



*Ministero per le Politiche Agricole
Alimentari e Forestali*



Regione Liguria



NUOVE PROSPETTIVE ENERGETICHE PER LA FLORICOLTURA LIGURE

PROGETTI:

“Innovazione in campo energetico per le produzioni florovivaistiche in serra”

(DM n° 12429 del 20/12/2006)

“Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto
attraverso l'impiego di biomasse”

(DGR n° 1736 del 28/12/2007)



*Ministero per le Politiche Agricole
Alimentari e Forestali*



REGIONE LIGURIA



Centro Regionale di Sperimentazione e Assistenza Agricola

Camera di Commercio
Savona



COMUNITA' MONTANA "FONTE SAVONESE"
ALBISOLA (CN)

NUOVE PROSPETTIVE ENERGETICHE PER LA FLORICOLTURA LIGURE

PROGETTI:

*“Innovazione in campo energetico
per le produzioni florovivaistiche in serra”*

(DM n° 12429 del 20/12/2006)

*“Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto
attraverso l'impiego di biomasse”*

(DGR n° 1736 del 28/12/2007)

Istituto Regionale per la Floricoltura

Via Carducci, 12 – 18038 Sanremo

Tel 0184 535149 Fax 0184 542111

E mail irf@regflor.it

INDICE

Prefazione / **pag 3**

Introduzione / **pag 5**

PROGETTO

“Innovazione in campo energetico per le produzioni
florovivaistiche in serra” / **pag 5**

Attività condotte da IRF-Sanremo / **pag 6**

Attività condotte da CeRSAA-Albenga / **pag 12**

Attività condotte da CMP-Albenga / **pag 20**

Considerazioni finali / **pag 28**

PROGETTO

“Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto attra-
verso l’impiego di biomasse” / **pag 30**

PREFAZIONE

Il settore florovivaistico è notevolmente mutato negli ultimi decenni. Per anni, il clima mite e le favorevoli condizioni di luce della nostra Riviera hanno favorito l'ottenimento di prodotti di qualità ed incentivato il conseguente sviluppo di una attiva filiera produttiva. La globalizzazione dei mercati, la congiuntura economico-finanziaria, i costi energetici incrementati pongono nuove sfide alla nostra floricoltura e diventa pressante poter disporre di nuovi prodotti che possano essere ottenuti con bassi costi ed abbiano un alto valore aggiunto. Di particolare interesse sono, pertanto, gli interventi tesi ad una riduzione sia dei costi aziendali che degli impatti ambientali.

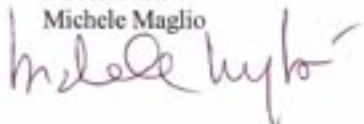
Con tale intento, sono stati affidati all'Istituto Regionale per la Floricoltura di Sanremo (IRF) i due progetti : "Innovazione in campo energetico per le produzioni florovivaistiche in serra", finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali (DM n 12429 del 20/12/06) e "Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto attraverso l'impiego di biomasse", finanziato dalla Regione Liguria (DGR n 1736 del 28/12/07).

Il presente volume rappresenta la sintesi del lavoro sin qui svolto dall'Istituto Regionale per la Floricoltura, e dalle strutture con cui il nostro Ente ha collaborato: il Centro Regionale di Sperimentazione ed Assistenza Agricola di Albenga (Direttore Dott. Giovanni Minuto), il Dipartimento Macchine Sistemi e Trasporti dell'Università di Genova (Direttore Prof. Pietro Zunino) e la Comunità Montana Ponente Savonese (Direttore / Segretario Generale Dott.ssa Maria Cristina Cavallo). Le diverse competenze e qualificazioni hanno interagito nell'intento di fornire agli operatori del settore un approccio multifunzionale in cui gli aspetti più propriamente tecnologici- strutturali ed ingegneristici potessero integrarsi con approcci agronomici- gestionali peculiari della floricoltura.

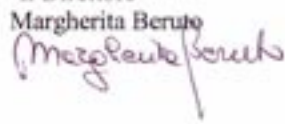
Ci auguriamo che da tali informazioni gli operatori florovivaistici possano trarre utili informazioni, indicazioni e spunti operativi per lo sviluppo produttivo delle loro aziende.

Presidente e Direttore IRF e tutti gli attori intervenuti nelle presenti progettualità vogliono, altresì, ringraziare il Dott. Lercari (già Direttore IRF) per il lavoro svolto che ha portato alla redazione di questo libretto e l'organizzazione della giornata divulgativa che ci auguriamo possa costituire ulteriormente a rafforzare l'interazione del nostro Ente con il mondo produttivo.

Il Presidente
Michele Maglio



Il Direttore
Margherita Beruto





PROGETTO

NUOVE PROSPETTIVE ENERGETICHE
PER LA FLORICOLTURA LIGURE

Introduzione

La Riviera Ligure di Ponente è nota come la Riviera dei Fiori per l'estesa presenza di produzioni floricole di elevata qualità che hanno positivamente sfruttato la vocazione di tali zone caratterizzate da un ambiente pedoclimatico particolarmente favorevole alla realizzazione di apprestamenti protetti di diverso tipo, dai semplici ombrai alle più complesse strutture in ferro e vetro. Proprio gli apprestamenti protetti oggi sono divenuti una parte integrante e caratteristica del paesaggio della Riviera Ligure di Ponente e in particolare di quelle aree favorite dal potere mitigante del mare. In quest'area, così come nelle altre zone ove il florovivaismo italiano realizza le proprie produzioni di eccellenza, l'uso dell'energia elettrica e termica è uno dei fattori critici di successo di maggiore importanza e peso economico per le aziende floricole. Malgrado, infatti, le favorevoli condizioni climatiche, molte colture richiedono l'intervento del riscaldamento di soccorso nei mesi invernali, con consumi di energia che negli ultimi anni, complici i costi crescenti, sono diventati sempre più rilevanti ed incisivi per la redditività aziendale, considerando anche il contesto di totale globalizzazione in cui operano gli operatori florovivaistici.

Al fine di poter fornire utili indicazioni e strumenti di supporto per le Aziende, l'Istituto Regionale per la Floricoltura di Sanremo ha condotto due progetti sperimentali aventi l'obiettivo di migliorare il bilancio energetico del florovivaismo, affrontando temi legati alla produzione di energia elettrica con impianti integrati nelle strutture di copertura e all'utilizzazione di biomasse per il riscaldamento delle serre.

Il primo progetto "Innovazione in campo energetico per le produzioni florovivaistiche in serra" è stato finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, ed è concluso, mentre il progetto "Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto attraverso l'impiego di biomasse" è stato finanziato dalla Regione Liguria ed è in corso di svolgimento.

In questa pubblicazione vengono illustrati in modo sintetico i risultati ottenuti e lo stato di avanzamento dei due progetti.

PROGETTO "INNOVAZIONE IN CAMPO ENERGETICO PER LE PRODUZIONI FLOROVIVAISTICHE IN SERRA"

Il capofila del progetto è stato l'Istituto Regionale per la Floricoltura (IRF), ente strumentale della Regione Liguria, che ha collaborato con altri due partner, il Centro di Sperimentazione ed Assistenza Agricola (CeRSAA) di Albenga, azienda speciale della CCIAA di Savona, e la Comunità Montana Ingauna (CMI) di Albenga, che a seguito di ristrutturazione degli Enti delegati è divenuta Comunità Montana del Ponente Savonese.

Gli obiettivi specifici del progetto erano la sperimentazione e la valutazione di moduli fotovoltaici innovativi inseriti nelle coperture delle serre in grado di for-

nire una elevata resa energetica e nel contempo una limitata riduzione della luminosità a livello delle coltivazioni sottostanti. Infatti, l'utilizzazione di impianti fotovoltaici integrati nelle serre può limitare fortemente, a causa dell'ombreggiatura causata dagli impianti, le possibilità di ottenere produzioni agricole competitive a livello quali/quantitativo. Sono state considerate diverse installazioni dei moduli, sostituendoli ai vetri di copertura, sia sul tetto delle serre che in verticale sulle pareti laterali. Parallelamente, sono state sperimentate lampade ad infrarossi, valutandone l'efficacia per il riscaldamento di colture richiedenti una limitata umidità ambientale.

Di seguito sono illustrate le attività condotte dai 3 partner del progetto.

Istituto Regionale per la Floricoltura

Materiali e metodi

Sono state utilizzate due gruppi di serre in ferro e vetro, con giacitura Nord-Sud (serre contigue nr 13 e nr 14, rispettivamente delle dimensioni di mt 50x12x3,50h alla gronda e mt 55x24x3.50h alla gronda e serra nr 9, delle dimensioni di mt 48x12x3.50h alla gronda), indicandole come gruppo D e gruppo S. Il materiale fotoattivo utilizzato è il diseleniuro di rame e indio (CIS), un nuovo tipo di materiale amorfo che può essere agevolmente disteso anche su una lastra di vetro. Per il progetto, questo materiale è stato distribuito su solo il 50% della superficie della lastra e coperto "a sandwich" con una seconda lastra di vetro, per uno spessore complessivo di 7 mm. Il progetto e la selezione del materiale per l'impianto è stato realizzato dal Centro Regionale di Sperimentazione e Assistenza Agricola in collaborazione con ditta Würth Solergy, proprietaria di prodotto fotovoltaico.

L'installazione è stata realizzata sulle parti fisse dei frontali (lati minori) delle serre, poste a 43°49'01"N e 7°45'52"E; il gruppo D comprende 44 pannelli, con esposizione SSW, il gruppo S comprende 40 pannelli, con esposizione SSE; i pannelli, delle dimensioni 60x120 cm, sono stati posti verticalmente, sostituendo le lastre di vetro del frontale delle serre (vetri giardiniera di 4 mm di spessore, di dimensioni 75x170 cm); la superficie sostituita dai pannelli ammonta a circa il 50% della superficie di frontali delle serre. Complessivamente sono stati installati 84 pannelli per un totale di 37,80 mq di superficie fotovoltaica ed una produzione di 3.19 KWp.

Il posizionamento dei pannelli fotoattivi in verticale, che forniscono una resa comunque inferiore a pannelli posti con una inclinazione ottimale nei confronti della radiazione solare, è stato scelto considerando che:

- L'inserimento di pannelli su serre già esistenti comporta un carico sulle strutture doppio rispetto a quello dei vetri tradizionali;
- La sostituzione dei vetri laterali è meno complicata ed onerosa, specialmente con colture in atto;

- I pannelli individuati per l'intervento sono stati concepiti per una loro utilizzazione nell'edilizia e la loro progettazione ne ha considerato l'uso in posizione verticale;
- Il posizionamento sui lati minori delle serre porta ad una limitata riduzione della luminosità disponibile per le coltivazioni.

I dati istantanei e cumulati di produzione di energia sono stati rilevati a partire dal 16/03/2009, data del collegamento alle rete nazionale e posizionamento di contatore da parte dell'ENEL, con l'ausilio dei data logger delle due unità inverter Solar Star A2000 (IT) fornite da Würth; i dati di luminosità interna delle due serre sono stati rilevati con il misuratore Fotoradiometro mod. HD 2102.2 della Delta *Hom*, collegato a sonde fotometriche e radiometriche con modulo SICRAM in grado di misurare **illuminamento (lux)**, **luminanza (cd/m²)**, **PAR (μmol/m²s)**, **irradiazione (RAD, UVA, UVB, UVC; W/m²)**. (figura 1-3).



Figura 1. Serra nr. 13

Gli effetti sulle colture sono stati misurati simulando in successione la coltivazione di specie ornamentali (calla bianca in vaso e piena terra, margherita da vaso, *Peucedanum*, *Dalia*, *Gelosia* e *Sedum*). Le colture sono state condotte tradizionalmente, operando su bancali sopraelevati e utilizzando substrati organominerali con le caratteristiche adatte alle specie considerate.

Sono state messe a confronto parcelle (con tre ripetizioni) delle diverse

specie allevate in aree di serra interessate costantemente dall'ombreggiatura causata dalla presenza dei pannelli fotovoltaici con parcelle allevate nelle stesse condizioni (medesima serra e medesimo bancale) in aree non interessate dall'ombreggio in tutti i 12 mesi dell'anno.

I dati raccolti nei due ambienti posti a confronto sono stati analizzati mediante applicazione del test t di Student accettando una probabilità di errore del 5% ed ipotizzando una distribuzione normale dei dati raccolti. I dati relativi alla produzione di energia sono stati analizzati e posti in relazione al periodo di rilevamento ipotizzando una relazione di regressione lineare tra produzione di energia e periodo di produzione. Le valutazioni sopra effettuate sono state realizzate mediante impiego del programma di analisi statistica SPSS per Windows versione 13.0.

Risultati

Effetti della presenza/assenza di copertura fotovoltaica sulle colture

Per tutte le prove sono state comparate piante poste sotto l'"ombra" causata dai



Figura 2.



Figura 3. Calle nella serra nr. 14

moduli fotovoltaici con piante poste, sempre nella medesima serra, in piena luce. Le serre disponevano di riscaldamento di soccorso antigelo. In generale, la riduzione dell'illuminamento sulle colture è stata molto contenuta: si è avuto una riduzione di circa il 7% dei lux e di circa il 3% della PAR rispetto alle colture allevate sotto la copertura tradizionale di vetro giardinoiere.

E' stato valutato il comportamento, con le due tesi allevamento "in ombra" e allevamento in "piena luce", di due cultivar di *Dahlia*, con 24 piante per tesi (tre ripetizioni di 8 piante per ogni tesi).

- Pretty Lady: piantagione l'11 febbraio 2008 e raccolta dei fiori dal 25 maggio 2008 al 30 ottobre 2008;

- Eternal Snow: piantagione il 16 febbraio 2009 e raccolta dei fiori dal 1° giugno 2009 al 30 ottobre 2009;

il confronto tra le due tesi ("in ombra" e "piena luce") non ha mostrato differenze significative, sia dal punto di vista della produttività che della qualità dei fiori prodotti (figura 4-5).

Sono stati effettuati rilievi su margherite della cultivar Giorgia allevate in vaso diametro 18 cm. Le

prove sono state condotte nella serra Nr 13 per due anni.

Anno 2007: piantagione 6 novembre, fioritura con prodotto pronto alla vendita fine febbraio 2008 (fine fioritura luglio 2008).

Anno 2008: piantagione 5 novembre e fioritura commerciale ad inizio marzo 2009 (fine fioritura luglio 2009).

I parametri considerati sono stati l'altezza e la circonferenza della pianta.

Per ogni tesi (Tesi 1: piante sottoposte alla zona d'ombra, Testimone: piante in piena luce) sono state utilizzate 10 piante, con tre ripetizioni (30 piante totali).

Le operazioni colturali hanno previsto una spuntatura ed una cimatura e nessun trattamento nanizzante nei due anni della sperimentazione. Le piante sono sta-

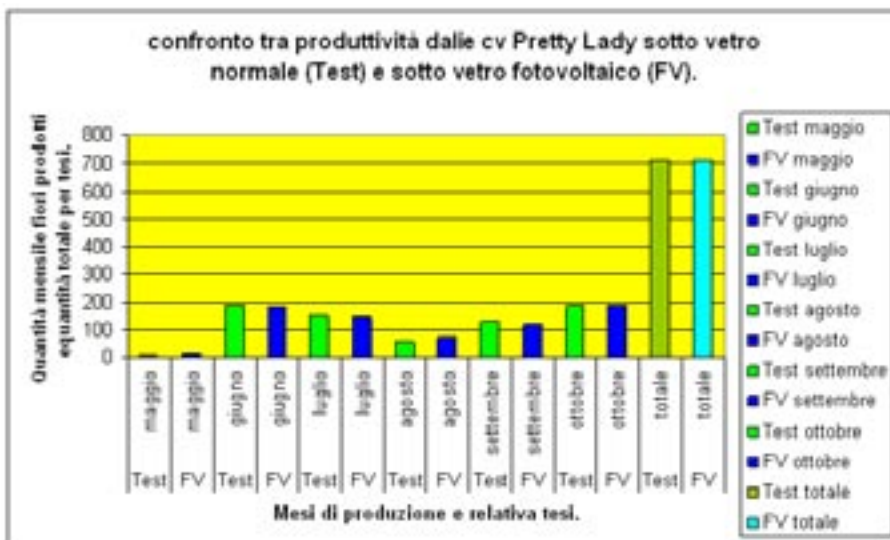


Figura 4.



Figura 5.

te allevate in serra fredda su bancale sopraelevato, poste su telo pacciamante disteso sui bancali, alla distanza di 40 centimetri tra loro (centro vaso - centro vaso). Le concimazioni ed i trattamenti antiparassitari sono state sempre effettuate in contemporanea sulle due parcelle di prova e dello stesso tipo e quantità.

I risultati dei due anni di prove hanno evidenziato la mancanza di differenze significative tra le tesi considerate (Figura 6).

Un'altra prova ha riguardato il *Peucedanum officinalis*; è stata condotta nella serra Nr 14, su bancale sopraelevato, confrontando le due tesi "piena luce" e "in ombra". Ogni tesi ha previsto 30 piante, con densità di 10 piante/mq, divise in tre ripetizioni di 10 piante ognuna. La piantagione è avvenuta nel novembre

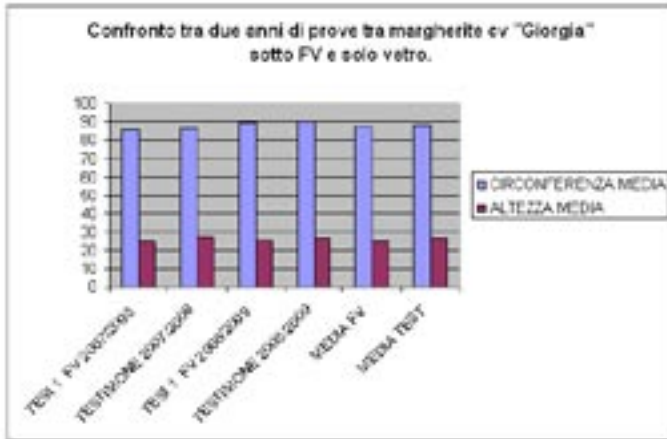


Figura 6.

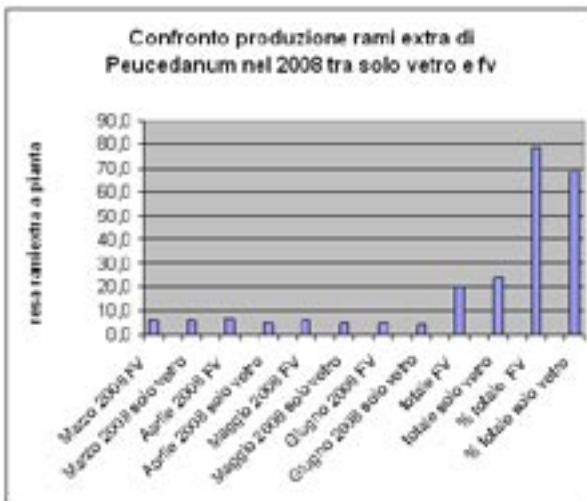


Figura 7.

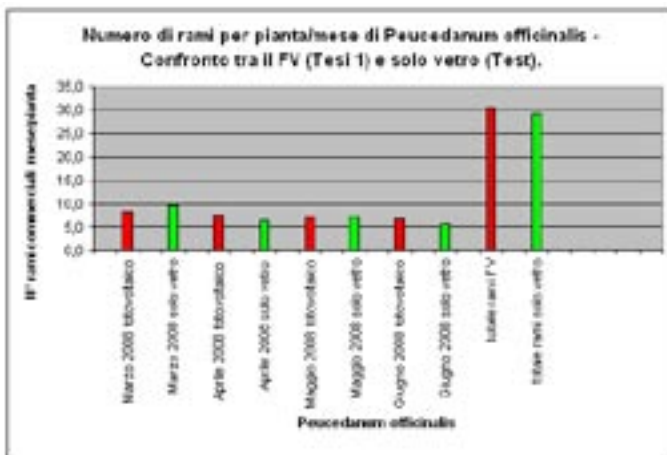


Figura 8.

2007, e la coltivazione si è protratta per due anni. Sono stati rilevati i dati relativi alla produzione totale ed alla qualità (lunghezza) degli steli prodotti. I dati ottenuti mostrano una sostanziale equivalenza nel prodotto commerciale ottenuto nelle due tesi, e sono illustrati alle figure 7 e 8.

Parimenti, anche le valutazioni su *Celosia* (prove su 5 cultivar in 5 epoche di piantaggio), *Calla* (le prove hanno riguardato la varietà Celia), *Sedum* (prove nel periodo 2008/2009 con tre ripetizioni di 5 piante per ognuna delle due tesi) hanno indicato come la copertura fotovoltaica utilizzata sia risultata influente sulle produzioni, sia dal punto di vista quantitativo che dal punto di vista qualitativo.

Ricordando che i pannelli fotovoltaici sono stati posti in posizione verticale sui frontali di tre serre, i rilievi medi sulla luminosità all'interno delle serre hanno mostrato risultati molto interessanti. Infatti, la zona di serra interessata dall'ombra causata dai pannelli ha visto una riduzione del PAR (Ra-

diazione Fotosinteticamente Attiva) di circa il 3% e della radiazione totale di circa il 7%.

Tali dati portano alla considerazione che, con strutture fotosensibili simili a quelle considerate dal punto di vista della riduzione della luminosità interna alle serre, è possibile realizzare una produzione di energia elettrica fotovoltaica compatibile con la normale gestione agronomica di un impianto serra, ottenendo una struttura "a duplice attitudine", senza particolari limitazioni per la qualità e la quantità delle produzioni.

LA PRODUZIONE DI ENERGIA

I dati relativi all'energia elettrica prodotta, utilizzabile in azienda con scambio sul posto o destinabile alla commercializzazione, forniscono un risultato positivo.

Il posizionamento in verticale dei pannelli ha fatto sì che la maggiore efficienza dell'impianto corrispondesse al periodo invernale, quando peraltro sono minori le ore di luce nell'arco della giornata.

Dal momento dell'accensione ufficiale e dalla piena utilizzazione (2 maggio 2009) e fino al 31 dicembre 2009 l'impianto, della potenza di 3,19 kWp, ha prodotto 1666 kWh, pari a 208 kWh mensili ed equivalenti a 65,2 kWh/KWp per mese.

Le produzioni dei due gruppi di pannelli (Serra 14, Serre 9 e 13) sono stati praticamente equivalenti, con una leggera prevalenza del gruppo esposto a SSE; peraltro, il gruppo esposto a SSW ha subito, per una sua parte di pannelli, la conseguenza di una maggiore distanza dall'inverter.

L'impianto in funzione presso il CeRSAA di Alberga, posizionato sulle falde di una serra e della potenza di 4,1 kWp, ha prodotto, nell'arco di 17 mesi, 301 kWh mensili, pari a 75,6 kWh/KWp per mese (tabella 1).

MESE	IRF kWh	CERSAA kWh	IRF kWh/kWp	CeRSAA kWh/kWp
Maggio	241	480	75	117
Giugno	220	537	69	131
Luglio	137	528	43	129
Agosto	142	460	44	112
Settembre	171	310	53	78
Ottobre	311	187	97	46
Novembre	253	87	80	21
Dicembre	93	14	30	4

Tabella 1. Produzioni energetiche all'IRF ed al CeRSAA.

Comparando i dati relativi alla produzione di energia ottenuta presso l'IRF ed il CeRSAA, risulta che la diversa disposizione dei pannelli ha influito notevolmente sulla produzione totale e che questa sia stata molto differenziata in funzione dell'incidenza della luce solare sui pannelli nei diversi mesi dell'anno.

Centro di Sperimentazione ed Assistenza Agricola

Materiali e metodi

Su una serra del Centro di Sperimentazione e Assistenza Agricola (CeRSAA) denominata “fotovoltaica” (FV) realizzata in ferro e vetro del tipo a campata larga di 9,20 m di larghezza, 24,00 m di lunghezza, di 3,50 m di altezza alla gronda e inclinazione delle falde pari a 30° sulle parti fisse delle due falde – orientate la prima E-SE e la seconda O-NO – è stato installato in modo completamente integrato un impianto fotovoltaico composto da 108 pannelli fotovoltaici di dimensione 60x120 cm (figura 9), sostituendo i preesistenti vetri giardiniera di 4 mm di spessore 60x150 cm. Il pannello utilizzato è stato realizzato con diseleniuro di rame e indio (CIS) da Würth Solar (tabella 2).



Figura 9. Fase finale dell'installazione dell'Impianto fotovoltaico CIS sulle falde della serra

Tensione a potenza massima	35,5 V
Tensione a vuoto	44,5 V
Corrente a potenza massima	2,1 A
Corrente di cortocircuito	2,4 V
Garanzia sulla potenza	20 anni / 80%
Temperatura ammessa per il modulo	-40 ↔ 85°C
Coefficiente di temperatura del rendimento (% / °C)	-0,36
Peso	12,8 Kg

Tabella 2: Dati caratteristici del Pannello CIS 75 Wp mod. Würth Solergy WS31100 (100% di copertura fotovoltaica)

Per il progetto, all'interno del "sandwich" costituito da due lastre di vetro di 3 e 4 mm di spessore, sono state poste a file 20 celle fotovoltaiche rettangolari di dimensione 5 cm x 60 cm distanziate tra loro di 5 cm, oscurando, quindi, soltanto il 50% della superficie del "sandwich" stesso. La disposizione dei pannelli a file alterne sulle falde ha realizzato un oscuramento di circa il 20% della superficie delle stesse. Con questo sistema, la superficie fotovoltaica netta è risultata pari a 48,6 m² per una produzione di 4,1 KWp. Tale distribuzione delle celle sul pannello ha causato la proiezione a terra di sottili coni d'ombra di forma rettangolare. Una serra adiacente a questa ed identica in tutto, tranne la copertura fotovoltaica, è stata utilizzata come ambiente di controllo (C).

I dati di produzione di energia sono stati rilevati a partire dal 29/05/2008 con l'ausilio dei data logger delle due unità inverter Solar Star A2000 (IT); i dati di luminosità interna delle due serre sono stati rilevati con il misuratore Fotoradiometro Delta *Hom* mod. HD 2102.2, collegato a sonde fotometriche e radiometriche con modulo SICRAM in grado di misurare **illuminamento (lux)**, **luminanza (cd/m²)**, **PAR (μmol/m²s)**, **irradiamento (RAD, UVA, UVB, UVC; W/m²)**. La gestione climatica delle due serre è stata identicamente impostata e gestita dal sistema computerizzato MCX (Agricontrol snc – Albenga). I dati di produzione di energia della serra fotovoltaica sono stati confrontati con quelli di un impianto fotovoltaico realizzato con silicio monocristallino caratterizzato da uno sviluppo superficiale di 83 m², esposizione S-SE ed inclinazione pannelli 30° sempre installato presso il CeRSAA. Gli effetti del parziale ombreggiamento sulle colture sono stati misurati simulando in successione la coltivazione di specie orticole tra cui *Ocimum basilicum*, *Lycopersicon esculentum*, *Cucurbita pepo* subsp. *pepo*, *Eruca sativa*, *Borago officinalis* e ornamentali in vaso, tra cui *Epipremnum pinnatum* sin *Scindapsus aureus*, *Ficus benjamina*, *Fatsia japonica*, *Chamaedorea elegans*, *Cyclamen persicum*, e *Argentanthemum frutescens*. Le colture orticole sono state allevate su bancale sopraelevato ove era stato disposto un substrato organominerale adatto alla loro coltivazione, mentre le specie ornamentali sono state allevate in vaso adottando pratiche ordinarie per ciascuna specie. I dati raccolti nei due ambienti posti a confronto sono stati analizzati mediante applicazione del test t di Student accettando una probabilità di errore del 5% ed ipotizzando una distribuzione normale dei dati raccolti. I dati relativi alla produzione di energia sono stati analizzati e posti in relazione al periodo di rilevamento ipotizzando una relazione di regressione lineare tra produzione di energia e periodo di produzione. Le valutazioni sopra effettuate sono state realizzate mediante impiego del programma di analisi statistica SPSS per Windows versione 13.0.

Risultati

Effetti della presenza/assenza di copertura fotovoltaica sulle colture

Su basilico, seminato 04/09/2008 con densità di semina di 4 g/m², il confronto tra la coltivazione nella serra dotata della copertura fotovoltaica rispetto a quella eseguita nella serra di controllo priva della stessa non ha evidenziato differenze significative dal punto di vista della produzione di biomassa (figura 10 e 11).



Figura 10. Coltivazione di basilico nella serra fotovoltaica

Analogo risultato è stato ottenuto ripetendo due volte la stessa prova nel periodo primaverile-estivo del 2009.

Tre prove sono state effettuate su pomodoro cv Cuore di Bue, messo a dimora il 10/09/2008, e successivamente il 09/04/2009 e il 09/09/09 con una densità di coltivazione di 2 piante/m². La presenza della copertura fotovoltaica non ha interferito né sullo sviluppo delle piante né sulla produzione compless-

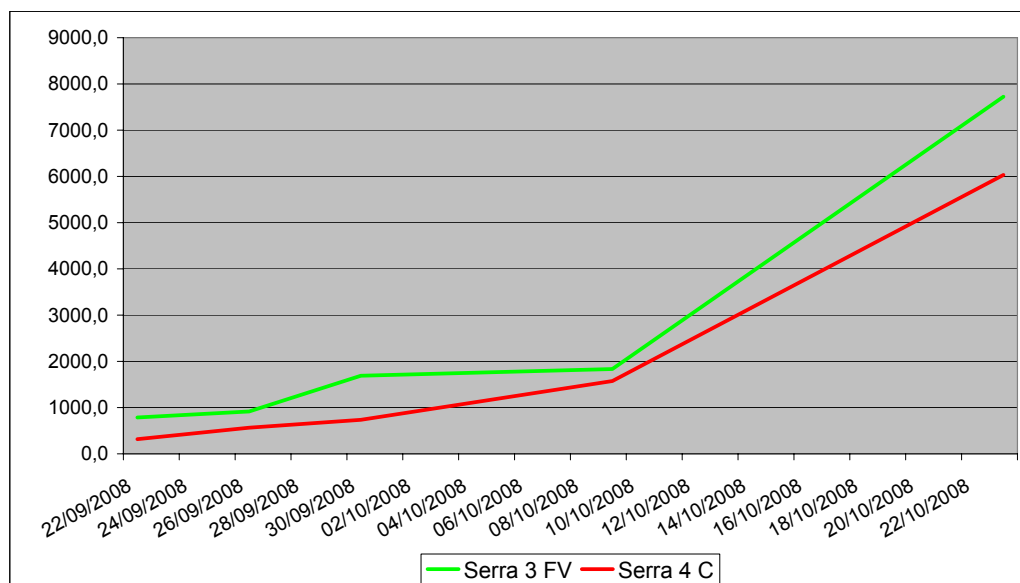


Figura 11. Basilico: biomassa prodotta (gr/mq)

sivamente raccolta almeno dal punto di vista quantitativo (figura 12).

Nella prima e nella terza prova, differenze significative sono state osservate relativamente al numero di bacche allegate, significativamente superiore nella serra di FV (figura 13).

La produzione di ciclamino, saggiata utilizzando tre diverse selezioni di "Alios", non ha subito riduzioni in termini di qualità generale delle piante, testimoniata dalla produzione di fiori, che non è stata significativamente differente nelle due serre (FV e C) (figura 14).

Infine, anche le valutazioni effettuate su alcune specie di piante verdi da appartamento (*Epipremnum pinnatum sin Scindapsus aureus*, *Ficus benjamina*,

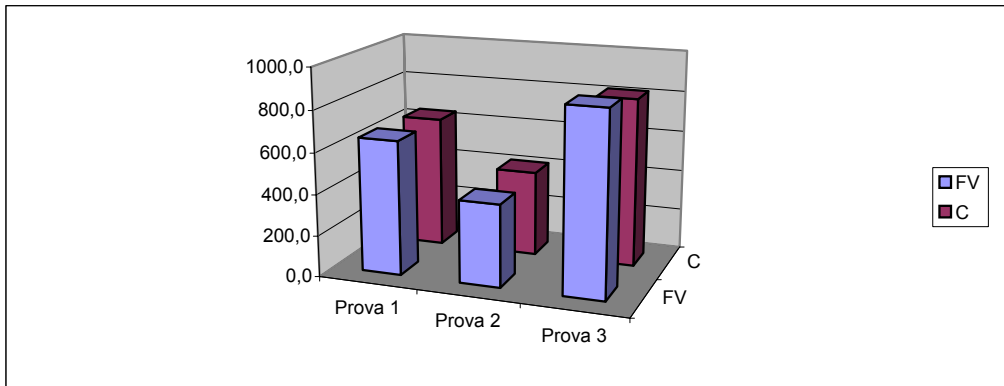


Figura 12. Pomodoro: produzione totale (gr peso/pianta)

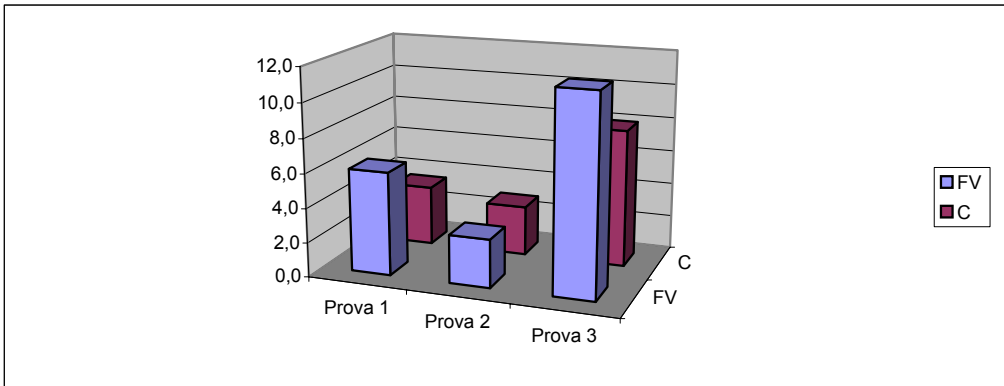


Figura 13. Pomodoro: numero di bacche allegate per pianta

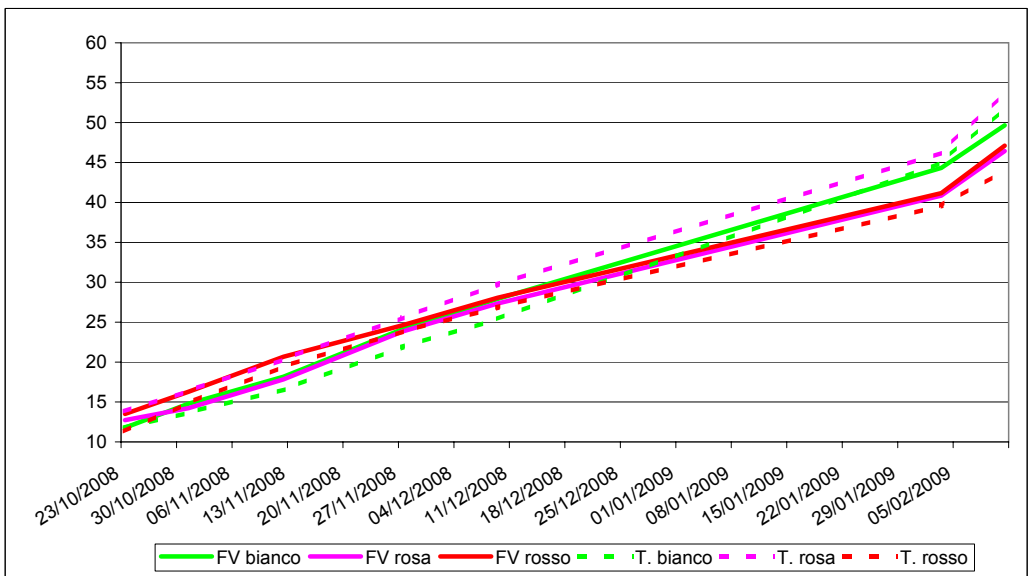


Figura 14. Ciclamino: numero di fiori prodotti per pianta

Fatsia japonica, *Chamadorea elegans*) hanno indicato la non influenza della copertura fotovoltaica sulle produzioni, sia in termini di sviluppo in altezza e diametro delle piante, di produzione di biomassa e, nel caso di *E. pinnatum*, di allungamento dei rami (dati non riportati). Al contrario, in questo caso si è reso necessario ombreggiare l'ambiente di coltivazione, utilizzando gli schermi interni alla serra capaci di ridurre del 70% la radiazione totale.

Misura della radiazione luminosa

Tra gli aspetti di maggiore rilievo e più critici conseguenti all'installazione della copertura fotovoltaica sul tetto della serra la quantità e la qualità della luce presente all'interno dell'apprestamento protetto è quello di maggiore interesse, capace di influenzare le capacità produttive della struttura, comprese le condizioni climatiche della stessa.

Le rilevazioni effettuate hanno messo in evidenza che la copertura installata, grazie anche alla limitata densità delle celle fotovoltaiche ed al particolare disegno delle stesse capace di proiettare a terra coni d'ombra in forma di strisce rettangolari molto sottili, ha permesso di avere all'interno dell'ambiente di coltivazione condizioni di luce molto vicine a quelle misurate all'interno della serra di controllo, provocando la riduzione della PAR (radiazione fotosinteticamente attiva) di solo il 3% (figura 15) e non modificando significativamente l'andamento delle temperature interne all'ambiente di coltivazione (figura 16).

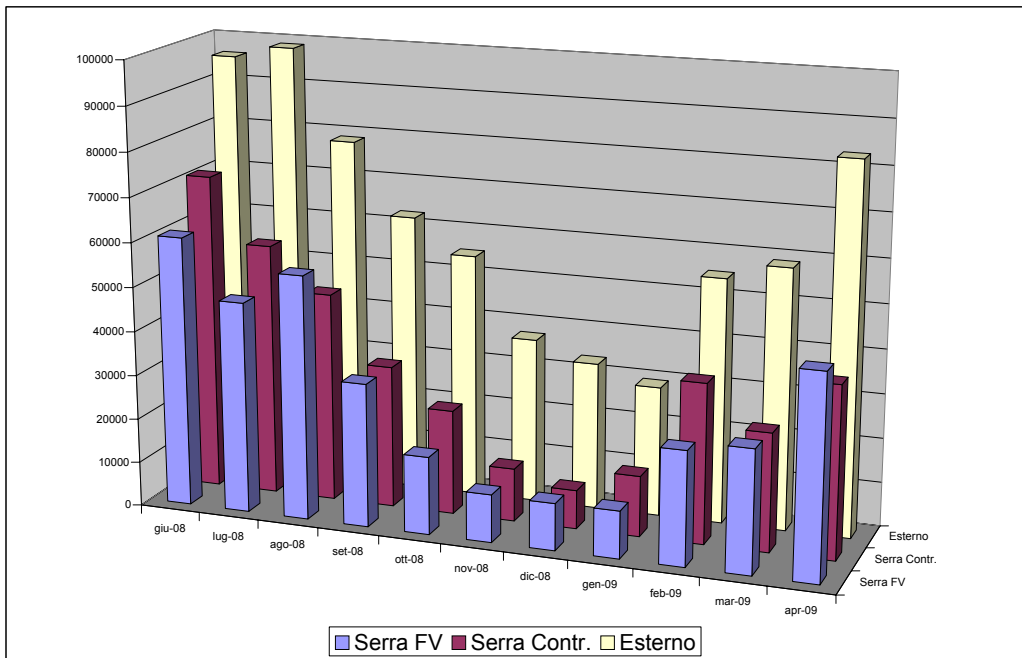


Figura 15. Confronto dell'intensità luminosa rilevata in tre posizioni

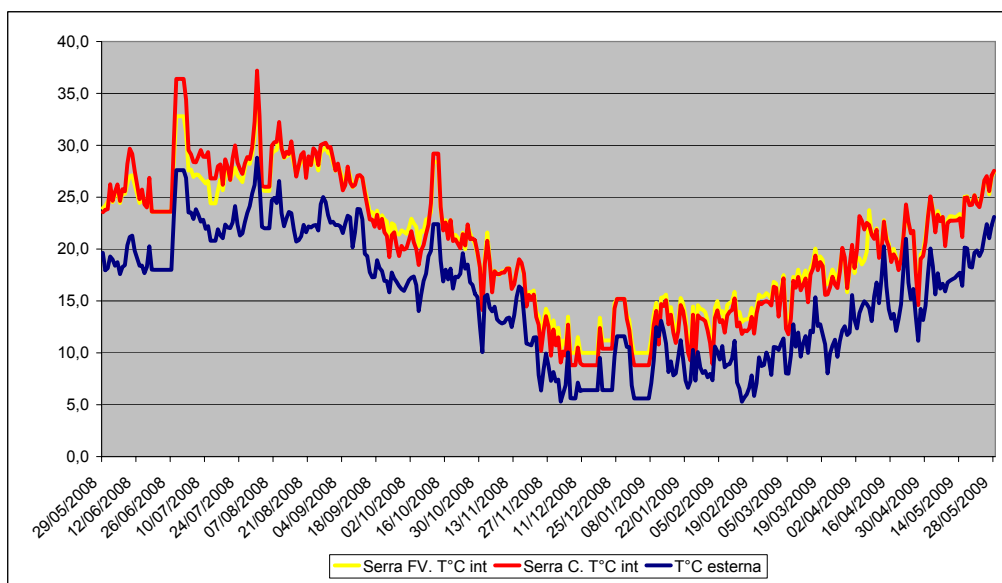


Figura 16. Confronto media giornaliera delle temperature

Valutazioni sulla produzione di energia

Dal punto di vista della produzione di energia, a partire dal giorno dell'allaccio alla rete elettrica (29 maggio 2008) al 29 giugno 2010, l'impianto ha prodotto 7466 KWh, mentre le utenze elettriche della serra stessa (motori per la movimentazione delle aperture di ventilazione, motori degli schermi ombreggianti e della ventola dello scambiatore di calore, alimentazione dei quadri di comando per l'irrigazione, il controllo termico e della luce) ne hanno consumati 422, pari al 5,6% della produzione. L'energia prodotta e non consumata può essere commercializzata, o destinata ad altri usi aziendali, con un notevole risparmio di energia, come peraltro già osservato in contesti urbani sempre con tecnologie simili (Danny et al., 2009). In quest'ultimo caso, l'intero complesso di serre e tunnel del CeRSAA (circa 9.100 m² di superficie coperta) ha consumato, nello stesso periodo della prova e per le medesime utenze sopra descritte, circa 16.600 KWh, per cui l'impianto fotovoltaico installato ha soddisfatto circa il 40% del fabbisogno elettrico della struttura.

I risultati produttivi misurati per l'impianto CIS installato sulla serra e quello a silicio monocristallino installato a terra hanno messo in evidenza numerosi aspetti. Primo fra tutti, in grado di influenzare significativamente i risultati in termini di produzione di energia, è l'esposizione non ottimale dell'impianto CIS (mista E-SE e O-NO) rispetto a quella dell'impianto a silicio monocristallino (S-SE). Nel primo caso, l'esposizione è buona prevalentemente al mattino solo sulla porzione di vetri fotovoltaici esposti a E-SE, mentre diventa favorevole solo nella seconda metà del giorno per quella parte di impianto esposta a O-NO. Ne consegue che mai è possibile avere l'intero impianto nelle condizioni ottimali di esposizione, nemmeno con il sole allo zenit. È questa la conseguenza più

vistosa della differenza di produzione fotovoltaica quando si procede all'integrazione di un impianto fotovoltaico su un tetto di una serra già esistente rispetto ad una installazione, integrata o non integrata, esclusivamente nelle condizioni di esposizione e di inclinazione ideali per le latitudini a cui viene installato l'impianto. Tuttavia, malgrado il condizionamento produttivo causato dalla non perfetta scelta dell'esposizione, vincolata dall'orientamento dell'asse maggiore della serra e dall'inclinazione delle falde del tetto, il rendimento dell'impianto CIS è apparso interessante, sia in termini assoluti, sia anche durante le giornate di cielo nuvoloso, quando la produzione dell'impianto a base di silicio è risultata quasi nulla.

Produttività aziendale

Volendo trattare l'impianto fotovoltaico come una produzione aggiuntiva a quella agricola, partendo da quella che è la produttività media annuale stimata (€/m²) per alcune produzioni di eccellenza della Liguria, tra cui ciclamino, basilico e pomodoro Cuore di bue e trasformando nella medesima unità di misura l'incasso derivato dalla vendita dell'energia prodotta dall'impianto applicando la massima tariffa incentivante in corso di validità (0,451€/KWh per impianti integrati con potenza compresa tra 3 e 20 KWp), si ottiene l'interessante risultato riportato in tabella 3.

Ambiente di coltivazione	Coltura	Produttività (€/m ²) *	KWh/anno	KWh/anno/m ²	produttività totale (€/m ²) **	incremento (%) produttività agricola
Serra FV	ciclamino	18,0	3.456,5	15,71	25,09	39,4
Serra FV	pomodoro	20,0	3.456,5	15,71	27,09	35,4
Serra FV	basilico	48,0	3.456,5	15,71	55,09	14,8
Produttività (€/m ²)	Coltura		KWh/anno	KWh/anno/m ²	produttività totale (€/m ²)	incremento (%) produttività agricola
Serra C	ciclamino	18,0	-	-	18,00	0,0
Serra C	pomodoro	20,0	-	-	20,00	0,0
Serra C	basilico	48,0	-	-	48,00	0,0

Tabella 3. Stima del risultato produttivo agricolo (PLV, Produzione Lorda Vendibile) per produzioni in serre fotovoltaiche.
*Superficie della serra: 220 m²; tariffa incentivante: 0,451 €/KWh

Conclusioni

I risultati ottenuti mettono in evidenza come non siano apparsi problemi di riduzione quantitativa e qualitativa delle produzioni delle specie vegetali poste in coltura nella serra fotovoltaica. Nel caso della coltivazione di pomodoro, la maggiore allegagione di bacche rilevata nella serra fotovoltaica si è manifestata solo in occasione dei trapianti estivi, ovvero in quelli effettuati nel periodo più caldo e

stressante per le coltivazioni allevate in serra. Analizzando nel dettaglio le temperature del periodo, è probabile che la lieve riduzione della quantità totale di luce entrante all'interno della serra e, conseguentemente, la riduzione dei valori massimi registrati abbia favorito l'allegagione di un maggior numero di bacche. Al contrario, la coltivazione in un ambiente almeno parzialmente ombreggiato sembra aver incrementato le infezioni di mal bianco su pomodoro e su zucchini (dati non riportati). Dal punto di vista della produzione di energia elettrica, il fattore limitante l'efficienza dei pannelli è stata l'esposizione della serra e, di conseguenza, l'orientamento dell'impianto nel suo complesso. Volutamente si è deciso di installare l'impianto in una serra che potesse rappresentare la condizione media di un'azienda agricola che, disponendo di una struttura orientata secondo obblighi diversi da quelli della captazione della radiazione solare, avesse intenzione di trasformarla in una struttura "a duplice attitudine".

Dal punto di vista dell'incremento della PLV agricola, il risultato ottenuto con il contributo del fotovoltaico appare molto interessante, anche se è necessario valutare tale incremento alla luce dei costi di acquisto, installazione e allaccio alla rete dell'impianto. Tenendo conto della riduzione costante dei costi degli impianti fotovoltaici e la notevole diversità dei materiali e delle soluzioni impiantistiche, si preferisce rimandare il confronto con i costi a casi realisticamente cantierabili. Tuttavia, va segnalato che attualmente il payback, ovvero il tempo di rientro dell'investimento destinato al solo impianto fotovoltaico è compreso, per la maggior parte delle installazioni, tra 7 e 10 anni, per cui è necessario, da un lato, predisporre un adeguato piano finanziario e dall'altro, considerare che le produzioni agricole, a parità di tutti i parametri ambientali, nutrizionali e fitosanitari, esprimono le loro massime capacità produttive nelle condizioni di luce ideali e specifiche per ciascuna di esse. A tal proposito, per le specie orto-floro-frutticole che possono essere allevate in ambiente protetto, spesso non sono disponibili dati precisi e univoci circa le necessità di luce minime e sufficienti a garantire la massima espressione produttiva. Quando tali dati sono disponibili, inoltre, si riferiscono a condizioni ambientali e climatiche non coincidenti con quelle dell'area in cui si intende avviare la produzione, né sono stati ottenuti in condizioni ambientali paragonabili a quelle di progetto. In particolare, le condizioni di luce dovrebbero essere valutate tenendo conto che sulla copertura delle serre saranno apposte pannellature totalmente o parzialmente opache alla radiazione luminosa, capaci di proiettare a terra estesi coni d'ombra, il cui effetto può venire amplificato dall'eventuale realizzazione di serre "in batteria", ovvero caratterizzate da un numero elevato di campate, dove l'entrata della luce dalle pareti laterali libere e la circolazione dell'aria è fortemente limitata.

Dall'insieme di tali considerazioni emerge che, a fronte di vantaggi economici potenzialmente interessanti derivanti dalla realizzazione di serre fotovoltaiche "a duplice attitudine", è necessaria un'attenta progettazione che tenga conto dei dati di collaudo delle serre, della densità e della disposizione delle celle fotovoltaiche e della loro interferenza con le aperture di ventilazione, in caso, soprattutto, di impianti di serre molto estesi. Appare necessario raccogliere i dati disponibili in letteratura circa le richieste di luce delle specie coltivabili sotto

serra e produrne di nuovi, quando assenti, o non certificati. Infine, potrebbe essere necessario non affidarsi soltanto a modelli simulatori per il calcolo a terra delle ombre proiettate da coperture parzialmente opache alla luce, realizzando anche simulatori in campo, capaci di fornire dati realistici. In questa direzione si sta muovendo il CeRSAA, per soddisfare le richieste crescenti del settore delle colture protette.

Comunità Montana del Ponente Savonese

Materiali e metodi

Il progetto è stato diviso in due parti:

1) Sperimentazione di uno specifico pannello fotovoltaico applicabile sulle serre agricole, già disponibile in commercio e brevettato, sfruttando sia il telaio che le coperture in vetro delle serre stesse – impianto cosiddetto “integrato”.

In questo modo la serra diventa un mezzo di produzione di energia elettrica, oltre a rappresentare uno strumento per la coltivazione.

L’energia prodotta può essere immessa nella rete ENEL, per poi essere utilizzata durante l’anno. In questo modo è possibile usufruire di ampie strutture già esistenti, di continuare ad utilizzare il terreno sottostante all’impianto, ed impiegare l’energia elettrica autoprodotta per gli usi agricoli. Grazie al particolare pannello, inoltre, si ottiene automaticamente la regolazione termica e luminosa della serra in base alla stagione, senza l’ausilio di sistemi di controllo e di parti in movimento.

2) Utilizzo dell’energia elettrica prodotta per il riscaldamento della serra durante il periodo invernale. Questo è avvenuto impiegando un sistema di riscaldamento elettrico a raggi infrarossi ad onde corte specifico per colture, anch’esso già brevettato.

Questo particolare sistema, permette di riscaldare piante e terreno attraversando l’aria senza scaldarla.

Si è inteso anche valutare l’irraggiamento infrarosso per il controllo di una importante malattia particolarmente favorita dall’alta umidità relativa che si riscontra frequentemente in serra nei mesi invernali quale la *Botrytis cinerea* su basilico

Impianto fotovoltaico

Su parte della copertura della serra, in particolare N.2 passi della falda disposta a Sud, sono stati installati N.26 pannelli fotovoltaici modello “Eclisse”; per l’installazione dei pannelli, sono stati rimossi gli originali profili portavetri, e sostituiti con profili in alluminio.

I pannelli fotovoltaici hanno le dimensioni di 60x160 cm, per una superficie di 0,96 mq (superficie fotosensibile di 0,48 mq) e con una potenza di 50 Wp cadauno. La potenza totale dell’impianto è di 1,30 Kwp.



Figura 17. Posizionamento delle celle.



Figura 18. La parte fotovoltaica del tetto delle serra.

Il modulo fotovoltaico è realizzato mediante file alterne di celle fotovoltaiche, racchiuse tra il tradizionale vetro per pannelli fotovoltaici e film plastici, anch'essi comunemente usati nei pannelli fotovoltaici ma in questo caso trasparenti.

Le celle fotovoltaiche ricoprono circa il 50% della superficie del vetro, mentre la restante parte risulta totalmente trasparente ai raggi solari, i quali possono quindi penetrare all'interno della serra sottostante (figura 17-19).

Superiormente, distanziate e posizionate in maniera opportuna, sono applicate una serie di lenti ottiche per ogni stringa di celle fotovoltaiche. Le lenti fanno sì che all'aumentare dell'altezza del sole rispetto all'orizzonte, e quindi verso il periodo estivo, i raggi solari siano sempre più deviati verso le celle, ed una quantità sempre minore di luce e calore entri all'interno della serra. Il pannello può essere infatti considerato anche come sistema di ombreggio automatico in base alla stagione ed ora del giorno, con la conseguente riduzione dei costi di condizionamento climatico della serra.

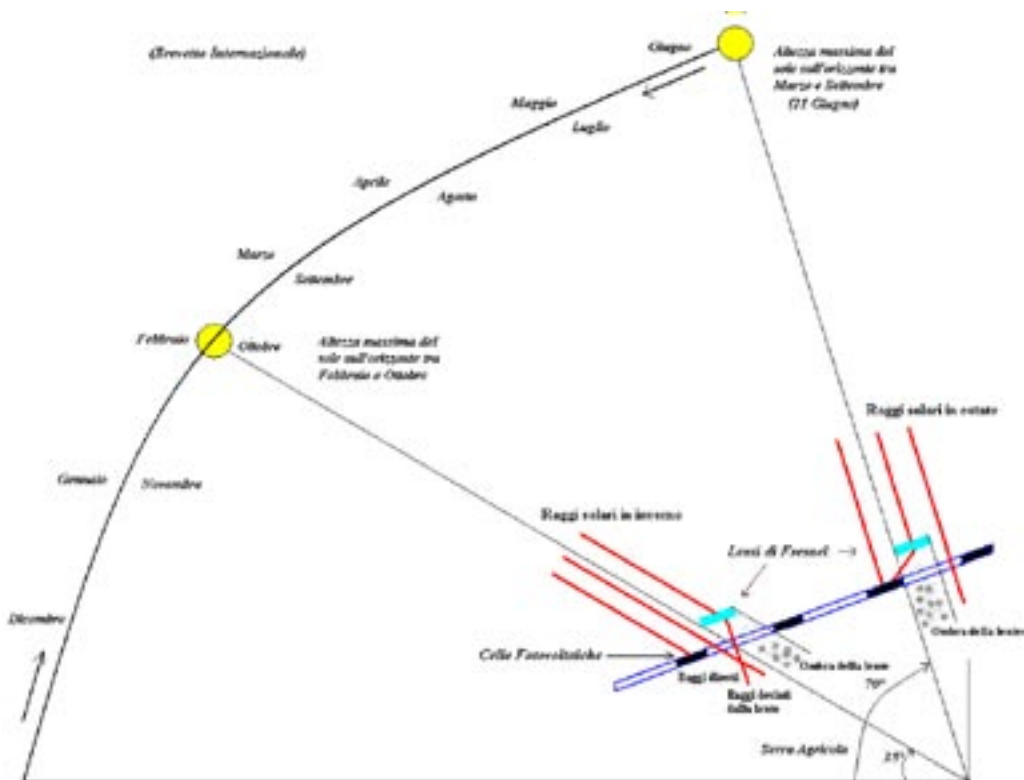


Fig. 19. Principio di funzionamento in base alla stagione

La parte restante della serra rappresenta una coltivazione standard con normali vetri.

Impianto di riscaldamento a raggi infrarossi

Circa il 40% della serra è stato equipaggiato con riscaldatori elettrici a raggi infrarossi, mentre la restante parte è rimasta a freddo.

I riscaldatori hanno cadauno la potenza di 1300w, l'irraggiamento principale è 1.000 nm, e la superficie massima irradiata per lampada è di circa 10mq ad una altezza dal suolo di 1,8 mt.

Quattro dei riscaldatori presenti si trovano sotto i pannelli fotovoltaici.

Questo ci permette di evidenziare eventuali differenze sulle colture sotto l'influenza dei pannelli rispetto a quelle sotto i normali vetri, e le differenze tra le colture riscaldate e quelle a freddo.

Impianto di monitoraggio:

La serra è stata equipaggiata con i seguenti sensori:

- temperaturà dell'aria
- temperatura del terreno
- umidità
- luminosità
- rilevatore di accensione dei riscaldatori

Obiettivi

Gli obiettivi della sperimentazione sono stati:

-Verificare l'esito sia dei riscaldatori che dei pannelli su colture di basilico condotte in modo da accumulare dati statistici sia sulla crescita che sull'aspetto delle piante.

-Verificare a parità di coltura l'impiego dei riscaldatori a diverse potenze, per individuare quale sia il miglior rapporto consumo elettrico/qualità e crescita delle piante.

-Verificare gli aspetti agronomici, fisiologici e fitopatologici delle colture.

-Verificare la produzione di energia elettrica del campo fotovoltaico realizzato con la tecnologia sperimentata.

Per ottenere questi risultati, sono stati seminati N. 3 bancali di basilico.

I primi due terzi di tutti i bancali, si trovano sotto l'ombra generata dai pannelli nelle diverse ore del giorno, mentre le parti restanti sotto i normali vetri. Sempre sugli stessi bancali, per tutta la loro lunghezza, sono stati installati i riscaldatori ad infrarosso. In questo modo si evidenzia l'effetto dei pannelli sulle colture rispetto alla coltivazione sotto vetri standard.

I riscaldatori sono stati programmati nel seguente modo:

N.2 riscaldatori sotto i pannelli al 50% della loro potenza, comandati da termostato

N.2 riscaldatori sotto i pannelli al 100% della loro potenza, comandati da termostato

N.2 riscaldatori sotto i vetri al 50% della loro potenza perennemente accesi al 50%

N.2 riscaldatori sotto i vetri al 50%, comandati da termostato

N.2 riscaldatori al 100% sotto i vetri al 100%, comandati da termostato

In questo modo si vede l'effetto che i riscaldatori hanno sulle colture in base alla loro potenza di utilizzo.

Il terzo bancale, non ha riscaldatori elettrici, ed è stato considerato quale testimone.

Ogni minuto è stata eseguita una lettura di tutti i valori rilevati dai sensori

Queste sperimentazioni sono state condotte in stretta collaborazione e con il supporto operativo del CeRSAA di Albenga; questa struttura ha condotto direttamente, nelle proprie strutture, tutte le prove relative alla valutazione dell'efficienza dei riscaldatori a raggi infrarossi per il controllo della *Botrytis cinerea* sulla coltura del basilico.

Risultati

Riscaldamento a raggi infrarossi

E' stato valutato lo sviluppo delle giovani piante di basilico, sottoposte a diverse temperature ottenute mediante l'impiego di lampade a raggi infrarossi modulate a diverse potenze e comandate da termostato.

Sono stati considerati i seguenti indici di sviluppo:

- 1: presenza di soli cotiledoni;
- 2: presenza di cotiledoni e primo sviluppo di foglie vere;
- 3: presenza di cotiledoni, sviluppo avanzato di foglie vere e nervatura centrale evidente.

I parametri considerati sono stati:

- 1: testimone;
- 2: lampade IR al 100% di potenza (ON minore di 18°C, OFF maggiore di 20°C);
- 3: lampade IR al 50% di potenza (ON minore di 18°C, OFF maggiore di 20°C);
- 4: lampade IR al 50% di potenza (in funzione 24 ore al giorno);
- 5: lampade IR al 100% di potenza (ON minore di 18°C, OFF maggiore di 20°C) con ombreggio;
- 6: lampade IR al 50% di potenza (ON minore di 18°C, OFF maggiore di 20°C) con ombreggio.

Il primo dato di cui tener conto è che l'impianto di pannelli fotovoltaici considerato riduce la luminosità (PAR) di circa il 4% nelle aree della serra interessate dall'ombra nell'arco del giorno rispetto alle aree sovrastate solo dalla copertura in vetro. Tale riduzione risulta essere ininfluente dal punto di vista agronomico-commerciale per la coltivazione del basilico. (figura 20 e 21)

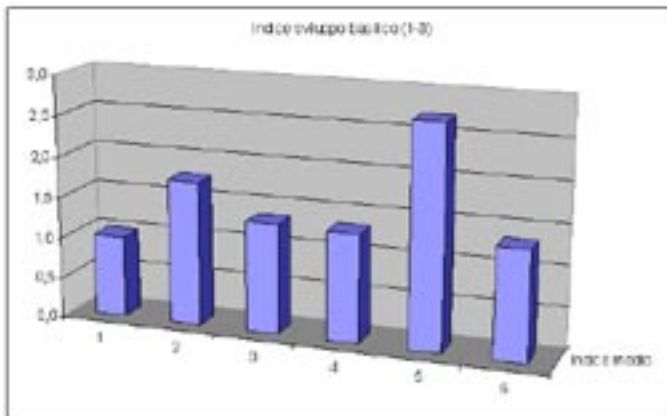


Figura 20, Sviluppo delle giovani piante di basilico con riscaldamento a raggi infrarossi.

Utilizzando i medesimi parametri precedenti, è stato valutato lo sviluppo in altezza delle piante di basilico

Valutazione del contenimento della *Botrytis cinerea*

Presso le strutture del CeRSAA sono state condotte per valutare l'efficienza del riscaldamento con raggi infrarossi per contenere la *Botrytis ci-*

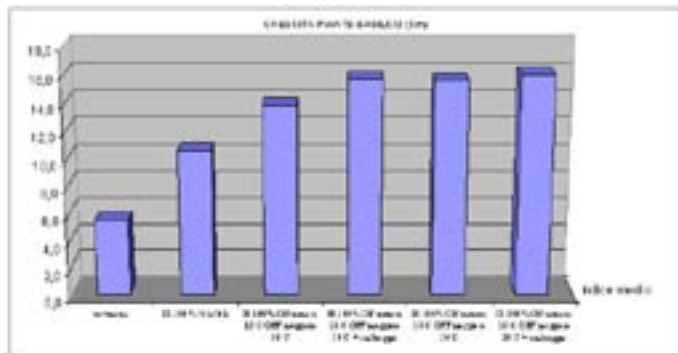


Figura 21. Accrescimento piante di basilico.

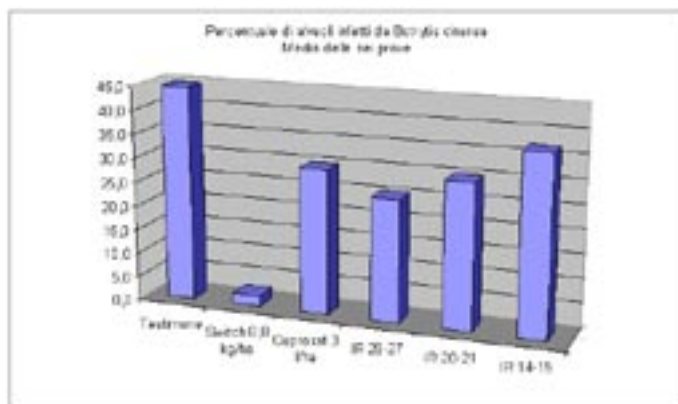


Figura 22. Valutazione dell'efficacia dell'irraggiamento ad infrarossi confrontata con due mezzi chimici.

nera sul basilico; tale parassita infatti è favorito da alte percentuali di umidità relativa, comunemente presenti nelle serre nel periodo invernale. Le lampade a raggi infrarossi possono infatti, oltre a riscaldare, ridurre l'umidità relativa dell'ambiente. La loro efficienza è stata confrontata con quella di prodotti antiparassitari autorizzati all'uso sul basilico.

Le prove sono state condotte in due celle climatizzate:

- La cella nr 3 è stata gestita con temperatura a 15°C, Umidità relativa a 100%, illuminazione dalle ore 18 alle ore 8 con luce normale, utilizzazione di luce in-

frarossa dalle ore 8 alle ore 18, con diverse potenze in tre aree della cella: area intermedia 20/21 W/mq, area interna 26/27 W/mq, area esterna 14/15 W/mq. Sono state valutate piantine di basilico poste in 3 contenitori alveolari da 84 fori cadauno posti in ogni area.

- La cella nr 6 è stata gestita con temperatura a 15°C, Umidità relativa a 100%, illuminazione dalle ore 18 alle ore 8 con luce normale, assenza di luce dalle ore 8 alle ore 18. Sono state considerate tre tesi: testimone, trattamento con Switch, trattamento con Cuproxat; ogni tesi ha compreso piantine di basilico poste in 3 contenitori alveolari da 84 fori cadauno.

Sono state eseguite 4 inoculazioni di *Botrytis conerea* a partire dalla formazione delle foglie vere, con intervalli di 6-7 giorni; i trattamenti con i due mezzi chimici considerati sono stati due, in pre-inoculazione e in corrispondenza della prima e della terza inoculazione.

Sono state ripetute sei prove, nei mesi di ottobre, novembre e dicembre 2008 e febbraio, marzo e maggio 2009.

I risultati ottenuti mostrano come l'uso di lampade a raggi infrarossi ad elevata potenza possano contenere la malattia (figura 22). E' da considerare questo effetto come un beneficio cumulabile con l'uso delle lampade come mezzo riscaldante, utilizzabili in strutture come quelle considerate, vista la limitata ed ininfluente riduzione della luminosità causata dall'impianto fotovoltaico posizio-

nato sul tetto, che non influisce sullo sviluppo delle coltivazioni considerate. Per la diffusione di questa impiantistica e valutarne pienamente il rapporti costi benefici è comunque necessario considerare il costo delle attrezzature, attualmente non quantificabile, e , soprattutto, l'elevato costo di gestione determinato dai consumi energetici necessari per poter ottenere i benefici indicati.

Produzione di energia:

Nel periodo invernale, i pannelli “Eclisse” funzionano come normali pannelli fotovoltaici, e producono esattamente la stessa energia di qualunque altro pannello fotovoltaico di pari potenza e disposizione.

La produzione di energia da parte dei pannelli fotovoltaici è in linea con le produzioni teoriche giornaliere, e la produzione mensile media è in funzione del numero di giornate di sole mensili che si hanno rispetto alla media stimata.

Nei mesi invernali, non esiste differenza di produzione tra i pannelli con lenti rispetto a quelli senza.

Nei mesi estivi, la produzione di energia dei pannelli con lenti è superiore, e dipende dall'altezza del sole e dal numero di giorni di totale o parziale illuminazione diretta.

Di seguito i dati rilevati:

Mese	Htot	Timegrid	Ore di funzionamento mese	Produzione totale (Kwh)	Produzione mese (kwh) (CON LENTI)	Teorica Prevista (SENZA LENTI)	Differenza in %
Novembre	218	206	206	48	48	66,6	-27,9
Dicembre	437	409	203	86	38	54,2	-29,9
Gennaio	696	656	247	154	68	66	3,0
Febbraio	964	916	260	244	90	78,3	14,9
Marzo	1306	1248	332	367	123	126	-2,4
Aprile	1687	1610	362	509	142	147	-3,4
Maggio	2099	2011	401	690	181	177	2,3
Giugno	2519	2419	408	867	177	190	-6,8
Luglio	2952	2839	420	1061	194	201	-3,5
Agosto	3399	3276	437	1257	196	181	8,3
Settembre	3714	3583	307	1382	125	143	-12,6
Ottobre	4018	3868	285	1481	99	103	-3,9
				Tot. Anno	1382	1430,1	-3,4

Questi dati si riferiscono alla produzione di energia reale, da parte dei pannelli

fotovoltaici con lenti, rispetto alla produzione media prevista per pannelli di pari potenza tradizionali (senza quindi le lenti) in condizioni di latitudine, inclinazione ed orientamento analoghe.

Si deduce che nonostante le lenti, la produzione elettrica è stata del 3,4% in meno del previsto.

E' stata condotta una comparazione tra pannelli "Eclisse" e tradizionali, posizionandoli a terra nelle identiche condizioni dei pannelli posti sulla serra. I risultati sono stati i seguenti:

Mese	Produzione pannelli tradizionali senza lenti rispetto a pannelli con lenti(%)	Pari a Kwh	Teorica Prevista (SENZA LENTI)	Differenza in %
Novembre	0,0	48,0	66,6	-27,9
Dicembre	0,0	38,0	54,2	-29,9
Gennaio	0,0	68,0	66	3,0
Febbraio	0,0	90,0	78,3	14,9
Marzo	-7,1	114,3	126	-9,3
Aprile	-10,1	127,7	147	-13,2
Maggio	-14,9	154,0	177	-13,0
Giugno	-6,7	165,1	190	-13,1
Luglio	-12,7	169,4	201	-15,7
Agosto	-15,1	166,4	181	-8,1
Settembre	-6,4	117,0	143	-18,2
Ottobre	0,0	99,0	103	-3,9
		1257,9	1430,1	-12,0

Conclusioni

I pannelli sono ancora dei prototipi realizzati per testare prevalentemente gli effetti sulle colture e verificarne il corretto principio di funzionamento.

A seguito della fase di industrializzazione alla quale il prodotto è ad oggi sottoposto, si potranno avere effetti ulteriormente positivi in termini di producibilità elettrica.

Il fatto che i pannelli "Eclisse" non siano attualmente disponibili sul mercato non permette di fare considerazioni sugli aspetti economici e di stendere ipotesi di bilancio aziendale. Rimane da considerare l'interessante produzione energetica ottenuta in modo da non interferire con le produzioni sotto serra.

CONSIDERAZIONI FINALI

Realizzare serre fotovoltaiche è tecnicamente possibile e relativamente semplice anche dal punto di vista costruttivo. Al contrario, realizzare serre fotovoltaiche in grado di offrire, oltre alla produzione elettrica, anche una produzione agricola, è tutt'altro che semplice. La proiezione dell'ombra della pannellatura fotovoltaica sul suolo, la quantità di radiazione fotosinteticamente attiva presente all'interno della struttura, la progettazione di apprestamenti protetti capaci di garantire una flessibilità sufficiente a permettere cambi di destinazione colturale in relazione al mutamento delle necessità del mercato sono fattori che influenzano fortemente la progettazione di una serra fotovoltaica.

Tra il 2009 e il 2010, complici le tariffe incentivanti messe a disposizione del GSE per la produzione di energia delle diverse tipologie di installazioni fotovoltaiche, nonché le forme di incentivazione contenute in molti Piani di Sviluppo Rurale regionali, si sono moltiplicati sia gli studi di fattibilità di impianti fotovoltaici posti sulle falde meglio esposte delle serre, sia vere e proprie installazioni allacciate alla rete. A fronte, tuttavia, di questa proliferazione di iniziative, non si è parallelamente sviluppato un approfondito lavoro di indagine sui limiti ed i problemi che anche il solo parziale oscuramento delle falde del tetto delle serre produce sulle colture, ponendo seri dubbi sulle capacità produttive agricole di serre, almeno sulla carta, dedicate alla produzione florovivaistica, o orticola. In particolare, appare carente la disponibilità di dati circa la quantità e la qualità della luce necessaria e sufficiente a consentire la produzione di specie da ornamento, frutticole, o orticole. In particolare per le specie ornamentali è da considerare il vincolo ventennale di luminosità comunque ridotta posto dalla presenza di impianti fotovoltaici sostitutivi delle normali coperture trasparenti. Questo vincolo è importante, vista la particolare evoluzione delle colture dettata dal mercato, che usualmente è molto dinamica.

Sulla base di queste considerazioni, sono crescenti gli esempi di approccio scientifico e tecnico finalizzati alla ricerca di soluzioni tecniche per il contenimento dei consumi energetici e per la produzione di energia, compatibilmente con quella agricola e nel rispetto delle regole della condizionalità. Peraltro, l'interesse crescente verso lo sfruttamento delle serre come supporto per installazioni fotovoltaiche è anche dettato dalla notevole diffusione degli apprestamenti protetti, soprattutto nell'Europa mediterranea (figura 23) e nella loro favorevole localizzazione ed esposizione.

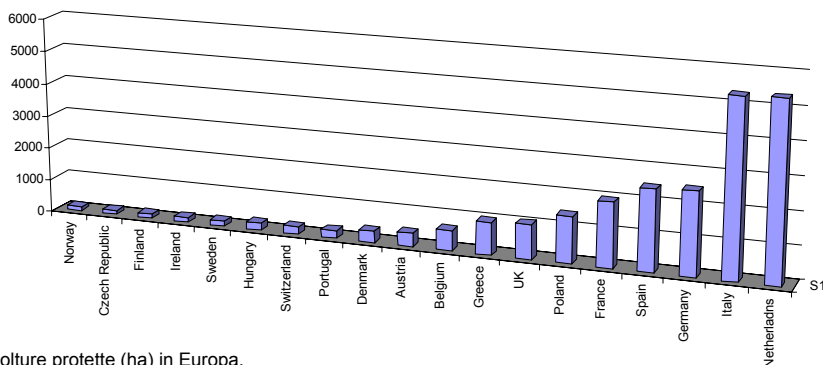


Figura 23. Colture protette (ha) in Europa.



PROGETTO

“RISPARMIO ENERGETICO
PER LE COLTURE FLORICOLE
IN AMBIENTE PROTETTO
ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI BIOMASSE”

IL PROGETTO

La Regione Liguria, considerando le problematiche legate all'incremento del costo dei combustibili fossili ed al loro impatto ambientale, ha affidato all'IRF il progetto pilota di ricerca **“Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto attraverso l'impiego di biomasse”** stanziando la cifra di 427.000 €.

Tale progetto nasce dalla necessità di molti floricoltori di ridurre i costi per il riscaldamento delle serre.

Il fenomeno della globalizzazione ha interessato anche il mercato floricolo sottoposto negli ultimi anni ad una forte concorrenza estera; in questo contesto risulta fondamentale la riduzione dei costi gestionali, tra i quali costi per il riscaldamento.

L'utilizzo della biomassa come fonte di riscaldamento in sostituzione all'attuale sistema a gasolio permette di risolvere questa esigenza unitamente a quella ambientale di riduzione delle emissioni di CO2 ed altri inquinanti e alla valorizzazione della filiera della biomassa locale.

OBIETTIVI DEL PROGETTO

L'obiettivo del progetto risulta quindi la sostituzione di impianti di riscaldamento di piccola taglia alimentati a gasolio con impianti alimentati a biomassa locale, presso aziende floricole di diverse aree regionali di appartenenza, con produzione di specie floricole diverse, attraverso il comodato d'uso gratuito della tecnologia ed a condizione di poter svolgere sugli impianti una campagna di monitoraggio nonché di sperimentazione relativamente all'uso di combustibili “alternativi”.

Il monitoraggio sugli impianti sarà:

- ✓ energetico: consumi di biomassa, energia prodotta, efficienza di trasformazione;
- ✓ ambientale: emissioni in atmosfera ed al suolo, CO2 evitata;
- ✓ economico: costo del combustibile, risparmio rispetto al gasolio, ammortamento impianto;
- ✓ aziendale: soddisfazione verso la tecnologia, logistica di approvvigionamento, manutenzione impianto.

OPERATIVITA' DEL PROGETTO

1. Individuazione delle aziende floricole.
- ✓ apertura del bando rivolto alle aziende floricole;
 - ✓ lettera di interesse di partecipazione al bando e compilazione della scheda tecnica;
 - ✓ convocazione della commissione di valutazione delle richieste;

- ✓ stesura della graduatoria di merito.
2. Individuazione tecnologia.
 - ✓ Elenco principali aziende presenti sul mercato italiano nel settore delle caldaie e dei generatori di aria calda alimentati a biomassa;
 - ✓ Allineamento tecnico/economico dei dati disponibili;
 - ✓ Scelta delle aziende a cui proporre il bando di gara;
 - ✓ Pubblicazione del bando di gara.
 3. Stesura della graduatoria di merito per individuare le aziende meritevoli.
 - ✓ Compilazione della scheda tecnica allegata alla domanda;
 - ✓ Stesura della graduatoria di merito;
 4. Stesura della graduatoria di merito per individuare le aziende per la fornitura della tecnologia.
 - ✓ Richiesta di offerta per la fornitura della tecnologia;
 - ✓ Allineamento tecnico economico delle offerte pervenute;
 - ✓ Graduatoria di merito ed assegnazione degli appalti.
 5. Incarico alle aziende vincitrici e realizzazione degli impianti.
 - ✓ Contatto tra aziende agricole e aziende fornitrici della tecnologia;
 - ✓ Formalizzazione del contratto di fornitura;
 - ✓ Installazione e messa in funzione delle macchine.
 6. Monitoraggio dell'esercizio degli impianti
 - ✓ Stesura delle procedure di monitoraggio;
 - ✓ Effettuazione della campagna di monitoraggio;
 - ✓ Risultati della campagna di monitoraggio

Nell'Agosto 2008 è stati compiuti alcuni sopralluoghi presso alcune aziende floricole delle province di Imperia e Savona che sono serviti per avere una idea più veritiera delle realtà floro-vivaistiche della Liguria, delle loro particolarità e peculiarità e delle loro problematiche soprattutto legate alla necessità di riscaldamento degli ambienti al di fuori dei periodi di naturale crescita delle varie specie coltivate.

A conclusione delle giornate di sopralluoghi venivano individuate la tipologia e la taglia dei prodotti per i quali, nei mesi successivi, richiedere le offerte economiche e la documentazione tecnica alla varie ditte produttrici presenti sul mercato.

Si è quindi deciso di richiedere documentazione per tre tipologie di prodotti:

- ✓ caldaie a cippato/pellet per la produzione di acqua calda di potenza compresa tra i 200 ed i 500 kW;
- ✓ generatori di aria calda alimentati a cippato/pellet di potenza compresa tra le 50.000 e le 120.000 kcal/h;

✓ bruciatori a biomassa (cippato/pellet) di potenzialità dai 50 a 1.000 kW in sostituzione degli attuali bruciatori a gasolio o da usare in impianti dedicati.

E' stata predisposta una scheda tecnica allegata alla domanda di partecipazione al bando da compilarsi da parte delle aziende agricole la quale ha permesso di stilare una graduatoria di merito in funzione di punteggi assegnati a ciascuna voce richiesta.

E' stato svolto un allineamento tecnico economico il quale ha permesso a cinque aziende produttrici della tecnologia di partecipare alla seconda parte del bando in cui veniva richiesta una precisa offerta applicata alle esigenze delle prime aziende della graduatoria.

Le offerte pervenute presso la sede dell'Istituto Regione di Floricoltura sono state confrontate tecnicamente ed economicamente per arrivare a una graduatoria di merito che ha permesso di associare alle aziende agricole prime nella graduatoria l'azienda produttrice della tecnologia proponente l'offerta più vantaggiosa dal punto di vista tecnico ed economico.

E' stato possibile così assegnare due caldaie per la produzione di acqua calda della potenzialità di 220 e 300 kW e tre generatori di aria calda alimentati a biomassa per una potenza complessiva di 350.000 Kcal/h per soddisfare attraverso l'utilizzo di biomassa forestale le esigenze termiche di 4 aziende agricole delle provincie di Genova, Imperia e Savona (figure 24-26).



Figura 24. Generatore di aria calda da 190.000 Kcal/h.



Figura 25. Generatore di aria calda da 80.000 Kcal/h.



Figura 26. Caldaia per la produzione di acqua calda da 200 kW.

Di seguito viene riportata la scheda tecnica allegata alla domanda del bando rivolto alle aziende agricole.

SCHEDA TECNICA
(da allegare alla domanda)

Generalità del richiedente

Cognome	
Nome	
data di nascita	
comune di residenza	
numero componenti nucleo familiare	

Sede dell'intervento

comune sede dell'intervento								
tipo di struttura								
superficie interessata dal nuovo sistema di riscaldamento [mq]								
volume interessato dal nuovo sistema di riscaldamento [mc]								
fascia climatica (*)								
tipo di coltura								
	coltura:							
temperature richieste	dal	al	coltura:	dal	al	coltura:	dal	al

Attuale sistema di riscaldamento

tipo di combustibile			
numero dispositivi			
marca dispositivo/i			
modello dispositivo/i			
potenza dispositivo/i [kW o kcal/h]			
consumi mensili combustibile ultimi tre anni (dati da allegare a parte)			
	2006	2007	2008
spesa annuale combustibile			

Stoccaggio cippato

area disponibile per lo stoccaggio del cippato [m2]	
accessibilità ultimo tratto viabilità [m larghezza]	

Impianto da finanziare

	numero	potenza
caldaia ad acqua di potenza tra i 200 ed i 300 kW		
generatori aria calda tra 80000 e 120000 kcal/h		
bruciatori a biomassa tra 50 e 350 kW		
percentuale del fabbisogno energetico coperta con l'intervento (%)		
impegno all'utilizzo di un accumulatore inerziale	SI	NO
disponibilità ad un ulteriore investimento a completamento dell'intervento [€]		

Altre iniziative impiantistiche sul risparmio energetico o sulle fonti rinnovabili già intraprese:

1)	
2)	
3)	

Altre iniziative impiantistiche sulle fonti rinnovabili da intraprendere contestualmente all'intervento in oggetto:

1)	
2)	
3)	

Altri comportamenti ecologicamente virtuosi

1)
2)
3)

% del budget dell'azienda dedicato al riscaldamento negli ultimi tre anni

2008	
2007	
2006	

disponibilità di biomassa di origine locale da destinare all'alimentazione dell'impianto [t/a]	
--	--

disponibilità al monitoraggio energetico da parte dell'ente pubblico per 5 anni	SI	NO
---	----	----

Presenza di persona dedicata alla gestione dell'impianto (referente tecnico)	SI	NO
--	----	----

Di seguito sono riportati due esempi del primo allineamento tecnico economico per individuare le aziende produttrici della tecnologia a biomassa che avrebbero partecipato al secondo bando.

	corpo caldaia	coclea biomassa	straglio fum	rimozione cenere	aspirazione	quadro controllo	sonda lambda	palitta scambiatore	monti/collaudo
BINDER 230	X	X	X	X	X	X	X	X	X (no esplicitato)
KWB 240	X	X	non presente	X	X	X	X	X	X (3000)
MEPE 350	X	X	X	su richiesta	X	X	X	non presente	???
FROLING 220	X	X	X	X	X	X	X	X	X (4658)
ETA 300	X	X	non presente	X	X	X	X	X	???
KOB 220	X	X	opzionale	X	X	X	X	X	X (4600)
FERROLI S 350	X	X	X	X	X	X	non presente	non presente	???
FERROLI 250	X	X	X	X	X	X	non presente	non presente	???

incluso nel totale

	corpo caldaia	coclea biomassa	straglio fum	rimozione cenere	aspirazione	quadro controllo	sonda lambda	palitta scambiatore	monti/collaudo
BINDER 300	X	X	X	X	X	X	X	X	X (no esplicitato)
SAN HELL 300	X	X	non presente	X	X	X	X	X	X (4000)
KWB 300	X	X	non presente	X	X	X	X	X	X (3000)
MEPE 360	X	X	X	su richiesta	X	X	X	non presente	???
FROLING 320	X	X	X	X	X	X	X	X	X (4658)
KOB 300	X	X	opzionale	X	X	X	X	X	X (4800)

incluso nel totale

Il monitoraggio in attuazione sui parametri energetici ed ambientali relativi al funzionamento delle caldaie installate permetterà di capire quali sono nei casi specifici le criticità di impianti comunque delicati come quelli a biomasse.

Si è cercato con questo progetto di venire incontro alle difficoltà economiche incontrate dalle aziende floricole per poter essere competitive nel mercato globale e per incentivare un metodo di riscaldamento più economico e che possa sviluppare la filiera del legno locale.

Per raggiungere il massimo grado di efficienza è quindi necessario svolgere un'azione di monitoraggio costante ed efficace sui parametri relativi alla biomassa, sui parametri energetici che evidenziano il funzionamento della caldaia e sui parametri che identificano il gradimento ed il grado di soddisfazione del-

l'utente nei confronti del nuovo impianto che necessariamente, rispetto a quello a gasolio, richiede un maggior impegno nell'esercizio e nella manutenzione. Rispetto all'aspetto economico, viene riportato di seguito un esempio di business plan di un'iniziativa come quella proposta per il riscaldamento di una serra di 2000 m² nell'ipotesi che non si ricevano incentivi di carattere pubblico. In questo caso l'investimento si ripaga nell'arco di 10 anni di esercizio dell'impianto; questo dato è migliorabile se si aumentassero le ore stagionali di funzionamento, diminuendo i consumi e utilizzando un combustibile di maggiori qualità.

dati BUSINESS PLAN	
potenza nominale caldaia a cippato (kW)	250
ore di funzionamento stagionali (8 h/g per 100gg)	800
superficie serra (m ²)	2000
contenuto idrico cippato (w)	40%
potere calorifico inferiore (kJ/kg)	10000
consumo di biomassa (kg/h)	90
costo cippato (€/q)	7
consumo medio gasolio (l/m ² anno)	12
costo gasolio (€/l)	0,66
costo indicativo caldaia (€)	40000
costo indicativo stoccaggio (90 m ³)	15000
costo indicativo accumulo termico (5000l)	10000
costi aggiuntivi (€)	5000
costo totale impianto	70000
costo del denaro supposto fisso	5%

anno	1	2	3	4	5	6	7
impianto	70000	0	0	0	0	0	0
cippato	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
manutenzione	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
costo del denaro	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
risparmio consumo gasolio evitato	15840	15840	15840	15840	15840	15840	15840
flusso di cassa	-63200	-56400	-49600	-42800	-36000	-29200	-22400
anno	8	9	10	11	12	13	14
impianto	0	0	0	0	0	0	0
cippato	5040	5040	5040	5040	5040	5040	5040
manutenzione	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
costo del denaro	2000	2000	2000	2000			
risparmio consumo gasolio evitato	15840	15840	15840	15840	15840	15840	15840
flusso di cassa	-15600	-8800	-2000	4800	13600	22400	31200



Istituto Regionale per la Floricoltura

Via Carducci, 12 – 18038 Sanremo

Tel 0184 535149 Fax 0184 542111

E mail irf@regflor.it

Stampato nel mese di Luglio 2010 presso:
Art&Stampa - Via Astraldi, 16 - Sanremo (IM)
Impaginazione: K Grafike



*Ministero per le Politiche Agricole
Alimentari e Forestali*



Istituto Regionale per la Floricoltura

Via Carducci, 12 – 18038 Sanremo

Tel. 0184 535149 Fax 0184 542111

E-mail: irf@regflor.it