



**Progetto Agroener
Convegno finale**

Roma, 29-30 novembre 2023

Strategie per la diagnosi energetica e la riduzione dei consumi in serra

Tasks 1.7 e 1.8 del Progetto AGROENER

Massimo Brambilla, Marco Fedrizzi

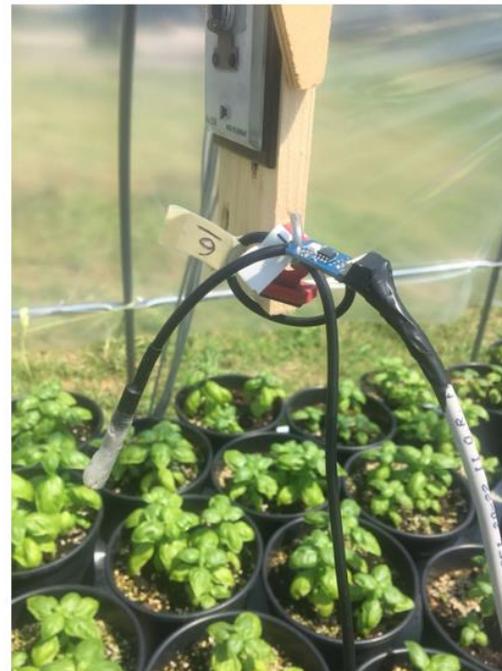
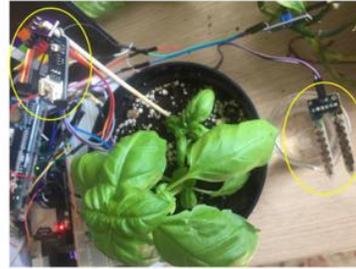
CREA Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari

PARTECIPANTI:

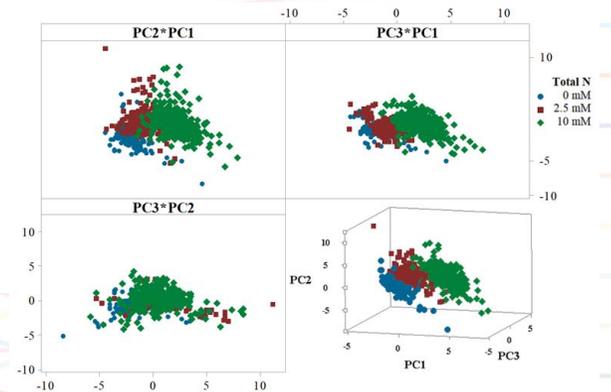
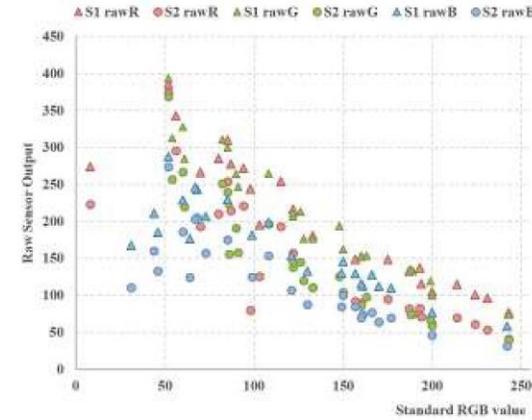
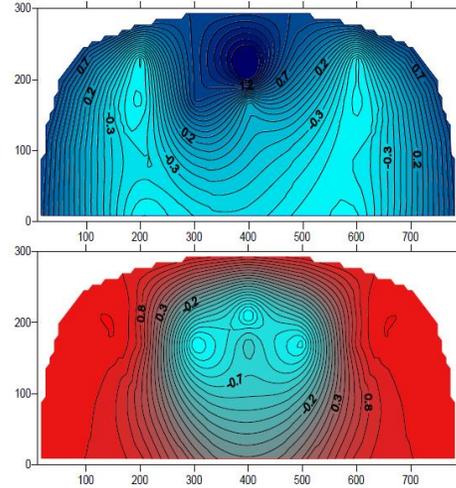
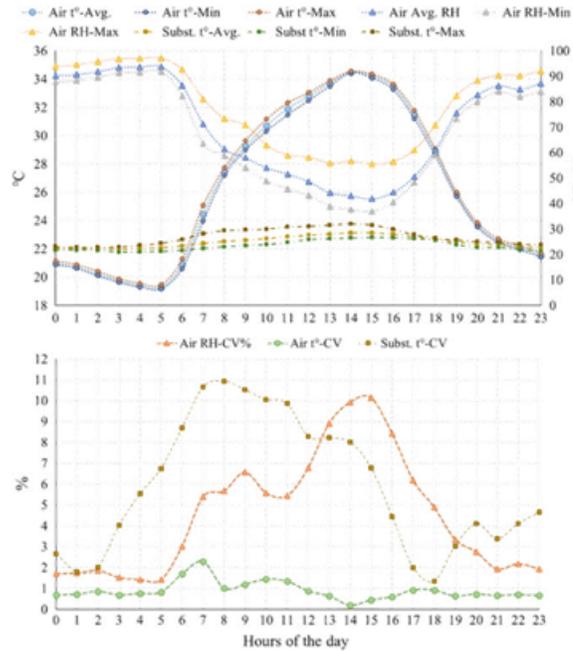
- Elio Romano
- Massimo Brambilla
- Pietro Toscano
- Carlo Bisaglia
- Maurizio Cutini
- Gianluigi Rozzoni
- Ivan Carminati
- Alex Filisetti
- Elia Premoli
- Stefano Basile
- Annamaria Stellari



- Sistema dinamico di simulazione per individuare, nel tempo, le variabili che maggiormente influiscono sul bilancio energetico della struttura produttiva.
- Predisposizione di un software di supporto alle decisioni finalizzate all'ottimizzazione energetica della struttura tramite visualizzazione con applicazione informatica (App) consultabile su smartphone e tablet.



Valutazione
preliminare della
sensoristica
disponibile e del
sistema di
elaborazione



A Method to Implement a Monitoring System Based on Low-Cost Sensors for Micro-environmental Conditions Monitoring in Greenhouses



Elio Romano, Massimo Brambilla, Pietro Toscano and Carlo Bisaglia

Precision Agriculture
<https://doi.org/10.1007/s11119-020-09752-0>



Application of a low-cost RGB sensor to detect basil (*Ocimum basilicum* L.) nutritional status at pilot scale level

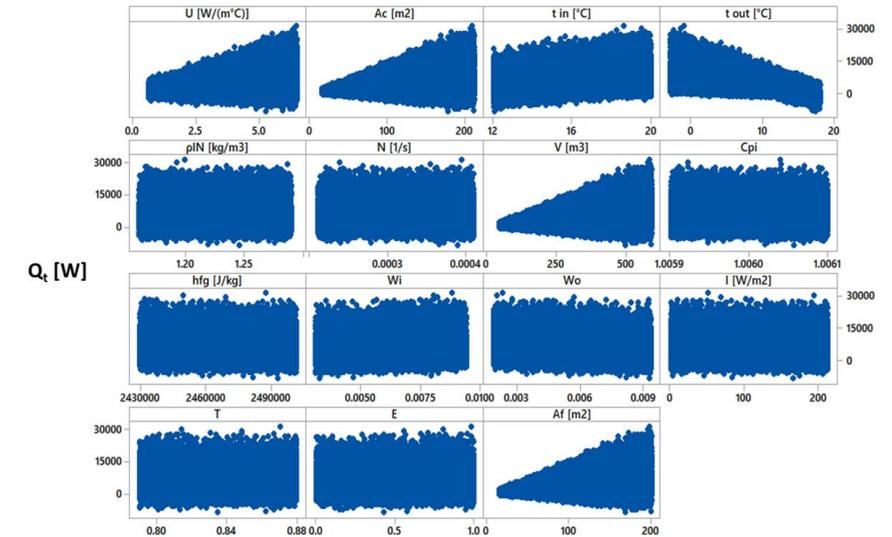
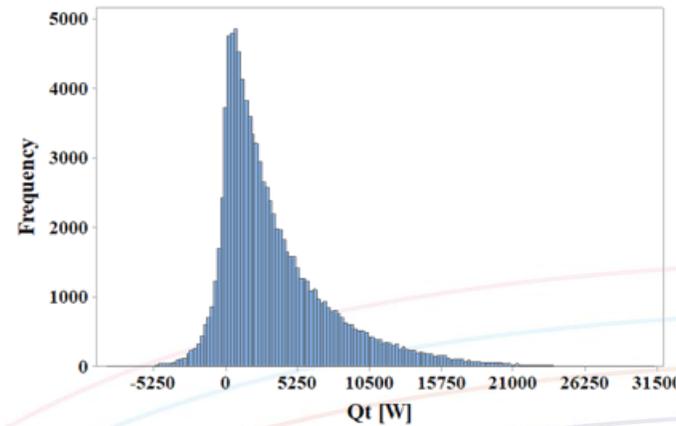
Massimo Brambilla¹ · Elio Romano¹ · Marina Buccheri² · Maurizio Cutini¹ · Pietro Toscano¹ · Sonia Cacini³ · Daniele Massa³ · Serena Ferri⁵ · Danilo Monarca⁵ · Marco Fedrizzi⁴ · Gianluca Burchi³ · Carlo Bisaglia¹

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020



Standard ASAE EP406.4/08: la perdita complessiva di calore dalla serra (Q_t) come funzione delle perdite di calore per radiazione, conduzione e convezione (Q_{rc}), per infiltrazione (Q_i) al netto del calore proveniente dalla radiazione solare (Q_s)

$$Q_t = Q_{rc} + Q_i - Q_s \text{ [W]}$$



Standards:

- ASAE EP 460/01 (ASAE, 2001)
- ASAE D271.2/99 (ASAE, 1999)
- ASHRAE (2012)

MCA ↗

Le variabili che incidono maggiormente sulla perdita di calore della serra oggetto di studio sono tre (ad es. il coefficiente di trasferimento globale, la superficie della copertura e la temperatura esterna).

21 nodi trasmettitori (TX) con sensori di:

- temperatura
- Umidità
- Luce
- Temperatura matriciale

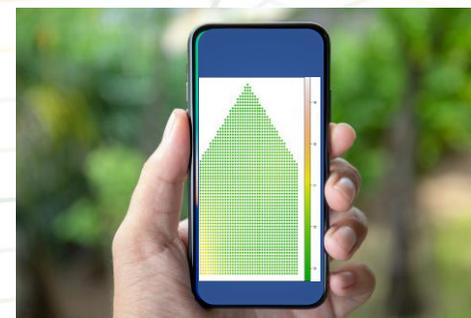
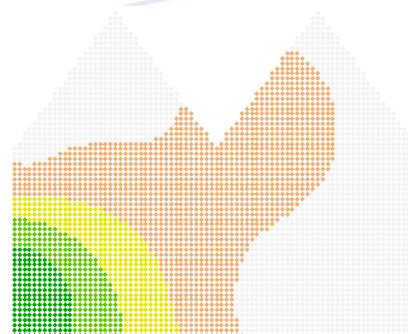
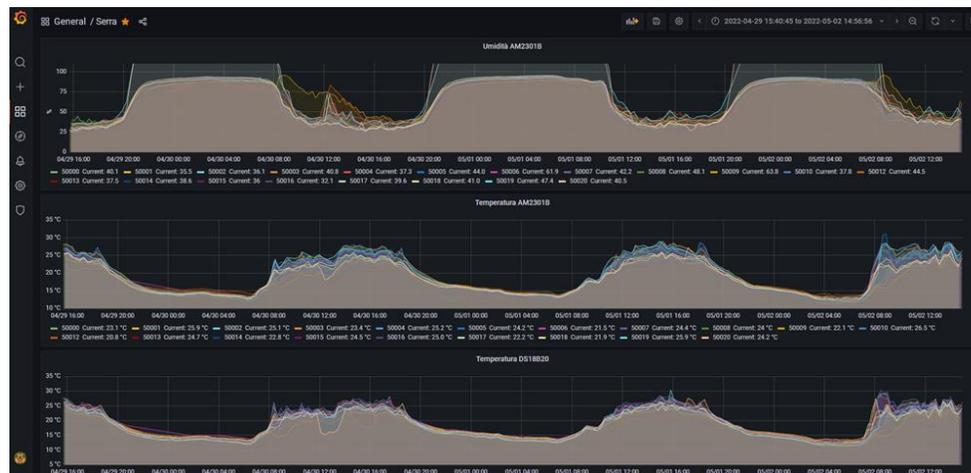
1 nodo ricevitore (RX) LoRa con:

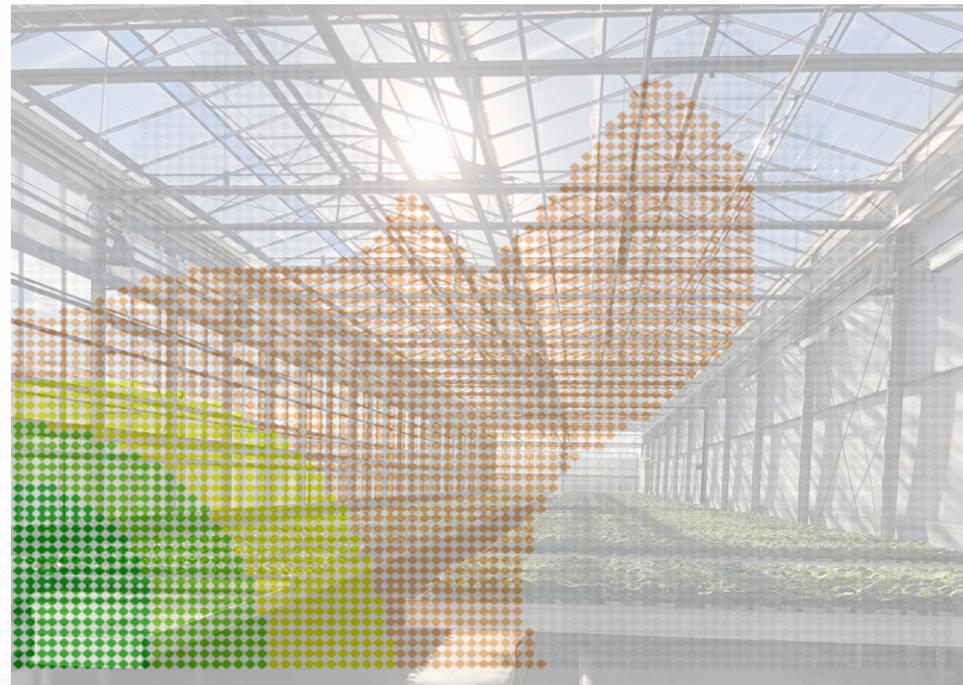
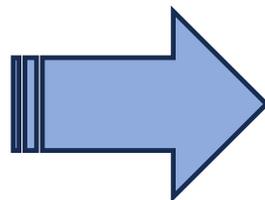
- Datalogger
- Scheda WiFi

Trasmissione a Piattaforma di visualizzazione

Invio a Server per conservazione dei dati e processo di elaborazione.

Invio a dispositivo mobile o PC desktop





Augmented Reality for the Management of Microclimate Variability in Greenhouses

1st Elio Romano
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
elio.romano@crea.gov.it
0000-0001-9418-328X

4th Alex Filisetti
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
alex.filisetti@crea.gov.it

2nd Carlo Bisaglia
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
carlo.bisaglia@crea.gov.it
0000-0002-2699-0757

5th Elia Premoli
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
elia.premoli@crea.gov.it

3rd Andrea Lazzari
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
andrea.lazzari@crea.gov.it
0000-0002-1347-0146

6th Massimo Brambilla
CREA-IT
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria
(CREA), Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Treviglio (BG), Italy
massimo.brambilla@crea.gov.it
0000-0002-0998-0522

Progetto AGROENER

task 1.8 : Riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle serre

Partecipanti e collaboratori:

Unità operativa CREA-IT

Dott. Carlo Bisaglia
Dott. Massimo Brambilla
Dott. Vincenzo Civitarese
Dott. Corrado Costa
Ing. Maurizio Cutini
Dott. Marco Fedrizzi
Ing. Simone Figorilli
Dott. Mauro Pagano
Dott. Elio Romano
Dott. Giulio Sperandio
Dott. Alessandro Orlandini, assegnista di ricerca

Unità operativa CREA-OF

Dott. Gianluca Burchi
Dott.ssa Sonia Cacini
Dott. Daniele Massa
Dott. Ing. Chiara Terrosi, dottoranda di ricerca, Università della Tuscia (VT)

Consumo annuale di energia dei sistemi serra

In Italia in riferimento alla superficie delle serre permanenti

per il solo riscaldamento

si stima un consumo pari a 58,3-96,6 kWh/anno*m²

Elaborazione di dati da fonte "Risparmio energetico e biomasse agroforestali per il riscaldamento delle serre" E.NA.MA: Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola

Possibilità di contenimento dell'incidenza del consumo e costo dell'energia

- **aumento dell'efficienza** di utilizzo dell'energia
- **riduzione del consumo** di energia

Possibilità di ottimizzazione dei sistemi di distribuzione del calore

Uniformità di distribuzione del calore alla coltura
Riduzione delle perdite di calore dalla serra
Erogazione del calore vicino alle piante
Utilizzo di sistemi di distribuzione a bassa temperatura

Le attività di ricerca e le prove sperimentali sono state condotte presso la sede
CREA-OF di Pescia (PT)



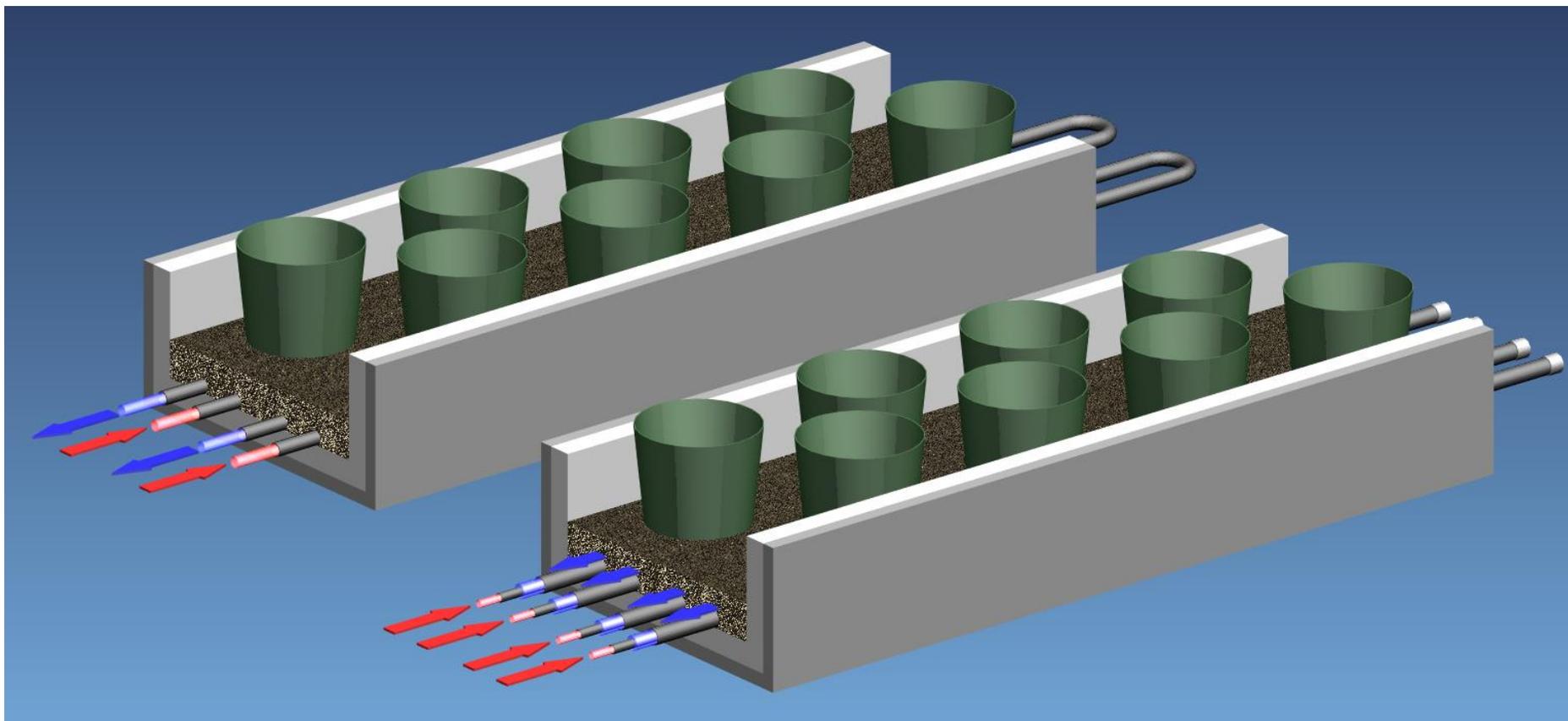
Caratteristiche della serra che ha ospitato le prove

struttura in tubi in acciaio zincato
campata larga 10 m
pareti verticali di 2,2 m
altezza 3,7 m
lunghezza 39 m
volume di 1150 m³
copertura a falde piane in policarbonato
apertura motorizzata al colmo automatizzata



Nei bancali della serra sono stati realizzati due impianti indipendenti di riscaldamento basale con elementi brevettati per accoppiamento coassiale delle tubazioni radianti (brevetto 1351132)





Rendering degli impianti di riscaldamento basale
(tradizionale a sinistra, coassiale a destra)

FRECCE ROSSE = flusso acqua di mandata dal generatore di calore
FRECCE BLU = flusso acqua di ritorno



Ciascuno dei due impianti offriva la possibilità di essere collegato:

- 1) ad una caldaia alimentata con GPL
- 2) ad una pompa di calore alimentata con energia elettrica

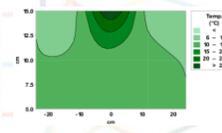
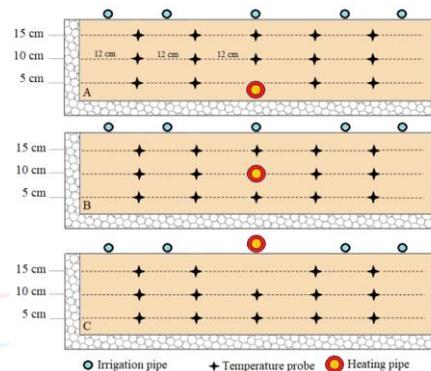
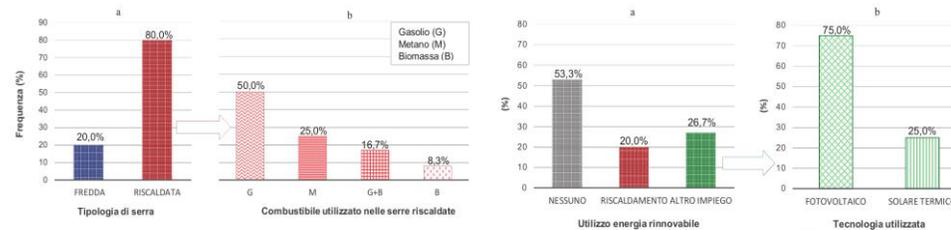


Attività svolte

Indagine preliminare a Pistoia e Lucca per conoscere tipologia e diffusione dei sistemi di riscaldamento delle serre

Studio dell'effetto del riscaldamento basale sul livello di temperatura media e sulla perdita di calore dalla serra

Test di valutazione delle capacità delle tubazioni coassiali come sistema alternativo di riscaldamento prossimale nella coltivazione di basilico

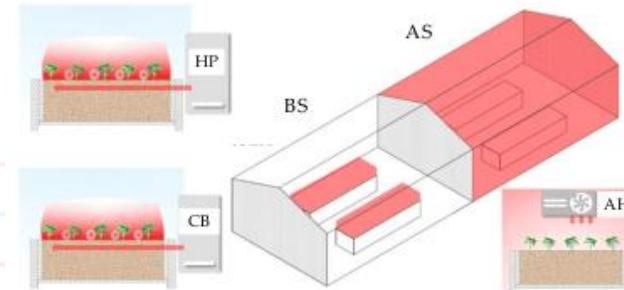
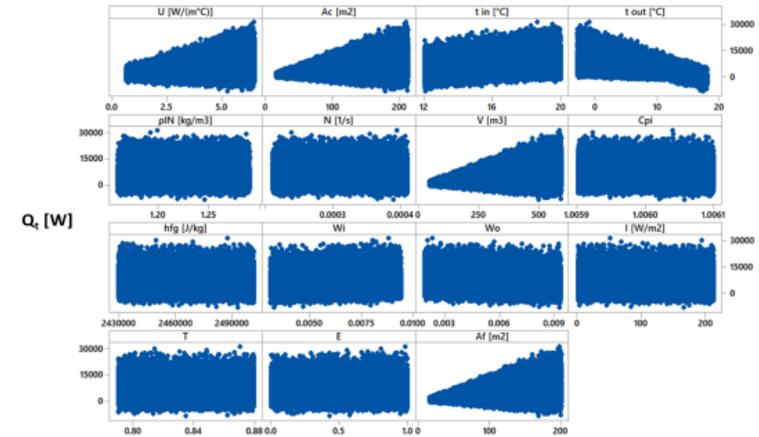


Analisi di sensibilità di un'equazione modificata
per la valutazione della domanda di energia della
serra

Valutazione dei consumi energetici della pompa di
calore nel riscaldamento basale nella coltivazione di
ortaggi a foglia

Prove di applicazione di un sensore RGB a
basso costo per il rilievo non distruttivo dello
stato nutrizionale del basilico

Dispositivo IoT LoRaWAN per la misurazione
del consumo di energia elettrica nella
floricoltura in serra



Open Day AGROENER

1 dicembre 2017



Evento divulgativo

Open day AGROENER Soluzioni innovative per la gestione della temperatura nelle colture protette ai fini del risparmio energetico

1 dicembre 2017 presso
CREA Centro di ricerca
Orticoltura e Florovivaismo
Via dei fiori, 8 Pescia (PT)

Soluzioni innovative per la gestione della temperatura nelle colture protette ai fini del risparmio energetico

CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, sede di Pescia
c/o Sala Convegni Moreno Bambi - Via dei Fiori 8, 51017 Pescia (PT)

Programma

09:00 Registrazione dei partecipanti

09:15 Saluti del Direttore del CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Dr. Teodoro Cardì

09:30 *Il Progetto AGROENER* - Dr. Paolo Menesatti, Direttore del CREA Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari

09:45 *L'efficienza energetica nelle colture protette* - Dr. Carlo Bisaglia, Responsabile di sede del CREA Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, sede di Treviglio

10:00 *Riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle serre* - Dr. Marco Fedrizzi, CREA Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, sede di Monterotondo

10:15 *Stato dell'arte e criticità dei sistemi di riscaldamento utilizzati in coltura protetta: risultati di un'indagine preliminare* - Ing. Chiara Terrosi, Ph.D student, CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo e Università degli Studi della Toscana

10:30 *Applicazione di tecnologie innovative per il risparmio energetico nella coltivazione del basilico in coltura protetta nella stagione invernale* - Dr. Daniele Massa, CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, sede di Pescia

10:45 *Applicazione di tecniche non distruttive per la valutazione della qualità nei prodotti ortofloricoli* - Dr.ssa Serena Ferri, Ph.D student, Università degli studi della Toscana

11:00 Visita agli impianti sperimentali del Progetto AGROENER installati presso il CREA sede di Pescia

11:45 **Discussione e chiusura dei lavori**

Al termine dei lavori sarà offerto un aperitivo

Ingresso libero

È gradita registrazione al seguente contatto: Sonia Cacini: tel. 0572 451033 (dalle ore 09:00 alle 13:30)
e-mail: sonia.cacini@crea.gov.it

Ai partecipanti iscritti all'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali, saranno riconosciuti 0,375 CFP

Ai partecipanti iscritti all'albo Periti Agrari e Periti Agrari Laureati, saranno riconosciuti 3 CFP

Comitato scientifico

Paolo Menesatti, Carlo Bisaglia, Marco Fedrizzi, Gianluca Burchi, Massimo Brambilla, Maurizio Cutini, Daniele Massa, Sonia Cacini, Chiara Terrosi, Serena Ferri, Danilo Monarca, Andrea Colantoni, Mauro Pagano

Comitato organizzativo

Gianluca Burchi, Daniele Massa, Sonia Cacini, Chiara Terrosi

Corsi di Dottorato di ricerca dell'Università degli studi della Tuscia di Viterbo

Dipartimento - DAFNE

Corso di dottorato di ricerca in Scienze delle produzioni vegetali e animali

Tesi: Riduzione dei consumi di energia per il riscaldamento delle serre (AGR09)

Coordinatore del corso: Prof.ssa Stefania Masci

Direttore di tesi: Dott. Gianluca Burchi (CREA-OF)

Dipartimento – DEIM

Corso di dottorato di ricerca in Engineering for energy and environment

Tesi: Tecnologie innovative per le colture in ambiente protetto (AGR09)

Coordinatore del corso: Prof. Danilo Monarca

Direttore di tesi: Dott. Gianluca Burchi (CREA-OF)

Prospettive di ricerca

Le esperienze condotte nella task possono rappresentare un riferimento per progetti di ricerca nell'ambito del processo di transizione energetica finalizzati ad estendere l'utilizzo di energia elettrica in agricoltura

Un valore aggiunto è rappresentato dalla possibilità di utilizzare energia dall'agrivoltaico e dalla valorizzazione delle biomasse residuali per sfruttare la particolare dinamica di comportamento delle tubazioni coassiali

Pubblicazioni

Brambilla M., Romano E., Cutini M., Fedrizzi M., Pagano M., Burchi G., Cacini S., Massa D., Terrosi C., Bisaglia C. **Effect of bench heating on growing medium temperature and heat loss from a greenhouse in wintertime** Proceedings of the European Agricultural Conference “New engineering concepts for a valued agriculture”, 8-12 July, Wageningen, the Netherlands, Wageningen University and Research, Edited by Groot Koerkamp, P.W.G., Lokhorst, C., Ipema, A.H., Kempenaar, C., Groenestein, C.M., van Oostrum, C.G., and Ros, N.J., 2018, Published by Wageningen University & Research <https://doi.org/10.18174/471679>

Terrosi C. **Riscaldamento colture protette: stato dell'arte e prospettive**. Il floricultore 2018, 55(7-8), pp. 44-47

Terrosi C., Cacini S., Massa D., Fedrizzi M., Costa C., Cutini M., Brambilla M., Burchi G. **Valutazione di un sistema innovativo di riscaldamento basale per la coltivazione invernale in serra di piante orticole** XII giornate Scientifiche SOI, Acta Italus Hortus n° 23 pag. 37

Brambilla M., Romano E., Cutini M., Fedrizzi M., Pagano M., Burchi G., Cacini S., Massa D., Terrosi C., Bisaglia C. **Sensitivity analysis of a modified equation for greenhouse energy demand assessment** Proceedings of the European Agricultural Conference “New engineering concepts for a valued agriculture”, 8-12 July, Wageningen, the Netherlands, Wageningen University and Research, Edited by Groot Koerkamp, P.W.G., Lokhorst, C., Ipema, A.H., Kempenaar, C., Groenestein, C.M., van Oostrum, C.G., and Ros, N.J., 2018, Published by Wageningen University & Research <https://doi.org/10.18174/471679>

Fedrizzi M., Terrosi C., Cacini S., Burchi G., Cutini M., Brambilla M., Bisaglia C., Figorilli S., Costa C., Massa D. **Evaluation of coaxial pipes for basal heating as alternative for energy saving in heating system for leafy vegetables** Biosystem Engineering for sustainable agriculture, forestry and food production, Conference Proceedings Book, International Mid-Term Conference 2019, Italian Association of Agricultural Engineering (AIIA) Potenza/Matera, University of Basilicata, September 12-13, 2019

Terrosi C., Cacini S., Burchi G., Cutini M., Brambilla M., Bisaglia C., Massa D., Fedrizzi M. **Evaluation of Compressor Heat Pump for Root Zone Heating as an Alternative Heating Source for Leafy Vegetable Cultivation** Energies. 2020; 13(3):745. <https://doi.org/10.3390/en13030745>

Pubblicazioni

Orlandini A., Cacini S., Brambilla M., Burchi G., Cutini M., Fedrizzi M., Massa D., Ceccarelli A.V., Cardarelli M. **Assessment of a Trichoderma-based biostimulant on two bedding plant growth in different growing media and within a basal heating system** Convegno "I traguardi di Agenda 2030 per l'ortoflorofrutticoltura italiana" XIII Giornate Scientifiche della Società di Ortoflorofrutticoltura Italiana, Università degli Studi di Catania, Catania, 22-23 giugno 2021

Brambilla M., Romano E., Buccheri M., Cutini M., Toscano P., Cacini S., Massa D., Ferri S., Monarca D., Fedrizzi M., Burchi G., Bisaglia C. **Application of a low-cost RGB sensor to detect basil (*Ocimum basilicum* L.) nutritional status at pilot scale level** Precision Agriculture 22, 734-753 (2021) <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09752-0>

Cacini S., Burchi G., Massa D., Bisaglia C., Cutini M., Brambilla M., Fedrizzi M., 2022, **Riscaldamento basale di colture in serra tramite l'utilizzo di pompe di calore**, Terra e Vita, 36

Cacini S., Burchi G., Massa D., Bisaglia C., Cutini M., Brambilla M., Terrosi C., Orlandini A., Fedrizzi M. **Prove di utilizzo di pompe di calore in ortofloricoltura in ambiente protetto** 1° Convegno Nazionale Orticoltura e Floricoltura, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agroambientali dell'Università di Pisa, 14-16 Giugno 2022, Book of abstract pag 70, ISBN 9788895613574

Cacini S., Orlandini A., Burchi G., Cutini M., Brambilla M., Bisaglia C., Massa D., Fedrizzi M. 2022 **Enhancement of Mediterranean Greenhouses facilities: Heat Power Pump assessment for Bedding Plant Production by Coaxial Basal Heating** AIIA International Conference: "BIOSYSTEM ENGINEERING TOWARDS THE GREEN DEAL". Improving the resilience of agriculture, forestry and food systems in the post-Covid era" 19-22 Settembre 2022 www.aidic/aiaa2022 BOOK OF ABSTRACTS pag. 126

Lazzari A., Bragaglio A., Bisaglia C., Brambilla M., Giovinazzo S., Filisetti A., Fedrizzi M., Figorilli S., Vasta S., Tocci F., Cacini S., Cutini M. **IoT LoRaWAN Device for Measuring Electrical Consumption in Agricultural Sector: Installation in Dairy Farming and Greenhouse Floriculture** VII International Conference on Safety, Health, and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems Ragusa SHWA. 6-9 September 2023, Ragusa Ibla, Italy

Romano E., Bisaglia C., Lazzari A., Filisetti A., Premoli E., Brambilla M. 2023. **Augmented Reality for the Management of Microclimate Variability in Greenhouses** Proceedings of the 2023 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (IEE MetroAgrifor 2023), Pisa: 6-8 November, 2023. Pages: 811-814. IEEE Catalog Number: CFP23U22-USB, ISBN: 979-8-3503-1271-3

Un particolare ringraziamento ai colleghi delle sedi CREA-OF di Pescia e CREA-IT di Treviglio per il supporto fornito, la disponibilità e la cordiale accoglienza dimostrata durante gli anni di sviluppo del progetto





Grazie per l'attenzione