



GEO TERMIA PER LE SERRE

SONO SEMPRE PIÙ NUMEROSE LE AZIENDE AGRICOLE CHE RICORRONO ALLE ENERGIE RINNOVABILI PER ELIMINARE, IN PARTE O DEL TUTTO, I COMBUSTIBILI FOSSILI: ECCO L'ESEMPIO DI UN PROGETTO BASATO SULLA GEOTERMIA APPLICATO ALLE COLTIVAZIONI IN SERRA.

L'agricoltura è il settore produttivo che utilizza meno energia in assoluto. Senza considerare i consumi per la produzione dei mezzi tecnici necessari alle lavorazioni, i dati indicano circa il 2% del totale a livello mondiale (fonte: World Energy Council); nei paesi UE il consumo è mediamente del 3,3% (fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente), mentre in Italia il dato si attesta al 2,3% (fonte: Enea).

Ciò nonostante, il tema dell'energia è fra i più interessanti per il settore non solo per le aspettative legate alla possibilità di utilizzare alcuni prodotti e gli scarti delle lavorazioni per la

produzione di energia (biomasse e biocombustibili, etc.), ma anche per quanto attiene le politiche di contrasto al cambiamento climatico – fenomeno che colpisce soprattutto le coltivazioni. Secondo la FAO, oltre la metà dei principali gas responsabili dell'effetto serra (anidride carbonica, metano, ossidi dell'azoto) prodotti dalle attività umane sono riconducibili agli allevamenti intensivi e all'uso dei fertilizzanti chimici – senza considerare i danni provocati dalla deforestazione mirata ad aumentare le superfici coltivabili. Si tratta di problematiche complesse e di portata globale che - almeno in

Europa e soprattutto in Italia - devono tenere conto delle numerose e articolate realtà territoriali e aziendali - fattore determinante non solo dal punto di vista economico ed energetico, ma anche sotto il profilo ambientale e paesaggistico.

Curato dallo Studio Associato Grazianni Sparapani e premiato durante il SIE 2015, il progetto per il nuovo impianto geotermico e fotovoltaico dell'Azienda Agraria Ciucciovè Pietro di Montecassiano (Macerata) affronta solo un aspetto delle relazioni fra agricoltura - in questo caso a indirizzo orto-florovivaistico - ed energia.



Le colture in serra dell'Azienda Agraria Ciucciovè Pietro di Montecassiano sono state recentemente dotate di un impianto geotermico al servizio di unità rooftop per la climatizzazione (Studio Associato Graziani Sparapani).



(In alto) Le unità rooftop sono normalmente installate all'aperto, perciò in condizioni meteorologiche e climatiche avverse quali sono quelle che si registrano all'interno delle serre, a causa dell'alta temperatura e dei livelli di umidità (Studio Associato Graziani Sparapani).

(Sopra) Tutti collegati a una rete ethernet, i sistemi di regolazione del funzionamento a bordo delle unità rooftop si occupano di modulare la potenza e la portata dell'aria in funzione delle temperature esterne (Studio Associato Graziani Sparapani).

Obiettivi dichiarati dell'intervento sono infatti l'incremento della produttività delle colture - messe anche in sicurezza rispetto agli estremi climatici - e la riduzione al minimo indispensabile della dipendenza dalle fonti fossili, in questo caso i combustibili liquidi, precedentemente utilizzati per il riscaldamento invernale delle serre.

Le condizioni al contorno

La coltivazione in serra è la modalità più diffusa per ricreare, durante l'intero arco dell'anno, le condizioni climatiche favorevoli alla crescita delle piante. Le serre sono ambienti confinati nei quali, sia per effetto dell'irraggiamento solare diretto, sia grazie a veri e propri impianti di climatizzazione, vengono mantenute le condizioni termoigrometriche ideali alle diverse specie vegetali.

In questo caso il progetto - completato circa due anni fa - ha interessato la realizzazione di nuove serre, con i relativi impianti, e l'adeguamento degli impianti delle serre esistenti, per un totale di 60 vivai destinati a ortaggi e piante da fiore, essenze particolarmente sensibili agli sbalzi di temperatura.

Prima dell'intervento i consumi medi per il riscaldamento delle serre ammontavano a:

- 800÷1.000 quintali di gasolio agricolo, acquistato a circa 1 euro/l per una spesa complessiva pari a 80.000÷100.000 euro all'anno;
- 90.000 kWh di energia elettrica, per una spesa complessiva di circa 20.000 euro all'anno.

In generale, la possibilità di allineamento del prezzo del gasolio agricolo a quello - decisamente superiore - del

I PROTAGONISTI DELL'IMPIANTO

Committente

Azienda agricola Ciucciovè

Progetto

Studio Associato Graziani Sparapani

Impianti termomeccanici, direzione lavori

ing. Andrea Graziani

Impianti elettrici

Pi. Fabio Molinari, ing. Andrea Sparapani

Realizzazione delle sonde

Geotermia srl

Installazione impianti

Idraulica Bartomucci Gianmario

I fornitori

Unità rooftop: Climaveneta, Clivet

Stabilizzatori automatici di portata,

valvole di bilanciamento: Caleffi

Elettropompe: Wilo

Sistema di monitoraggio e supervisione: ABB

Precisione Fluid



Sono state complessivamente installate 6 unità rooftop condensate ad acqua che, grazie alla geotermia, restituiscono COP molto elevati, più altre 3 rooftop condensate ad aria, per un totale di circa 900 kW (Studio Associato Graziani Sparapani).

gasolio per autotrazione ha rappresentato una delle principali motivazioni economiche del progetto. Negli anni successivi all'intervento il prezzo del combustibile è invece diminuito: i conseguenti aggiornamenti del business plan hanno comunque restituito una notevole convenienza economica per l'azienda.

Il calcolo del fabbisogno energetico è stato basato sulla stima dei carichi termici invernali alle condizioni minime di progetto introducendo, data la specificità dell'applicazione, un ragguardevole margine di sicurezza. Ecco le condizioni ambientali di riferimento (inverno):

- temperatura minima esterna -10 °C;
- temperatura media interna 18 °C;
- u.r. massima interna 90%.

Il progetto in sintesi

Per garantire un efficiente riscaldamento delle serre anche in caso di bassissime temperature notturne - condizione essenziale per la sopravvivenza di alcune specie piante - e mantenere i consumi elettrici a livelli contenuti anche in caso di funzionamento in regime continuo, i progettisti hanno individuato:

- nella risorsa geotermica la fonte di calore più conveniente e sicura (alcune delle caldaie preesistenti sono state mantenute fino all'anno successivo, come backup, e poi smantellate);
- nell'energia fotovoltaica e, durante la notte, in quella proveniente dalla rete, la fonte di elettricità necessaria al funzionamento dell'impianto.

L'idea alla base del progetto prevede perciò l'utilizzazione di una fonte caratterizzata da basso costo e alte rese - minimizzando i consumi e autoconsumando, quando possibile, energia prodotta da fonte rinnovabile - a garanzia dell'efficienza complessiva e di una maggiore indipendenza energetica dell'azienda.

L'analisi del progettista

L'ing. Andrea Graziani ha curato il progetto degli impianti termomeccanici e la direzione dei lavori: «Oltre al collega Andrea Sparapani, nello studio associato operano altri sei tecnici impegnati nei settori dell'ingegneria impiantistica termotecnica, elettrica e antincendio in ambito civile, in particolare con progetti di riqualificazione, produttivo ed energetico.

Il progetto per l'azienda Ciucciovè è nato nel contesto del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013 promosso dalla Regione Marche, che comprendeva interventi per il territorio comunale di Montecassiano, con l'obiettivo di eliminare completamente l'uso dei combustibili fossili - in particolare il gasolio - per la climatizzazione delle serre.

La riduzione dei consumi è stata perseguita sia contenendo il fabbisogno dell'energia primaria, sia le emissioni in atmosfera, anche allo scopo di permettere all'azienda la valorizzazione del proprio approccio ecosostenibile sul mercato dei prodotti agricoli. Il progetto è stato perciò integrato da un piano economico finalizzato al rientro dell'investimento, le cui previsioni sono state rispettate con piena soddisfazione del committente».

Quali complessità hanno caratterizzato l'attività progettuale?

«La ricerca delle condizioni microambientali interne alle serre è stato uno degli elementi che abbiamo maggiormente approfondito. Ogni coltura presenta infatti proprie condizioni termometriche ottimali,

che ne favoriscono lo sviluppo vegetativo e, di conseguenza, la resa in termini di quantità e qualità dei prodotti agricoli. Abbiamo valutato con attenzione tutte le possibili variabili, considerando ad esempio la localizzazione delle serre - situate a fondovalle nei pressi di un corso d'acqua, perciò in una zona più soggetta a basse temperature invernali rispetto alla media delle condizioni meteorologiche del territorio di riferimento. Inoltre, tali condizioni devono necessariamente essere assicurate per l'intera durata del ciclo produttivo. È sufficiente una sola nottata di freddo intenso per perdere gran parte se non tutta la produzione, con un conseguente danno economico per l'azienda. Avevamo perciò la necessità di garantire la massima affidabilità nel funzionamento dei sistemi impiantistici.

La scelta di impiegare un campo di sonde geotermiche per produrre il fluido termovettore da utilizzare negli impianti ha permesso di fronteggiare al meglio il fabbisogno termico stimato, in una zona caratterizzata dall'assenza di falde in grado di fornire un sufficiente apporto di acqua per usi tecnici».

Quali difficoltà avete incontrato dal punto di vista pratico e come le avete risolte?

«La prima incognita affrontata - riprende l'ing. Graziani - era legata all'effettiva funzionalità delle sonde. Abbiamo perciò eseguito un ground

Il progettista e direttore lavori, ing. Andrea Graziani, Studio Associato Graziani Sparapani.



Il dimensionamento del carico termico è stato effettuato considerando come parametro di riferimento una serra-tipo (superficie in pianta 1.000 m²), esposta sui 4 lati, e ha restituito i seguenti risultati:

- fabbisogno termico 100 kW;
- densità di potenza superficiale 100 W/m²;
- densità di potenza volumica 35 W/m³.

È stato così ipotizzato un impianto di notevole potenza (circa 900 kWt), composto da 90 sonde verticali (profondità 100÷120 m), che fornisce acqua glicolata per lo scambio termico necessaria alla condensazione delle unità di trattamento dell'aria preposte alla climatizzazione delle serre.

In luogo dei vecchi generatori di aria calda, i progettisti hanno privilegiato l'impiego di unità rooftop - una tipologia di macchine normalmente installata all'aperto, perciò in condizioni meteorologiche e climatiche avverse inadatte alle UTA tradizionali - in grado di:

- fornire 100 kW per ogni serra tipo

alle condizioni minime di temperatura esterna, mantenendo 18 °C nelle serre a fronte di elevate portate d'aria (16.000 m³/h per serra tipo, pari a 144.000 m³/h complessivi) a temperature di 30÷40 °C;

- minimizzare il consumo di elettricità, anche in previsione della copertura parziale del fabbisogno elettrico da parte dell'impianto fotovoltaico;
- resistere alle caratteristiche ambientali tipiche delle serre (elevato grado di umidità, ambiente aggressivo per i componenti elettronici, elevati gradienti termici, repentini cambiamenti delle condizioni climatiche, scarso isolamento delle strutture, etc.).

Il campo geotermico

Le sonde del campo geotermico sono realizzate da tubazioni in polietilene (DN40 PN16) inserite a singola U in fori (diametro 15 cm), riempiti con materiale a base cementizia e additivi per aumentare la conduttività termica. Tutte le sonde sono ispezionabili in superficie tramite pozzetti e sono



Tutte dotate di sfiati, le sonde verticali sono realizzate con tubazioni in polietilene a U e sono profonde 100 o 120 m, annegate all'interno di un getto di materiale cementizio con additivi per migliorare lo scambio termico (Studio Associato Graziani Sparapani).

response test in diverse aree fra quelle disponibili, anche allo scopo di individuare il terreno più adatto alla realizzazione del campo geotermico. Un'altra criticità sotto il profilo tecnico ed economico era relativa alla quantità delle perforazioni da eseguire, risolta in collaborazione con l'impresa incaricata.

Infine, data la notevole lunghezza delle sonde stesse, abbiamo dovuto bilanciare con attenzione la portata dei circuiti, in modo che tutte le sonde offrissero il medesimo contributo indipendentemente dalla loro posizione rispetto al campo. In questo caso ci siamo affidati a un sistema di ritorno inverso equipaggiato con valvole di taratura.

Il monitoraggio del funzionamento ha costituito un'ulteriore complessità, risolta grazie alla collaborazione attivata con il fornitore del sistema installato. Al posto dei tradizionali contabilizzatori della portata d'acqua, che non restituiscono informazioni particolarmente significative sotto il profilo delle prestazioni, il nuovo impianto dispone di un sistema che calcola in tempo reale il COP delle diverse macchine».

Come mai avete installato delle unità rooftop per la climatizzazione delle colture?

«Si tratta di macchine concepite per operare all'aperto, idonee a resistere - specie nella parte elettronica - in condizioni di elevate temperatura e umidità - tipiche delle serre - ed economicamente più convenienti rispetto ad altre soluzioni tecniche.

In particolare, le macchine installate possono introdurre nelle serre grandi volumi d'aria a una temperatura relativamente bassa,

condizione che per alcuni tipi di colture risulta preferibile rispetto all'uso di volumi d'aria inferiori ma a una temperatura più elevata. La soluzione realizzata costituisce solo un aspetto del potenziale di questo tipo di impianto.

Stiamo infatti valutando l'opportunità con l'azienda l'opportunità di coltivare altre specie più sensibili al calore diffuso attraverso il terreno, installando un sistema basato su pompe di calore e serpentine sottostanti le colture, sempre attestato sul medesimo campo geotermico».

L'impianto è in funzione da circa due anni: quali risultati avete ottenuto?

«L'esito a mio parere più significativo consiste nell'elevatissima affidabilità degli impianti installati, in caso di temperature esterne molto rigide. Abbiamo infatti verificato come, in condizioni di picchi estremi di freddo, le pompe di calore andassero in crisi - rendendo indispensabile l'uso di una sorgente termica alternativa - mentre l'impianto geotermico ha assicurato costantemente una temperatura ottimale.

A questo risultato bisogna aggiungere la notevole semplicità nella manutenzione delle unità rooftop. Infine, il contributo energetico fornito dall'impianto fotovoltaico - che di notte lavora con lo scambio sul posto mentre durante il giorno opera in autoconsumo - ha permesso di eliminare quasi completamente la dipendenza delle colture dalle fonti fossili e fornisce un ulteriore apporto economico alle attività aziendali».



Le 55 sonde profonde 100 m e le 35 sonde profonde 120 m sono collegate da diversi km di tubazioni che realizzano una rete con ritorno inverso, funzionale al bilanciamento automatico delle portate (Studio Associato Graziani Sparapani).



La temperatura dell'acqua nelle sonde varia fra $2\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $9\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, con $\Delta T\ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$: il corretto bilanciamento dell'impianto permette a tutte le sonde di offrire il medesimo contributo indipendentemente dalla loro posizione (Studio Associato Graziani Sparapani).

dotate di un dispositivo di sfiato per l'eliminazione dell'aria.

L'ampia superficie disponibile ne ha permesso la posa a $10\div 15\text{ m}$ di distanza l'una dall'altra, in modo da annullare le possibili interferenze reciproche e la possibile deriva termica del terreno stesso.

La resa effettiva delle sonde è stata valutata tramite test di risposta del terreno, di tipo prevalentemente argilloso, che hanno restituito valori nell'ordine di $40\div 45\text{ W/m}$.

Complessivamente sono state installati due rami separati, composti rispettivamente da 55 sonde verticali profonde 100 m e da 35 sonde profonde 120 m, oltre a diversi km di tubazioni di collegamento di diametro crescente, che realizzano una rete con ritorno inverso funzionale al bilanciamento automatico delle portate.

La temperatura dell'acqua nelle sonde varia fra $2\div 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $9\div 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T\ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) a seconda della temperatura esterna e del numero delle unità rooftop attive contemporaneamente. La profondità delle sonde garantisce COP elevati indipendentemente dalla temperatura esterna, evitando che le rooftop collegate al campo geotermico effettuino cicli di sbrinamento, dannosi per le colture a causa della diminuzione della temperatura dell'aria immessa nelle serre.

Tutte le sonde geotermiche sono collegate a un collettore di raccolta, equipaggiato con pompe di rilancio e separazione dei circuiti da un separatore idraulico. In questo modo ciascuna unità, anche se accesa singolarmente, può usufruire di tutte le sonde afferenti il proprio ramo e, in caso di funzionamento non contemporaneo, il COP può raggiungere facilmente valori compresi fra 6 e 8.

Le unità rooftop

Il campo geotermico permette così il funzionamento di 6 rooftop condensate ad acqua (circa 600 kWt complessivi), con installazione completamente interna per le serre più energivore e che necessitano di temperature co-



L'alimentazione elettrica delle rooftop è appannaggio di un campo fotovoltaico installato sia sulla copertura delle serre, sia sopra il nuovo capannone realizzato contestualmente al nuovo impianto geotermico (Studio Associato Graziani Sparapani).

stanti anche in fase notturna invernale rigida, con valori di COP medi compresi tra 4 e 5.

Le 3 unità rooftop condensate ad aria, con installazione esterna e semi-esterna per le serre contenenti colture non a rischio in fase invernale notturna, sono caratterizzate da COP medi compresi tra 2 e 3,5 (in funzione della temperatura esterna). I loro ulteriori 300 kWt portano la potenza globale installata a circa 900 kWt.

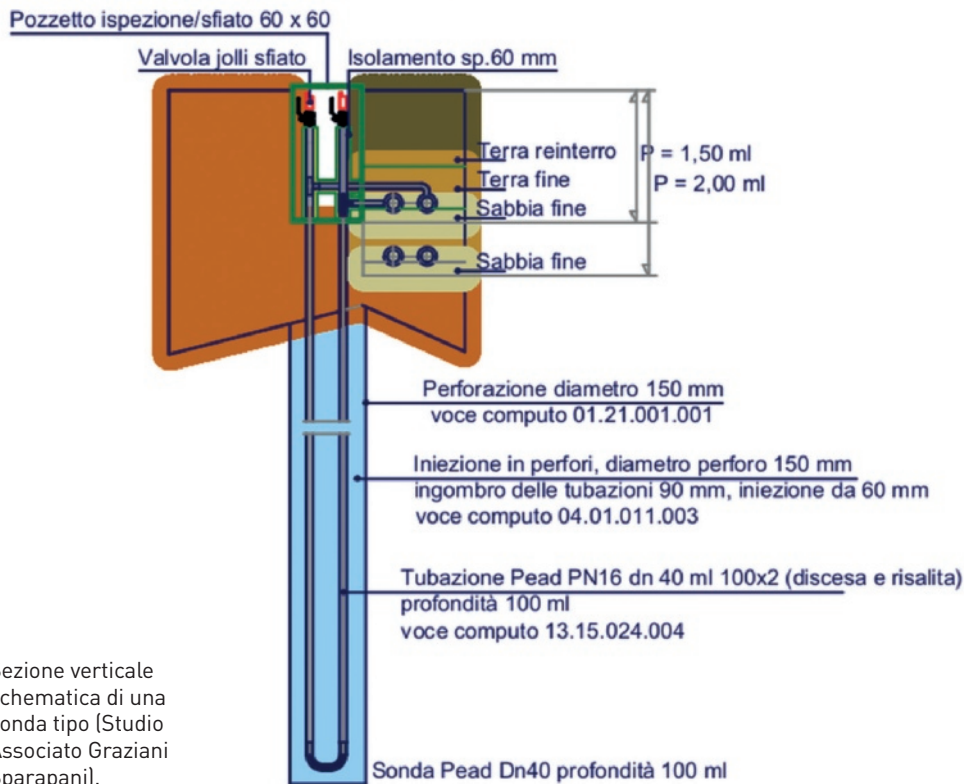
Mediante la simulazione dei consumi di tali macchine è stato poi dimensionato l'impianto fotovoltaico (280 kWp), situato sulle coperture delle serre stesse e su un capannone adiacente, capace di alimentare l'intero impianto di riscaldamento sia in autoconsumo, sia attraverso lo scambio sul posto.

Durante i periodi soleggiati, infatti, una quota consistente dell'energia fotovoltaica viene riversata in rete. In regime di scambio sul posto, l'impianto PV garantisce consumi inferiori e contributi in conto scambio ingenti - equivalenti, in media, a circa la metà del costo dei consumi totali sostenuti dall'impianto di riscaldamento. In caso



In luogo dei contabilizzatori della portata, che non restituiscono informazioni particolarmente significative sotto il profilo delle prestazioni, l'impianto dispone di un sistema che calcola in tempo reale il COP delle diverse macchine (Studio Associato Graziani Sparapani).

○ Particolare sonde con connessione rete orizzontale e predisposizione su due livelli



Sezione verticale schematica di una sonda tipo (Studio Associato Graziani Sparapani).

di cielo coperto e comunque durante la notte, non c'è autoconsumo e quindi l'elettricità viene prelevata dalla rete. È inoltre prevista la possibilità di inserire un sistema di accumulo elettrico.

I sistemi di regolazione del funzionamento a bordo delle unità rooftop si occupano di modulare la potenza e la portata dell'aria in funzione delle temperature esterne.

Sono tutti collegati in rete ethernet al sistema di gestione e supervisione generale dell'impianto geotermico, selezionato dai progettisti principalmente in base alla necessità di contabilizzare le portate di acqua glicolata con T anche prossime a 0 °C - condizione normalmente non supportata dai sistemi più diffusi.

Il fornitore del sistema ha inoltre elaborato algoritmi complessi, in grado di fornire - attraverso il rilevamento dei dati (portate, salto termico, consumi elettrici delle macchine, ecc.) e il calcolo dell'energia termica prelevata

dalle rooftop - output di alcuni parametri derivati come il COP istantaneo e medio, su qualsiasi periodo di tempo anche mediante grafici e archivi. Le grandezze impostate e misurate sono rese disponibili nelle centraline locali e anche in remoto.

Prima e dopo

Le spese per l'approvvigionamento di combustibili fossili ed elettricità prima dell'intervento erano nell'ordine di 100.000÷120.000 euro all'anno. A fronte di un costo complessivo dell'intervento di 650.000 euro, 180.000 euro sono stati finanziati dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Marche, perciò l'investimento a carico dell'azienda è stato di 470.000 euro.

Dal punto di vista energetico il consumo precedente l'intervento era pari a 102,8 TEP (considerando: densità del gasolio 0,84 kg/dm³; fattore di conversione dell'energia elettrica in energia

primaria 0,187 x 10⁻³ TEP/kWh, equivalente a un rendimento del sistema nazionale di produzione e distribuzione dell'energia elettrica pari al 46%).

Dopo l'intervento le spese annue (a consuntivo) indicano un consumo di energia elettrica di circa 50.000 euro (pari a circa 227.000 kWh), con un contributo per lo scambio sul posto di 22.000 euro: la spesa annua complessiva è perciò di 28.000 euro circa. Il progetto ha generato un risparmio netto stimabile in circa 82.000 euro e in 60,4 TEP all'anno.

Inoltre, poiché il contributo del PSR ha natura comunitaria e ne è consentita la cumulabilità con i certificati bianchi, il rilascio di 60 TEE all'anno per 5 anni genererà un introito totale di 30.000 euro. La durata del payback secondo il metodo di calcolo semplificato è perciò pari a 4,3 anni. A questi dati bisogna aggiungere ulteriori considerazioni di natura tecnica e agronomica, scaturiti dall'analisi dell'interazione fra gli impianti (vecchio e nuovo) e la produzione delle serre.

La situazione precedente era infatti caratterizzata da basse portate d'aria a temperature elevate, con accentuati fenomeni di stratificazione dell'aria nelle serre, mentre dopo l'intervento il nuovo impianto eroga elevate portate d'aria a temperatura relativamente bassa, in assenza totale di stratificazione.

Il confronto ha evidenziato come le piante coltivate nelle serre dotate di nuovi impianti risultino mediamente di migliore qualità e siano meno soggette a malattie: di conseguenza si rendono necessari una minor quantità di trattamenti chimici, con conseguente ulteriore vantaggio economico per l'azienda, che minimizza il rischio connesso a colture di scarsa qualità, e beneficio ambientale generale.

Queste caratteristiche di maggiore sostenibilità della produzione sono oggi valorizzate anche dal punto di vista pubblicitario dall'azienda che propone sul mercato "prodotti con fonti rinnovabili senza inquinamento". ■