

Spett.le <i>Customer</i> Riferimento <i>Contact</i>	Committente FONDERIA MESTIERI srl, Via SIS n° 61 -CAP- Val della Torre (TO) Nome _____ Cognome _____ Indirizzo Mail _____	RT 01/XXX

Sommario (Abstract)

Descrizione del concentratore SOL INVICTUS, relazione meccanica, elettronica e della gestione di controllo con le innovazioni del prodotto, rendimenti e comparazioni.

Parole chiave

Pannello solare, concentratori, catena cinematica, circuito idraulico, logica di controllo, azzeramento posizione, modalità inseguimento termostatico, modalità standby, modalità protezione totale, P3 pres

Indice

1. Descrizione

2. Componenti

Contentitore/supporto

Concentratori

Sensori di radiazione incidente

Catena cinematica

Assorbitori

Circuito Idraulico

Logica di controllo

3. Funzionamento

Pannello in funzionamento come unità singola

Azzeramento posizione

Modalità inseguimento termostatico

Modalità standby

Modalità protezione totale

Pannello in funzionamento in rete

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

1. Descrizione

Pannello solare:

Il pannello progettato raduna in un solo prodotto le migliori qualità dei sistemi noti oggi nel campo dell'energia solare termica cercando di rendere l'utilizzo semplice grazie all'integrazione con un'intelligenza a microprocessore.

In particolare le caratteristiche salienti di SOL INVICTUS sono:

- Acquisire i vantaggi operativi del pannello piano, ovvero facilità di pulizia, facile rimozione della neve e protezione delle superfici interne assorbenti e riflettenti.
- Eliminare lo svantaggio del posizionamento obbligato del pannello piano tradizionale dotandolo internamente di un sistema di inseguimento. In questo modo sarà possibile, entro ampi margini, installare i pannelli paralleli alle superfici degli edifici siano esse falde o pareti verticali, senza penalizzare eccessivamente i rendimenti.
- Acquisire i vantaggi del miglior rendimento, grazie al fattore di forma, e delle più alte temperature dei sistemi a concentrazione.
- Acquisire i vantaggi di isolamento dei sistemi sottovuoto abbinati al sistema a concentrazione.
- Gestire le modalità di inseguimento, sicurezza dalla stagnazione e termostatazione grazie ad un'elettronica dedicata gestibile a distanza tramite rete CAN (o altre reti note allo stato della tecnica o che potrebbero rivelarsi più adatte in futuro).

Volendo identificare il collettore termico SOL INVICTUS secondo le dimensioni adoperate di norma per classificare le innovazioni tecnologiche si può definirlo come un'innovazione di prodotto, competence enhancing e architetturale di prodotto perché i processi produttivi restano sostanzialmente invariati, anche se alcuni sono adattati ai tipi di materiali e forme del pannello, mentre quello che invece cambia sostanzialmente **è la tipologia di collettore che unisce in se le caratteristiche di più prodotti attualmente presenti sul mercato.**

Questo fa sì che il prodotto sia differente per i modi di utilizzo e per struttura a tutti gli altri pannelli presenti sul mercato. Per questo motivo si parla anche di innovazione competence enhancing perché si evolvono le conoscenze già esistenti, senza però renderle obsolete.

Infine si può definire l'innovazione come architetturale in quanto con SOL INVICTUS cambia il modo in cui i componenti interagiscono tra loro.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

2. Componenti

Contenitore/supporto

Il pannello mostrato in figura 1 si compone di una cassa esterna **1** in lamiera, o altri materiali idonei all'uso all'aperto, avente nel suo lato superiore una finestra **2** in vetro ad alta trasparenza per l'ingresso della radiazione solare. Tale cassa non è isolata in quanto l'isolamento è garantito dai tubi dewar presenti all'interno. Il contenitore è realizzato da un'unica lastra in composito di alluminio e polietilene noto con il marchio commerciale di Alucobond. Questo materiale permette di realizzare lavorazioni sulla lastra quali scontornatura delle forme, forature e inviti alla piega direttamente dal fornitore o da officine attrezzate. Così facendo è possibile trasferire le lastre nella loro forma piana, limitando lo spazio necessario per il trasporto, realizzando poi solo all'atto del montaggio finale le pieghe. L'applicazione di comuni rivetti a strappo consoliderà il contenitore.

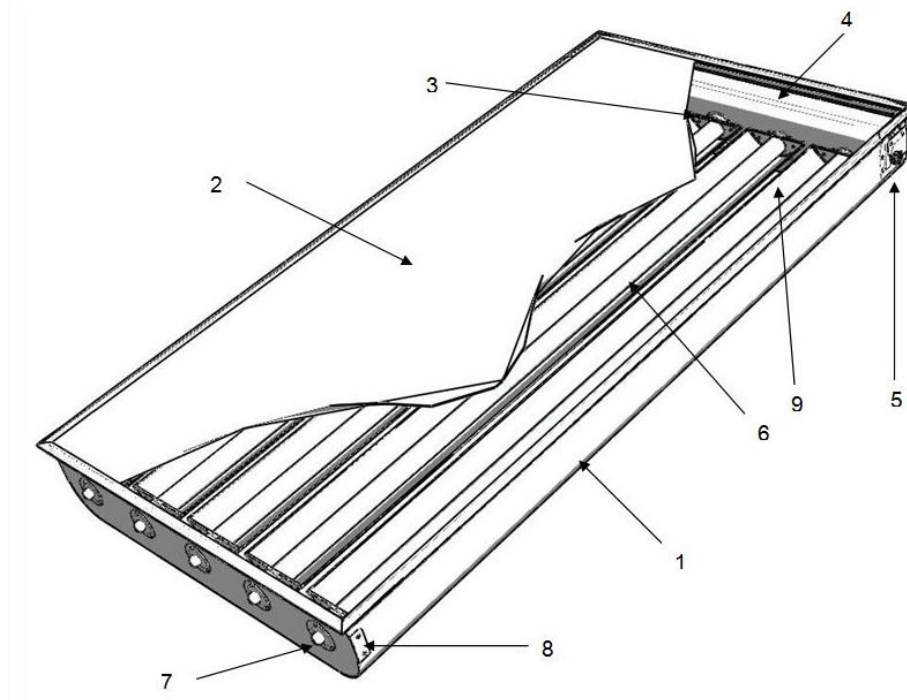


Fig. 1- Disegno CAD SOL INVICTUS

In questo contenitore, avente anche funzione di supporto delle parti meccaniche interne, è ricavato tramite un separatore realizzato con lo stesso materiale un secondo spazio. In esso è contenuto il collettore idraulico, l'elettronica di controllo, tutta la catena cinematica atta a trasferire il moto dal motore agli specchi e l'isolamento termico realizzato tramite materiali espansi e/o lane minerali.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Concentratori

All'interno di questa cassa, figura 2, sono ospitati una pluralità di specchi parabolici **9** aventi la particolarità di poter ruotare intorno ad un asse che è coassiale a sua volta con:

- 1) L'asse del tubo dewar **6** e di conseguenza dell'assorbitore **11** e dei tubi di asportazione del calore captato **13**.
- 2) L'asse principale di inerzia maggiore del sistema specchio **9** più elementi di supporto **15** passante per il baricentro dell'equipaggio mobile che così potrà essere spostato con il minimo sforzo.
- 3) L'asse del fuoco della parabola **9**

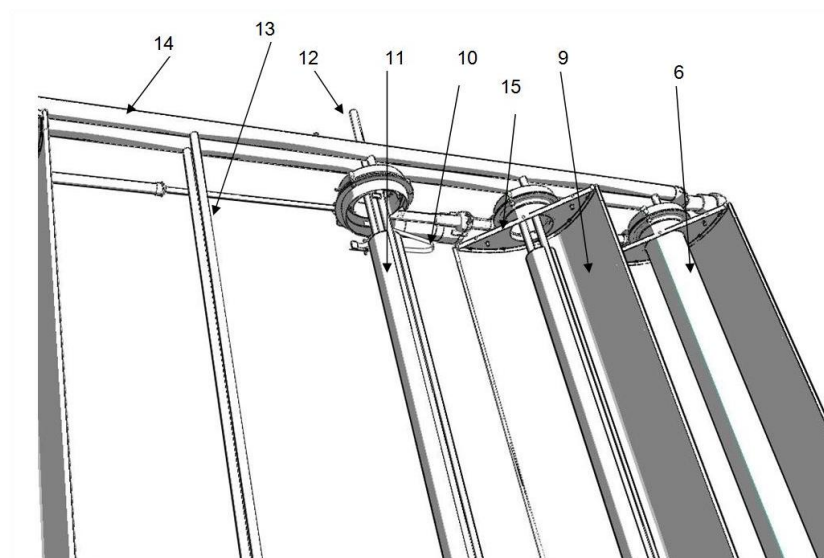


Fig. 2 - Particolare specchi concentratori

Gli specchi sono leggermente distanziati e possono inseguire, senza sovrapposizione di ombra, la posizione del sole fino ad angoli di più o meno 30° e continuare ad inseguire arrivando al fattore di concentrazione unitario per angoli di più o meno 70° oltre ai quali non ha più senso procedere. Sono realizzati in lastra di alluminio riflettente curvata in modo da renderla della forma desiderata e autoportante.

Le testate sono in materiale plastico resistente agli UV ma non necessariamente alle alte temperature raggiungibili in quanto, essendo il fuoco delle parabole concentrato sull'assorbitore all'interno dei tubi dewar, all'esterno di questi non si raggiungono temperature elevate. In questo modo è possibile realizzare degli specchi particolarmente leggeri a vantaggio sia del costo dei materiali che della facilità di movimentazione anche tramite piccoli motori.

Le testate in plastica sono a loro volta rivestite di materiale riflettente col duplice scopo di proteggere la plastica dalla radiazione concentrata e da riflettere a sua volta questa radiazione nuovamente nel fuoco della parabola invertendo la direzione (figura 3)

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

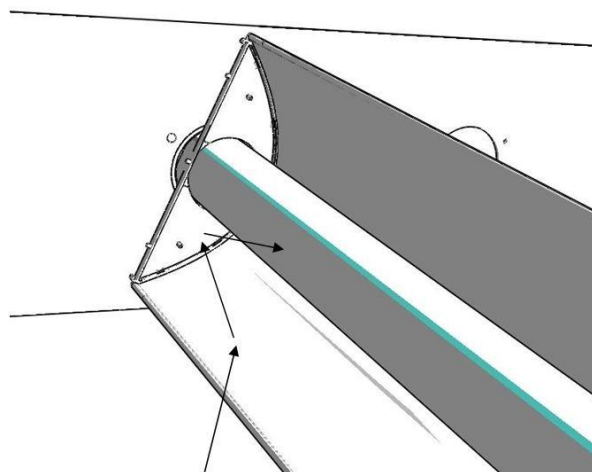


Fig. 3 - Particolare testate in plastica

Sensori di radiazione incidente

Il sistema di riconoscimento della direzione della radiazione incidente è realizzabile con la soluzione già brevettata da Marco Zangirolami. Il dispositivo di puntamento è realizzato con almeno due elementi fotosensibili **16**, figura 4, (minimo due nel caso si voglia identificare il verso su una asse fisso, e minimo tre nel caso di due assi) sui quali è proiettata un'ombra prodotta da un elemento sovrastante **17**.

Al variare della posizione angolare del dispositivo rispetto al raggio solare si proietta su almeno un elemento fotosensibile un'ombra che varia di copertura e intensità in modo diverso a seconda dell'angolazione del raggio solare. Dall'acquisizione dei valori di intensità e dalla loro elaborazione è sempre possibile risalire alla posizione angolare relativa del gruppo di sensori rispetto alla direzione incidente, a patto che i gradi di libertà da identificare siano almeno uno in meno rispetto alla numerosità dei sensori attivi (in regime di linearità) in quel momento.

Nel caso particolare essendo necessario identificare un solo asse saranno sufficienti due sensori con un equipaggio esterno che getti un'ombra su entrambi.

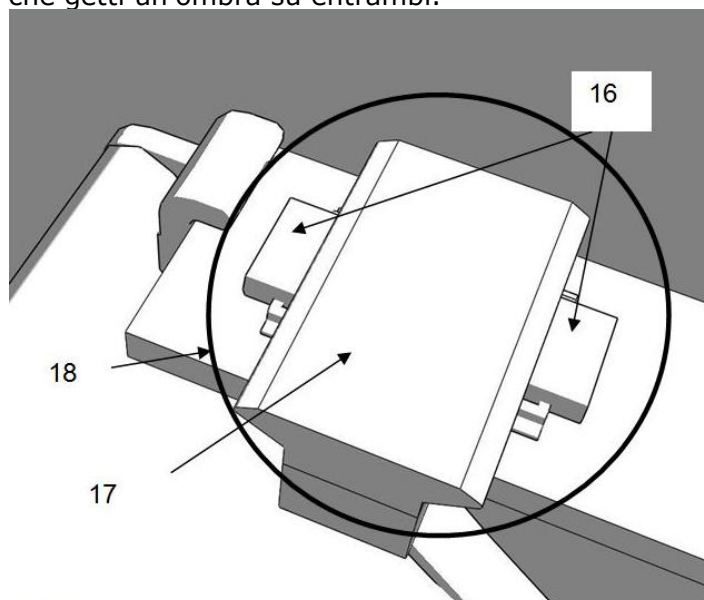


Fig. 4 - Particolare dispositivo puntamento

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Tuttavia per poter raggiungere gli angoli di incidenza dichiarati con un sistema integrato e vincolato agli specchi stessi è necessario provvedere ad un particolare accorgimento.

Infatti non esiste nessun punto della superficie degli specchi che sia sempre illuminato dal sole in modo da poter raggiungere con la radiazione il detector **18** (il singolo detector è realizzato dall'insieme dei componenti visti in precedenza). Si sono quindi inseriti due detector separati alle ali estreme dello specchio centrale (figura 5 e 6), ma potrebbero essere fissati su qualunque altro senza cambiare la funzionalità, e il microprocessore utilizzerà sempre quello in vista del sole.

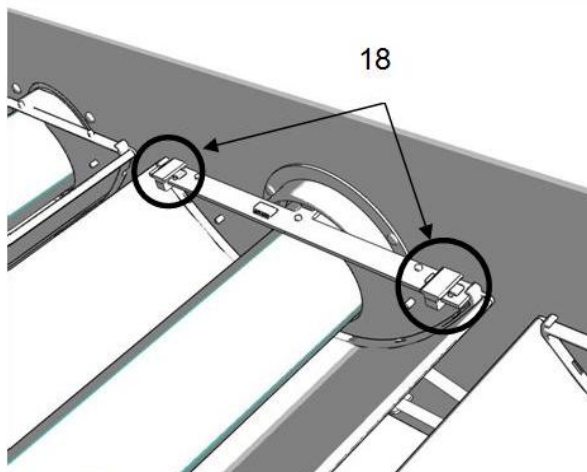


Fig. 5 - Presenza due detector sullo specchio centrale

Infatti il movimento del motore è controllato da un regolatore PID (Proporzionale - Integrato - Derivato) che prende il segnale d'errore dal sensore di direzione della radiazione incidente 19 valido in quella posizione angolare.

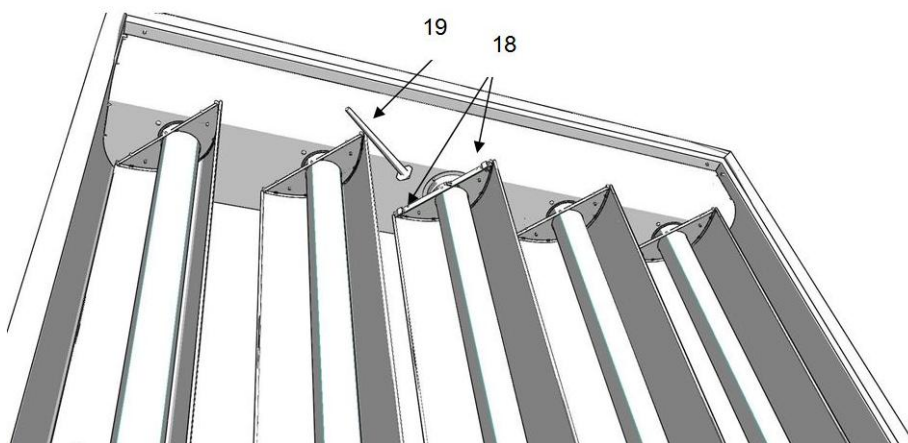


Fig. 6 - Movimento specchi

La posizione angolare è nota perché il motore che muove gli specchi è dotato di un encoder incrementale che viene azzerato all'accensione del pannello su dei finecorsa meccanici.

Il valore di conteggio del suddetto encoder informa il microprocessore dello sbandamento a sinistra o destra del raggio solare incidente rispetto all'asse dello specchio e di conseguenza quale sensore è sicuramente nella zona illuminata direttamente.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Il sensore, come descritto, provvede ad indicare non solo la posizione di perfetto allineamento ma anche un segnale proporzionale all'offset degli specchi.

Il singolo segnale proveniente da un elemento sensibile è influenzato oltre che dall'ampiezza dell'area illuminata anche dall'intensità della radiazione incidente che non è costante. Pertanto anche se in prossimità della posizione centrale il valore è sempre nullo la pendenza con cui questi valori variano dipende anche dall'insolazione istantanea. Questo può causare delle instabilità del controllo se non opportunamente settato.

Tuttavia, se la disposizione geometrica dei sensori è tale che le aree d'ombra siano inversamente proporzionali tra loro, la somma dei due segnali è proporzionale alla potenza incidente in quel momento. Si può quindi usare questo valore per normalizzare il segnale di errore stabilizzando il controllo del motore e per valutare la radiazione incidente, interrompendo l'inseguimento qualora la potenza irradiata sia al di sotto di un valore di soglia.

Utilizzando un controllo per ingressi a 12 bit è possibile identificare una variazione angolare nelle peggiori condizioni, ammesso di avere un angolo massimo di 150°, di circa 0,3° più che sufficienti per qualsiasi inseguitore.

Catena cinematica

Il pannello è composto da una molteplicità di concentratori ed è pertanto studiata una catena cinematica, come in figura 7 8, in grado di pilotare un numero grande a piacere.

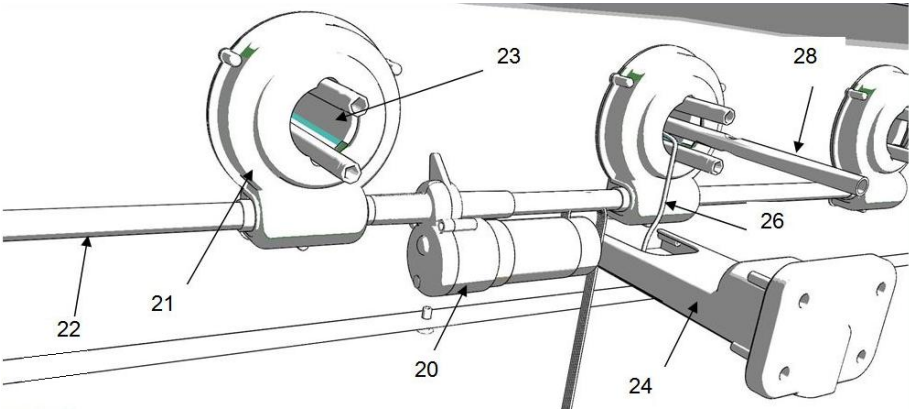
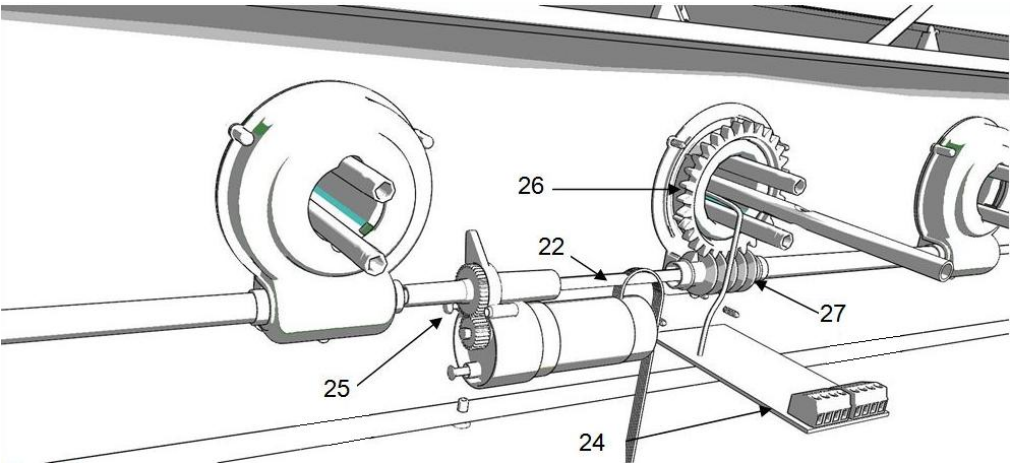


Fig. 7 - Particolare catena cinematica



	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Fig. 8 - Particolare catena cinematica con componenti a vista

Tale catena cinematica è composta da un motore **20** con annesso un riduttore a ingranaggi **25** ai quali è collegata un'asta di comando **22** inserita in un tubo di alluminio con funzione protettiva. L'asta mossa dal motore comanda il riduttore a vite **21**. Grazie a questo treno di riduttori integrati nella catena cinematica stessa è possibile raggiungere con facilità un elevato rapporto di riduzione e comandare un grande numero di riduttori a vite con minimo sforzo.

La movimentazione della catena avviene anche grazie alla verifica di alcuni parametri resa possibile tramite altri strumenti come l'elettronica di controllo **24** che pilota il motore in funzione della posizione letta dall'encoder integrato, la lettura del termometro **26** posto a contatto dell'assorbitore e dalle indicazioni dei sensori di radiazione incidente posti come equipaggio mobile sugli specchi. L'asta di comando **22** ha sezione costante ed è pertanto libera di scorrere longitudinalmente nelle viti senza fine **27** dei riduttori **21**. Una catena cinematica siffatta consente di raggiungere ogni posizione possibile degli specchi compresa quella di protezione totale in caso di messa a riposo del pannello, per esempio in piena estate, con gli specchi completamente ribaltati che fungono da ombrello di protezione, come in figura 9.

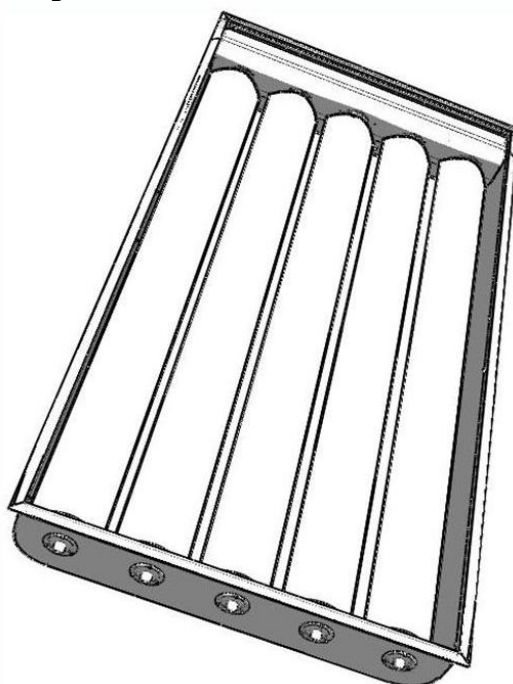


Fig. 9 - Pannello con specchi ribaltati per offrire protezione agli assorbitori dalla radiazione solare

Assorbitori

Questo pannello è pensato per lavorare a temperature elevate (fino a 250°C) o per produrre acqua bollente anche in condizioni di basso irraggiamento (invernale) e bassa temperatura esterna. Per raggiungere questo risultato è necessario minimizzare le perdite proporzionalmente alla differenza di temperatura con l'esterno.

Un primo vantaggio si ha direttamente dalla geometria intrinseca del collettore in quanto la superficie irradiante nel caso dei collettori a concentrazione è ridotta.

Inoltre il pannello è progettato per avere gli assorbitori all'interno di un ambiente sotto vuoto. Questa configurazione è nota come vaso dewar e si basa sul principio che nel vuoto il calore si

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

propaga solo per irraggiamento in quanto non ci sono molecole in grado di assorbire e trasferire il calore nell'intercapedine.

La superficie assorbente interna al vaso, e in contatto con le tubazioni che asportano il calore per portarlo all'utenza, è rivestita con un particolare pigmento selettivo avente la caratteristica di essere altamente assorbente nei confronti delle lunghezze d'onda in arrivo e riflettente nei confronti delle lunghezze d'onda lunghe quale appunto l'infrarosso termico corrispondente alla temperatura di lavoro.

Per realizzare questi tubi si usa un substrato riflettente, tipicamente metallico, con spessore sufficiente a riflettere totalmente la lunghezza d'onda termica tipica della temperatura massima alla quale si vuole lavorare. Sopra questo si deposita uno strato sottile di pigmento assorbente, che di conseguenza sarà di colore scuro, per le frequenze che si desiderano captare. Lo spessore del pigmento deve essere sufficientemente basso da diventare trasparente nei confronti delle lunghezze d'onda termiche corrispondenti a temperature di circa 500K.

A seconda del fattore di concentrazione desiderato il vaso dewar può essere realizzato con due tecniche diverse: integralmente in vetro oppure con un passante vetro metallo, rappresentati in figura 10.

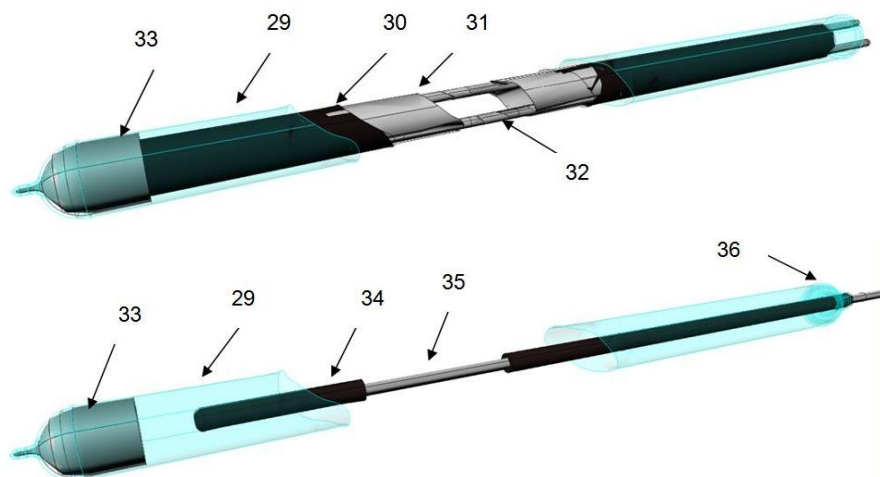


Fig. 10 - Struttura di due differenti tipologie di tubi assorbitori dewar. Quello superiore integralmente in vetro e quello inferiore con un passante vetro metallo.

Il primo tipo è composto da un tubo esterno **29** in vetro borosilicato contenente un tubo **30**, sempre in vetro borosilicato, su cui è depositato il rivestimento selettivo. Ad un'estremità del tubo vi è un getter **33** con funzione di pompa chimica per il vuoto e di indicatore di perdita. Infatti in caso di perdite, che compromettono il vuoto del tubo, il getter cambia colore ossidandosi passando dall'argento al bianco. Pur essendo il prodotto realizzato con i migliori materiali, non si può escludere che a causa del trasporto o per vizi di produzione uno dei tubi sottovuoto abbia delle perdite. In questo caso è possibile accorgersi dell'avaria esaminando il colore del getter e sostituire il tubo difettoso senza dover smontare completamente il pannello. Infatti è sufficiente asportare la chiusura **7**, in figura 1, corrispondente al tubo da sostituire ed estrarre il tubo **6** dal pannello. Per installare il nuovo tubo è sufficiente eseguire la procedura inversa.

Questi due tubi sono coassiali e al loro interno è realizzato un vuoto di almeno 10^{-3} Torr. Dentro il tubo in vetro interno è inserita una lastra di materiale conduttore **31**, per esempio alluminio o rame, avente il compito di captare il calore dal tubo in vetro interno e trasferirlo al circuito idraulico **32** che lo estrae per portarlo all'utenza.

In figura 10 è rappresentato un circuito idraulico a doppio tubo, ma può essere realizzato in modo equivalente con un sistema a tubi coassiali come quello descritto in seguito o con un heat pipe.

Il secondo tipo rappresentato è un sistema con passante vetro metallo composto da un tubo esterno in vetro **29** contenente direttamente un tubo metallico **34** su cui è applicato il rivestimento selettivo. Questi due componenti sono sigillati tra loro nel punto **36**, per esempio con una saldatura vetro

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

metallo, e tra loro viene creato il vuoto. In posizione centrale è inserito un ulteriore tubo **35** avente lo scopo di inserire il fluido nel tubo **34** e realizzare la circolazione per l'asportazione del calore. La scelta di quale soluzione adottare dipende esclusivamente dal fattore di concentrazione che si desidera ottenere nel caso specifico e **non comporta variazioni per il collettore.**

Circuito Idraulico

La totalità dei pannelli solari in commercio ha il circuito idraulico realizzato in rame. Tale materiale viene scelto per la sua elevata conducibilità termica e per la facilità con cui può essere saldato. Tuttavia la sua rarità e la riduzione delle risorse sta innalzando il costo a livelli proibitivi.

Il suo naturale sostituto come proprietà termiche è l'alluminio che viceversa ha disponibilità molto elevata. Purtroppo però questo materiale richiede procedure complesse di lavorazione e personale altamente specializzato tanto da renderlo non conveniente. A ciò si aggiunge ulteriormente la difficoltà di poter ottenere una saldatura che abbia una perfetta tenuta idraulica.

Per superare questo problema e poter utilizzare l'alluminio, che inoltre è anche circa tre volte più leggero con vantaggio nel peso finale del prodotto, si è sviluppata una linea di saldobrasatura semiautomatica che svincola dall'abilità dell'operatore l'operazione di saldatura rendendola economicamente e ecologicamente sostenibile.

Infatti è ragionevole ed auspicabile che il ricorso all'energia solare come fonte rinnovabile cresca nei prossimi anni e per poter sostenere questa crescita è indispensabile non dover dipendere dall'approvvigionamento di un materiale in via di esaurimento.

Logica di controllo

Questo tipo di pannelli solari a concentrazione può raggiungere temperature molto elevate e questo ne fa necessariamente apparecchiature potenzialmente pericolose se non ben controllate.

Il prodotto in questione oltre ai necessari sistemi di sicurezza passivi, quali valvole di massima pressione, possiede un sistema di controllo integrato a microprocessore che lo rende sicuro e facilmente interfacciabile con qualunque sistema necessari di calore.

Il pannello possiede una serie di caratteristiche che gli permettono di lavorare come singola unità in modo indipendente, grazie ad alcuni parametri settati in fabbrica, oppure lavorare in rete con altri collettori, tramite un'unità master per il coordinamento e l'interfacciamento con gli impianti esterni.

3. Funzionamento

Pannello in funzionamento come unità singola

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

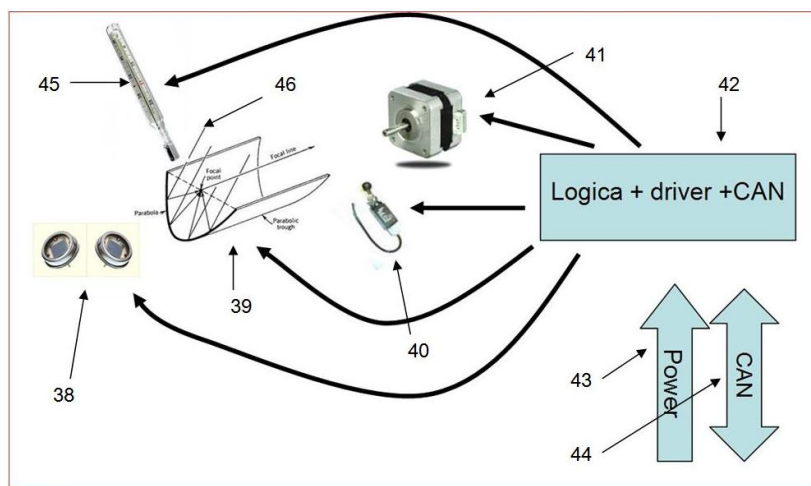


Fig. 11 – Interazione componenti nel caso singolo pannello

Il funzionamento del pannello in questo caso è gestito, come schematizzato in figura 11, da un microprocessore **42** che si interfaccia con altre componenti attraverso una rete di comunicazione **44**, ad esempio CAN (controller area network).

Nel funzionamento normale il pannello può trovarsi in tre modalità a seconda dell'orario del giorno, dell'irraggiamento misurato e delle letture di temperatura fatte dal termometro **45** che è situato a stretto contatto con l'assorbitore.

Azzeramento posizione

All'atto della prima accensione il sistema non conosce la posizione degli specchi e pertanto inizia autonomamente la procedura di inizializzazione.

Tale procedura consiste nel raggiungere le due posizioni limite degli specchi e dopo aver valutato che la distanza tra i due finecorsa sia quella corretta viene azzerato il contatore interno che tiene memoria della posizione.

Modalità inseguimento termostatico

La modalità di inseguimento termostatico viene attivata dall'orologio interno coadiuvato dalla lettura di intensità della radiazione entrante.

Riferendosi alla figura 11 tipicamente questa modalità si avvia dalla posizione di specchio parabolico **39** con asse della parabola normale al piano del pannello, piano del vetro.

Il microprocessore legge lo sbilanciamento della posizione della parabola **39** rispetto alla radiazione entrante **46** e alimenta il motore **41** in modo da ridurre il segnale di errore. Una volta raggiunto l'allineamento comincia a prendere in considerazione la temperatura dell'assorbitore letta dal termometro **45** e se il valore di temperatura raggiunta supera quello impostato introduce nel controllo un errore. Tale segnale di errore causerà un parziale disallineamento del sistema ottico riducendo l'energia captata e evitando ulteriori surriscaldamenti.

Modalità standby

Durante il periodo notturno, valutato in base all'ora locale e/o alla luminosità percepita, gli specchi vengono portati in posizione di "pronti" ovvero con asse della parabola normale al piano principale del pannello.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Da questa posizione potrà essere raggiunta rapidamente la posizione di miglior allineamento all'attivazione della modalità di inseguimento termostatico.

Modalità protezione totale

Quando il pannello viene disattivato per lungo tempo il sistema può proteggersi totalmente. Questa modalità si attiva in tre modi: tramite comando da Bus; tramite contatto secco; dalla lettura della tensione di alimentazione. Infatti la tensione delle batterie è significativamente più bassa della tensione di alimentazione normale e denuncia un malfunzionamento. Per funzionare in isola il pannello ha bisogno della sola alimentazione elettrica.

Pannello in funzionamento in rete

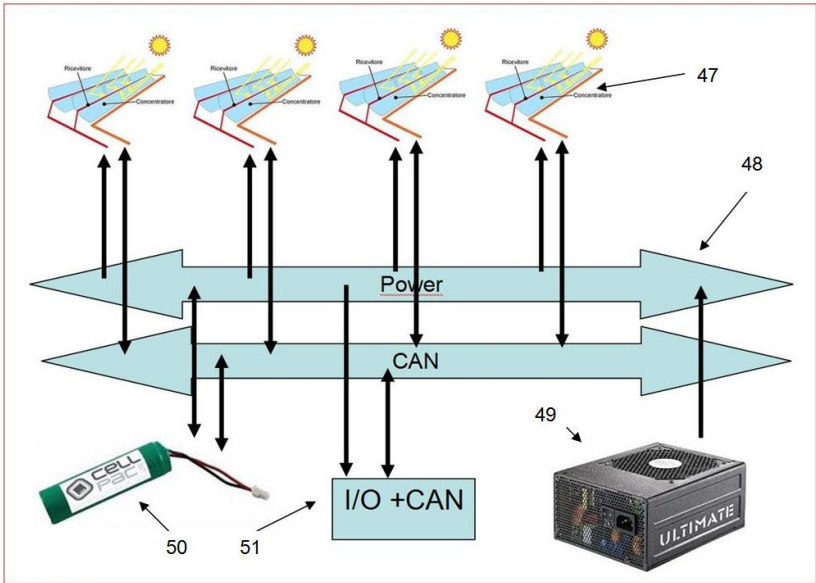


Fig. 12 - *Interazione componenti nel caso rete di pannelli*

Nella configurazione più completa, figura 12, i pannelli fanno parte di una rete che comunica con un Master **51**. Il master è una centralina in grado di dialogare singolarmente o in gruppo con i pannelli **47** e di essere occasionalmente collegata ad un PC per la configurazione, la ricerca guasti, per scaricare lo storico del funzionamento e di gestire tramite degli I/O dedicati il coordinamento con qualsiasi impianto termoidraulico abbinato. Tra i vari componenti dell'impianto è stesa una linea dati, ad esempio rete CAN, e una linea di alimentazione. Oltre ai pannelli si avranno quindi uno o più pacchi batterie posti in un qualunque punto della rete e almeno un alimentatore. La tensione di linea data dall'alimentatore è significativamente più alta di quella del pacco batterie in modo da consentire a quest'ultimo di caricarsi durante il funzionamento normale e ai pannelli di riconoscere mediante la misura della tensione di linea se sono alimentati da rete o in emergenza.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR

Il grado di sicurezza raggiunto è molto alto in quanto ogni singolo pannello può mettersi in protezione sia per comando dalla centrale che autonomamente in caso di mancanza della rete elettrica.

	Oggetto	Data	Redattore rapporto	Approvato da
	SOL INVICTUS 2020	xx/xx/xxxx	xx	DIR