettati ciechi che permetteranno di agganciare il dissipatore all'housing mediante delle viti applicabili dall'interno della vaschetta stessa (vedi Fig.7). Esternamente alle viti la Ditta dovrà provvedere un sistema di tenuta tra dissipatore e vaschetta (guarnizione, siliconatura e/o entrambe)



*Fig.7-Montaggio dissipatore-vaschetta mediante 4 viti applicate dall'interno dell'housing su fori passanti nella vaschetta e filettati- ciechi sul dissipatore*

Tutti ricevitori dovranno presentare un foro passante praticato al centro del dissipatore ed orientato in maniera parallela all'asse longitudinale della vaschetta. Le estremità di tali fori saranno filettate in modo da potervi avvitare dei connettori con filettatura maschio 1/8".

## **5. Connessioni elettriche dei ricevitori**

Una volta fissati i ricevitori all'housing, bisognerà contattare le celle tra di loro; tutte le celle all'interno di unico housing dovranno essere connesse elettricamente in serie mediante un cavo elettrico di "tipo solare" (H1Z2Z2-K o equivalenti) con sezione in rame da 1,5mm<sup>2</sup> o superiore. In particolare, dovranno essere utilizzati degli spezzoni di cavo tagliati a misura per connettere il polo positivo di una cella con quelli negativi della successiva in modo da connettere tra di loro tutte le celle dell'housing. I cavi dovranno essere saldati sulle piazzole che costituiscono i contatti elettrici dei ricevitori, mediante un procedimento che eviti di portare la cella a temperature superiori ai 120°C. I due spezzoni di estremità usciranno dalle pareti laterali dell'housing mediante dei pressacavi ermetici e termineranno con dei connettori ad attacco rapido MC4 maschio/femmina per le connessioni esterne.

Tutti i ricevitori solari, una volta fissati all'housing e dopo aver effettuato le saldature dei cavi, dovranno essere trattati con un prodotto protettivo che formi sulla superficie degli stessi uno strato impermeabile e idrorepellente di protezione da umidità, sporco e fughe di corrente.

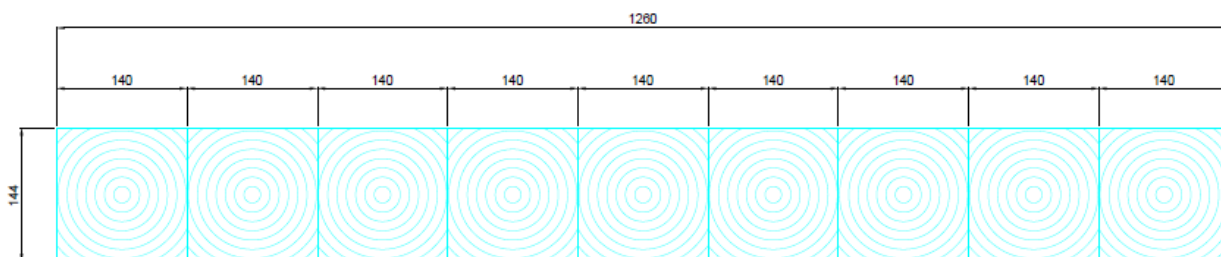
La Ditta dovrà infine predisporre e montare un lamierino di protezione dei ricevitori da possibili fuori-fuoco della lente primaria. In dettaglio dovrà essere realizzato un lamierino zincato o inox con dei fori circolari in corrispondenza dei secondari di concentrazione, in modo tale che, dalla lente primaria, siano visibili solo tali componenti. Il lamierino servirà a proteggere dalla radiazione concentrata dalla lente primaria i componenti del ricevitore solare (ad esclusione del secondario) ed i cavi elettrici.

## 6. Preparazione e montaggio delle lenti primarie

ENEA consegnerà in conto lavorazione alla Ditta Appaltatrice le ottiche primarie che sono state precedentemente acquistate presso il fornitore TECNOTTICA CONSONNI.

Si tratta di lenti concentratrici tipo Fresnel piane di dimensioni 144x140mm e spessore 1,8mm. Esse sono del tipo grooves-out ossia per concentrare correttamente la radiazione solare, devono avere la faccia rigata esposta al sole e quella piana verso l'interno del modulo.

La Ditta dovrà realizzare un parquet lineare con queste ottiche composto da una fila di 9 elementi che saranno contigui sul lato da 144mm, come riportato in Fig.8

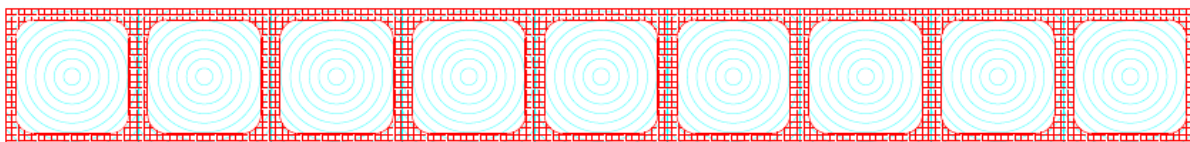


*Fig.8-Parquet di lenti primarie*

La Ditta dovrà individuare una modalità operativa per realizzare tale parquet che potrà essere, a titolo esemplificativo:

- Incollare le 9 lenti di testa sui bordi laterali di larghezza 144mm e spessore 1,8mm
- Incollare le 9 lenti su un unico supporto piano, costituito da un foglio di plastica trasparente incollato sulle facce piane delle ottiche
- Incollare le 9 lenti su una cornice continua, costituito da un foglio di plastica trasparente forato in corrispondenza della parte centrale di ogni lente

La soluzione più elegante è sicuramente la a), ma se questa non fosse perseguibile perché non si riesce a realizzare un parquet sufficientemente stabile dal punto di vista strutturale, bisognerà andare sulle soluzioni b)/c). Esse sono molto simili: la soluzione c) ha il vantaggio rispetto alla b) di ridurre la superficie della lente che viene sovrapposta al supporto, che, benché trasparente, determina una riduzione della trasmissione ottica del parquet e quindi una perdita di efficienza del modulo stesso. Nella figura 11 si riporta uno sketch esemplificativo della tecnica c): la parte in rosso rappresenta la cornice continua su cui vengono incollate le 9 lenti



*Fig.9-Parquet di lenti primarie realizzato con un supporto a cornice di materiale trasparente*

**In ogni caso il parquet deve risultare solido dal punto di vista strutturale e soprattutto deve essere impermeabile all'acqua, umidità e polvere esterna**

## **7. Assemblaggio delle singole vaschette**

Una volta realizzati i singoli componenti, la Ditta dovrà procedere all'assemblaggio delle vaschette che costituiscono il sistema: nel complesso dovranno essere assemblate 20 vaschette perfettamente uguali.

La prima operazione da eseguire è il fissaggio di 9 ricevitori solari sul fondo di ogni vaschetta: come indicato al paragrafo 4, ogni ricevitore dovrà essere avvitato dall'interno della vaschetta con 4 viti secondo il posizionamento indicato in figura 5. Tra il fondo dell'housing e la superficie superiore del dissipatore di alluminio, esternamente alle viti, dovrà essere inserito un sistema di tenuta tra dissipatore e vaschetta (guarnizione, siliconatura e/o entrambe) che eviti l'ingresso di acqua meteorica ed assicuri una tenuta ermetica.

Successivamente devono essere realizzate le connessioni elettriche tra le celle come specificato al paragrafo 5, ed i cavi di estremità dovranno essere portati fuori la vaschetta mediante dei passacavi ermetici. Le estremità dei due cavi all'esterno della vaschetta devono essere cablate con dei connettori attacco rapido MC4.

Dovrà inoltre essere posizionato e fissato un lamierino di protezione delle celle dalla parte interna della vaschetta e parallelo al fondo in lamiera zincata. Esso deve lasciare scoperti alla luce concentrata dalla lente primaria, solo i secondari di concentrazione, proteggendo contatti, cavi e tutto ciò che è posizionato al di sotto del lamierino stesso.

Prima di chiudere la vaschetta con il parquet di lenti dovrà essere installata una valvola di compensazione che consenta, la fuoriuscita dell'aria dalla vaschetta quando la temperatura interna è maggiore di quella esterna e l'ingresso dell'aria esterna quando invece questa risulta a temperatura maggiore dell'aria interna. Tale componente è essenziale per la vita del sistema in quanto consente di mantenere sempre l'equilibrio tra pressione interna e pressione esterna evitando sollecitazioni meccaniche sulla struttura. Inoltre, tale componente dovrà essere scelto per limitare l'ingresso dell'umidità atmosferica che potrebbe dar luogo a pericolosi fenomeni di accumulo di condensa che potrebbe andare a danneggiare il componente. A tal proposito è necessario che sul fondo di ogni vaschetta venga predisposto un foro di piccole dimensioni per lo scarico dell'eventuale condensa: esso sarà normalmente chiuso con un perno, ma potrà essere aperto all'occorrenza.

L'ultima operazione consiste nella chiusura della vaschetta che prevede il fissaggio all'housing dei due terminali a V con i perni (vedi figura 3) e nel fissare superiormente il parquet di lenti all'housing tramite apposito sigillante e/o staffeggi di tipo meccanico. La Ditta dovrà garantire la perfetta tenuta ermetica della vaschetta

## **8. Quote e tolleranze di montaggio da rispettare nell'assemblaggio delle vaschette**

Nella costruzione di ogni vaschetta bisognerà rispettare delle quote e delle tolleranze su alcune grandezze fondamentali per il corretto funzionamento del sistema.

### *8.1. Altezza della vaschetta – distanza focale*

**La distanza focale del sistema ottico è pari a 152,8mm da considerarsi come la distanza tra la superficie interna del parquet di lenti (superficie piana) e il piano del dissipatore di alluminio su cui viene incollata la basetta del ricevitore.** Tale quota è determinata dalla geometria della sezione trasversale della vaschetta ed in particolare dalla distanza tra il piano su cui si va ad incollare il parquet di lenti e il fondo della vaschetta stessa. Ad oggi non è possibile definire univocamente tale quota in quanto essa dipende anche dalla scelta sulla modalità di assemblaggio del parquet di lenti (vedi par.6). Infatti se si utilizza un supporto intermedio per incollare le 9 lenti di ogni parquet (ipotesi b) e c) del Par.6), il costruttore dovrà tener conto dello spessore di tale supporto al fine di definire l'altezza corretta della sezione trasversale della



vaschetta che consenta di ottenere la distanza focale, così come sopra definita, pari a 152,8mm. **La tolleranza permessa su questa quota è pari a  $\pm 1$ mm**

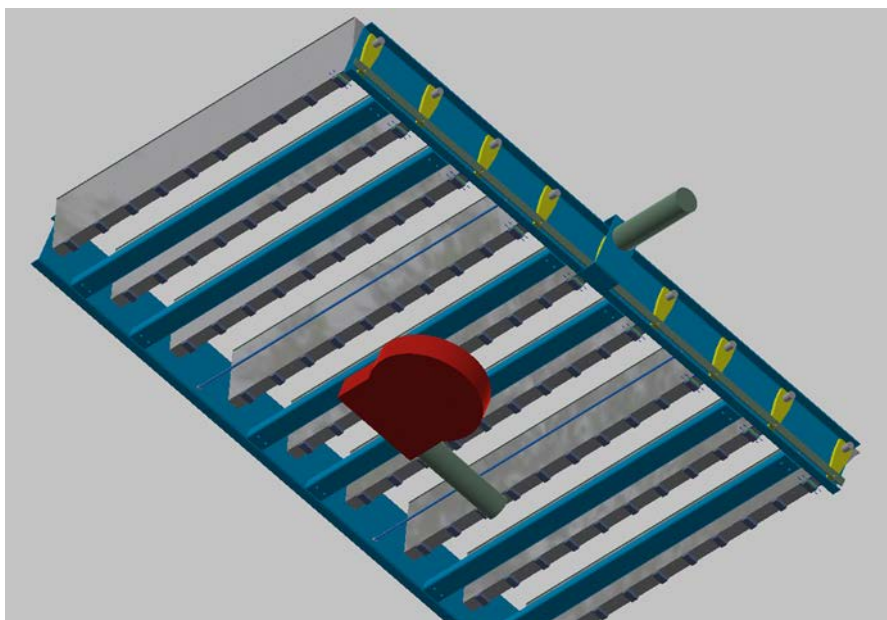
### 8.2. Posizionamento relativo lente – cella

In ogni vaschetta è fondamentale che il centro della lente sia allineato perfettamente con il centro della rispettiva cella fotovoltaica sulla quale la lente concentra la radiazione luminosa. In particolare, considerando una retta ortogonale alla faccia piana della lente e passante per il centro geometrico di quest'ultima, essa dovrà passare per il centro geometrico della cella stessa. **La tolleranza permessa su questa condizione è pari a 0,5 mm**, ciò significa che la proiezione del centro della lente sul piano della cella secondo la direzione perpendicolare alla faccia piana dell'ottica deve ricadere in un cerchio di raggio 0,5mm e centrato sul centro reale della cella fotovoltaica.

## 9. Assemblaggio del modulo

Ogni modulo sarà costituito da 10 vaschette parallele montate all'interno di una cornice realizzata da 2 longheroni esterni in lamiera di acciaio inox e presso-piegata di altezza 200 mm spessore pari a 3mm. Tra i due longheroni saranno montati 6 rinforzi che sono a loro volta dei pezzi di lamiera di acciaio zincata e presso-piegata di larghezza 70 mm spessore pari a 3mm. Tali componenti hanno la funzione di garantire la corretta distanza ed il parallelismo tra i longheroni, oltre che a costituire un piano su cui andrà montato il sistema di movimentazione di azimuth.

Le 10 vaschette saranno montate all'interno dei due longheroni alloggiando gli alberini di estremità nei rispettivi fori realizzati nella parete verticale dei longheroni. **L'interasse tra le vaschette sarà di 240mm.**



*Fig.10-Assieme del modulo CPV*

Nell'alloggiamento dei fori dei longheroni saranno alloggiate e fissate delle bronzine/boccole che consentano l'agevole rotazione delle vaschette attorno all'asse longitudinale.

L'estremità dell'albero lungo di ogni vaschetta sarà collegata ad una leva in acciaio zincato, mentre le estremità di tutte le leve saranno collegate tramite un unico piatto in acciaio zincato mediante dei sistemi perni/boccola che consentano la rotazione relativa tra il piatto e le leve metalliche. Le leve avranno lunghezza 110mm da asse di rotazione a punto aggancio della leva.

## **10. Sistema di movimentazione**

La Ditta dovrà interfacciarsi con ENEA al fine di definire le interfacce meccaniche tra la struttura e i sistemi di movimentazione sia in azimuth che in elevazione che saranno sviluppati da ENEA.

## **11. Sistema di conversione dell'energia**

Come già detto nei paragrafi precedenti, ogni sistema sarà costituito da 10 vaschette ognuna delle quali realizzata con 9 ricevitori che lavorano ad un livello di concentrazione di circa 600 soli. In queste condizioni le caratteristiche elettriche del singolo ricevitore sono le seguenti:

- $I_{sc} = 2,09 \text{ A}$
- $V_{oc} = 3,1 \text{ V}$
- $I_{mp} = 2,01 \text{ A}$
- $V_{mp} = 2,7 \text{ V}$
- $P_{max} = 6,2 \text{ W}$

Riguardo al sistema di conversione dell'energia, ci si è orientati verso l'utilizzo di micro-inverter commerciali (vedi Fig.11) che vengono attualmente utilizzati in accoppiamento a moduli fotovoltaici piani. Questa scelta consente di rendere ogni sistema indipendente e quindi dare la massima flessibilità di applicazione in quanto l'utente potrà scegliere anche di installarne uno solo, senza la necessità di realizzare un campo di dimensioni minime (tipicamente dai 2 ai 3kW) da poter essere connesso ad un inverter di stringa commerciale. Nel caso invece, si desideri installare più inseguitori, sarà possibile montare un micro-inverter su ognuno di essi e poi connettere i convertitori in parallelo. Tali componenti sono certificati in accordo alla CEI-021 e prevedono l'utilizzo di un Sistema di Protezione di Interfaccia esterno con un dispositivo che viene posto a monte del dispositivo di generazione del campo.



*Figura 11– Immagine di un micro-inverter commerciale della ditta Enphase*

In genere in queste applicazioni è previsto che tutti i micro-inverter siano connessi mediante una rete wi-fi ad un sistema di gestione e di controllo dell'impianto che può monitorare singolarmente il funzionamento di ogni inverter e segnalare eventuali anomalie. Viene inoltre installato un sensore che misura l'energia prodotta dall'impianto e quella che viene assorbita dall'utenza: esso comunica con il software di gestione e determina l'implementazione di azioni come la carica o la scarica delle batterie. Queste ultime, ovviamente, dovranno essere installate sul lato AC dell'impianto. Per la specifica applicazione sono stati individuati due prodotti: uno della ditta californiana Enphase ed un altro della ditta Deye specializzate nella costruzione di micro-inverter. I modelli individuati sono IQ7A-72-2-INT di Enphase e SUN 500G3-EU-230 di Deye (vedi Fig.12) che hanno le seguenti caratteristiche in quanto a correnti di ingresso.

#### Microinverter Enphase IQ 7A

INGRESSO (CC)	IQ7A-72-2-INT
Abbinamenti di moduli comunemente usati <sup>1</sup>	295 W - 460 W +
Compatibilità dei moduli	a 60 celle / 120 semi-celle, 66 celle e 72 celle / 144 semi-celle
Massima tensione CC d'ingresso	58 V
Gamma di tensione di esercizio d'ingresso PV <sup>2</sup>	18 V - 58 V
Tensione iniziale min/max	33 V / 58 V
Massima corrente CC di corto circuito (modulo I <sub>sc</sub> ) <sup>3</sup>	15 A
Porta CC classe di sovratensione	II
Corrente di ritorno porta CC	0 A

#### Technical Data

[www.deyeinverter.com](http://www.deyeinverter.com)

Model	SUN300G3-US-220	SUN300G3-EU-230	SUN500G3-US-220	SUN500G3-EU-230
Input Data (DC)				
Recommended input Power (STC)	210~400W (1 Piece)		210~600W (1 Piece)	
Maximum input DC Voltage	60V			
MPPT Voltage Range	25~55V			
Full Load DC Voltage Range (V)	24.5~55V		40~55V	
Max. DC Short Circuit Current	19.5A			
Max. input Current	13A			
No.of MPP Trackers	1			
No.of Strings per MPP Tracker	1			

*Figura 12– Caratteristiche elettriche del micro-inverter Enphase e Deye*

Poiché la finestra di tensione di lavoro comune di entrambi i micro-inverter è compresa tra 25V e 55V (corrisponde a quella del Deye in quanto più stretta di Enphase), si è scelto di creare delle stringhe con 18 ricevitori in serie che corrispondono fisicamente a due vaschette da 9 ricevitori, con le seguenti caratteristiche elettriche:

- I<sub>sc</sub> = **2,09 A**
- V<sub>oc</sub>=3,1Vx18 = **55,8 V**
- I<sub>mp</sub>= **2,01 A**
- V<sub>mp</sub>= 2,7Vx18 = **48,6 V**
- P<sub>max</sub>= 6,2Wx18= **111,6W**

Poiché ogni inseguitore è formato da 10 vaschette, si prevede di parallelare i terminali in uscita da ogni coppia di vaschette, ottenendo le seguenti caratteristiche elettriche riferite al singolo inseguitore

## CPV

- $I_{sc} = 2,09 \text{ A} \times 5 = \mathbf{10,45A}$
- $V_{oc} = 3,1 \text{ V} \times 18 = \mathbf{55,8 \text{ V}}$
- $I_{mp} = 2,01 \text{ A} \times 5 = \mathbf{10,05A}$
- $V_{mp} = 2,7 \text{ V} \times 18 = \mathbf{48,6 \text{ V}}$
- $P_{max} = 6,2 \text{ W} \times 18 = 111,6 \text{ W} \times 5 = \mathbf{558 \text{ Wp}}$

A valle del parallelo tra le stringhe, è opportuno montare dei diodi di blocco al fine di evitare limitazioni della tensione di esercizio del parallelo dovute a singole tensioni di stringa basse.

### **12. Sistema di accumulo dell'energia elettrica**

Ogni modulo CPV dovrà essere equipaggiato con un sistema di accumulo elettrico lato AC della capacità di 1kWh che deve essere integrato e deve comunicare con il sistema di gestione dei micro-inverter al fine di ottimizzare i periodi di carica della batteria (quando c'è scarsa richiesta di energia dall'utenza) e i periodi di scarica (quando la richiesta dell'utenza è maggiore rispetto alla produzione).

### **13. Sistema di accumulo dell'energia termica**

Tutti i ricevitori dovranno presentare un foro passante praticato al centro del dissipatore ed orientato in maniera parallela all'asse longitudinale della vaschetta. Le estremità di tali fori saranno filettate in modo da potervi avvitare dei connettori con filettatura 1/8" ai quali saranno collegati dei tubi in materiale plastico che collegheranno in serie i vari ricevitori. I tubi di estremità di tutte le vaschette saranno collegati, da un lato ad un unico collettore di carico dell'acqua, mentre dall'altro ad un unico collettore di scarico. Il sistema dovrà essere completato da un circolatore, comandato da apposite sonde di temperatura, che deve consentire di far circolare l'acqua nelle tubazioni quando il sistema è sotto irraggiamento e da un boiler di accumulo coibentato di piccole dimensioni (100-150litri) dove sarà scaricata l'acqua nei collettori di scarico.

### **14. Collaudo della fornitura**

Prima della consegna della fornitura, è prevista una fase di collaudo presso la Ditta per la verifica del rispetto delle prescrizioni contenute all'interno del presente allegato tecnico. A valle di tale collaudo ENEA potrà autorizzare la consegna della fornitura, oppure richiedere l'implementazione di modifiche alla stessa, nel caso venga appurato il mancato rispetto delle presenti specifiche.

### **15. Consegna disegni as built**

La Ditta insieme alla fornitura, dovrà consegnare ad ENEA i disegni "as built" del componente, come eventualmente modificati in fase costruttiva, rispetto a quelli consegnati da ENEA.