

GUIDA  
OPERATIVA



# L'ottenimento dei Certificati Bianchi La scheda 40E: i sistemi serra

ai sensi del Decreto del Ministero Sviluppo Economico  
28.12.2012, art. 15 comma 2

# 2014

*Collana Certificati Bianchi*



*Ministero dello Sviluppo Economico*



---

## CERTIFICATI BIANCHI

Guida Operativa per la Scheda 40E - Gli incentivi del DM 28 dicembre 2012  
sui sistemi serra

*A cura di:*

*Carlo Alberto Campiotti - Coordinatore per l'efficienza energetica nella filiera  
agroindustriale (ENEA)*

*Arianna Latini, Matteo Scoccianti, Corinna Viola  
(ENEA, UTEE-EEAP)*

2014 ENEA  
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia  
e lo sviluppo economico sostenibile  
Lungotevere Thaon di Revel 76 - 00196 Roma

*Gruppo di lavoro ENEA sui certificati bianchi*  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

ISBN 978-88-8286-310-4



**Panorama di serre**



**Sistemi tunnel**



**Serre in vetro con aperture sul colmo**



**Serre tunnel con recupero acqua piovana**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

*I dati tecnici e le considerazioni riportati in questa Guida Operativa appartengono agli autori. I parametri e le valutazioni riportati sono frutto delle conoscenze e dell'attività scientifica degli autori. Tuttavia, è opportuno sottolineare che i dati riportati non sempre sono aggiornati e sicuramente qualche volta risultano incompleti. Questo in parte è dovuto anche ai continui cambiamenti che ha subito la scheda 40E durante la sua implementazione operativa. Pertanto, le indicazioni tecniche riportate devono essere interpretate e valutate con giudizio critico e non finale rispetto alla preparazione di progetti nell'ambito del sistema dei Certificati Bianchi (TEE)*



---

## INDICE

1. PERCHÉ UNA GUIDA OPERATIVA .....	7
2. PREMESSA .....	9
2.1 SERRE ED APPRESTAMENTI PROTETTI.....	12
2.2 CLASSIFICAZIONE DELLE SERRE .....	14
3. MICROCLIMA IN SERRA .....	19
3.1 LA RADIAZIONE LUMINOSA PER LE PIANTE.....	30
4. MODELLO DI BILANCIO TERMICO DEL SISTEMA SERRA .....	35
4.1 FABBISOGNO TERMICO.....	39
4.2 ENERGIA TERMICA PER IL RISCALDAMENTO .....	39
4.3 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ACQUA CALDA .....	40
5. BIOMASSA SOLIDA .....	44
6. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DI UNA RVC .....	47
6.1 DOCUMENTAZIONE DA TRASMETTERE PER LE VERIFICHE E LE CERTIFICAZIONI .....	48
7. NORME DA SEGUIRE E DOCUMENTAZIONE .....	50
7.1 CALDAIE A BIOMASSA DI POTENZA TERMICA NOMINALE INFERIORE O UGUALE A 500 kWt .....	50
7.2 CALDAIE A BIOMASSA DI POTENZA TERMICA NOMINALE SUPERIORE A 500 kWt.....	51
8. NORME RIFERITE ALLA BIOMASSA UTILIZZABILE .....	54
8.1 TIPOLOGIA DI BIOMASSA.....	54
9. CONDIZIONI E DATI PER APPLICARE LA SCHEDA 40E .....	56
9.1 CHIARIMENTI SUI DATI DA INSERIRE NELLA SCHERMATA EXCEL .....	57
9.2 DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE .....	58
9.3 RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO .....	59
9.4 CHIARIMENTI SUI MATERIALI DI COPERTURA.....	60
9.5 CHIARIMENTI TECNICI.....	61
10. CASI SPECIFICI .....	63
11. DOMANDE/RISPOSTE .....	69
BIBLIOGRAFIA E NOTE AGGIUNTIVE .....	86-87
ALLEGATO I .....	88
ALLEGATO II .....	92
ALLEGATO III .....	93
CONTATTI .....	96
GLOSSARIO E TABELLA DI CONVERSIONE .....	97



---

# 1. PERCHÉ UNA GUIDA OPERATIVA

L'obiettivo principale di questa Guida Operativa è quello di fornire agli operatori del mondo agricolo le informazioni di base necessarie per la presentazione di progetti sulla scheda tecnica 40E. A tal proposito, si riportano i principali parametri tecnici della climatizzazione delle serre e vengono descritte le procedure generali per la compilazione di una RVC standardizzata (Richiesta di Verifica e Certificazione dei Risparmi) per la richiesta di "Certificati Bianchi". Inoltre, la Guida Operativa fornisce agli operatori una breve descrizione sia dei sistemi di climatizzazione microclimatica delle serre che dei processi che regolano la fisiologia vegetale delle piante allevate in serra. I dati e le informazioni scientifiche riportati sono utili anche per sviluppare eventuali interventi mirati all'introduzione di innovazione tecnologica nei sistemi serra con progetti che ricadano nel sistema di valutazione a consuntivo (PPPM - Proposta di Progetto e Programma di Misura).

A questo proposito, si è ritenuto di dedicare maggiore attenzione alla tematica del raffrescamento dell'aria nelle serre, riportando, sebbene in modo molto generale, i riferimenti tecnici e scientifici utili agli operatori interessati per specifici interventi di PPPM.

Infine, nella Guida Operativa vengono inseriti una serie di chiarimenti tecnici raccolti con l'attività di consulenza svolta dall'ENEA sul sito [www.energiaenergetica.enea.it](http://www.energiaenergetica.enea.it) e presso il Centro Ricerche Casaccia attraverso incontri mirati, al fine di fornire agli operatori le informazioni di base per ottenere i TEE (Titoli di Efficienza Energetica) mediante progetti sulla scheda tecnica 40E.



**Panorama di serre con differenti tipologie**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

---

## Scheda tecnica n. 40E - Installazione di impianto di riscaldamento alimentato a biomassa legnosa per la serricoltura

La scheda standard 40E si applica alle installazioni di serre riscaldate con dispositivi (caldaie) alimentati a biomasse sia in serre di nuova progettazione che in serre già realizzate, in cui vengano sostituiti i generatori di calore esistenti alimentati da fonte non rinnovabile.

Le caldaie incentivabili devono soddisfare i seguenti requisiti:

- efficienza di conversione non inferiore all'85%
- emissioni come previsto nella classe 5 della UNI EN 303-05
- tipologie di biomasse usate: 1. pellet, 2. bricchette, 3. ciocchi, 4. cippato
- sistema di caricamento della biomassa sia manuale che automatico.



### Parametri per la presentazione di un progetto con la scheda standard 40E

Unità fisica di riferimento **UFR** = 1 m<sup>2</sup> di serra (al suolo).

Tipologia di copertura della serra ammissibile: film plastico, lastre in policarbonato plastico, lastre di vetro.

Categoria di intervento prevalente CIV-T, per i settori residenziale, agricolo e terziario: generazione di calore/freddo per climatizzazione e produzione di acqua calda.

Vita Utile **U** = 5 anni.

Vita Tecnica **T** = 15 anni.

Coefficiente di durabilità (Tau) **τ** = 2,65.

Coefficiente di addizionalità **a** = 100%.

Risparmio netto contestuale **RNc** = a · RSL · NUFR.

Risparmio netto anticipato **RNa** = (τ - 1) · RNc.

Risparmio netto integrale **RNI** = RNc + RNa = τ · RNc.

Tipologia di TEE riconosciuti: tipo II per risparmi ottenuti in zone metanizzate e tipo III per risparmi ottenuti in zone non metanizzate.

## 2. PREMESSA

La superficie coperta a serre in Italia supera i 42.000 ettari, di cui 5.000 ha dedicati a coltivazioni di orticole e oltre 37.000 ha per coltivazioni floricole (Tabella 1). Le aziende agricole che si occupano di produzione vegetale in serra risultano pari a 31.256 su un totale di 107.118 (Tabella 2). Le coltivazioni in serra rappresentano per il sistema agricolo nazionale un comparto produttivo di notevole importanza economica se consideriamo l'impiego di capitali associato a questo tipo di impresa agricola. Complessivamente, sebbene la filiera dei sistemi serra rappresenti soltanto lo 0,032 della SAU (Superficie Agricola Utilizzata), le coltivazioni in serra raggiungono un fatturato superiore a 3 miliardi di € tra strutture, attrezzature, fitosanitari e produzione vegetale.

Tabella 1. Le coltivazioni in serra e l'agricoltura italiana

COLTIVAZIONI	A. Superficie serricola (ha)	B. Superficie in pieno campo (ha)	C. Superficie agricola utilizzata (ha)	D. Produzioni in serra: quintali per orticoltura migliaia di pezzi per floricoltura	E. Produzioni in pieno campo: quintali per orticoltura migliaia di pezzi per floricoltura	F. Produzioni totali: quintali per orticoltura migliaia di pezzi per floricoltura	A/C superfici in serra	B/C superfici in pieno campo	D/F produzioni in serra	E/F produzioni in pieno campo
<b>Floricoltura (a)</b>	5.442	8.878	14.320	3.727.409	5.151.470	8.878.879	38%	62%	42%	58%
<b>Orticoltura (b)</b>	37.104	418.852	455.956	16.394.047	122.379.688	138.773.735	8%	92%	12%	88%
<b>Totale</b>	42.546	427.730	470.276							

Fonte: elaborazioni ENEA UTEE-AGR su dati ISTAT (VI Censimento agricoltura 2010, annata agraria 2011).

Legenda:

(a) Produzione di fiori, foglie e fronde.

(b) Produzioni orticole includono: ortaggi, pomodoro, lattuga, valeriana, frutta (cocomero, melone, fragola).

La produzione in quintali è quella totale e non quella raccolta.

Tabella 2. Aziende che producono in serra ed in pieno campo in Italia

Coltivazioni	N. di aziende che producono in serra (2010)	N. di aziende che producono in pieno campo (2010)	N. di aziende che producono in serra (2007)	N. di aziende che producono in pieno campo (2007)
<b>Floricoltura</b>	8.865	7.988	8.985	8.759
<b>Orticoltura</b>	22.391	99.130	17.618	132304
<b>Totale</b>	31.256	107.118	26.603	141.063

Fonte: elaborazioni UTEE-AGR su dati Istat, 2007 e Istat 2010.

Rispetto all'affermarsi delle produzioni in serra a partire dagli anni '60, bisogna sottolineare che i successi economici ottenuti dalle imprese serricole sono stati sostenuti da un uso elevato di macchinari, materiali plastici, fertilizzanti inorganici e fitosanitari di sintesi. Questi, purtroppo, hanno contribuito a sviluppare un modello di sistema produttivo ed energetico che ha avuto spesso ricadute negative sull'ambiente e sul territorio agricolo, a causa della forte dipendenza dalle risorse di energia fossile. Tuttavia, alla luce delle nuove esigenze dei consumatori verso modelli di produzione energeticamente sostenibili ed in accordo con le sempre crescenti richieste di sicurezza alimentare ed ambientale dei prodotti, questa situazione è ormai sempre meno accettabile dai consumatori e dalla società in generale.

In questo contesto, il Decreto Interministeriale del MiSE del 28 dicembre 2012 sui Certificati Bianchi ha recepito la scheda tecnica 40E che, sulla base dell'uso di biomassa solida per il riscaldamento delle serre, consente di richiedere TEE di tipo II e di tipo III.

La distribuzione della coltivazione in serra in Italia risulta diffusa su tutta la penisola con una maggiore superficie presente nelle regioni Sicilia, Campania, Lazio, Veneto, Puglia e Lombardia (Figure 1 e 2).



Figura 1. Insedimenti di serre in Italia

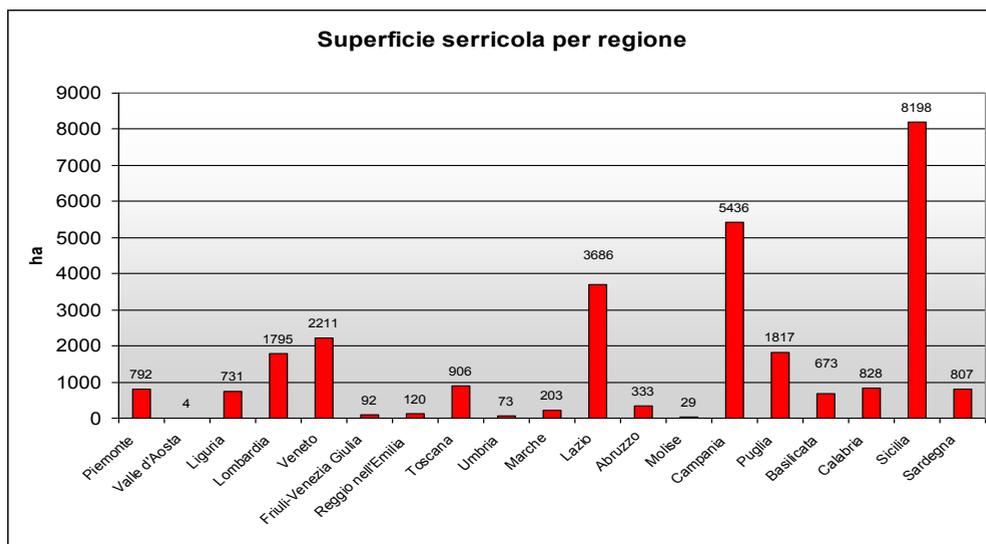


Figura 2. Distribuzione delle serre in Italia

Per quanto riguarda i consumi di energia fossile, indagini ENEA basate su 6.000 ettari di superficie coperta a serre con sistemi di climatizzazione hanno messo in evidenza un consumo di energia pari a 0,74 Mtep su un consumo totale per l'agricoltura di 3,03 Mtep (Tabella 3 e Figura 3).

Tabella 3. Sistemi serra in Italia

Serre <sup>a</sup> (ha)	Riscaldamento <sup>b</sup> (tep)	Elettricità <sup>c</sup> (tep)
6.000	706.786	24.830
tep = Tonnellata equivalente di petrolio (=10 <sup>7</sup> kcal). a. Serre in plastica e serre in vetro. b. Consumo di energia annuale. c. Consumo annuale di energia elettrica (ventilazione, aperture, pompaggio, servizi). Conversione: 0,0860 tep/MWht; 0,187 tep/MWhe; 1 tep = 2,81 t di CO <sub>2</sub>		
Fonti: Scheda 40E - Allegato tecnico. Decreto Certificati Bianchi, 28 dicembre 2012. Dati personali, internet, bibliografia esistente, Eurostat (dati 2009-2010).		

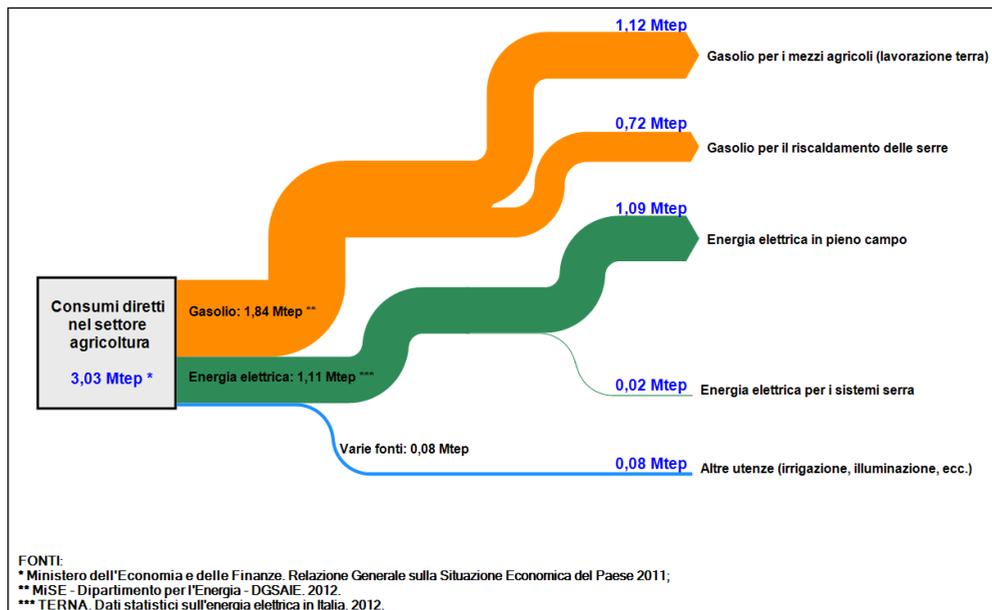


Figura 3. I consumi di energia in agricoltura

## 2.1 Serre ed apprestamenti protetti

La norma italiana UNI 9936-92 “*Apprestamenti per colture orto-floro-frutticole coperte con materiali plastici*” - ora decaduta - definiva gli apprestamenti per le colture protette come: “*l’insieme di elementi che caratterizzano un ambiente confinato ed isolato da quello esterno, nel quale si vengono a determinare, prevalentemente per gli apporti di energia solare, condizioni climatiche adatte alla coltivazione delle piante*”.

Attualmente, nell’ambito dell’UNI EN, la progettazione e la costruzione di serre sono regolate dalla norma UNI 13031-1:2004: “*Serre: progettazione e costruzione. Parte 1: serre per produzione commerciale*”, che riprende lo standard europeo EN 13031-1 (2001), in cui viene fornita la seguente definizione di serra: “*una struttura utilizzata per la coltivazione e/o la protezione di piante e colture che sfrutta la trasmissione della radiazione solare sotto condizioni controllate per migliorare l’ambiente di crescita, con dimensioni tali da consentire alle persone di lavorare al suo interno*”.

---

In particolare, lo standard europeo EN 13031-1 si riferisce a serre utilizzate a fini professionali per la produzione di piante e colture, per questo definite serre commerciali, vale a dire “*serre utilizzate per la produzione, a fini commerciali, di piante e colture nelle quali la presenza dell'uomo è limitata ad una bassa frequentazione di solo personale autorizzato*”.

Secondo l'UNI-CEN una struttura serra è definita tale a seconda:

- del tipo di utilizzo, ovvero quando è adibita a coltivazione e/o protezione di piante;
- delle caratteristiche dei materiali di copertura, per permettere la trasmissione della radiazione solare, utilizzando appropriati materiali di copertura;
- della possibilità di condizionamento dell'ambiente, riferendosi alla temperatura;
- di idonee condizioni di lavoro: ambiente di lavoro adeguato in termini di dimensione degli spazi (altezza, ampiezza dei passaggi, ecc.) e della sicurezza sul lavoro.

Le serre si differenziano a seconda delle modalità costruttive e dei materiali utilizzati. Questi ultimi vengono distinti in relazione alla loro funzione, che può essere:

- di struttura portante;
- di sostegno del materiale di copertura;
- di copertura.

In genere, la struttura di una serra comprende molteplici elementi che possono essere così schematizzati:

- le fondazioni, ovvero il sistema di vincolo al terreno;
- la struttura primaria, ovvero quella portante, con la funzione di sopportare carichi permanenti ed accidentali che gravano su di essa, costituita da colonne di sostegno, incavallature e piedritti;
- le strutture secondarie, ovvero quelle di fissaggio, costituite da tutto ciò che serve a sostenere e fissare il materiale di copertura, con porta vetro o reggiplastica e gli arcarecci.

Le diverse tipologie strutturali che caratterizzano gli apprestamenti per colture protette, quali i tunnel, le serre-tunnel con copertura ad arco, le serre a navata e le serre di tipo *Venlo*, nelle diverse configurazioni a campata singola o

multipla, sono ulteriormente diversificate per via delle svariate soluzioni geometriche, strutturali e costruttive adottate dalle industrie produttrici (Tabella 4).

Tabella 4. Misure di differenti tipologie di serra

	<b>Tunnel</b>	<b>Serre a padiglione con tetto semicircolare</b>	<b>Serre a padiglione doppia falda</b>
<b>Luce campata</b>	6,4 - 16,00 m	6,40/9,00 m	6,00-7,00/8,50-9,00
<b>Modulo strutturale</b>	3,00 - 3,10/3,72 - 3,85 m	1,50/3,00/4,00	1,50/2,00/2,50
<b>Lunghezza</b>	60,00/100,00 m	30,00/42,00 m	30,00-42,00-61,50/100,00 m
<b>Altezza di gronda</b>	2,00/3,00 m	2,00/3,00 m	-
<b>Altezza di colmo</b>	3,50/6,00 m	3,00/5,00 m	2,80/3,30 m
<b>Inclinazione falde</b>	21° - 30°	-	-
<b>Totale (m<sup>2</sup>)</b>	380 - 1600	190 - 380	180 - 1000

L'altezza della serra, oltre a dover consentire lo svolgimento di tutte le operazioni colturali, deve essere tale da permettere un'efficiente ventilazione: una maggiore altezza significa maggiore uniformità di temperatura in senso verticale e quindi condizioni ambientali più naturali. In genere, nel caso di serre in ferro e vetro si osservano altezze di 2,5-3 m sui lati e 4-5 m sulla linea di colmo, mentre altezze inferiori si rilevano nel caso di serre in legno e plastica.

## 2.2 Classificazione delle serre

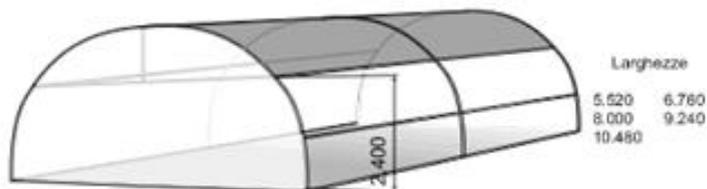
Le caratteristiche peculiari che distinguono una serra da altri sistemi di semplice protezioni protezione sono date dall'uso di impianti di climatizzazione (principalmente riscaldamento e/o raffrescamento), dall'accessibilità e praticabilità al suo interno da parte dell'uomo e delle macchine. Tali requisiti richiedono determinate dimensioni di altezza e larghezza, ovvero volume per unità di superficie coperta. Si può infatti parlare di serra a partire da volumi unitari di 1,8-2 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> di superficie coperta. La distribuzione delle varie tipologie di serre è strettamente condizionata dai fattori climatici: nelle regioni del Nord e Centro Europa, dove gli inverni sono freddi e le estati miti con una bassa radiazione solare, nella quale oltretutto la componente diffusa spesso prevale su quella diretta, sono presenti quasi esclusivamente serre del tipo

---

Venlo in vetro. Nelle regioni del bacino del Mediterraneo, caratterizzate da inverni miti ed estati molto calde con elevata radiazione solare, la tipologia costruttiva di serra più diffusa è caratterizzata da un tetto curvilineo, spesso a tunnel.

In particolare, possiamo distinguere tre tipologie di serra:

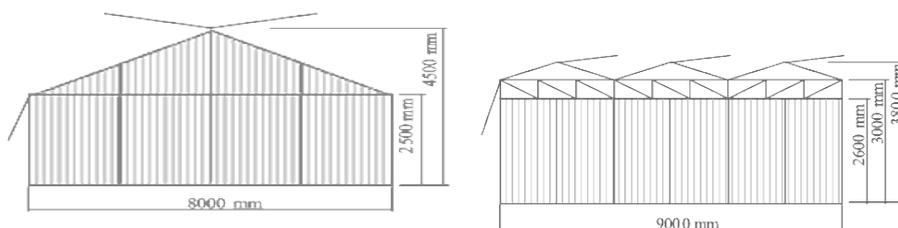
1. **Serra-tunnel**, ovvero apprestamenti con arco più o meno ribassato la cui struttura portante risulta costituita da sostegni di vario tipo e con copertura in film plastico. Caratteristiche fondamentali di questa tipologia di serra sono la semplicità, il basso costo e la bassa tecnologia per la climatizzazione.



2. **Serre a tetto curvilineo**, caratterizzate da un tetto a profilo curvilineo i cui elementi portanti, in tubo di acciaio zincato ad arco ribassato o di tipo gotico, si innestano su montanti verticali. Questa soluzione consente di realizzare serre a campate multiple. Il materiale di copertura è di tipo plastico, sotto forma di film o lastre. Le luci per la ventilazione sono presenti nelle pareti e sul tetto.



- 3. Serre con tetto a falde piane simmetriche ed asimmetriche.** Le serre con tetto a due falde simmetriche vengono chiamate *serre a padiglione*. Queste presentano le pareti verticali ed il tetto a falde piane in cui la campata può essere singola o multipla, definendo la luce libera utile che coincide con quella del telaio portante, mentre la circolazione dell'aria è garantita da aperture collocate lungo i lati e al colmo. In questa tipologia rientrano le serre Venlo, in cui la struttura portante è rappresentata da un portale costituito da colonne verticali ed una trave reticolare orizzontale, sul cui estradosso poggia la struttura portante secondaria del tetto, costituito da due o più ordini di falde simmetriche. Questo tipo di serre viene di norma realizzato con campate multiple.



Spesso la concentrazione di alcuni insediamenti serricoli diventa critica per l'ambiente e per il paesaggio; pertanto le diverse amministrazioni locali hanno stabilito dei vincoli sulla base di leggi regionali che disciplinano la realizzazione di questi particolari apprestamenti dal punto di vista urbanistico. I sistemi serra possono esistere o in aree prive di vincoli paesaggistici o in zone inserite in aree protette o in zone in ambito di aree SIC (Siti di Interesse Comunitario) e ZPS (Zone di Protezione Speciale). Le norme dovrebbero essere differenziate o valutate in relazione ai singoli distretti rurali.

Le serre, dal punto di vista della tipologia dell'intervento edilizio, possono essere distinte in bioclimatiche o solari<sup>1</sup> o per lo svolgimento di attività agricole. Le serre bioclimatiche sono strutture che, attraverso lo sfruttamento passivo ed attivo dell'energia solare o la funzione di spazio intermedio, consentono la riduzione dei consumi di combustibile fossile per il riscaldamento invernale.

---

<sup>1</sup>La realizzazione di serre bioclimatiche con le caratteristiche di cui all'art. 4 comma 4 della Legge Regionale 21/12/2004 n. 39 sono considerate volumi tecnici e come tali soggetti ai titoli abilitativi previsti per la tipologia della manutenzione straordinaria.

---

Diversamente, le serre solari, essendo progettate in modo da integrarsi nell'organismo edilizio, quando dimostrano attraverso i calcoli la loro funzione di risparmio energetico, devono essere considerate come volumi tecnici e quindi non computabili ai fini volumetrici.

La disciplina relativa alla costruzione delle serre per lo svolgimento dell'attività agricola varia a seconda che ci si trovi in zona agricola, che le serre siano amovibili o che presentino strutture in muratura. Di seguito, viene riportata la descrizione dei titoli abilitativi e le istanze edilizie che abilitano all'esecuzione dell'intervento:

- A livello nazionale, i nuovi fabbricati che presentino una struttura in muratura sono soggetti all'art.10 del Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 n. 380 e *“costituiscono interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia del territorio e sono subordinati a permesso di costruire tutti gli interventi di nuova costruzione”*.
- Ai sensi dell'art. 6 comma 1 lettera a) del Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 n. 380, serre mobili stagionali, sprovviste di strutture in muratura, funzionali allo svolgimento dell'attività agricola, possono essere senza alcun titolo abilitativo, purché siano rispettate le prescrizioni degli strumenti urbanistici comunali, e comunque nel rispetto delle altre normative di settore aventi incidenza sulla disciplina dell'attività edilizia ed, in particolare, delle norme antisismiche, di sicurezza, antincendio, igienico-sanitarie, di quelle relative all'efficienza energetica, nonché delle disposizioni contenute nel codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al Decreto Legislativo 22/01/2004 n. 42.
- Una precisazione del Consiglio di Stato Sez. V 11/02/2003 n. 696 specifica che non ha importanza il tipo di ancoraggio: *“...necessita di concessione edilizia il manufatto che, pur se non infisso al suolo ma soltanto aderente ad esso in modo stabile, è destinato ad una utilizzazione perdurante nel tempo, ... a nulla rilevando l'eventuale precarietà strutturale del manufatto”*.
- Ai sensi degli artt. 3, 10 del Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 n. 380 e degli artt. 27 e 33 della Legge Regionale 11/03/2005 n. 12, le serre non aventi le caratteristiche di cui ai punti precedenti, salvo diversa disposizione dello strumento urbanistico o del regolamento edilizio vigenti, sono considerate opere di nuova costruzione e pertanto sono soggette alla presentazione ed al rilascio del permesso di costruire. In alternativa è possibile presentare denuncia di inizio dell'attività edilizia ai sensi dell'art. 41 comma 1 della Legge Regionale 11/03/2005 n. 12.

- 
- Ai sensi dell'art. 60 comma 1 della Legge Regionale 11/03/2005 n. 12, le serre stabili con strutture in muratura, funzionali allo svolgimento dell'attività agricola e realizzate in zona agricola ai sensi della Legge Regionale 11/03/2005 n. 12, sono soggette alla presentazione e al rilascio del permesso di costruire.

È bene ricordare che nel caso di impianti di serre stabili destinati alle attività agricole è sempre opportuno che ci sia un progetto conforme alle norme ASL, Genio Civile e Vigili del Fuoco. Per la costruzione di una serra agricola, quando è destinata a far fronte ad esigenze continuative connesse a coltivazioni ortofrutticole, è obbligatorio richiedere una concessione edilizia, poiché presenta carattere di stabilità ed altera in modo duraturo l'effetto urbanistico-territoriale, a causa delle notevoli dimensioni. In ogni caso è sempre necessario un attento esame della normativa regionale in materia, in quanto vi sono norme che al verificarsi di determinate condizioni consentono la realizzazione di alcune tipologie di serre agricole con diversi titoli abilitativi. In caso di serre mobili stagionali, sprovviste di strutture in muratura e funzionali allo svolgimento dell'attività agricola, pur non essendo richiesto alcun titolo abilitativo, è facoltà del cittadino presentare comunicazione di inizio attività edilizia totalmente libera al fine di notificare al Comune l'esecuzione dei lavori.

Nel Testo Unico in materia di progettazione delle costruzioni, secondo il DM 14/01/08, *“il Committente ed il Progettista, di concerto, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, devono dichiarare nel progetto la vita utile nominale della struttura. La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere viene precisata nei documenti di progetto”*. In presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. La classe d'uso delle strutture in oggetto è la classe I, alla quale appartengono le “costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli”.

Secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008, con relative istruzioni di applicazione definite nella circolare 617 del 02/02/2009, i carichi statici di progetto sono in armonia con la recente norma europea specifica per la progettazione delle serre, ovvero la norma EN 13031-1 del 01/11/2004 *“Serre: progettazione e costruzione”*, che è andata a sostituire una moltitudine di altri standard costruttivi a cui ogni Paese in ambito UE faceva riferimento, compresa naturalmente l'Italia.

---

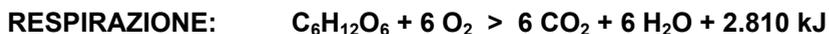
In base a questa norma, si assume un tempo di ritorno pari alla vita utile della struttura, che è di fatto sensibilmente inferiore a quella degli edifici ad uso civile-industriale. I carichi accidentali previsti dal DM 14/01/08 devono essere pertanto ridotti secondo i coefficienti di riduzione ricavati dalle formule indicate nella normativa. Nel caso di uso di impianto di riscaldamento è obbligatorio applicare le norme antincendio. Per l'igiene e la sicurezza dell'ambiente di lavoro si fa riferimento alla normative comuni relative alla sicurezza sui luoghi di lavoro (T.U.S.L. 81/2008). Si ricorda che il lavoro in serra rientra tra i lavori usuranti.

### 3. MICROCLIMA IN SERRA

La serra, sia nel caso di strutture fisse che mobili, influenza direttamente il microclima e quindi il ciclo biologico delle piante con effetti diretti sulla loro fisiologia (lunghezza del ciclo produttivo, produttività della coltura, ecc.), e di conseguenza con ricadute sull'economia della coltivazione in serra. I parametri microclimatici modificati dalle coperture delle serre che influenzano maggiormente la fisiologia delle piante sono la temperatura, la radiazione, l'umidità dell'aria, il vento e la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria.

Le piante attraverso il processo biochimico della *fotosintesi* convertono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e l'acqua (H<sub>2</sub>O) in materiale vegetale sfruttando l'energia luminosa che proviene dal sole. In questo modo, l'energia si conserva sotto forma di sostanza organica (zuccheri, grassi).

Attraverso il processo chimico della *respirazione*, le piante producono l'energia necessaria ai processi di crescita, sviluppo e produzione di biomassa degli organismi vegetali (Figure 4, 5 e 6). Possiamo esprimere questi due processi (fotosintesi e respirazione) con le seguenti equazioni:



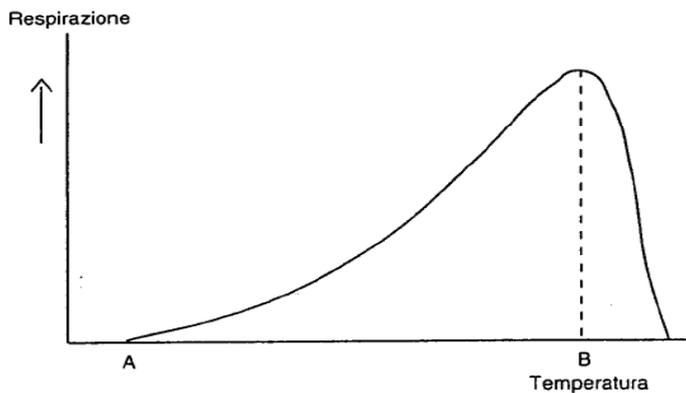


Figura 4. Il punto A è il minimo di temperatura al quale la pianta può sopravvivere. La respirazione aumenta con la temperatura fino al punto B (circa 40 °C)

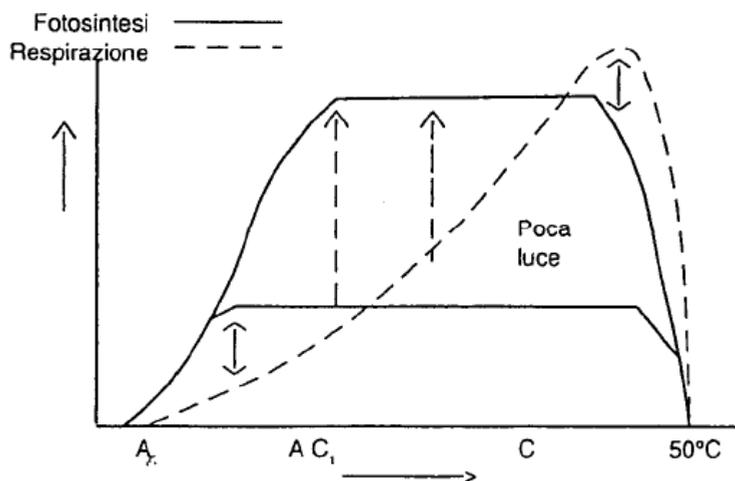


Figura 5. A basse temperature la fotosintesi aumenta più rapidamente della respirazione. Alla temperatura A si ha la differenza più grande ed alla temperatura C non sono più disponibili gli zuccheri per la crescita. In condizioni di restrizione della luce valgono le stesse considerazioni ma a temperature più basse (A1 e C1)

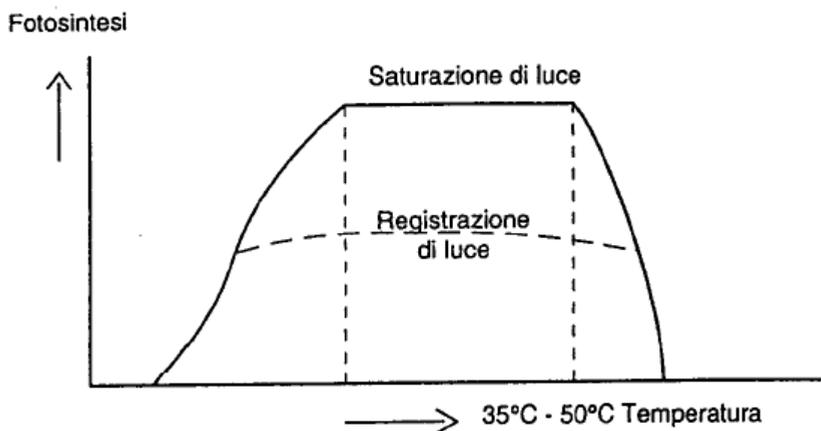


Figura 6. All'inizio la fotosintesi aumenta con l'aumentare della temperatura, poi diminuisce al di sopra dei 35 °C e la pianta muore a circa 50 °C

La diminuzione dell'intensità della radiazione favorisce l'aumento della riflessione da parte della copertura e delle piante e i valori interni netti utilizzabili dalle piante si abbassano. In effetti, della radiazione che colpisce la pianta soltanto il 2-5% viene utilizzato dalle foglie per la fotosintesi (Figura 7). Tale frazione della luce, definita radiazione foto-sinteticamente attiva (PAR, *Photosynthetically Active Radiation*), comprende le radiazioni luminose con lunghezza d'onda comprese tra i 400 e i 700 nm, con una sensibilità foto-sintetico massima nelle regioni del blu (425-450 nm) e del rosso (575-675 nm).

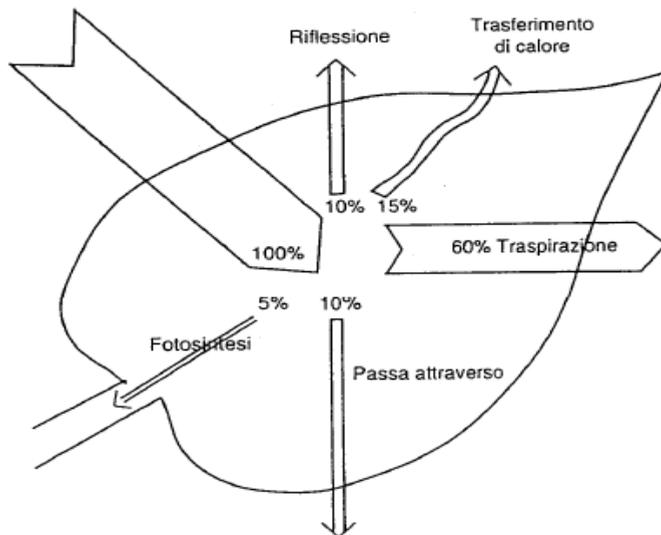


Figura 7. Per la migliore intercettazione della luce da parte della coltura occorrono circa 5 m<sup>2</sup> di superficie fogliare per 1 m<sup>2</sup> di terreno coperto

La temperatura dell'aria che si registra nei sistemi vegetali protetti è funzione di una serie di scambi termici (irradiazione, convezione, conduzione, rinnovamento dell'aria, ecc.) che avvengono con l'ambiente esterno tramite le pareti della serra e con il terreno. Le dispersioni attraverso le pareti possono essere ridotte scegliendo materiali plastici di copertura, impermeabili alle radiazioni IR lunghe ri-emesse dall'interno dell'ambiente protetto (effetto serra), al fine di creare un microclima di *comfort* per le piante coltivate (Tabella 5).

La temperatura costituisce la variabile più importante per il microclima di una serra. In particolare, la maggior parte delle piante allevate in serra si adattano ad una temperatura ottimale tra 17 °C e 27 °C, con estremi di 10 °C e 35 °C. Fino a temperature esterne di 27 °C, il controllo della temperatura interna mediante semplice ventilazione non crea problemi agli agricoltori, mentre in presenza di temperature esterne più elevate (30-35 °C per periodi prolungati) è necessario intervenire mediante raffrescamento artificiale al fine di mantenere un microclima funzionale alla fisiologia vegetale delle piante coltivate.

Tabella 5. Temperature medie indicate per la coltivazione di piante in serra

Livelli termici dell'aria interna per le principali colture vegetali in serra		
Specie	Temperature ottimali (°C)	
	giorno	notte
<b>Orticole</b>	20-24	12-16
<i>Pomodoro</i>	21-26	13-18
<i>Lattuga</i>	17-22	10-13
<i>Melone</i>	22-28	15-18
<b>Floricole</b>	19-25	14-16
<i>Rosa</i>	20-24	14-16
<i>Crisantemo</i>	17-21	16-17
<i>Gerbera</i>	21-27	12-16

Fonte: elaborazione ENEA UTEE da differenti fonti bibliografiche (RAEE 2013)

La **concentrazione ambientale di CO<sub>2</sub>** influenza la velocità della fotosintesi, che aumenta all'aumentare della concentrazione di CO<sub>2</sub> fino ad un livello di saturazione, in corrispondenza di una concentrazione di CO<sub>2</sub> oltre cui la fotosintesi non incrementa. Una soglia ottimale di CO<sub>2</sub> in serra (da 900 a 1.400 ppm rispetto a 330 ppm nell'atmosfera) è importante poiché regola direttamente la quantità dei fotosintetati prodotti e gli scarsi ricambi d'aria, specialmente nelle ore più calde, comportano una riduzione della concentrazione di CO<sub>2</sub> (Figura 8).

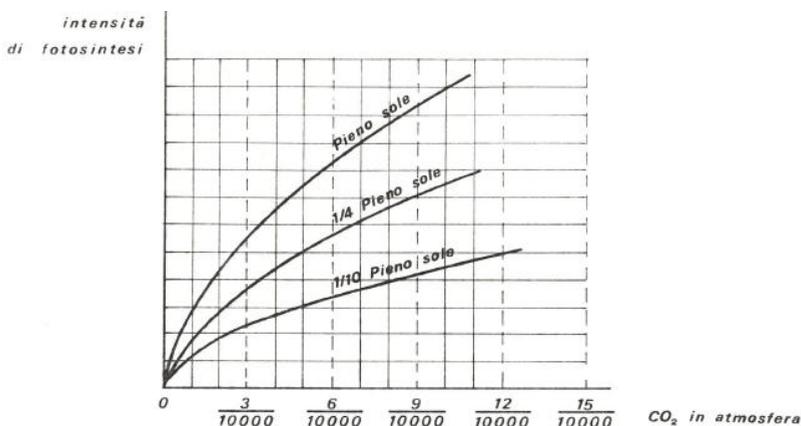


Figura 8. Relazione tra fotosintesi e contenuto di CO<sub>2</sub> in atmosfera

---

L'**umidità dell'aria** influenza diversi processi fisiologici e biologici delle piante. Le cause di variazione dell'umidità relativa in un ambiente confinato sono da ricondurre principalmente all'evapo-traspirazione delle piante, alla temperatura interna della serra ed alla ventilazione, sia naturale che artificiale.

Per ottenere una crescita ottimale delle colture vegetali in serra, i valori di umidità relativa (U.R.) all'interno della serra devono essere mantenuti entro livelli accettabili oppure ottimali per la fisiologia delle piante. In generale, l'U.R. si esprime con il rapporto tra l'umidità effettiva dell'aria (in pratica il contenuto di acqua presente nell'aria interna della serra) e l'umidità massima assoluta (U.M.) alla temperatura considerata utile per la coltivazione. Pertanto:  $U.R. = U.A./U.M.$ , in cui il denominatore può presentare variazioni consistenti mentre il numeratore presenta variazioni di lieve entità. Questo rapporto è fortemente dipendente dalla stagione colturale, dalla latitudine, dal bilancio idrico della serra, dal materiale di copertura e dal sistema di condizionamento climatico della serra. Il livello di traspirazione della pianta è una funzione del contenuto di acqua sotto forma di vapore acqueo presente nell'aria interna della serra, mentre la capacità della stessa aria di contenere vapore acqueo dipende fortemente dalla temperatura interna della serra. La relazione tra le variabili temperatura, umidità relativa ed umidità assoluta è definita tramite il diagramma di Mollier. Tale diagramma evidenzia che 1 kg d'aria, alla temperatura di 20 °C e con U.R. del 100%, contiene 14,8 g di acqua. Inoltre, se la temperatura scende a 9 °C, il contenuto di acqua si riduce fino a 7,4 g. In generale, l'aria umida (che in accordo con la sua densità si esprime in grammi di acqua per m<sup>3</sup> di aria) diminuisce la sua umidità relativa all'aumentare della temperatura. Poiché la crescita (soprattutto la traspirazione) delle piante in serra è dipendente dalla quantità di acqua nell'aria interna ed in particolare dalla misura della pressione del vapore acqueo rispetto al punto di saturazione (in relazione alla quantità di acqua presente nell'aria), risulta più conveniente esprimere l'*air moisture* in termini di *deficit* tra la pressione di vapore acqueo ed il punto massimo di pressione di vapore acqueo che si raggiunge a saturazione (*dew point*). In pratica, poiché il parametro dell'U.R. non viene "percepito" dalla pianta e soprattutto non è sufficiente da solo a definire la capacità dell'aria di contenere una certa quantità d'acqua, in quanto è necessario conoscere anche la temperatura dell'aria interna della serra, si preferisce usare il parametro VPD (ossia il *potere essiccante* dell'aria o *Vapour Pressure Deficit*) per descrivere la quantità di acqua contenuta nell'aria (*moisture status*).

Il VPD infatti rappresenta la misura della differenza tra la quantità effettiva di acqua nell'aria ad una certa temperatura e la quantità di acqua che l'aria può contenere prima di arrivare alla saturazione, ossia quando accade il fenomeno

della condensazione (*dew point*). Dunque, il deficit di saturazione (VPD) è dato dalla differenza tra l'umidità assoluta presente nell'aria interna alla serra e l'umidità di saturazione (Tabella 6). L'osservanza di valori ottimali di VPD (in genere tra 0 e 7 kPa) regola la traspirazione, riducendo anche problemi di fitopatie.

Tabella 6. Vapor Pressure Deficit (kPa) a differenti temperature e umidità relative

TEMPERATURA (°C)	UMIDITÀ RELATIVA (%)							
	99	95	90	85	80	70	60	50
15	0,070	0,085	0,171	0,256	0,341	0,512	0,683	0,853
20	0,024	0,117	0,234	0,351	0,468	0,701	0,935	1,170
25	0,032	0,158	0,317	0,477	0,633	0,950	1,269	1,584
30	0,042	0,212	0,424	0,636	0,849	1,273	1,697	2,122
35	0,056	0,281	0,562	0,843	1,124	1,687	2,252	2,811

Fonte: Jarvis, 1992

Valori di U.R. tra 60-90% non interferiscono con lo sviluppo delle piante, mentre valori inferiori, soprattutto nelle aree Mediterranee e/o quando le piante sono nelle prime fasi di sviluppo, possono causare seri problemi di stress idrico per la coltivazione in serra. Ulteriori problemi per lo sviluppo delle piante insorgono quando l'U.R. supera il 90% per periodi lunghi, soprattutto favorendo lo sviluppo di malattie funginee da *Botrytis cinerea*.

In Italia, il raffrescamento delle serre, in funzione soprattutto del controllo della temperatura dell'aria interna della serra, a causa della forte diffusione di serre con bassa tecnologia e del consumo di energia elettrica richiesto per il funzionamento dei sistemi di climatizzazione, viene realizzato in gran parte mediante il ricorso a sistemi di ombreggiamento o tinteggiatura delle coperture o con tecniche di ventilazione naturale o forzata. A tal proposito, in un'indagine precedente, abbiamo riportato la presenza di sistemi di climatizzazione per il parco serre in Italia, in termini generali ed in accordo con qualsiasi tipologia tecnica, su una superficie coperta non superiore a 6.000 ha di serre (vedi Tabella 3).

---

Accanto ai sistemi di raffrescamento costituiti da una semplice ventilazione, un controllo della temperatura più adeguata alle esigenze delle piante viene attuato con i dispositivi di raffrescamento per evaporazione d'acqua, che si basano sul principio di conversione del calore sensibile in calore latente quando aria (non satura) viene bagnata con acqua più fredda (sistemi evaporativi di tipo *fogging*, *fan-pad*, *package*). Praticamente, tale fenomeno fisico consente il raffreddamento dell'aria interna della serra poiché sottrae energia sotto forma di calore sensibile, che contribuisce a riscaldare l'aria della serra in favore di energia sotto forma di calore latente, che invece non contribuisce a riscaldare l'aria della serra ma soltanto a mantenere le quantità di energia scambiata. In pratica, il raffrescamento delle serre si basa sul fenomeno fisico che associa all'evaporazione dell'acqua la sottrazione di energia dall'aria con conseguente abbassamento della temperatura dell'aria interna della serra: l'evaporazione di 1 grammo di acqua contenuta in 1 m<sup>3</sup> di aria risulta in una riduzione della temperatura dell'aria di circa 2,5 °C.



**Ventilazione naturale mediante aperture sul colmo della serra**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

I sistemi evaporativi di raffrescamento delle serre risultano particolarmente efficienti nei climi secchi e, sebbene relativamente meno efficienti, sono tuttavia adatti anche nei climi caldi e/o relativamente umidi. Di seguito si riportano le caratteristiche generali delle tipologie principali di raffrescamento:

a) Il sistema ***fogging*** (nebbia), che umidifica l'atmosfera interna della serra mediante la creazione di una nebbia di acqua, realizzata con ugelli nebulizzatori inseriti lungo appositi tubi distributori, collocati al centro della serra, in grado di

---

assicurare la distribuzione di non meno di 4 litri di acqua l'ora ogni 20 m<sup>2</sup> di superficie coperta. In generale, per garantire una buona efficienza, questo sistema di raffrescamento richiede un consumo di acqua pari a 400 l/m<sup>2</sup>/anno, con un consumo di energia non inferiore a 5 kWh/m<sup>2</sup>/anno.

b) Il sistema **fan-pad**, che è realizzato mediante l'installazione di una serie di ventilatori lungo una parete della serra, con il compito di rinnovare (estraendola) l'aria della serra 40-60 volte in un'ora ad una velocità massima di 0,6 m<sup>3</sup>/sec. La parete della serra opposta, invece, viene dotata di un pannello di materiale poroso, mantenuto umido per mezzo di gocciolatoi che lasciano circolare continuamente acqua nella misura di almeno 2 litri al minuto per m<sup>2</sup> e consentono una penetrazione dell'aria esterna di almeno 2.000 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> di pannello umidificante.

c) Il sistema **package**, che contiene in un'unica camera sia il *pad* che il *fan*. L'acqua all'interno della camera evapora in quanto utilizza il calore sensibile dell'aria entrante ed in questo modo la temperatura dell'aria si riduce rispetto alla temperatura dell'aria in ingresso. Inoltre la sua umidità specifica presenta valori superiori rispetto all'aria entrante nella camera. Invece, l'aria che viene estratta tramite *fans* posti sul lato superiore della camera presenta valori di temperatura superiori e di umidità specifica inferiori rispetto all'aria che entra in serra.

d) Il sistema di **condizionamento** dell'aria, basato sulla proprietà di assorbire calore da parte di un liquido che, circolando all'interno di un ambiente chiuso, evapora nell'ambiente da rinfrescare, si raffredda e quindi ne assorbe il calore determinando un abbassamento della temperatura.

Nei sistemi con funzionalità con ciclo frigorifero o con ciclo a pompa di calore, l'impiego di questa tecnologia consente di mantenere profili ottimali di temperatura ed umidità dell'aria, eliminando il consumo di acqua associato ai sistemi di raffrescamento di tipo evaporativo (*fogging*, *fan-pad* e *package*).

La Tabella 7 riporta i risultati di una recente indagine effettuata dagli autori, oltre che con dati scientifici presenti nei siti web delle case produttrici e con visite dirette alle aziende agricole, anche con la collaborazione di alcune delle numerose ESCO operanti nel settore agricoltura.

Tabella 7. Diffusione dei sistemi di raffrescamento per ambienti protetti in Italia

Tipologia di raffrescamento aria interna	Superficie (ha)
Sistema evaporativo (tipologie <i>fan-pad</i> e <i>fogging</i> )	150-200
Sistema evaporativo con macchina esterna (tipologia <i>package</i> )	circa 30
Condizionamento dell'aria con pompa di calore (refrigerazione con ciclo inverso)	circa 10*
<p>*Questa tipologia di raffrescamento viene impiegata soprattutto per alcune coltivazioni specializzate di orchidee e spesso per la coltivazione di funghi (è stata stimata una superficie protetta tra 18 e 23 ha di ambienti condizionati per la coltivazione di funghi).</p> <p>I dati sopra riportati sono stati ottenuti in seguito ad incontri con ESCO e via rilevazione diretta. Le società ESCO che di più hanno contribuito all'indagine ENEA sono state Gesco, TEA servizi, Scopacasa Energy Manager, Altraenergia, Heat&amp;Power, Esergetica.</p>	

I principali problemi dei sistemi di raffrescamento evaporativo sono associati alla necessità di un controllo continuo degli ugelli e della pressione dell'acqua vaporizzata in serra per il *sistema fogging* ed alla scarsa uniformità dei profili di umidità e di temperatura per i sistemi *fan-pad* e *package* (i.e.: tra gli evaporatori ed i ventilatori per l'estrazione d'aria si formano spesso dei gradienti fortemente decrescenti). D'altra parte, i sistemi di condizionamento dell'aria, sebbene risultino superiori ai sistemi evaporativi nel mantenere un microclima ottimale, presentano consumi di energia relativamente elevati (Tabella 8).

Tabella 8. Sistemi di raffrescamento e stime sui consumi medi di energia

Sistema di raffrescamento	Consumo di energia (kWh/anno/ha)	tep	Note tecniche	Riferimenti bibliografici
Ventilazione con estrattori d'aria	100.000	18,7	consumi medi per l'area mediterranea	- Kittas C., Katsoulas N., Bartzanas T., 2010. - Both. A.J., 2010. - <a href="http://aesop.rutgers.edu/~horteng">http://aesop.rutgers.edu/~horteng</a>
<i>Fan-pad, Package</i>	175.000	32,7		
<i>Fogging</i> senza uso di <i>fans</i>	50.000	9,3	non inferiore a 5 kWh/m <sup>2</sup> /anno	- Hemming S., Sapounas A., de Zwart F., Ruijs M. and Maaswinkel R., 2010.
Condizionamento dell'aria con pompa di calore a ciclo inverso	414.000	77,4	(0,69 kWh/m <sup>2</sup> /g) COP=0,93-1,03	- Hardin C., Mehlitz T., Yildiz I., Kelly S.F., 2006. - Yildiz I., Stombaugh D.P., 2006. - Migeon C., Pierart A., Lemesle D., Travers A., Chassériaux G., 2012.
Fattore di conversione tep/kWh = $0,187 \cdot 10^{-3}$				



**Sistema fan-pad in serra con tipologia a struttura asimmetrica**



**Sistema fogging**

**Sistema package**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

Sulla base della Tabella 7, non è fuori luogo affermare che, in Italia allo stato attuale, per il comparto dei sistemi serra, non è possibile definire una tipologia commerciale standard per il raffrescamento a causa della limitata diffusione di questi sistemi. Inoltre, spesso, nei grandi impianti di serre (in generale superiori ad 1 ettaro) con coltivazioni di piante floro-ornamentali, sebbene siano dotati di sistemi di raffrescamento, il raffrescamento evaporativo non viene attuato sia per gli elevati consumi di energia elettrica che per gli svantaggi associati ai profili di temperatura ed umidità che possono risultare fortemente non uniformi all'interno della serra. In questo contesto, vale la pena sottolineare che Paesi come Olanda e Francia, che costituiscono i maggiori competitori per la serricoltura del nostro Paese, mostrano un interesse sempre maggiore verso la tecnologia dei condizionatori d'aria per il controllo della temperatura e dell'umidità.

Tuttavia, alla luce delle richieste da parte della GDO (Grande Distribuzione Organizzata) tanto di produzioni annuali senza interruzione quanto di prodotti caratterizzati da elevati livelli di qualità, è opportuno evidenziare la necessità per i serricoltori dell'impiego di sistemi di raffrescamento adatti a mantenere un microclima ottimale, in modo da consentire produzioni qualitativamente superiori anche durante i periodi climatici primaverili ed estivi.

---

In particolare, poiché il ricorso a sistemi di condizionamento dell'aria con tipologia pompa di calore a ciclo frigorifero, che indubbiamente rappresentano la scelta tecnologicamente più avanzata rispetto ai tradizionali sistemi *cooling* di tipo evaporativo, potrebbe risultare economicamente improponibile per i grandi impianti di serre (superiori a 1 ettaro) a causa dei consumi relativamente elevati di energia elettrica, i produttori di tecnologie dovrebbero focalizzare l'attenzione sullo sviluppo di sistemi evaporativi innovativi in grado da un lato di mantenere profili di temperatura ed umidità della serra funzionali alla coltivazione di colture specializzate e da un altro lato di non causare un aggravio eccessivo dei consumi di energia elettrica.

Il *controllo proporzionale* o di tipo *multi-step on-off* in sostituzione del controllo on/off e la distribuzione dell'aria fredda tramite manicotti in plastica, dotati di aperture per ottimizzare l'uniformità della distribuzione dell'aria fredda in serra, rappresentano sicuramente soluzioni tecniche capaci di migliorare le *performance* tecniche dei sistemi evaporativi e quindi di superare gli svantaggi dovuti alla scarsa uniformità dei profili termo-udometrici associati ai sistemi evaporativi.

L'impiego di sistemi *inverter* in grado di regolare la velocità dei *fans* rispetto alla massa d'aria da estrarre dalla serra, l'impiego di *screens* per contrastare la radiazione solare, il ricorso a filtri evaporativi e l'utilizzo di acqua con alte prestazioni qualitative rispetto all'evaporazione ed al controllo delle alghe e dei Sali e l'applicazione di sistemi di recupero/riciclo dell'acqua, costituiscono tutti delle modifiche atte a migliorare il raffrescamento della serra, mantenendo allo stesso tempo, a livelli accettabili, i costi energetici per gli operatori delle serre.

A questo proposito, è certamente significativo il riferimento alle opportunità economiche che il sistema degli incentivi previsti dal DM 28 dicembre 2012 per il settore agricoltura, offre agli imprenditori dei sistemi serra ai fini del miglioramento dell'Efficienza Energetica delle serre in termini di climatizzazione termo-udometrica dell'aria interna, al fine di migliorare lo standard qualitativo delle serre e diminuire i consumi di energia attraverso l'uso di tecnologie innovative.

### **3.1 La radiazione luminosa per le piante**

La densità di potenza della radiazione solare raccolta al di fuori dell'atmosfera su una superficie normale alla radiazione solare ha un valore che, in relazione alle diverse distanze che la terra assume nei confronti del sole durante il suo moto di rivoluzione (che passa da una distanza di 147x106 km a 152x106 km),

risulta mediamente contenuta tra  $1.400 \text{ W/m}^2$  e  $1.300 \text{ W/m}^2$ , pari a  $1.163 \text{ kcal/m}^2/\text{h}$  e a  $4.781 \text{ kJ/m}^2/\text{h}$ . Per praticità di calcolo, si assume il valore medio di  $1.400 \text{ W/m}^2$  (*costante solare*) per l'intensità della radiazione che giunge sull'orbita della terra, che, in relazione alla rotazione della terra intorno al proprio asse ed alla distribuzione su tutta la sua superficie sferica, si riduce come media su un intero anno a  $343 \text{ watt per m}^2$  negli strati alti dell'atmosfera.

In fisica, la luce (proveniente dal sole o da una lampada) può essere interpretata mediante la teoria elettromagnetica ondulatoria (la radiazione elettromagnetica come propagazione nello spazio delle oscillazioni di un campo elettromagnetico e dell'energia che a queste è associata) oppure mediante la teoria corpuscolare (la radiazione elettromagnetica come sequenza di pacchetti di energia chiamati *fotoni*). Le frequenze immediatamente al di sotto dell'intervallo sono dette *ultraviolette* (UV), quelle immediatamente al di sopra *infrarosse* (IR).

Come mostrato in Figura 9, al passaggio nell'atmosfera, alcune lunghezze d'onda vengono attenuate e la radiazione che arriva sulla terra (in funzione di latitudine, altitudine, esposizione, località e nuvolosità) rappresenta il 51% (radiazione globale) della quantità registrata al limite superiore dell'atmosfera, che si riduce (a causa dell'albedo) fino al 47%. Le piante utilizzano solo lo 0,03% dell'energia della radiazione solare che entra nell'atmosfera.

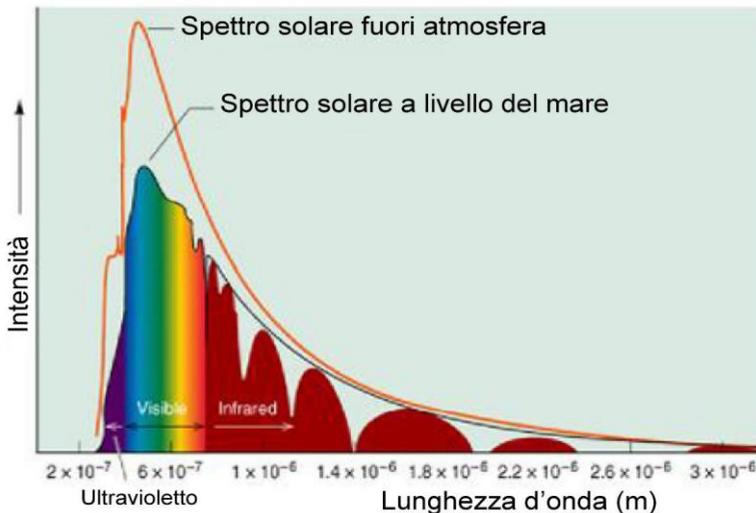


Figura 9. Densità spettrali dell'energia solare sulla superficie atmosfera e terrestre

Questa piccola parte consente annualmente la produzione, attraverso la fotosintesi, di una quantità di energia di circa  $15 \times 10^{20}$  J (il consumo mondiale è pari a  $11 \times 10^{20}$  J/anno).

Più specificamente, la radiazione elettromagnetica è caratterizzata dai parametri di *frequenza* (che costituisce il numero di oscillazioni compiute dal campo elettromagnetico per secondo e si esprime in hertz) e di *lunghezza d'onda* (che rappresenta la distanza tra due punti successivi nei quali l'onda assume lo stesso valore).

La corrispondenza tra una frequenza e la relativa lunghezza d'onda è data dalla formula  $\lambda = v/f$  dove  $v$  è la velocità di propagazione dell'onda o come suol dirsi, la velocità della luce, che dipende dal mezzo nel quale viaggia la radiazione (è massima nello spazio vuoto). Di seguito si riporta la classificazione relativa allo spettro delle onde elettromagnetiche (Tabella 9).

Tabella 9. Onde elettromagnetiche

Denominazione	Frequenza (hertz)	Lunghezza d'onda ( $\lambda$ )	Lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) (d'interesse per le piante)
Raggi gamma ( $\gamma$ )	> 30 mln THz	< 10 pm	
Raggi X	30.000 e 30 mln Hz	tra 10 pm e 10 nm	tra 100 e 10 nm
Raggi ultravioletti (UV)	750 e 30.000 THz	tra 10 e 400 nm	< 380 nm
Radiazione visibile	tra 385 e 750 THz	tra 0,4 e 0,78 $\mu$ m	tra 380 e 760 nm
Radiazione infrarossa (IR)	tra 0,3 e 385 THz	tra 0,78 $\mu$ m e 1 mm	tra 1 mm e 760 nm
Microonde (TV, radar)	tra 0,3 e 300 GHz	tra 1 mm e 1 m	-
Radio (medie)	tra 0,3 e 300 MHz	tra 1 m e 1 km	-
Radio (lunghe)	tra 30 e 300 kHz	tra 1 e 10 km	-
kilohertz (kHz) = 1000 Hz = $10^3$ Hz megahertz (MHz) = 1.000.000 Hz = $10^6$ Hz gigahertz (GHz) = 1.000.000.000 Hz = $10^9$ Hz terahertz (THz) = 1000.000.000.000 Hz = $10^{12}$ Hz			
Nota: la radiazione visibile è definita luce in quanto suscita nell'osservatore la sensazione visiva.			

Tabella 10. La radiazione che interviene nella fisiologia vegetale

Luce naturale del giorno	$\lambda$ (nm)
Ultravioletto	290 - 380
Violetto	380 - 440
Blu	440 - 495
Verde	495 - 570
Giallo	570 - 595
Arancio	595 - 625
Rosso	625 - 700
Infrarosso vicino (NIR)	700 - 3000
Infrarosso lontano (FAR)	3.000 - 100.000

L'intensità e la qualità della luce che penetra all'interno della serra dipendono anche dai valori di trasmittanza, permeabilità all'infrarosso (IR) e trasparenza alla radiazione visibile dei materiali di copertura impiegati, oltre che dall'ombreggiamento determinato dalle strutture portanti. La trasmittanza è la capacità di lasciarsi attraversare dall'energia radiante incidente e si calcola come rapporto tra l'intensità dell'energia ricevuta e di quella emergente, misurate sulle due facce del materiale. La trasmissione della radiazione è diretta o diffusa a seconda che, incidendo su una faccia, emerga dall'altra in direzione parallela al raggio incidente o si ripartisca in tutte le direzioni.

Il *Committee on Crop Terminology della Crop Science Society of America* ha sviluppato alcune definizioni specifiche per gli studi sulla fotosintesi:

- ✓ **PAR** (*Photosynthetic Active Radiation*) è la cosiddetta radiazione fotosinteticamente attiva, misurata in  $\mu\text{moli}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . Le piante utilizzano l'intervallo 400-700 nm, quale corrispondenti a circa 300-400  $\mu\text{moli}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  (Figura 13).
- ✓ **PPAR** (*Photo-Physiologically Active Region*) è la regione dello spettro responsabile dei fenomeni foto-fisiologici delle piante.
- ✓ **PPFD** (*Photosynthetic Photon Flux Density*) è la densità del flusso fotonico nell'intervallo 400-700 nm e rappresenta, in pratica, il numero di fotoni incidenti a 400-700 nm per unità di tempo sull'unità di superficie. Si misura in  $\text{moli}\cdot\text{m}^{-2}$  per giorno. Mediamente sul globo

terrestre è di 26 mol $\cdot$ m<sup>-2</sup> per giorno. La radiazione solare globale che arriva sulla terra a mezzogiorno in una giornata di sole corrisponde approssimativamente a 1800-2000  $\mu$ mol $\cdot$ m<sup>-2</sup> $\cdot$ s<sup>-1</sup>.

- ✓ **PPF (*Photosynthetic Photon Flux*)** nella regione del PAR è il flusso fotonico della fotosintesi e si riferisce al numero di fotoni al secondo che colpisce la pianta. Per scopi pratici, si preferisce misurare i fotoni di luce con il simbolo “ $\mu$ mol” che definisce  $6 \times 10^{17}$  fotoni (essendo pari al Numero di Avogadro, 1 mole è costituita da  $6 \times 10^{23}$  fotoni ed è definita anche come “1 Einstein” (E)). L’irradianza (o illuminazione) si misura in Watt/m<sup>2</sup> oppure in micromoli di fotoni su metro quadrato al secondo ( $\mu$ mol $\cdot$ m<sup>-2</sup> $\cdot$ s<sup>-1</sup>). Pertanto, i livelli di irradiazione si possono misurare in micro-Einstein oppure in PPF (Watt $\cdot$ m<sup>-2</sup>).

Si utilizzano le seguenti conversioni:

$$1 \mu\text{mole} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \mu \text{E} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = 6 \cdot 10^{17} \text{ fotoni} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = 0,203/0,219 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

([http://www.egc.com/useful\\_info\\_lighting.php](http://www.egc.com/useful_info_lighting.php)).

Per quanto riguarda la radiazione luminosa per la crescita e lo sviluppo delle piante, la Tabella 11 riporta i valori espressi in  $\mu$ mol $\cdot$ s<sup>-1</sup> $\cdot$ m<sup>-2</sup> consigliati per le diverse specie vegetali.

Tabella 11. Livelli di luce raccomandati per diverse specie vegetali [ $\mu$ mol $\cdot$ s<sup>-1</sup> $\cdot$ m<sup>-2</sup>]

<b>Violetta africana</b>	150 - 250
<b>Piante da foglia ornamentali</b>	150 - 250
<b>Garofano e crisantemo</b>	250 - 450
<b>Giglio</b>	250 - 450
<b>Geranio</b>	250 - 450
<b>Poinsettia</b>	250 - 450
<b>Cetriolo</b>	250 - 450
<b>Lattuga</b>	250 - 450
<b>Fragola</b>	250 - 450
<b>Rosa</b>	450 - 750
<b>Pomodoro</b>	450 - 750
Fonte: Louis D. Albright, Cornell University; Plant Growth Chamber Handbook, Iowa Agriculture and Home Economics Experiment	



**Serra con illuminazione artificiale**



**Teli termici**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

## 4. MODELLO DI BILANCIO TERMICO DEL SISTEMA SERRA

La serra è una struttura di protezione per le colture vegetali dalle condizioni meteorologiche esterne. Essendo un edificio destinato a coltivazione e conservazione di colture vegetali al di fuori dal loro ambiente naturale, deve ricreare le condizioni microclimatiche più favorevoli ed adatte alle colture vegetali coltivate in ambiente protetto. Al fine di ricreare un ambiente microclimatico, che risulta indispensabile allo sviluppo fisiologico ed alla crescita delle piante, si ricorre al condizionamento artificiale della serra, sia per le condizioni climatiche avverse che per l'ottimizzazione della produzione quantitativa e qualitativa. A questo scopo, la determinazione, approssimativa, del fabbisogno termico della serra richiede di calcolare gli scambi di calore principali che intervengono nel suo bilancio energetico.

In particolare, si deve tener conto delle perdite di calore in funzione del materiale di copertura, delle caratteristiche dei materiali, della temperatura esterna, della superficie di scambio della serra (superficie delle pareti e della copertura). Alcuni valori dei parametri che intervengono nel calcolo del bilancio energetico di una serra sono costanti o quasi costanti e quindi facilmente determinabili. Viceversa altri dipendono dalle variazioni della temperatura e dell'umidità, come nel caso della temperatura interna. In accordo con quanto finora riportato rispetto al calcolo del bilancio termico di una serra e del carico

termico necessario a mantenere le condizioni microclimatiche adatte alla crescita e allo sviluppo delle colture vegetali, si propone un modello di bilancio e un calcolo del carico termico di una serra sulla base dello scambio di calore calcolato per un'unità di superficie di terreno coperto. In particolare la Figura 10 illustra i principali flussi e scambi di calore che caratterizzano il sistema serra.

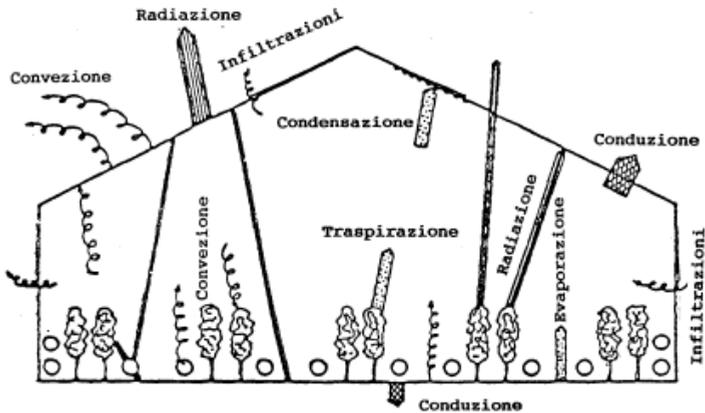


Figura 10. Flussi energetici nel sistema serra

Il bilancio termico di un sistema serra è dato, in prima approssimazione da:

$$q = q_k + q_i + q_l \quad (W/m^2)$$

mentre quello totale con:

$$Q = A_g \cdot q \quad (W)$$

dove:

$q_k$	$(W/m^2)$	flusso di calore scambiato per conduzione
$q_i$	$(W/m^2)$	flusso di calore per infiltrazioni di aria esterna
$q_l$	$(W/m^2)$	flusso di calore che entra per irraggiamento solare
$A_g$	$(m^2)$	superficie del terreno sotto la serra

---

La quantità di flusso di calore scambiato per conduzione può essere calcolata con la relazione:

$$q_k = A_c/A_g \cdot (T_i - T_e) \cdot h \quad (\text{W/m}^2)$$

dove:

<b>A<sub>c</sub></b>	(m <sup>2</sup> )	area della copertura
<b>T<sub>i</sub></b>	(K)	temperatura dell'aria interna
<b>T<sub>e</sub></b>	(K)	temperatura dell'aria esterna
<b>h</b>	(W/m <sup>2</sup> ·K)	coefficiente di scambio termico (conduzione e convezione) della copertura.

Il coefficiente di scambio termico h, in realtà, tiene conto non solo degli scambi di calore attraverso la copertura dovuti a fenomeni di conduzione e convezione, bensì anche di quelli generati da fenomeni radiativi. E' possibile calcolare tale coefficiente attraverso la seguente formula empirica:

$$h = b \cdot h_0 \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

dove:

$$h_0 = 1/(R_i + R_k + R_e) \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

con:

<b>R<sub>i</sub></b>	resistenza termica della superficie interna della copertura	(W/m <sup>2</sup> ·K)
<b>R<sub>k</sub></b>	resistenza termica del materiale di copertura	(W/m <sup>2</sup> ·K)
<b>R<sub>e</sub></b>	resistenza termica della superficie esterna della copertura	(W/m <sup>2</sup> ·K)
<b>b</b>	fattore di correzione per la velocità del vento	(W/m <sup>2</sup> ·K)

**R<sub>i</sub>** rappresenta le resistenze termiche che si verificano con il passaggio di calore per conduzione e convezione. Il valore di questo coefficiente dipende principalmente dal tipo di riscaldamento installato nella serra, il quale determina la stratificazione della temperatura dell'aria interna alla serra e la velocità che l'aria assume nell'attraversare la copertura della serra.

**R<sub>k</sub>** dipende esclusivamente dalle caratteristiche del materiale di copertura. Se la copertura risulta composta di più materiali allora:  $R_k = \text{somma (j) } R_j$ .

**R<sub>e</sub>** dipende principalmente dalla velocità del vento e dall'intensità della radiazione solare.

**Nota:** le perdite di calore attraverso il suolo corrispondono mediamente a un decimo delle perdite totali.

Una formula semplificata che calcola la perdita di calore per le infiltrazioni di aria esterna è la seguente:

$$q_i = h_i \cdot (T_i - T_e) \quad (\text{W/m}^2)$$

dove il coefficiente di scambio termico è:

$$h_i = (n \cdot V \cdot d \cdot C_p) / (A_g \cdot 3.600) \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

con:

<b>n</b> = n1 x c	vol/h	quantità di aria scambiata (vedi Tabella 12)
<b>V</b>	m <sup>3</sup>	volume dell'aria nella serra
<b>d</b>	kg/m <sup>3</sup>	densità dell'aria
<b>C<sub>p</sub></b>	J/kg / K	calore specifico dell'aria a pressione costante
<b>c</b>	-	fattore di correzione

Tabella 12. Fattori di correzione (valori empirici) in relazione al flusso del vento sulla serra (w = m/s)

Angolo di inclinazione della falda della serra $\beta = 0 - 45^\circ$	$C = 1 + \beta \times 0,0144$
Angolo di inclinazione della falda della serra $\beta = 46 - 90^\circ$	$C = 1,65 + \beta \times 0,0067$
<b>Tipologia di serra</b>	
Grandi serre in vetro singolo strato	$n1 = 0,40 + w \times 0,450$
Serre <i>multifalda</i> in vetro singolo strato	$n1 = 0,55 + w \times 0,180$
Serre <i>monofalda</i> in vetro doppio strato	$n1 = 0,37 + w \times 0,135$
Serre in plastica	$n1 = 0,25 + w \times 0,100$
Fonte: Popovski, 1993	

Le infiltrazioni di aria esterna dipendono in particolare dal tipo di serra, dal materiale di copertura, dalla direzione e dalla velocità del vento. La quantità di calore che entra per effetto della radiazione solare incidente è pari a:

$$q_i = I \cdot \tau \cdot \gamma \quad (\text{W/m}^2)$$

dove:

- I** intensità della radiazione solare (globale) (W/m<sup>2</sup>)
- τ** trasmittività della serra
- γ** coefficiente di assorbimento della serra: in media  $0,3 < \gamma < 0,7$ .

---

## 4.1 Fabbisogno termico

La valutazione della richiesta di calore può essere calcolata in prima approssimazione facendo ricorso al coefficiente globale di scambio di calore U:

$$Q = A_c \cdot U \cdot (T_i - T_e) \quad (W)$$

Il calore richiesto per metro quadrato di superficie di serra è:

$$q = A_c/A_g \cdot U \cdot (T_i - T_e) \quad (W/m^2)$$

dove:

<b>U</b>	coefficiente globale di scambio di calore tra l'esterno e l'interno della serra
<b>A<sub>c</sub></b> (m <sup>2</sup> )	area della copertura della serra;
<b>A<sub>g</sub></b> (m <sup>2</sup> )	area della superficie coperta della serra (area di coltivazione)
<b>T<sub>i</sub></b> (°C)	temperatura desiderata all'interno della serra
<b>T<sub>e</sub></b> (°C)	temperatura minima esterna di riferimento

Il coefficiente globale U dipende dal materiale di copertura, dal sistema di riscaldamento, dalla velocità del vento (per la scheda 40E calcolato con valori inferiori a 4 m/sec), dal sistema di irrigazione, dalla nuvolosità, dalla pioggia, ecc..

## 4.2 Energia termica per il riscaldamento

Dal bilancio termico della serra deriva che l'effettiva energia termica richiesta dall'impianto di riscaldamento è data dalla differenza tra la quantità di calore dispersa ( $q_d$ ) e quella apportata dalla radiazione solare ( $q_s$ ).

Quindi:

$$Q_t = q_d - q_s = A_c/A_g \cdot U \cdot (T_i - T_e) - f \cdot \tau \cdot I \quad (W/m^2)$$

La quantità di calore  $Q_t$  dovrebbe essere calcolata ora per ora, utilizzando i valori di  $T_e$  ed  $I$  rilevati nel sito considerato.

### 4.3 Calcolo del fabbisogno di acqua calda

In accordo con il sistema di distribuzione di calore, mediante l'impiego di manichette radianti, il fabbisogno di acqua calda è collegato alla quantità di calore di una serra dalla formula:

$$Q = C \cdot (T_1 - T_2) \cdot portata \quad (W)$$

dove:

<b>Q</b> (W)	quantità di calore in W
<b>C</b> (J/KgK)	coefficiente di scambio termico dell'acqua
<b>T<sub>1</sub></b> (K)	temperatura di entrata dell'acqua
<b>T<sub>2</sub></b> (K)	temperatura di uscita dell'acqua

da cui si ricava:

$$portata = Q / [C \cdot (T_1 - T_2)] \quad (Kg/s)$$

Tenendo conto che secondo la normativa UNI-EN 303-5 il riscaldamento delle serre con caldaie a biomassa richiede l'impiego di un sistema di distribuzione del calore mediante il mezzo acqua, le Tabelle 13, 14 e 15 riportano i coefficienti di trasferimento del calore con differenti sistemi di distribuzione dell'acqua calda nel sistema serra, anche impiegano differenti tipologie di manichette radianti in plastica (Popovski, 1993; Thermie 1991-94, Contract No.GE/41/92/IT/HE; Thermie 1994-98, Contract No.GE/359/94/PO/IT).

Tabella 13. Coefficiente di trasferimento del calore con manichette di plastica lisce (diametro 25 mm)  
(W/m<sup>2</sup>/K)

Temperatura acqua (°C)	Temperatura interna serra (°C)									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
40	10,97	11,61	11,14	11,04	10,91	10,78	10,61	10,42	10,83	10,62
60	12,28	12,27	12,25	12,23	12,21	12,18	12,16	12,13	12,11	12,07
80	13,41	13,43	13,27	13,25	13,30	13,32	13,34	13,36	13,36	13,39

Tabella 14 .Coefficiente di trasferimento calore di manichette di plastica lisce  
(diametro 32 mm) (W/m<sup>2</sup>/K)

Temperatura acqua (°C)	Temperatura interna serra (°C)									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
40	10,78	10,83	10,88	10,61	10,66	10,72	10,37	10,40	10,45	10,51
60	11,91	11,98	11,87	11,95	12,02	11,90	11,99	11,85	11,95	11,78
80	12,96	13,04	13,40	13,10	13,02	13,04	13,06	13,00	12,94	13,04

Tabella 15. Coefficiente di trasferimento calore di manichette di plastica corrugate (W/m<sup>2</sup>/K)

Differenza temperatura acqua, T <sub>e</sub> -T <sub>u</sub> (°C)	10	20	30	40	50
<i>Diametro 20 mm</i>	9,96	9,53	10,17	10,96	10,44
<i>Diametro 25 mm</i>	9,15	9,35	9,66	9,92	10,07



### Riscaldamento con manichette radianti in plastica

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

Di seguito si riportano i valori dei consumi termici stimati in accordo con i gradi giorno (GG) delle diverse fasce climatiche (Tabella 16).

Tabella 16. Valutazione delle richieste termiche dei sistemi serra in Italia

N° ore anno di riscaldamento in serra	Fascia	DA [GG]	A [GG]	Ore giornaliere	Data inizio	Data fine
	A	-∞	600	6	1° dic	15 mar
320	B	601	900	8	1° dic	31 mar
480	C	901	1.400	10	15 nov	31 mar
1200	D	1.401	2.100	12	1° nov	15 apr
1800	E	2.101	3.000	14	15 ott	15 apr
2300	F	3.000	+∞	nessuna limitazione (tra le ore 5 e le ore 23 di ogni giorno)		

L'unità di riferimento considerata per l'energia termica è stato il metro quadrato di superficie coltivata (UFR) di serra e riscaldata, mentre il fabbisogno energetico è stato individuato in funzione del parametro  $A_c/A_s$ , che rappresenta il rapporto tra la superficie della copertura trasparente e la superficie di base della serra. Per il rendimento di impianto (caldaia a biomassa) si è assunto un valore pari a 0,9. Il fabbisogno di energia è stato calcolato con l'espressione:

$$Q = (A_c/A_s) \cdot U \cdot (T_i - T_e) \cdot h / \eta_c \cdot 10^{-3} \quad (\text{kWh/anno/m}^2)$$

dove:

- Q** (kWh/anno/m<sup>2</sup>) energia primaria necessaria per il riscaldamento
- A<sub>c</sub>** (m<sup>2</sup>) superficie copertura trasparente, incluse pareti frontali e laterali
- A<sub>s</sub>** (m<sup>2</sup>) superficie di base della serra
- T<sub>i</sub>** (°C) temperatura aria interna
- T<sub>e</sub>** (°C) temperatura aria esterna
- U** (W/m<sup>2</sup> K) coefficiente globale di dispersione termica
- h** ore di funzionamento dell'impianto
- η<sub>c</sub>** rendimento medio della caldaia = 0,9.

Le Tabelle 17, 18 e 19 mostrano i valori calcolati con l'espressione sopra riportata (scheda 40E).

Tabella 17. Serra con copertura in film plastico

Serra con copertura in film plastico [tep/m <sup>2</sup> /anno]					
		Zone climatiche [GG]			
		600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000
A <sub>c</sub> /A <sub>s</sub>	< 1,5	0,0052	0,0083	0,0252	0,0447
	1,5 - 1,8	0,0069	0,0109	0,0333	0,0590
	> 1,8	0,0079	0,0125	0,0383	0,0680

Tabella 18. Serra con copertura in lastre di policarbonato plastico

Serra con copertura in lastre di policarbonato plastico [tep/m <sup>2</sup> /anno]					
		Zone climatiche [GG]			
		600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000
A <sub>c</sub> /A <sub>s</sub>	< 1,5	0,0031	0,0050	0,0151	0,0268
	1,5 - 1,8	0,0062	0,0065	0,0200	0,0354
	> 1,8	0,0047	0,0075	0,0230	0,0408

Tabella 19. Serra con copertura in lastre di vetro

Serra con copertura in lastre di vetro [tep/m <sup>2</sup> /anno]					
		Zone climatiche [GG]			
		600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000
A <sub>c</sub> /A <sub>s</sub>	< 1,5	0,0057	0,0091	0,0277	0,0492
	1,5 - 1,8	0,0075	0,0120	0,0366	0,0649
	> 1,8	0,0087	0,0138	0,0422	0,0748

---

## 5. BIOMASSA SOLIDA

La proposta della scheda 40E nasce dalla necessità, da un lato, di evitare l'impiego di energia tradizionale e, da un altro lato, di contribuire a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. L'anidride carbonica per la biomassa è considerata "neutra" sulla base della considerazione tecnica che le emissioni di CO<sub>2</sub> provenienti dalla biomassa bruciata sono pari alla quantità di CO<sub>2</sub> utilizzata per il processo di fotosintesi durante l'accrescimento della pianta.

In particolare, le emissioni di CO<sub>2</sub> per i diversi combustibili tradizionali sono stimate in: 80-100 kg/MJ per il carbone, 75 kg/MJ per il diesel, 65 kg/MJ per il propano, 58 kg/MJ per il gas naturale. In generale, è definita biomassa tutto ciò che ha matrice organica, ovvero il materiale organico costituito o derivato da organismi vegetali o loro componenti, utilizzabile in processi di trasformazione termochimica o biochimica. La scheda tecnica 40E prende in considerazione i fabbisogni medi di energia termica richiesti da serre caratterizzate da un coefficiente medio globale di dispersione termica (Tabella 20) nel range compreso tra 4,8 e 8,8 W/(m<sup>2</sup>°K).

Tabella 20. Coefficiente globale di dispersione termica (U) per le diverse tipologie di serre

Tipologia della serra	Coefficiente globale di dispersione termica (U) [W/(m <sup>2</sup> °K)]
Film singolo	8
Policarbonato	4,8
Vetro	8,8

La procedura prende in considerazione le installazioni di dispositivi a biomasse sia in nuove realizzazioni serricole sia in sostituzione di dispositivi esistenti alimentati da fonte non rinnovabile. Le tabelle seguenti riportano il valore dei risparmi in tep/anno al m<sup>2</sup> di superficie A<sub>s</sub>, per una determinata fascia climatica ed in funzione del rapporto A<sub>c</sub>/A<sub>s</sub>.

Per quantificare il risparmio di energia primaria per le diverse tipologie di serra abbiamo utilizzato i seguenti rapporti di A<sub>c</sub>/A<sub>s</sub>:

$$A_c/A_s \leq 1,5, \quad 1,5 < A_c/A_s \leq 1,8, \quad A_c/A_s > 1,8$$

---

Il risparmio di energia primaria è valutato in relazione al consumo evitato di combustibile fossile ed è considerato addizionale al 100%. Nel settore serra il combustibile di riferimento è il gasolio, pertanto i titoli riconosciuti sono di tipo III. Per la suddivisione del territorio nazionale in zone climatiche si è fatto riferimento al DPR 412/93, dopo aver apportato le opportune correzioni al numero di ore di funzionamento dell'impianto in relazione alle esigenze del sistema serra. Al fine di consentire una valutazione termica della serra, per modulare il carico termico in funzione delle richieste termiche compatibili nelle diverse fasce climatiche, è stato sviluppato un apposito modello matematico.

Le temperature di *comfort* da assicurare all'interno della serra per la coltivazione di piante sono state considerate in funzione dell'unità di misura Gradi Giorno (GG) per semplificare il calcolo integrale dell'energia termica richiesta dalla serra (Figura 10). Le biomasse combustibili<sup>2</sup> si trovano in commercio generalmente sotto forma di ciocchi o tronchetti di legno, bricchette, cippato di legna e pellet. La classificazione qualitativa dei biocombustibili solidi è definita a livello europeo dalla specifica tecnica CEN/TS 14961 (*Solid biofuels, fuel specification and classes*, 2005), sulla base della quale in Italia nel 2007 è stata pubblicata la specifica tecnica UNI/TS 11264 '*Caratterizzazione di legna da ardere, bricchette e cippato*'.

Gli apparecchi termici alimentati a biomassa legnosa sono disponibili sul mercato a partire da pochi kW, adatti per il riscaldamento domestico di singole stanze o piccole unità abitative, fino ad arrivare ad impianti di grossa taglia con potenze superiori al MW, impiegati per il riscaldamento di grandi utenze o in reti di teleriscaldamento o per la produzione di calore ad uso industriale. Per i poteri calorifici, per le quattro tipologie di biomassa solida considerate come combustibile dalla scheda tecnica 40E, si considera un valore medio del potere calorifico inferiore secondo la norma UNI 14961 per le varie classi (A1, A2, B) di combustibile (Tabella 21).

---

<sup>2</sup> Allegato X alla Parte Quinta del Testo Unico Ambiente DLg 152-2006: "a) materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate; b) materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate; c) materiale vegetale prodotto da interventi selvicolturali, da manutenzione forestale e da potatura; d) materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, *chips*, refili e tondelli di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine, tondelli, non contaminati da inquinanti; e) materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli; f) sansa di oliva disoleata avente le caratteristiche riportate nella tabella seguente, ottenuta dal trattamento delle sansi vergini con n-esano per l'estrazione dell'olio di sansa destinato all'alimentazione umana, e da successivo trattamento termico, purché i predetti trattamenti siano effettuati all'interno del medesimo impianto."

Tabella 21. Poteri calorifici secondo la UNI 14961

Biomassa	kWh/kg
Pellets (UNI EN 14961-2)	4,4
Bricchette (UNI EN 14961-3)	4,1
Cippato (UNI EN 14961-4)	3,3
Legna a ciocchi (UNI EN 14961-5)	4

L'impiego di un accumulatore-tampone (*buffer*) o volano termico costituito da un serbatoio coibentato come deposito di acqua è in grado di minimizzare la frequenza delle fasi di accensione-spegnimento che la caldaia oppone alle richieste termiche della serra (un *range* di 20-30 l/kW di potenza nominale sono sufficienti ai fini del dimensionamento del buffer). Si evidenzia come il funzionamento di "*peak-load*" costituisca circa il 5% del riscaldamento annuale rispetto al 95% di funzionamento di "*base-load*" (Figura 11).

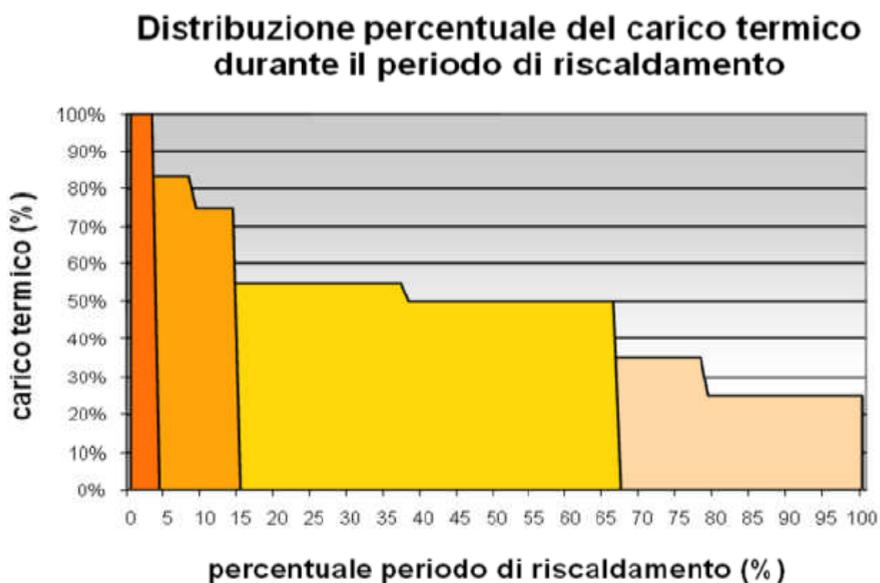


Figura 11. Confronto tra carico termico e periodo di riscaldamento nei sistemi serra riscaldati con caldaia a biomassa

---

## 6. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DI UNA RVC

La Richiesta di Verifica e Certificazione dei Risparmi (RVC) deve essere trasmessa telematicamente tramite il portale informatico per l'Efficienza Energetica. La presentazione telematica della RVC richiede l'inserimento di informazioni anagrafiche ed informazioni tecniche riferite al progetto. A conclusione del processo di trasmissione telematica della RVC, l'applicativo informatico invia automaticamente un'e-mail alla persona referente del soggetto titolare, contenente le istruzioni per la trasmissione della documentazione necessaria al completamento della pratica ed all'avvio del procedimento, sempre attraverso l'applicativo informatico. In particolare, è necessario seguire la seguente procedura:

- Accedere al portale <http://www.gse.it/it/CertificatiBianchi/> nella sezione "richieste presentate" e selezionare la pratica.
- Confermare/compilare i dati del rappresentante legale cliccando su "documentazione".
- Effettuare il *download* della lettera di conferma di avvenuta trasmissione della pratica precompilata dal sistema, sulla base dei dati inseriti, stamparla e farla sottoscrivere dal legale rappresentante.
- Effettuare l'*upload* della lettera debitamente sottoscritta in formato ".pdf".
- Effettuare l'*upload* della fotocopia di un documento di identità del sottoscrittore in corso di validità firmato ed in formato ".pdf".
- Effettuare l'*upload* della copia della dichiarazione di accreditamento per i soggetti accreditatisi in data successiva al 4 febbraio o per coloro che avessero fatto richiesta di variazione dei dati anagrafici.
- Cliccare sul tasto "trasmetti documentazione" per completare l'invio.

---

## 6.1 Documentazione da trasmettere per le verifiche e le certificazioni

Per i **progetti standardizzati** la documentazione da allegare alla richiesta di verifica e di certificazione deve includere almeno:

- a) Informazioni relative al soggetto titolare di progetto (nome o ragione sociale, indirizzo, ruolo e attività svolta nell'ambito del progetto); per le società di servizi energetici tale documentazione deve includere anche una copia dello statuto societario.
- b) Descrizione dell'intervento.
- c) Informazioni relative ai principali collaboratori al progetto: nome o ragione sociale, indirizzo, ruolo e attività svolta nel progetto.
- d) Informazioni relative agli eventuali contributi economici di qualunque natura già concessi per la realizzazione del medesimo progetto da parte di amministrazioni pubbliche statali, regionali o locali.
- e) Data di avvio del progetto.
- f) Per ogni tipologia di intervento inclusa nel progetto, un prospetto di rendicontazione riepilogativo della procedura di calcolo dei risparmi di cui si richiede la verifica e la certificazione, includendo almeno le seguenti informazioni:
  - i. data di prima attivazione dell'intervento
  - ii. numero di UFR oggetto dell'intervento
  - iii. risparmio specifico lordo per UFR così come determinato nelle schede tecniche di valutazione standardizzata
  - iv. risparmio totale lordo attribuibile all'intervento nel periodo di riferimento della richiesta di verifica e di certificazione
  - v. quota di risparmio netto integrale attribuibile all'intervento nel periodo di riferimento della richiesta di verifica e di certificazione
- g) risparmio totale netto attribuibile al progetto nel periodo di riferimento della richiesta di verifica e di certificazione.

---

Per i progetti standardizzati la documentazione deve essere idonea a consentire il riscontro di quanto dichiarato nella scheda di rendicontazione e, come minimo, il rispetto dei requisiti previsti nella schede tecniche di riferimento (ad esempio delle condizioni di applicabilità e della normativa tecnica).

Nello specifico, in fase di presentazione della prima RVC per un progetto relativo alla scheda 40E, è necessario allegare la seguente documentazione:

- La relazione tecnica di progetto, firmata e timbrata da un **progettista abilitato**, sul dimensionamento del generatore di calore, in cui sia descritta la serra nelle sue caratteristiche costruttive, ivi incluse l'estensione della medesima, le colture e le temperature medie che è necessario mantenere, il confronto tra la potenza specifica ( $W/m^2$ ) derivante dal dimensionamento del generatore oggetto dell'intervento, con i valori delle potenze specifiche di riferimento presenti in letteratura (vedi Tabelle a-b-c dell'Allegato I).
- La scheda tecnica del nuovo generatore di calore a biomassa.
- La descrizione di tutti gli altri generatori di calore eventualmente presenti.
- Il certificato di conformità alle classi di qualità previste dalle Norme UNI.

Tutta questa documentazione deve essere allegata, utilizzando l'apposita icona per l'*upload* di documenti, sul portale del GSE Efficienza Energetica, al campo 2.3 "Descrizione dettagliata dell'intervento".

---

## 7. NORME DA SEGUIRE E DOCUMENTAZIONE

### 7.1 Caldaie a biomassa di potenza termica nominale inferiore o uguale a 500 kWt

La norma da rispettare per questa tipologia di caldaie è la UNI EN 303-5:2012, che si riferisce a “*Caldaie per riscaldamento - Parte 5: Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale o automatica, con una potenza termica nominale fino a 500 kW*”.

**Le caldaie devono essere conformi alla norma UNI EN 303-5 classe 5.**

#### *Terminologia, requisiti, prove e marcatura*

La norma europea si applica alle caldaie da riscaldamento, inclusi i connessi dispositivi di sicurezza, aventi una potenza termica nominale fino a 500 kW, progettate per essere alimentate con combustibili solidi, utilizzare acqua come fluido termovettore alla temperatura massima di 110 °C, nonché lavorare alla pressione massima di 6 bar. Le caldaie possono lavorare a tiraggio naturale o forzato ed essere alimentate manualmente o automaticamente.

La norma definisce requisiti e metodologie di prova per la sicurezza, la qualità della combustione, le caratteristiche operative, la marcatura e la manutenzione delle caldaie e si applica anche a tutti i dispositivi esterni che ne influenzano la sicurezza. La norma si applica alle caldaie che costituiscono un'unica unità con il bruciatore; si può però applicare anche a combinazioni di caldaia e bruciatore a se stante conforme alla UNI EN 15270, solo quando l'insieme dei due dispositivi è sottoposto a prova in conformità ai requisiti della presente norma.

La norma definisce inoltre la necessaria terminologia, i requisiti relativi al controllo e alla sicurezza, i requisiti di progettazione, i requisiti termotecnici (considerando anche requisiti ambientali) e le prove, così come i requisiti di marcatura.

---

## 7.2 Caldaie a biomassa di potenza termica nominale superiore a 500 kWt

È possibile ammettere al meccanismo dei TEE anche i generatori di calore alimentati a biomassa aventi una potenza al focolare superiore a 500 kW, purché rispettino i seguenti requisiti:

- Rendimento termico utile non inferiore all'89%, attestato da una dichiarazione del produttore sulla base dei risultati delle prove effettuate, da un laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma **UNI EN ISO/IEC 17025**, applicando le metodologie previste dalla norma UNI EN 303-5.

Emissioni in atmosfera non superiori a quanto previsto dalla classe 5 della norma UNI EN 303-5, attestate da una dichiarazione del produttore sulla base delle certificazioni/rapporti di prova rilasciate da un laboratorio indipendente ed accreditato secondo la norma **UNI EN ISO/IEC 17025**.

Il laboratorio deve essere accreditato per la **EN 13248-1** ai fini dell'analisi del particolato primario, per la **EN 12619** per gli OGC e per la **EN 15058** ai fini della misura del CO. Le misurazioni per il rispetto dei livelli emissivi dovranno essere eseguiti al camino attraverso metodi di misura stabiliti nelle Tabella 22 e 23.

Tabella 22. Emissioni in atmosfera per gli impianti a biomassa misurate utilizzando le metodiche indicate

	<b>Particolato primario totale comprensivo della frazione condensabile (PPBT) (*) (mg/Nm<sup>3</sup> rif. 13% O<sub>2</sub>)</b>	<b>CO (mg/Nm<sup>3</sup> rif. 13% O<sub>2</sub>)</b>
<b>Caldaia a biomassa solida (escluso il pellet)</b>	40	0,30
<b>Caldaia a pellet</b>	30	0,25

(\*) Il particolato primario (PPBT) deve essere determinato mediante un metodo di campionamento definito in una norma tecnica UNI applicabile ai generatori di calore oggetto del presente decreto. In mancanza di tale norma tecnica, è consentita la determinazione indiretta attraverso la correlazione di seguito riportata e utilizzando i metodi di misura indicati in Tabella 11:

PPBT (mg/Nm<sup>3</sup>) = PP (mg/Nm<sup>3</sup>) + 0,42\*OGC (mg/Nm<sup>3</sup>), dove:

- [PPBT] è la concentrazione di particolato primario presente nei fumi di combustione, campionati a una temperatura compresa tra 20 e 50 gradi centigradi, espressa in mg/m<sup>3</sup> alle condizioni normali e riferita al gas secco e ad una concentrazione volumetrica di O<sub>2</sub> residuo pari al 13%.
- [PP] è la concentrazione di particolato primario presente nei fumi di combustione, campionati direttamente allo scarico del generatore di calore secondo quanto previsto dal
- metodo di campionamento, espressa in mg/m<sup>3</sup> alle condizioni normali e riferita al gas secco e ad una concentrazione volumetrica di O<sub>2</sub> residuo pari al 13%. Per la metodica di campionamento riferirsi al metodo austriaco/tedesco indicato dalla CEN/TS 15883.
- [OGC] è la concentrazione di composti organici gassosi, espressi in termini di carbonio totale, presente nei fumi di combustione, espressa in mg/m<sup>3</sup> alle condizioni normali e riferita al gas secco e ad una concentrazione volumetrica di O<sub>2</sub> residuo pari al 13%.

Tabella 23. Metodi di misura per la determinazione delle emissioni in atmosfera

	<b>Particolato primario (PP/PPBT)</b>	<b>[OGC]</b>	<b>CO</b>
<b>Caldaia a biomassa</b>	CEN/TS 15883	CEN/TS 15883	EN 303-5

I metodi indicati nella CEN/TS 15883 dovranno essere applicati sino alla pubblicazione di una norma UNI che disciplina la medesima materia.

---

– **Norma UNI EN 12809:2004.** Caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido. Potenza termica nominale non maggiore di 50 kW. Requisiti e metodi di prova.

La norma specifica le definizioni, i requisiti, le istruzioni, la marcatura e i metodi di prova delle caldaie indipendenti per la produzione di acqua calda aventi una potenza termica nominale non maggiore di 50 kW alimentate con combustibili solidi; in aggiunta alla loro funzione primaria di produzione di acqua calda, questi apparecchi riscaldano anche il locale nel quale vengono installati.

– **Norma UNI 10683:2005.** Generatori di calore alimentati a legna o da altri biocombustibili solidi. Requisiti di installazione.

La UNI 10683 è la norma per l'installazione, la verifica e la manutenzione degli impianti domestici a biomassa solida e vale per:

- tutti gli impianti fino 35 kW funzionanti a legna, brichette, pellets e cippato
- tutti i generatori di calore, come caldaie, caminetti stufe, cucine, termo caminetti.

Schematizzando, la norma prevede le seguenti operazioni funzionali:

- verifiche preliminari
- installazione
- verifica del locale d'installazione
- ventilazione del locale
- canali da fumo
- rilascio della documentazione complementare
- controllo e manutenzione.

---

## 8. NORME RIFERITE ALLA BIOMASSA UTILIZZABILE

Per le biomasse utilizzate è richiesta la conformità alle classi di qualità previste dalle Norme UNI.

### 8.1 Tipologia di biomassa

Nelle more della definizione dei requisiti minimi di ammissibilità (classi di qualità e relative normative) delle altre tipologie di biomassa, con l'attuale scheda è possibile richiedere i TEE soltanto nel caso in cui si impieghino pellets, bricchette, cippato e ciocchi caratterizzate da classi di qualità indicate nella scheda 40E. Le tipologie di biomasse combustibili previste dal DM sono:

- pellets: classi A1/A2 della Norma UNI EN 14961-2
- bricchette: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-3
- cippato: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-4
- ciocchi: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-5

La biomassa autoprodotta – ciocchi, cippato, bricchette e pellets – è ammissibile purché sia conforme alle classi di qualità previste nella scheda. Nel caso del pellet, tale conformità deve essere certificata da un soggetto terzo rispetto al soggetto richiedente i certificati bianchi, mentre nel caso di ciocchi, cippato e bricchette autoprodotti, è necessaria un'autodichiarazione del produttore stesso indicante la quantità, espressa in peso, di biomassa autoprodotta impiegata come combustibile, la tipologia, l'estensione e i riferimenti catastali della superficie boschiva od agricola utilizzata (proprietà, affitto, o usufrutto) (Fonte GSE).

**Pellet: UNI EN 14961-2. Biocombustibili solidi. Specifiche e classificazione del combustibile. Parte 2: Pellet di legno per uso non industriale.**

Il pellet si ottiene sottoponendo a pressatura i residui dalla lavorazione del legno; la pezzatura più uniforme ed omogenea (cilindri di piccola dimensione), il minore contenuto di acqua dovuto al pretrattamento conferiscono al pellet un maggiore contenuto energetico. Di fatto, il pellet tende a comportarsi come un

---

fluido, favorendo la movimentazione del combustibile e il caricamento automatico delle caldaie per il riscaldamento. Questa norma definisce delle classi di qualità del pellet di legno per uso non industriale e per ogni classe definisce delle specifiche chimico-fisiche sulla base, come si vedrà più avanti, di alcune grandezze.

**Bricchette: UNI EN 14961-3.** *Biocombustibili solidi. Specifiche e classificazione del combustibile. Parte 3: Bricchette per uso non industriale.*

Questa norma europea definisce delle classi di qualità delle bricchette di legno per uso non industriale e per ogni classe definisce delle specifiche chimico-fisiche sulla base, come si vedrà più avanti, di alcune grandezze.

**Cippato: UNI EN 14961-4.** *Biocombustibili solidi. Specifiche e classificazione del combustibile Parte 4: Cippato di legno per uso non industriale.*

Il cippato si ottiene dai residui agro-industriale (potature, scarti di segheria, ecc..) che vengono ridotti in piccoli pezzi della dimensione di qualche centimetro. Il cippato viene caricato automaticamente per mezzo di appositi dispositivi meccanici. Questa norma europea definisce delle classi di qualità del cippato di legno per uso non industriale e per ogni classe definisce delle specifiche chimico-fisiche sulla base, come si vedrà più avanti, di alcune grandezze.

**Legna in ciocchi: UNI EN 14961-5.** *Biocombustibili solidi. Specifiche e classificazione del combustibile. Parte 5: Legna da ardere per uso non industriale.*

Questa norma europea definisce delle classi di qualità della legna in ciocchi per uso non industriale e per ogni classe definisce delle specifiche chimico-fisiche sulla base, come si vedrà più avanti, di alcune grandezze. La legna prima di essere bruciata viene sottoposta ad un processo di essiccamento (stagionatura all'aria) per ridurre il tenore di umidità (< 25%).

---

## 9. CONDIZIONI E DATI PER APPLICARE LA SCHEDA 40E

La scheda 40E si applica nei casi di sostituzione di dispositivi esistenti alimentati da fonte non rinnovabile o nei casi di installazione di dispositivi a biomasse in nuove realizzazioni serricole non in sostituzione di dispositivi esistenti alimentati a biomassa.

**La scheda 40E non si applica ai generatori di aria calda alimentati a biomassa.**

È possibile presentare progetti che ricomprendano caldaie alimentate a biomasse la cui certificazione sia stata ottenuta in data successiva a quella di installazione, fermo restando quanto riportato nella scheda 40E. Per interventi conclusi entro il 30 settembre 2014, fermo restando il rispetto dei requisiti di rendimento e di emissioni previsti dalla scheda 40E, oppure i più restrittivi limiti alle emissioni fissati da norme regionali o locali, la certificazione di conformità alla classe 5 della norma UNI EN 303-5:2012 può essere dimostrata anche attraverso la certificazione di conformità alla norma UNI EN 303-5:2004 (versione nazionale della norma EN 303-5:1999), rilasciata da un organismo accreditato, unitamente ad un attestato rilasciato da un laboratorio accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025 che, sulla base dell'analisi dei rapporti di prova (*test report*), convalidi il rispetto dei requisiti minimi di prestazione e i limiti di emissione previsti dalla classe 5 della norma UNI EN 303-5:2012.

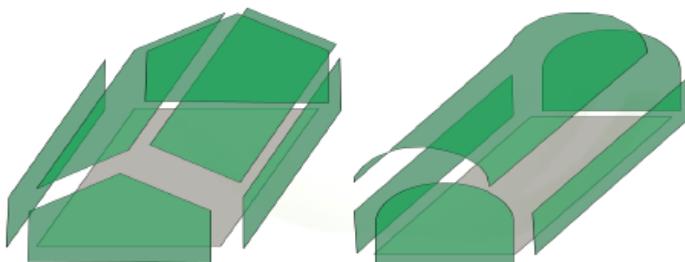
Per quanto riguarda i requisiti richiesti per le biomasse utilizzate, nel caso del pellet è necessario che sia certificato da un organismo accreditato che ne attesti la conformità alla norma UNI EN 14961-2. Con riferimento al pellet certificato, è necessario conservare documentazione fiscale comprovante l'acquisto e riportante, al fine di attestarne la conformità alla norma UNI EN 14961-2 classe A1 o A2, l'evidenza della classe A1 o A2 e il codice di identificazione del produttore e/o distributore rilasciato dall'organismo di certificazione, oppure l'evidenza della classe A1 o A2 e il codice di identificazione del rapporto di prova rilasciato al produttore o al distributore dall'organismo di certificazione (in questo caso copia del rapporto di prova deve essere allegata alla documentazione fiscale).

---

Per quanto riguarda invece cippato, bricchette e ciocchi è necessario conservare le fatture di acquisto di detti biocombustibili nelle quali deve essere riportata la provenienza delle biomasse (vedi paragrafo 3 della scheda 40E) e la dichiarazione di conformità alla norma relativa da parte del produttore della biomassa stessa e le rispettive classi di qualità.

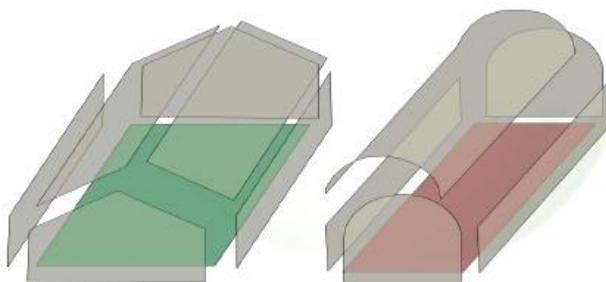
## 9.1 Chiarimenti sui dati da inserire nella schermata excel

**A<sub>c</sub>**: area della copertura trasparente compresa di superficie di copertura superiore, pareti frontali e laterali trasparenti indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato. Questo parametro consente di stabilire la geometria della serra.



In altre parole, la superficie  $A_c$  è la superficie totale che delimita il volume della serra disperdente verso l'esterno, ovvero la somma delle superfici del tetto e delle pareti laterali (di qualunque materiale esse siano) disperdenti verso l'ambiente esterno, comprese le eventuali strutture opache (muretti laterali di contenimento, pareti scure isolanti). Le superfici che non possono essere contabilizzate sono tutte quelle che non dividono la serra dall'ambiente esterno: le pareti laterali di divisione della serra da altri ambienti (riscaldati o meno), la superficie del suolo, ecc.

**A<sub>s</sub>**: area di base della serra, parametro utilizzato per stabilire la volumetria geometrica interna della serra. In altre parole, la superficie  $A_s$  rappresenta la superficie di suolo coltivato, ovvero la superficie derivante dalla proiezione al suolo della copertura superiore (tetto), riscaldata e costituente l'habitat della coltura di riferimento (compresa la parte di terreno tra filare e filare) ovvero di tutti i suoi spazi vitali.



**UFR:** si definisce l'area di suolo coltivato. Sono esclusi dal calcolo i locali adibiti ad altre operazioni ( magazzino, esposizione vendita, invaso ecc).

Ai fini del calcolo del RNC, il valore di UFR da considerare rappresenta la superficie [ $m^2$ ] di serra al suolo coltivata, riscaldata ed asservibile dalla potenza termica del generatore di calore a biomassa per il quale si richiede il riconoscimento dei TEE. La superficie di serra al suolo coltivata è rappresentata dalla proiezione al suolo della superficie della copertura, cui devono essere sottratte le superficie di serra non destinate alla coltivazione (quali ad esempio le aree di vendita, di magazzino, di camminamento).

Per dimostrare che la superficie dichiarata è asservibile dal generatore di calore a biomassa installato, nella relazione tecnica di progetto da allegare in fase di presentazione della prima RVC, è necessario riportare i calcoli del dimensionamento del generatore di calore nelle condizioni climatiche di progetto. Inoltre della bisogna evidenziare la potenza specifica ( $W/m^2$ ) derivante dal dimensionamento e confrontare tale valore con i valori delle potenze specifiche di riferimento presenti in letteratura.

## 9.2 Documentazione da conservare

- Identificazione delle serre oggetto degli interventi.
- Descrizione del sito e della sua potenzialità produttiva.
- Descrizione dell'impianto realizzato, con uno schema semplificato e le caratteristiche tecniche delle apparecchiature installate.
- Fatture relative agli acquisti degli impianti.
- Evidenza della provenienza della biomassa:
  - fattura d'acquisto con dichiarazione di conformità alla Norma relativa,
  - indicazione del fascicolo aziendale per la produzione propria.

---

### 9.3 Relazione tecnica di progetto

In fase di presentazione della prima RVC per un progetto relativo alla scheda 40E, è necessario allegare la relazione tecnica di progetto, firmata e timbrata da un progettista abilitato, sul dimensionamento del generatore di calore, in cui sia descritta la serra nelle sue caratteristiche costruttive, ivi incluse l'estensione della medesima, le colture e le temperature medie che è necessario mantenere, il confronto tra la potenza specifica ( $W/m^2$ ) derivante dal dimensionamento del generatore con i valori delle potenze specifiche di riferimento presenti in letteratura (Tabella 24).

Tabella 24. Gradi giorno con relativa potenza specifica

Gradi Giorno (GG)	Potenza specifica ( $W/m^2$ )
600-900	30-50
900-1400	75-100
1400-2100	100-125
2100-3000	125-175
3000 - $+\infty$	>175
Fonte: Campiotti et al., RAEE 2013.	

I punti cardine della relazione tecnica possono essere identificati in:

**a) Introduzione** - Brevi considerazioni sull'insieme del progetto.

**b) Informazioni tecniche impianto di riscaldamento:**

- ✓ Dati di progetto.
- ✓ Valori del rendimento e delle emissioni.
- ✓ Caratteristiche della biomassa legnosa utilizzata.
- ✓ Caratteristiche e potenza del sistema di riscaldamento esistente (se presente).

**c) Informazioni generali:**

- ✓ Inquadramento del sito produttivo.
- ✓ Caratteristiche climatiche del sito produttivo.

---

#### **d) Informazioni riguardanti le serre e le coltivazioni**

- ✓ Tipologie, materiali di copertura e dimensioni delle serre.
- ✓ Caratteristiche dell'attività produttiva.
- ✓ Tipologie delle specie coltivate e cicli di coltivazione.
- ✓ Condizioni termiche interne alle serre (evidenziando le temperature da mantenere all'interno e la durata del periodo di riscaldamento).

#### **9.4 Chiarimenti sui materiali di copertura**

- 1) Nel caso di una serra realizzata con più di un materiale tra quelli previsti nella scheda (vetro, polycarbonato plastico o film plastico), ai fini del calcolo del RSL deve essere considerato il materiale che, a parità  $A_c/A_s$ , generi il Risparmio Specifico Lordo minore da applicarsi per l'intera superficie della serra.
- 2) Nel caso di una serra sia realizzata, anche parzialmente, in film plastico a doppio telo, si considera tale materiale equivalente al polycarbonato plastico e ai fini del calcolo del RSL deve quindi essere considerata quest'ultima tipologia di copertura.
- 3) Nel caso in cui la serra sia parzialmente realizzata con materiali non riportati nella scheda, è possibile indicare come UFR unicamente la superficie sottesa alla copertura realizzata con i materiali previsti nella scheda, ammissibili ai fini del calcolo del RSL.
- 4) La scheda 40E prevede che il calcolo del Risparmio Specifico Lordo (RSL) vari solo in funzione della tipologia di materiale costituente la copertura, ma non in funzione del materiale dei tamponamenti laterali.
- 5) Le superfici delle pareti laterali divisorie, sono da escludere ai fini del calcolo del rapporto  $A_c/A_s$ . La presenza di pareti laterali divisorie rientra nelle caratteristiche costruttive della serra, di cui si richiede di fornire evidenza nella relazione tecnica da allegare al progetto.
- 6) Nel caso in cui una serra presenti materiali di copertura differenti da quelli previsti dalla scheda 40E occorre presentare una proposta a consuntivo.

- 
- 7) Nel caso di installazione di nuova caldaia a biomassa con caldaia di riserva alimentata a gasolio (per garantire la totale affidabilità dell'impianto e per coprire eventuali picchi di fabbisogno termico), si presentano tre opzioni per la richiesta di TEE:
- a) se questo viene impiegato solo per far fronte alle emergenze, la proposta può essere accolta supponendo trascurabile la quota fossile rispetto a quella rinnovabile utilizzata;
  - b) se questo lavora in parallelo, entrando in funzione all'occorrenza, ossia per far fronte all'aumento della produzione o all'aumento dei gradi giorno, la proposta non può essere accettata;
  - c) l'algoritmo della scheda tuttavia è tarato per solo consumo di biomassa per il riscaldamento di una serra di una data estensione. Se viene utilizzato anche gasolio, dovrà diminuire proporzionalmente la superficie della serra riscaldata (es. se vengono utilizzate annualmente 100 tep di biomassa e 10 tep di gasolio per una serra di 'S' m<sup>2</sup>, dovrà diminuire la superficie utile del 10%, ossia dovrà dichiarare all'atto dell'immissione della proposta  $0,9 \times 'S' \text{ m}^2$ ).

## 9.5 Chiarimenti tecnici

L'energia incamerata nell'accumulo termico non può essere sommata alla potenza nominale impiegata nella serra ma rappresenta una tecnica di conservazione o di distribuzione del calore fornito dalla caldaia a biomassa poiché è costituito da un serbatoio d'acqua termicamente isolato, collegato direttamente alla mandata della caldaia tramite un'apposita pompa.

L'acqua contenuta nell'accumulatore pertanto è la stessa che circola in caldaia e nell'impianto di riscaldamento. L'accumulatore inerziale svolge le seguenti importanti funzioni:

- Consente alla caldaia di funzionare in modo regolare, evitando interruzioni dovute a insufficiente richiesta di energia da parte dell'impianto di riscaldamento. In queste condizioni, invece di bloccare la combustione o surriscaldare gli ambienti, la caldaia può continuare a funzionare immagazzinando energia nel serbatoio di accumulo. Questa energia si renderà disponibile successivamente quando il progressivo esaurimento del combustibile determinerà una riduzione della potenza erogata dalla caldaia. Il funzionamento senza interruzioni riduce la

---

fumosità delle emissioni e lo sporcamento del camino, protegge la caldaia da dannose formazioni di condensati catramosi e aumenta il rendimento globale dell'impianto.

- Costituisce un volano termico per l'impianto di riscaldamento e fa aumentare grandemente il comfort di esercizio, rendendolo del tutto simile a quello di impianti automatici a gas/gasolio. Infatti, l'energia contenuta nell'accumulatore sotto forma di acqua calda viene automaticamente ceduta all'impianto nel momento in cui questo la richiede. Questo assicura alcune ore di riscaldamento anche a caldaia spenta, ad esempio nelle prime ore del mattino.

Il serbatoio inerziale va dimensionato in funzione della quantità di biomassa contenuta nella caldaia (*VolumeRiempimento*), della potenza termica nominale (*PN*) e del carico termico richiesto (*P<sub>tot</sub>*). La formula che mette in relazione queste variabili con il volume dell'accumulatore (*V<sub>acc</sub>*) è la seguente:

$$V_{acc} [l] = (P_N [kW] - P_{tot} [kW]) \cdot \frac{20 \cdot 0,7 \cdot \text{PotereCalorifico} [kWh/l] \cdot \text{VolumeRiempimento} [l]}{P_N [kW]}$$

Nella pratica corrente vengono spesso utilizzate le due seguenti formule semplificate:

$$a) V_{acc} [l] = \text{VolumeRiempimento} [l] \cdot 10$$

$$b) V_{acc} [l] = P_N [kW] \cdot 40$$

Ad esempio, per una caldaia della potenza nominale di 50 kW, il cui vano di carico legna abbia una capacità di 210 litri, il volume dell'accumulatore calcolato secondo le due formule semplificate a) e b) risulta:

$$a) V_{acc} [l] = 210 \cdot 10 = 2100 \text{ litri}$$

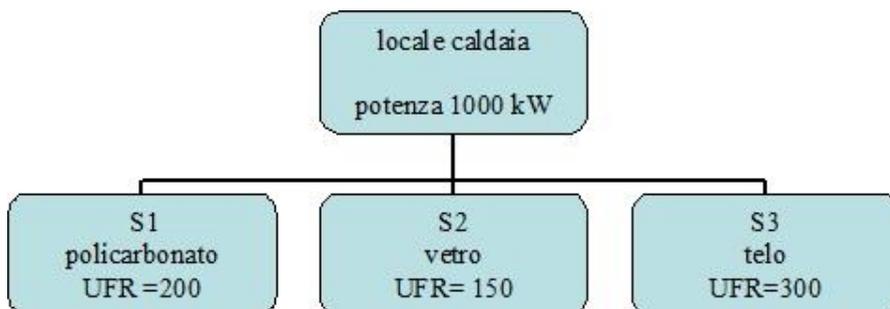
$$b) V_{acc} [l] = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ litri}$$

---

La cubatura della struttura da riscaldare influisce negativamente sulla dimensione dell'accumulatore: a parità di caldaia a legna, tanto più piccola è la struttura (serra o edificio rurale) e tanto più grande dovrà essere l'accumulatore per compensare i minori assorbimenti termici delle utenze. In alcuni modelli avanzati di caldaie con regolazione a microprocessore, la temperatura dell'accumulatore viene rilevata in diversi punti e la potenza erogata può essere automaticamente ridotta per evitare una troppo rapida saturazione dell'accumulatore inerziale.

## 10. CASI SPECIFICI

### A. Azienda con più serre separate e con materiali di copertura differenti asservite da un unico generatore

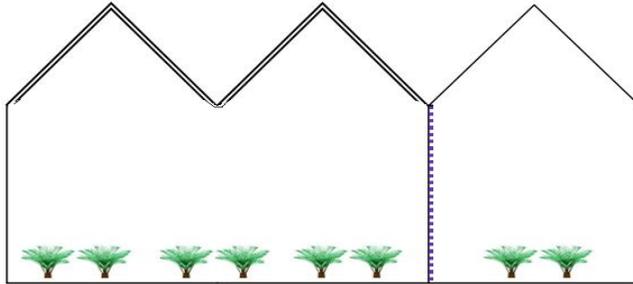


In questo caso nella relazione tecnica occorre:

- specificare le caratteristiche costruttive delle serre S1-S2-S3 e relativi materiali di copertura;
- le temperature interne e il tipo di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare per ciascuna serra la richiesta termica e il dimensionamento della caldaia a biomassa.

---

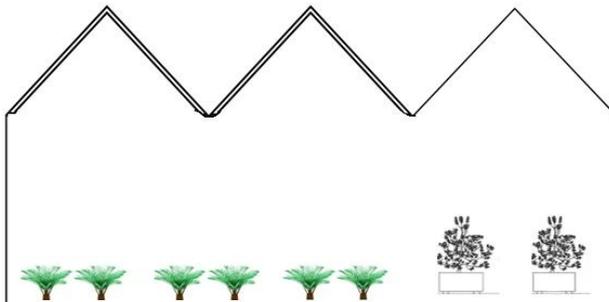
**B. Azienda con più serre adiacenti, provviste di separazione interna e con materiali di copertura differenti e unica coltura**



In questo caso nella relazione tecnica si considera un'unica serra e si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura;
- la temperatura interna, il tipo di coltivazione, la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il dimensionamento della richiesta termica in relazione alla potenza della caldaia a biomassa;
- per il calcolo del parametro  $A_c$  **non** si considerano le pareti divisorie interne;
- ai fini del calcolo del RSL deve essere considerato il materiale che, a parità di rapporto  $A_c/A_s$ , generi il Risparmio Specifico Lordo minore da applicarsi per l'intera superficie della serra.

**C. Azienda con più serre adiacenti, senza separazione interna e con materiali di copertura differenti e coltura differente**

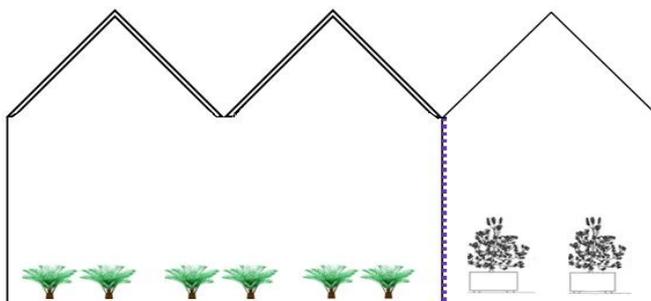


---

In questo caso nella relazione tecnica si considera un'unica serra e si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura;
- la temperatura media interna, i tipi di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il calcolo per il dimensionamento termico in relazione alla potenza della caldaia a biomassa;
- ai fini del calcolo del RSL deve essere considerato il materiale che, a parità di rapporto  $A_c/A_s$ , generi il Risparmio Specifico Lordo minore da applicarsi per l'intera superficie della serra.

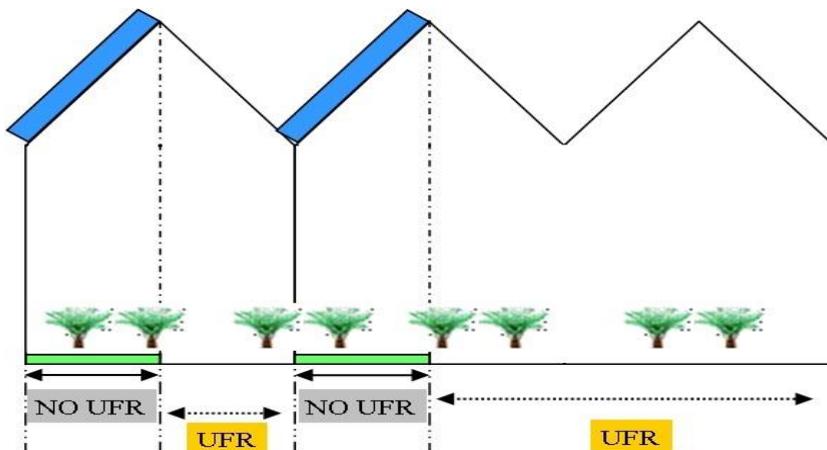
**D. Azienda con più serre adiacenti, con separazione interna e con materiali di copertura differenti e coltura differente**



In questo caso nella relazione tecnica si considera un'unica serra e si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura;
- le temperatura interne, i tipi di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il calcolo del fabbisogno termico e il dimensionamento della caldaia a biomassa;
- Per il calcolo del parametro  $A_c$  non si considerano la pareti divisorie interne;
- ai fini del calcolo del RSL deve essere considerato il materiale che, a parità di rapporto  $A_c/A_s$ , generi il Risparmio Specifico Lordo minore da applicarsi per l'intera superficie della serra.

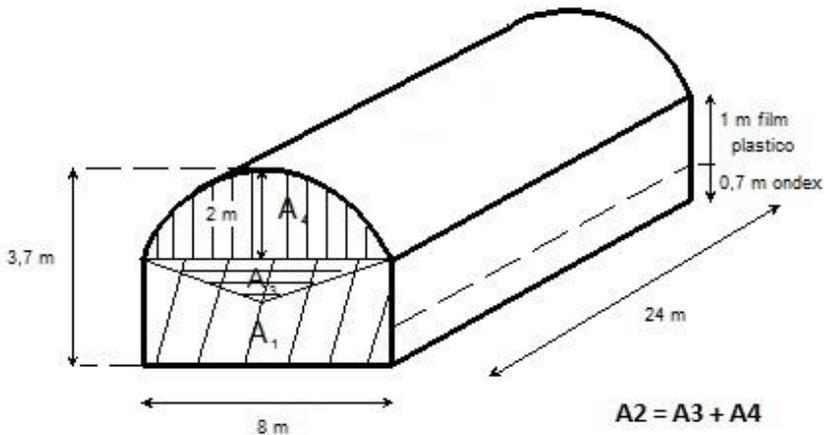
**E. Azienda con serra/serre realizzate parzialmente con materiali non previsti (es. fotovoltaico, vetroresina, pannello sandwich ecc. ) dalla scheda 40E**



In questo caso nella relazione tecnica si considera un'unica serra e si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura
- le temperatura interne, i tipi di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il calcolo del fabbisogno termico e il dimensionamento della caldaia a biomassa;
- Per il calcolo del parametro  $A_c$  non si considerano le superfici dei materiali non previsti;
- ai fini del calcolo del RSL bisogna indicare come UFR unicamente la superficie sottesa alla copertura realizzata con i materiali previsti nella scheda.

F. Azienda con serra/serre caratterizzate da tamponature laterali e frontali in materiale differente da quello della copertura un esempio può essere copertura in telo plastico e tamponature frontali e cordolo laterale in policarbonato



In questo caso nella relazione tecnica si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura;
- le temperatura interne, i tipi di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il calcolo del fabbisogno termico e il dimensionamento della caldaia a biomassa;
- per il calcolo del parametro  $A_c$  si considerano le superfici trasparenti dei materiali;
- ai fini del calcolo del RSL prendere in considerazione il valore stabilito in funzione della tipologia di materiale costituente la copertura e non del materiale dei tamponamenti laterali.

---

**G. Azienda con impianto serricolo che vuole adottare la scheda 40E che ha già installato i teli termici. Nel caso in cui in una serra viene installato un impianto a biomassa con tutti i requisiti richiesti dalla scheda 40E e non si è già fatta richiesta con la scheda 39E si può procedere all'ottenimento dei TEE**

In questo caso nella relazione tecnica si procede come segue:

- specificare le caratteristiche costruttive e relativi materiali di copertura e la presenza dei teli termici;
- le temperatura interne, i tipi di coltivazione e la durata del periodo di riscaldamento;
- riportare il calcolo del fabbisogno termico e il dimensionamento della caldaia a biomassa;
- per il calcolo del parametro  $A_c$  si considerano le superfici trasparenti dei materiali;
- ai fini del calcolo del RSL prendere in considerazione il valore stabilito in funzione della tipologia di materiale costituente la copertura;
- dichiarazione di non usufruire della scheda 39E.



**Teli termici in serra vivaio**

(foto di Carlo Alberto Campiotti)

---

## 11. DOMANDE/RISPOSTE

### 1. Quali norme deve rispettare una caldaia alimentata a biomassa rispettivamente sotto i 500 kW e sopra i 500 kW?

2. Per caldaie alimentate a biomassa sotto i 500 kW la norma da rispettare è la UNI EN 303-5:2012 e la biomassa utilizzata deve essere certificata secondo la norma UNI EN 14961 – 2/3/4/5, classe A1/A2 e B.

Per caldaie alimentate a biomassa sopra i 500 kW si devono rispettare i seguenti requisiti:

- rendimento termico utile non inferiore all'89%, attestato da una dichiarazione del produttore sulla base dei risultati delle prove effettuate, da un laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025, applicando le metodologie previste dalla norma UNI EN 303-5:2012;
- emissioni in atmosfera non superiori a quanto previsto dalla classe 5 della norma UNI EN 303-5:2012, attestate da una dichiarazione del produttore sulla base delle certificazioni/rapporti di prova rilasciate da un laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025; il laboratorio deve essere accreditato per la
- EN 13284-1 ai fini dell'analisi del particolato primario, per la EN 12619 per gli OGC e per la EN 15058 ai fini della misura del CO; le misurazioni ai fini del rispetto dei livelli emissivi dovranno essere eseguite al camino attraverso i metodi di misura stabiliti nella tabella 10;
- la biomassa utilizzata deve essere certificata secondo la norma UNI EN 14961 – 2/3/4/5, classe A1/A2 e B.

### 3. Confermate che sono ammesse alla scheda 40E solo caldaie alimentate a biomassa che usano come fluido termovettore l'acqua?

Si, come previsto nella UNI EN 303-5:2012 si applica "alle caldaie da riscaldamento [...] progettate per [...] utilizzare acqua come fluido termovettore [...] ". Quindi i generatori ad aria calda alimentati a biomasse non posso accedere alla scheda 40E poiché non è prevista una norma UNI che specifica le modalità di installazione, rendimento ed emissioni in atmosfera.

---

**4. Per le caldaie sopra i 500 kW, possono essere usati degli abbattitori delle emissioni (filtro a maniche o cicloni) per rientrare nei valori stabiliti?**

In primo luogo consultare il laboratorio accreditato per la certificazione delle emissioni, poi verificare le norme che specificano le modalità di misurazione. Poiché è specificato che le emissioni sono misurate al camino riteniamo che gli abbattitori possano essere installati.

**5. La certificazione di un organismo accreditato che attesti la conformità alla norma UNI EN 303-5:2012 classe 5, deve essere fatta solo una volta o annualmente?**

La certificazione effettuata o dal produttore della caldaia (sotto i 500 kW) o da un laboratorio accreditato (sopra i 500 kW) deve essere fatta solo in fase di richiesta di RVC poiché non vengono espressamente richieste, nella scheda 40E, successive verifiche dei parametri.

**6. In caso di fallimento dell'azienda posso chiudere la pratica con il GSE ed utilizzare lo stesso generatore di calore per un altro progetto?**

Occorre sicuramente consultare il GSE, comunque dovendo specificare nella RVC il numero di targa del generatore, quello stesso non potrà essere incentivato nuovamente.

**7. Si può presentare un progetto a consuntivo (PPPM) se la caldaia non rientra nei requisiti della scheda 40E (ad es. con rendimento inferiore all'85% o per un generatore di aria calda)?**

Si può presentare una PPPM se non si hanno tutti i requisiti della scheda 40E tenendo sempre presente che la valutazione verrà fatta caso per caso e che prerogativa dei PPPM è l'utilizzo della migliore tecnologia disponibile sul mercato. Quindi se il rendimento della caldaia è inferiore a quello richiesto nella scheda 40E è sconsigliato presentare una PPPM.

---

## 8. È possibile usare come combustibile il nocciolino?

Attualmente no poiché nella scheda 40E non è contemplato, però essendo entrata in vigore una nuova classificazione UNI EN 14961-6 (“pellet non legnoso ad uso non industriale”) non si esclude un aggiornamento, in futuro, della scheda 40E che preveda l'utilizzo della biomassa certificata UNI EN 14961-6 (tra cui è presente il nocciolino).

## 9. Quale è la documentazione necessaria per la presentazione di un progetto per la scheda 40E?

In fase di presentazione della RVC è necessario allegare la seguente documentazione:

- relazione tecnica del progetto, firmata e timbrata da un progettista abilitato, comprovante il dimensionamento del generatore di calore, le caratteristiche costruttive della serra (estensione, colture, temperature medie da mantenere), il confronto tra la potenza specifica ( $W/m^2$ ) derivante dal dimensionamento del generatore oggetto dell'intervento con i valori delle potenze specifiche di riferimento presenti in letteratura;
- scheda tecnica del generatore di calore a biomassa;
- descrizione di tutti gli altri generatori di calore eventualmente presenti;
- certificato di conformità alle classi di qualità previste dalla norma UNI.

Tale documentazione deve essere allegata alla RVC.

## 10. Nella scheda 40E si riporta che *“La procedura prende in considerazione le installazioni di dispositivi a biomasse sia in nuove realizzazioni serricole sia in sostituzione di dispositivi esistenti alimentati da fonte non rinnovabile”*. Il quesito è il seguente: per serre già esistenti e prive di riscaldamento la scheda è applicabile?

Sì, per ENEA la scheda 40E è applicabile anche perché secondo il Decreto 28/12/2012 dal 1° gennaio 2014 i certificati bianchi sono applicabili anche a nuove realizzazioni e/o in corso di realizzazione. Quindi dato che questo

---

caso, nuova installazione di un generatore di calore per il riscaldamento di una serra, rappresenta una nuova realizzazione, può essere presentata una RVC per la scheda 40E. Comunque occorre sempre chiedere il parere del GSE. Per questo caso può essere presentata una PPPM, usando come *baseline* la scheda 40E.

**11. Se abbiamo una serra in zona C ma a pochi metri di distanza vi è il confine con la zona D è possibile cambiare zona climatica e quindi inserire nella RVC la nuova zona climatica?**

Per poter cambiare la zona climatica del comune di appartenenza in cui le serre sono state costruite è necessario monitorare i GG (Gradi Giorno) e dimostrare che le condizioni microclimatiche ricadano in un'altra zona climatica. Quindi, si deve inviare al Comune una relazione tecnica con la quale si chiede di cambiare zona climatica. In seguito, il Comune deciderà se deliberare il cambio di zona climatica.

**12. Se si vuole installare un impianto di CAR è possibile presentare una RVC relativa alla scheda 40E?**

No, se è chiesto l'incentivo per la CAR non è possibile presentare un progetto relativo alla scheda 40E. In ogni caso, il meccanismo di incentivazione della CAR è gestito dal GSE.

**13. Se in una serra è presente ancora il vecchio impianto di riscaldamento alimentato a gasolio o ad altro combustibile non rinnovabile, bisogna descriverlo nella relazione tecnica da allegare insieme alla RVC?**

Nella relazione tecnica si deve dichiarare la presenza in azienda di un vecchio sistema di riscaldamento alimentato da fonti non rinnovabili e che verrà usato in via eccezionale per *backup*, per brevi periodi di picco, per periodi di guasto e/o manutenzione della caldaia alimentata a biomassa.

---

**14. Se viene installata una caldaia alimentata a biomassa munita di accumulo si deve conteggiare quest'ultimo nel calcolo della potenza nominale?**

No, non è possibile sommare la potenza della caldaia e la potenza dell'accumulo termico. L'accumulo termico rappresenta un sistema di stoccaggio potenziale dell'energia termica utilizzato per ottimizzare il sistema di distribuzione dell'acqua calda oltre che per evitare fasi continue di on/off (accensione e spegnimento) della caldaia a biomassa.

**15. La biomassa autoprodotta come deve essere certificata?**

Per i requisiti richiesti delle biomasse utilizzate, nel caso del pellet è necessaria la certificazione da laboratorio accreditato che ne attesti la conformità alla norma UNI EN 14961-2. Per il cippato, bricchette e ciocchi autoprodotti deve essere fatta una dichiarazione alla conformità della norma relativa da parte del produttore della biomassa stessa ed è necessaria un'autodichiarazione del produttore indicante la qualità (espressa in peso) della biomassa autoprodotta, l'estensione e i riferimenti catastali della superficie boschiva, il tipo di conduzione (proprietà, affitto, usufrutto).

**16. È possibile utilizzare due schede standard riferite alla stessa serra?**

Per il GSE risulta non cumulabile.

**17. Se la serra ha un'autorizzazione temporanea ad essere disposta in quel luogo e quindi risulta come una struttura "non permanente" e/o la caldaia non è in proprietà ma è in *leasing* o a *nolegg*io è possibile presentare una RVC per la scheda 40E?**

Se la durata del *leasing* è inferiore alla vita utile della scheda 40E (5 anni) il progetto presentato non verrà accettato. Se la durata del *leasing* ha una vita utile maggiore ai 5 anni (ad es. 7 anni) ma inferiore alla durata della vita tecnica ci sono due possibilità: che il progetto venga direttamente rigettato o che venga dato al tau un valore pari ad 1. Allo stesso modo se la serra non è definita come struttura permanente, il progetto verrà rigettato. Comunque questa è una questione ancora non risolta. Per ENEA se la Esco si trova di

---

fronte a questa situazione è meglio che non accetti di presentare un progetto. È consigliabile da parte di chi presenta la RVC di accertarsi che vengano rispettate le indicazioni presenti sulla scheda quindi durata della vita utile e tecnica e norme citate.

**18. Se una serra viene usata come area espositiva può presentare una RVC per la scheda 40E?**

No, ma può presentare una PPPM per poter così includere nel calcolo del risparmio anche quella quota di  $m^2$  (la zona espositiva) che nella scheda 40E non può essere conteggiata.

**19. Per quanto riguarda la scheda 39E, se prima della presentazione del progetto sulla serra era presente un doppio telo ma al momento della domanda questo è stato sostituito da un telo singolo a policarbonato, sulla RVC devo far presente la situazione precedente?**

No, sulla RVC va indicato lo stato reale della situazione presente nella serra.

**20. Le indicazioni catastali della serra vanno inserite?**

Sì, dato che nella RVC sono richieste queste informazioni.

**21. Nel caso in cui in una serra a più campate con parete separatoria interna riscaldata solo in parte come si calcola il valore di  $A_c$  (la superficie trasparente)?**

Nel caso specifico la superficie della parete separatoria va considerata poiché delimita l'ambiente riscaldato con quello non riscaldato.

---

## 22. Cosa si intende per mq di serra al suolo (definizione di UFR)?

La definizione **UFR** rappresenta la superficie [m<sup>2</sup>] di serra al suolo coltivata, riscaldata e asservibile dalla potenza termica del generatore di calore a biomassa per il quale si richiede il riconoscimento dei TEE. La superficie di serra al suolo coltivata è rappresentata dalla proiezione al suolo della superficie della copertura, cui devono essere sottratte le superficie di serra non destinate alla coltivazione quali ad esempio le aree di vendita, di magazzino, di camminamento e di invasamento.

## 23. Quale è la differenza tra UFR e As (superficie del suolo coltivato)?

La differenza sostanziale tra UFR e As si evince dalle seguenti definizioni:

- ✓ **UFR** definisce l'area di suolo coltivato e gli spazi a servizio del suolo coltivato con esclusione di : magazzini, invasamento depositi e zone adibite alla vendita.
- ✓ **As** è l'area di base della serra. Questo parametro è utilizzato esclusivamente per stabilire la volumetria geometria interna della serra.

## 24. Per il calcolo UFR e As, come devono essere trattati i camminamenti, le aree di vendita (in cui in ogni caso deve essere garantito il confort termico per le colture), gli spazi adibiti ad uffici e la superficie occupata dalla centrale termica?

Per il calcolo degli UFR i camminamenti (sulla base di una superficie congrua per i sestri d'impianto delle coltivazioni), le aree di vendita e gli uffici vengono tolti. Le aree di vendita non possono essere inserite negli UFR. Non si considera l'area della centrale termica. Per il calcolo dell'As si considera il suolo coltivato (inclusi i camminamenti) e le aree vivaistiche.

## 25. Ac (superficie che delimita verso l'esterno il volume di serra): si tratta della superficie laterale (copertura + pareti)? È necessario considerare solamente le superfici che confinano con l'esterno o anche quelle verso locali non riscaldati o locali attigui alle aree di coltivazione? Qualora parte delle pareti verticali che confinano con l'esterno siano

---

**realizzate in muratura, possono sorgere problemi al fine dell'ottenimento dei TEE?**

Ac è l'area della copertura trasparente compresa di pareti frontali e laterali indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato, questo parametro serve solo per stabilire la geometria della serra, nel caso di pareti in muratura non devono essere prese in considerazione per il calcolo di Ac. Le superfici confinanti con serre/locali non riscaldati si devono considerare. Per le pareti in muratura conviene non riportarli in Ac in quanto non sono trasparenti.

**26. Cosa si intende per potenza nominale della caldaia a biomassa in funzione della potenza specifica?**

Al fine di dimostrare che la superficie dichiarata è asservibile dal generatore di calore a biomassa installato, nella relazione tecnica di progetto da allegare in fase di presentazione della prima RVC, è necessario riportare i calcoli del dimensionamento del generatore di calore nelle condizioni climatiche di progetto, dare evidenza della potenza specifica ( $W/m^2$ ) derivante dal dimensionamento e confrontare tale valore con i valori delle potenze specifiche di riferimento presenti in letteratura.

**27. Cosa deve contenere e come deve essere strutturata la relazione tecnica da allegare alla prima RVC? Esistono delle linee guida o dei fac-simile in tal senso?**

I punti cardini della relazione tecnica possono essere identificati in:

**a) Introduzione** - Brevi considerazioni sull'insieme del progetto;

**b) Informazioni tecniche impianto di riscaldamento:**

- ✓ Dati di progetto
- ✓ Valori del rendimento e delle emissioni
- ✓ Caratteristiche della biomassa legnosa utilizzata
- ✓ Caratteristiche e potenza del sistema di riscaldamento esistente (se presente)

**c) Informazioni generali:**

- ✓ Inquadramento del sito produttivo
- ✓ Caratteristiche climatiche del sito produttivo

---

**d) Informazioni riguardanti le serre e le coltivazioni**

- ✓ Tipologie, materiali di copertura e dimensioni delle serre
- ✓ Caratteristiche dell'attività produttiva
- ✓ Tipologie delle specie coltivate e cicli di coltivazione
- ✓ Condizioni termiche interne alle serre (evidenziando le temperature da mantenere all'interno e la durata del periodo di riscaldamento)

**28. Quali sono i documenti di letteratura di Vostra competenza che riportano la potenza specifica espressa in  $W/m^2$  per le serre?**

In questo momento, l'unico documento di nostra conoscenza è il "Rapporto annuale efficienza energetica 2012", pubblicato a dicembre 2013. Fra l'altro, tale documento dà indicazioni solamente per sistemi con copertura in film singolo e con particolari ipotesi di temperatura esterna ed interna.

**29. Le potenze specifiche (in  $W/mq$ ) riportate in letteratura, nei documenti di nostra conoscenza, sono decisamente superiori al necessario, a causa della possibilità di utilizzo di accumuli termici in centrale termica, della diversa temperatura richiesta dalle colture (non tutte richiedono temperature particolarmente elevate) ecc. È possibile giustificare una potenza specifica inferiore rispetto a quella di letteratura oppure tale rispetto è un obbligo al fine dell'ottenimento dei TEE?**

Sì, è possibile inserire nella RVC una potenza specifica inferiore rispetto a quello in letteratura se giustificata nella relazione tecnica. Comunque in fase di valutazione verrà controllata la rispondenza tecnica delle potenze termiche prese in considerazione.

**30. Il nuovo generatore a biomassa che verrà installato avrà una potenza >500kW. In questo caso è corretto affermare che il rendimento termico utile deve essere non inferiore all'89% e che le emissioni in atmosfera devono essere non superiori a quanto previsto dalla classe 5 della norma UNI EN 303-5? Come devono essere verificati tali requisiti e con quale documentazione? Chi deve attestare il rispetto di tali requisiti?**

I requisiti da rispettare per le caldaie a biomassa sopra i 500 kW sono:

- rendimento termico utile non inferiore all'89%, attestato da una dichiarazione del produttore sulla base dei risultati delle prove effettuate, da un laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025, applicando le metodologie della norma UNI-EN 303-5:2012;
- emissioni in atmosfera non superiori a quanto previsto dalla classe 5 della norma UNI EN 303-5:2012, attestate da una dichiarazione del produttore sulla base delle certificazioni/rapporti di prova rilasciate da un laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI EN ISO/IEC 17025; il laboratorio deve essere accreditato per la EN 13284-1 ai fini dell'analisi del particolato primario, per la EN 12619 per gli OGC e per la EN 15058 ai fini della misura del CO; le misurazioni ai fini del rispetto dei livelli emissivi dovranno essere eseguite al camino attraverso i seguenti metodi di misura:

	<b>Particolato primario totale comprensivo della frazione condensabile (PPBT) (mg/Nm<sup>3</sup> rif. 13% O<sub>2</sub>)</b>	<b>CO (g/Nm<sup>3</sup> rif. 13% O<sub>2</sub>)</b>
Caldaia a biomassa solida (escluso il pellet)	40	0,30
Caldaia a pellets	30	0,25

- la biomassa utilizzata deve essere certificata secondo la norma UNI EN 14961 – 2/3/4/5, classe A1/A2 e B.

**31. Per quanto riguarda la tipologia e la provenienza della biomassa utilizzata, quale tipo di documentazione deve essere prodotta, inviata e/o conservata al fine della verifica del rispetto dei requisiti previsti dalla scheda 40E?**

Le tipologie di biomasse combustibili previste dal DM sono:

- pellets: classi A1/A2 della Norma UNI EN 14961-2
- bricchette: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-3
- cippato: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-4
- ciocchi: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-5.

---

La biomassa utilizzata deve essere certificata secondo la norma UNI EN 14961 – 2/3/4/5, classe A1/A2 e B. Per quanto riguarda i requisiti richiesti per le biomasse utilizzate, nel caso del pellet è necessaria la certificazione da laboratorio accreditato che ne attesti la conformità alla norma UNI EN 14961-2. Per il cippato, bricchette e ciocchi autoprodotti deve essere fatta una dichiarazione alla conformità della norma relativa da parte del produttore della biomassa stessa ed è necessaria un'autodichiarazione del produttore stesso indicante la qualità (espressa in peso) della biomassa autoprodotta, l'estensione e i riferimenti catastali della superficie boschiva e il tipo di conduzione (proprietà, affitto, usufrutto). La biomassa autoprodotta - ciocchi, cippato, bricchette e *pellets* è ammissibile purché sia conforme alle classi di qualità previste nella scheda. La documentazione da produrre, inviare e conservare è riferita alla certificazione della biomassa e all'acquisto della biomassa stessa.

**32. È intenzione del progettista mantenere in funzione le attuali caldaie a gasolio, al fine di non installare un generatore a biomassa con potenze troppo elevate e per garantire un funzionamento il più possibile a pieno carico del generatore a biomassa. Qualora i generatori esistenti alimentati a gasolio coprissero nei calcoli di progetto circa il 10-15% del fabbisogno totale dell'impianto, è ancora possibile chiedere i TEE? Come si deve tener conto del 10-15% di energia prodotta con i generatori alimentati a gasolio? Quale documentazione è necessario conservare al fine di comprovare la quantità di gasolio consumata annualmente da tali generatori di calore ausiliari?**

L'algoritmo della scheda è tarato per il solo consumo di biomassa per il riscaldamento della serra. Se viene utilizzato anche gasolio, dovrà diminuire proporzionalmente la superficie della serra riscaldata (es. se vengono utilizzate annualmente 100 tep di biomassa e 10 tep di gasolio per una serra di 'S' m<sup>2</sup>, dovrà diminuire la superficie utile del 10%, ossia dovrà dichiarare all'atto dell'immissione della proposta 0,9 x 'S' m<sup>2</sup>). Ovviamente non c'è la necessità di conservare documenti relativi alla quantità di gasolio consumato.

---

**33. Al fine dell'applicazione della scheda 40E, il nuovo generatore di calore a biomassa deve funzionare per un numero minimo di ore annue? Oppure, la serra deve essere in funzione per un numero minimo di giorni o mesi?**

No. La scheda 40E non prevede una soglia minima tuttavia è necessario mantenere la documentazione relativa alla biomassa acquistata.

**34. L'eventuale installazione o presenza di schermi termici interni alle serre pregiudica in qualche modo la possibilità di ottenere i TEE? Qualora fossero già presenti in situ, è necessario rimuoverli per ottenere i TEE mediante l'applicazione della scheda 40E?**

La presenza di schermi termici non pregiudica la possibilità di ottenere i TEE e quindi non è necessario rimuoverli.

**35. Nel caso di presenza come copertura di doppio film plastico, il blog dell'ENEA e il GSE hanno pubblicato FAQ differenti. In particolare, mentre l'ENEA asserisce (FAQ n°2) che è possibile assimilare tale copertura alla tipologia più simili in termini di trasmittanza fra quelli presenti nella scheda 40E, il GSE afferma che tale tipologia di copertura va assimilata a quelle di policarbonato. Quale tra le due indicazioni è necessario seguire?**

L'indicazione da seguire è quella del GSE.

**36. Qualora le serre presentino tipologie differenti di copertura, non vi è alcuna via alternativa rispetto a quella indicata dal GSE al fine dell'ottenimento dei TEE, ovvero di considerare il materiale che, a parità di rapporto Ac/As, genera il Risparmio Specifico Lordo minore?**

No, non esiste una via alternativa rispetto a quella indicata dal GSE.

---

**37. Nel caso di utilizzo di cippato come combustibile, è sufficiente un'autodichiarazione del produttore che attesti le caratteristiche del materiale e la conformità alla norma UNI EN 14961-4 oppure è necessaria una certificazione da parte di un ente terzo?**

Per cippato, bricchette e ciocchi autoprodotti deve essere fatta una dichiarazione alla conformità della norma relativa da parte del produttore della biomassa stessa ed è necessaria un'autodichiarazione del produttore stesso indicante la qualità (espressa in peso) della biomassa autoprodotta, l'estensione e i riferimenti catastali della superficie boschiva e il tipo di conduzione (proprietà, affitto, usufrutto).

**38. Presentazione di una PPPM riguardante un recupero di calore.**

Dal giorno 1° gennaio 2014, il progetto deve essere presentato antecedentemente alla data di prima attivazione dello stesso e la data di inizio monitoraggio deve essere successiva alla data di prima attivazione, quest'ultima può essere considerata la data di collaudo dell'impianto, mentre per data di inizio monitoraggio, s'intende la data di messa in funzione dei misuratori per la quantificazione del risparmio energetico conseguito dall'intervento. Inoltre, essendo il recupero di calore asservito ad un processo di essiccazione, deve valere che il calore recuperato sia utile, ossia deve essere dimostrata la congruità fra il valore del calore di recupero e il valore del calore necessario al processo di essiccazione.

**39. Presso un'azienda serricola deve essere realizzato un progetto relativo alla sostituzione di due caldaie a gasolio (di cui una in back-up) e di aerotermi a gasolio con un sistema centralizzato di riscaldamento a biomassa di potenza pari a 1620 kW. Sono state presentate ipotesi di temperatura interna: 21 °C (giorno) e 14 °C (notte),  $U=8 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$ .**

Il *range* di potenza specifica è indicativo non prescrittivo e ridotti scostamenti dai valori del range possono essere accolti se supportati da idonee argomentazioni tecniche. È opportuno sottolineare che l'esito definitivo di una PPPM o di una RVC viene confermato dal GSE.

---

**40. Nella situazione operativa di quattro serre distinte, con materiali di copertura diversi e un sistema di riscaldamento centralizzato, come compilare il file excel/ del portale GSE?**

Nel file *excel/* si possono inserire le quattro diverse serre con i loro rapporti  $A_c/A_s$  e la relativa potenza. Ad ogni modo, la somma delle varie potenze necessarie per le 4 serre deve corrispondere a quella inserita per l'UFR.

**41. Se abbiamo una serra fredda e vogliamo installare una caldaia alimentata a biomassa possiamo presentare una proposta per la scheda 40E?**

Sì, può essere presentata la proposta e viene definita come una nuova realizzazione.

**42. Se all'interno della serra la coltivazione è idroponica si può presentare la domanda?**

Sì.

**43. Se abbiamo due serre asservite dallo stesso generatore ma sono intestate a due proprietari come deve essere fatta la presentazione? Con due proposte diverse o come una sola?**

Dato che il generatore è uno solo, la domanda per accedere alla scheda 40E è una sola.

**44. La caldaia pre-esistente (alimentata a gasolio o a metano) può rimanere presso l'azienda o deve essere disinstallata? Se così non fosse, può restare come sistema di backup o è necessario disconnetterla dal circuito?**

La scheda 40E prevede l'installazione di caldaie a biomassa, senza distinzione tra sostituzione o nuova installazione. Quindi è possibile lasciare la caldaia pre-esistente come sistema di *backup*, limitandone l'utilizzo al

---

solo periodo di necessità (ad esempio guasto della caldaia a biomassa).  
Comunque è necessario conservare tra la documentazione, le fatture di acquisto del gasolio, da fornire in caso di verifica documentale.

**45. La caldaia deve essere fatta funzionare per un numero minimo di ore annue?**

No, nonostante i valori di RSL, riportati nella scheda standard 40E, derivino dall'ipotesi di un numero minimo di ore di funzionamento, non sussistono vincoli normativi a far funzionare la caldaia per un numero minimo di ore annue. Comunque è opportuno conservare presso l'azienda, le fatture della biomassa acquistata, da fornire in caso di verifica documentale.

**46. La scheda è applicabile a qualunque coltura in serra?**

La scheda 40E è applicabile per il riscaldamento di qualunque serra orticola o florovivaistica.

**47. Nel caso di una serra realizzata, anche parzialmente, in film plastico a doppio telo, con o senza aria in flussaggio di aria, come deve essere calcolato l'RSL?**

In questo caso si presume che tale materiale sia equivalente al policarbonato plastico e quindi ai fini del calcolo del RSL si deve prendere in considerazione questa tipologia di copertura. È necessario allegare in questo caso la stratigrafia e il calcolo del valore di trasmittanza.

**48. Come deve essere effettuato il dimensionamento del generatore di calore ai fini del calcolo dei TEE ottenibili?**

Al fine di dimostrare che la superficie considerata per il calcolo del RSL è asservibile dal generatore di calore a biomassa, è necessario allegare alla richiesta (RVC) la relazione tecnica (redatta, timbrata e firmata da un professionista abilitato alla progettazione di impianti termici) del dimensionamento del generatore. Il generatore deve essere dimensionato (kWh) in modo da garantire, nelle condizioni di progetto (temperatura

---

esterna), il mantenimento all'interno della serra della temperatura necessaria per la specifica coltura.

Il valore della temperatura interna necessaria alla specifica coltura potrà essere:

- reperibile dai dati presenti in letteratura (vedi ENEA-RAEE 20013);
- fornita da un agronomo o perito agrario (in questo caso oltre alla relazione tecnica del dimensionamento del generatore bisognerà allegare anche la relazione dell'agronomo o del perito debitamente timbrata e firmata).

**49. Un'azienda agricola vorrebbe installare un impianto fotovoltaico inferiore a 20 kW per ridurre i consumi elettrici. Non potendo usufruire delle detrazioni fiscali e degli incentivi da Conto Energia, ma essendo l'intervento finanziabile dal PSR (Programma di Sviluppo Rurale) della Regione Veneto e per il quale l'azienda agricola potrebbe ottenere fino al 40% dell'investimento a fondo perduto. Pertanto, vorrei sapere se i Certificati Bianchi sono compatibili con il finanziamento a fondo perduto PSR.**

Per quanto concerne la cumulabilità dei TEE conseguibili con la scheda (40E) rispetto alla Misura 121 PSR si ricorda che:

Il Decreto del Ministero dello Sviluppo economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 28/12/2012 "Determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e il gas per gli anni dal 2013 al 2016 e per il potenziamento del meccanismo dei certificati bianchi" all'art. 10 in merito alla cumulabilità stabilisce che "i certificati bianchi emessi per i progetti presentati dopo l'entrata in vigore del decreto non sono cumulabili con altri incentivi, comunque denominati, a carico delle tariffe dell'energia elettrica e del gas e con altri incentivi statali, fatto salvo nel rispetto delle rispettive norme operative, l'accesso a:

- a) fondi di garanzia e fondi di rotazione;
- b) contributi in conto interesse;
- c) detassazione del reddito d'impresa riguardante l'acquisto di macchinari e attrezzature.

Pertanto lo stesso DM del 28/12/12 esclude la possibilità di cumulo con altri incentivi come quelli del PSR (che hanno un cofinanziamento statale).

---

### NOTA 1

È opportuno sottolineare che nel PSR il bando attuativo della misura 121: “Ammodernamento delle aziende agricole” esclude la possibilità di “richiedere/ottenere altre agevolazioni pubbliche (es.: detrazioni fiscali, tariffe incentivanti etc..) per gli investimenti oggetto di finanziamento”.

### NOTA 2

Infine è tuttavia opportuno ricordare che :

.....parallelamente al Decreto recante il Quinto Conto Energia per la fonte fotovoltaica, è altresì in vigore il Decreto 6 luglio 2012 (pubblicato sul supplemento ordinario n°143 alla Gazzetta Ufficiale del 10 luglio 2012), concernente l’incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diversi dai fotovoltaici, tra cui in particolare quelli a biogas e biomasse. Tale decreto per quanto riguarda la “Cumulabilità degli incentivi con altri contributi pubblici” conferma nella sostanza quanto già stabilito dal D.lgs n°28/2010, per cui in particolare per i soli impianti di potenza elettrica fino a 1 MW, di proprietà di aziende agricole o gestiti in connessione con aziende agricole, agro-alimentari, di allevamento e forestali, alimentati da biogas, biomasse e bioliquidi sostenibili, a decorrere dall’entrata in esercizio commerciale, gli incentivi sono cumulabili con altri incentivi pubblici non eccedenti il 40% del costo dell’investimento. Nel caso di impianti di potenza fino a 10 MW, gli incentivi sono cumulabili qualora i contributi non eccedano il 20% dell’investimento.



**Serre fotovoltaiche**

(Foto di Carlo Alberto Campiotti)

---

## BIBLIOGRAFIA

- Both. A.J. Greenhouse Temperature Management. 2010. <http://aesop.rutgers.edu/~horteng>
- Campiotti C. Responsabile scientifico ENEA. Progetto "Development of a Model for Using Geothermic Energy as heat for greenhouses in the Mediterranean climatic area". Thermie 1991-94, Contract No.GE/41/92/IT/HE.
- Campiotti C. Responsabile scientifico ENEA. Progetto "Utilization of Geothermal Water Effluents in Greenhouses for Special Crops in Windy and Humid Areas". Thermie 1994-98, Contract No. GE/359/94/PO/IT.
- Campiotti C. Responsabile scientifico ENEA. Progetto "Renewable Energy Coordinated Development in the Western Balkan Region". (Acr. RECOVER). N. 012066-VI FP 2006. INCO-2002-C.1.3.
- Campiotti C. Responsabile scientifico ENEA. Progetto "Acceleration of the Cost-Competitive Biomass Use for Energy Purposes in the Western Balkan Countries". (Acr. ACCENT). N. 15139-VI FP 2006. INCO-2002-C.1.3. - SSA.
- Campiotti C. Responsabile scientifico ENEA. Progetto Modem, PON, MIUR n. 9450 R. 2006-2010. Sviluppo di un Modello sostenibile di sistema serra a ciclo chiuso e controllato per la riqualificazione tecnologica, energetica e produttiva delle colture protette nella Sicilia Meridionale (MODEM). ENEA n.223/2007/DG. 2006-2010.
- Campiotti C., Latini A., Scoccianti M., Viola C. 2014. Photovoltaic solar and solid biomass for greenhouses agriculture. PEEC 2014. Bucharest 6-7 March 2014.
- Campiotti C., Scoccianti M., Viola C. 2014. Guida operativa per l'agricoltura. [www.fficienzaenergetica.enea.it](http://www.fficienzaenergetica.enea.it)
- CNR, Quaderni metodologici n.3, 1985.
- Decreto MiSE, 28 dicembre 2012 sui Certificati Bianchi.
- EFSA.(2010). Scientific Opinion on emissions of plant protection products from greenhouses and crops grown under cover: outline for a new guidance. EFSA Journal 2010; 8(4):1567.
- ENEA. (2013). RAEE 2012. Rapporto Annuale Efficienza Energetica.
- European Standard EN 303-05. (2012). Heating boilers – Part 5: Heating boilers for solid fuels, manually and automatically stocked, nominal heat output of up to 500 kW – Terminology, requirements, testing and marking.
- Franco A., Valera L. V., and Pena A. 2014. Energy Efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: cooling boxes versus Cellulose Pads. Energies 2014,7,1427-1447.
- Guida Operativa/3 – Ottenere i Titoli di Efficienza Energetica – Velocemente, sicuramente alla luce del Decreto 28 dicembre 2012 – Marzo 2014.
- Hardin C., Mehltz T., Yildiz Y. and S.F. Kelly. 2006. Simulated Performance of a Renewable Energy Technology. Proc. ISHS on Greenhouse Cooling Ed. B.J. Bailey. Acta Hort. 719.
- Hemming S., Sapounas A., de Zwart F., Ruijs M. and Maaswinkel R. 2010. Design of a Sustainable Innovation Greenhouse system for Turkey. Rapport GTB-1009.

- 
- Hochn A. and M.W. Luttges. Tuning the efficiencies of plant lighting systems. Life Sciences Research in Space, Fourth European Symposium, 28 May-1 June 1990. Trieste, Italy, ESA-SP307, European Space Agency (1990).
- Jarvis William R. 1992. Managing diseases in greenhouse crops.
- Kittas C., Katsoulas N., Bartzanas T. 2012. Greenhouse climate control in Mediterranean greenhouses. ISSN 2173-7568 | 89-114| CEA03.
- Louis D. Albright, Cornell University; Plant Growth Chamber Handbook, Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station Special Report No. 99.
- Migeon C., Pierart A., Lemesle d., Travers A. and Chassériaux G. A Dehumidifying Heat Pump for Greenhouses. 2012. Acta Hort. 952, ISHS 2012.
- Popovski k. Heating Greenhouses with geothermal energy. Skopje, 1993.
- Rotiroti D. 2014. Progetto fuoco. Verona 23 febbraio 2014.
- Scheda tecnica 40E. Allegato Tecnico del Decreto Certificati Bianchi, 28 dicembre 2012.
- Shibles, Richard. (1976) Committee report: Terminology pertaining to photosynthesis. Crop Sci., 16, 437–9.
- Tesi R. “Colture protette, ortoflorovivaismo in ambiente mediterraneo”, Edagricole, Sesta edizione Milano 2008.
- UNI EN 14961. (2011). Solid biofuels. Fuel specifications and classes.
- Yildiz I., Stombaugh D.P. 2006. Heat Pump Cooling and Greenhouse Microclimates in Open and Confined Greenhouse Systems. Proc. ISHS on Greenhouse Cooling Ed. B.J. Bailey. Acta Hort. 719, ISHS 2006.

## **NOTE AGGIUNTIVE A SEGUITO DI FAQ DEL GSE IN DATA 17/07/2014**

**A.** *la risposta alla domanda 10 di pagina 74 è stata aggiornata dal GSE in questo modo:*

No, la scheda 40E si applica esclusivamente a serre di nuova realizzazione oppure a serre già esistenti e riscaldate mediante dispositivi alimentati da fonte non rinnovabile. Nel caso di installazione di generatori a biomasse in serre esistenti non già riscaldate, il proponente può comunque richiedere i certificati bianchi presentando una proposta di progetto e programma di misura (PPPM).

**B.** *la risposta finale del GSE relativamente sia alla Lettera G, pagina 65 del Capitolo 10, che alla domanda 34 di pagina 82, è la seguente:*

No, in questo caso non è possibile applicare la scheda 40E in quanto le dispersioni termiche attraverso la copertura sarebbero inferiori a quelle utilizzate all'interno della scheda tecnica per la definizione del RSL.

---

## ALLEGATO I

### LA RISORSA SOLARE PER I SISTEMI SERRA

La domanda di energia termica, che su base annua varia in relazione diretta con le utenze energetiche disponibili, per le diverse aree climatiche della penisola, è stata considerata in funzione delle caratteristiche climatiche delle località e del livello tecnologico dei sistemi serra.

Sono stati considerate, per ciascuna fascia climatica, le indicazioni sulla sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, le differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera e l'apporto termico della radiazione solare. I dati sono stati organizzati con il seguente calcolo (su base mensile):

$$f(x) = (A_c/A_s) \cdot U \cdot (T_i - T_{(GG)}) - [H_{(GG)} \cdot \eta_{(H)}]$$

$T_{(GG)}$  = temperatura media giornaliera riferita alle fasce climatiche

$H_{(GG)}$  = radiazione globale media giornaliera

$\eta_{(H)}$  = coefficiente di penetrazione della radiazione in serra (0,5)

$U$  = coefficiente globale di dispersione termica ( $W/m^2 K$ )

$A_c/A_s$  = rapporto in funzione della tipologia di serra

Il calcolo annuo per ogni fascia è stato elaborato con la seguente equazione:

12

$$\sum_{x=1}^{12} f(x) = (A_c/A_s) \cdot U \cdot (T_i - T_{(GG)}) - [H_{(GG)} \cdot \eta_{(H)}]$$

$x=1$

con  $x$  = mesi dell'anno

Le Tabelle a-b-c riportano, in relazione alla potenza media e alla fascia climatica, i consumi di energia per differenti temperature interne.

Tabella a – Consumi energetici per diverse temperature interne per una serra con copertura in film plastico

<b>Serra con copertura in film plastico (kWh/m<sup>2</sup>/anno)</b>				<b>Potenza media (W/m<sup>2</sup>)</b>
<i>Fascia climatica</i>	20 °C	16 °C	12 °C	
A-B	120,00	42	21,7	30-50
C	214,00	97	44,5	75-100
D	343,00	215	97,5	100-125
E	474,00	287	192,0	125-175
F	546,40	420	215,0	>175

Tabella b – Consumi energetici per diverse temperature interne per una serra con copertura in vetro

<b>Serra con copertura in vetro (kWh/m<sup>2</sup>/anno)</b>				<b>Potenza media (W/m<sup>2</sup>)</b>
<i>Fascia climatica</i>	20 °C	16 °C	12 °C	
A-B	108,00	37,80	19,53	30-50
C	12,60	87,30	40,05	75-100
D	308,70	193,50	87,75	100-125
E	426,60	258,30	172,80	125-175
F	491,76	378,00	193,50	>175

Tabella c – Consumi energetici per diverse temperature interne per una serra con copertura in policarbonato

<b>Serra con copertura in policarbonato (kWh/m<sup>2</sup>/anno)</b>				<b>Potenza media (W/m<sup>2</sup>)</b>
<i>Fascia climatica</i>	20 °C	16 °C	12 °C	
A-B	34	10	10	30-50
C	76	27	10	75-100
D	157	90	36	100-125
E	267	147	108	125-175
F	362	221	128	>175

Ai fini di rendere disponibile per gli operatori delle serre un dettaglio maggiore relativamente al calcolo delle richieste termiche delle serre si è ritenuto riportare brevemente il modello utilizzato per la caratterizzazione solare delle località, in termini di latitudine, longitudine e altitudine, con riferimento ai suoi valori di azimut, per definire un valore univoco di irraggiamento medio annuo per metro quadro di superficie orizzontale, è stato quello proposto da ENEA-SOLTERM.

---

Il metodo seguito per la stima della componente diffusa dell'irraggiamento è stato quello di *Liu-Jordan*. Il calcolo dell'irraggiamento globale medio mensile (H) è stato sviluppato sulla base delle due componenti di radiazione, diretta, diffusa, e dell'irraggiamento su superficie orizzontale. In alternativa, i valori delle componenti diretta e diffusa su superficie orizzontale, per una qualunque località italiana, possono essere reperiti nella norma UNI 10349.

Il calcolo dell'irraggiamento globale medio mensile (H) è stato sviluppato sulla base delle due componenti di radiazione, diretta, diffusa, e dell'irraggiamento su superficie orizzontale. In alternativa, i valori delle componenti diretta e diffusa su superficie orizzontale, per una qualunque località italiana, possono essere reperiti nella norma UNI 10349.

I dati relativi alla Radiazione Globale delle località geografica che ricadono nelle diverse fasce climatiche della penisola sono stati reperiti attraverso la rete ENEA. Per i valori riportati valgono le definizioni:

- **Irraggiamento:** la potenza istantanea che colpisce una superficie, espressa in  $\text{kW/m}^2$ ; spesso chiamata anche semplicemente radiazione, radianza od ancora intensità di radiazione.
- **Insolazione:** l'energia, cioè l'integrale dell'irraggiamento in un certo tempo e riferito ad una certa superficie. Si utilizza spesso il suo valore medio giornaliero e si misura in  $\text{kWh/m}^2\text{giorno}$ . La media giornaliera si può riferire ad un arco di tempo annuale oppure mensile, od ancora secondo altre estensioni temporali. In ogni caso è un valore mediato nelle 24 ore comprendente anche le ore di assenza del sole e tutte le variazioni legate alla nuvolosità del sito.
- **Radiazione:** I dati della radiazione tratti dall'ENEA sono espressi in  $\text{MJ/m}^2\text{giorno}$ . Per ottenere i valori in  $\text{kWh/m}^2\text{giorno}$  occorre dividere il valore per 3,6:

$$H_n \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{giorno}} \right] = \frac{1}{3.6} H_n \left[ \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{giorno}} \right]$$

I dati, le coordinate geografiche e il calcolo della  $H_h$  seguono la procedura tratta del sito dell'ENEA (Figure 1 e 2).

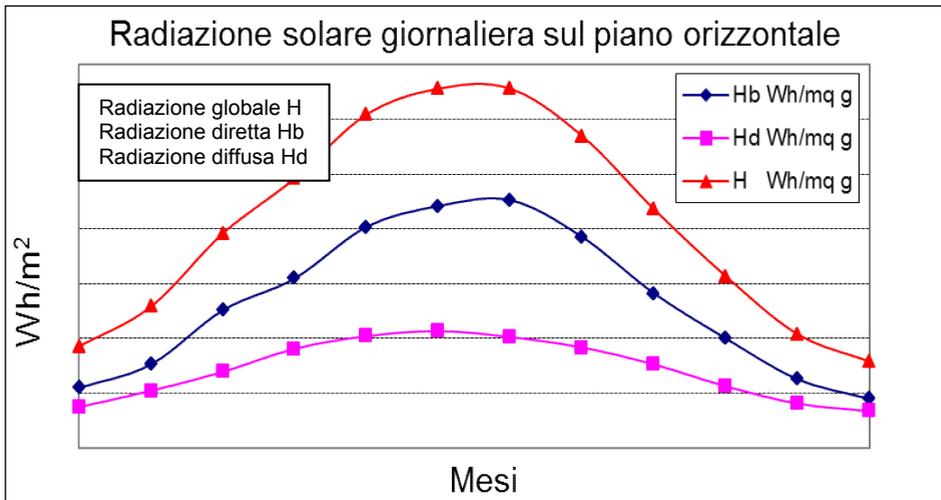


Figura 1. Radiazione solare sul piano orizzontale in Italia

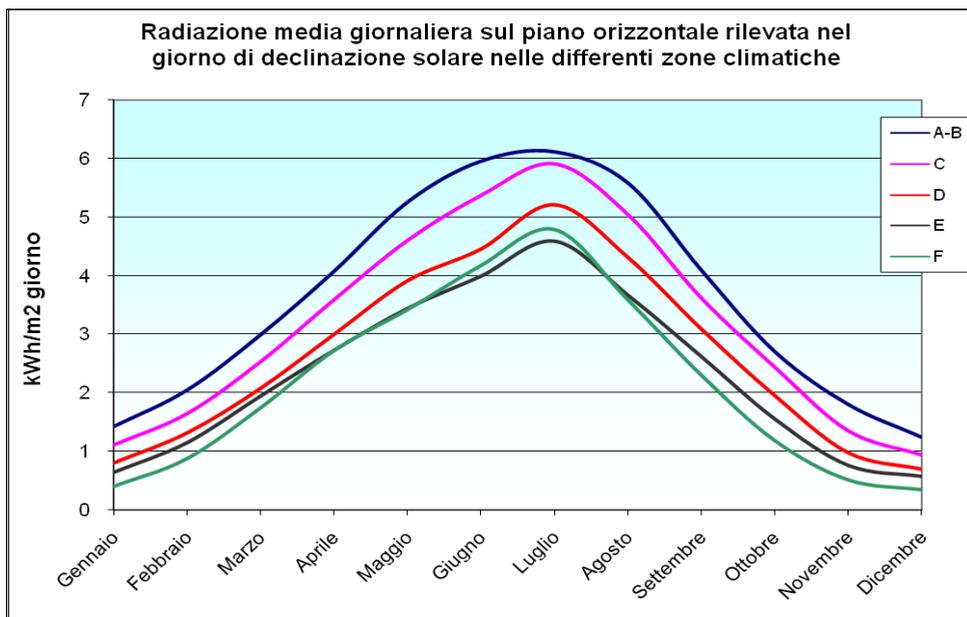


Figura 2. Radiazione media giornaliera sul piano orizzontale

---

## ALLEGATO II

<b>Valori medi mensili</b>
Temperature minima, massima e media dell'aria Radiazione solare stimata* Eliofania Direzione e velocità del vento Numero di giorni ventosi Precipitazioni Numero di giorni piovosi Copertura nuvolosa Numero di giorni sereni Umidità relativa minima e massima
<b>Valori estremi mensili</b>
Temperature minima e massima dell'aria Velocità del vento
<i>Fonte:</i> database ENEA (archivio climatico DBT) <a href="http://clisun.casaccia.enea.it/Pagine/ProfContArch.htm">http://clisun.casaccia.enea.it/Pagine/ProfContArch.htm</a>
<i>Note</i> Le medie sono calcolate su un periodo di almeno 10 anni per le temperature, di almeno 5 anni per le altre grandezze. Non tutte le grandezze elencate sono disponibili per tutte le località; sono presenti in ogni caso i dati di temperatura e di radiazione. Per conoscere quali sono disponibili per ciascuna località consultare l' <a href="#">Anagrafe</a> . * La radiazione solare non è misurata, ma stimata dalle immagini del Meteosat (vedi la sezione <a href="#">Radiazione</a> ).

## ALLEGATO III

<b>Categoria</b>		<b>tau</b>
<b>IND-T</b>	Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione ecc.	<b>3,36</b>
<b>IND-GEN</b>	Processi industriali: generazione di energia elettrica da recuperi o da fonti rinnovabili o cogenerazione	<b>3,36</b>
<b>IND-E</b>	Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter ecc.), automazione e interventi di rifasamento	<b>2,65</b>
<b>IND-FF</b>	Processi industriali: interventi diversi dai precedenti, per l'ottimizzazione energetica dei processi produttivi e dei layout d'impianto finalizzati a conseguire una riduzione oggettiva e duratura dei fabbisogni di energia finale a parità di quantità e qualità della produzione	<b>3,36</b>
<b>CIV-T</b>	Settori residenziale, agricolo e terziario: generazione di calore/freddo per climatizzazione e produzione di acqua calda	<b>2,65</b>
<b>CIV-GEN</b>	Settori residenziale, agricolo e terziario: piccoli sistemi di generazione elettrica e cogenerazione	<b>3,36</b>
<b>CIV-FI</b>	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di illuminazione artificiale	<b>4,58</b>
<b>CIV-FC</b>	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi di edilizia passiva e interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di climatizzazione invernale ed estiva	<b>2,91</b>
<b>CIV-ICT</b>	Settori residenziale e terziario: elettronica di consumo (sistemi di intrattenimento e attrezzature ICT di largo consumo ad alta efficienza)	<b>1,00</b>
<b>CIV-ELET</b>	Settori residenziale e terziario: elettrodomestici per il lavaggio e per la conservazione dei cibi	<b>2,65</b>
<b>CIV-FA</b>	Settori residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di acqua calda	<b>1,87</b>
<b>IPRIV-NEW</b>	Illuminazione privata: nuovi impianti efficienti o riprogettazione completa di impianti esistenti	<b>2,65</b>
<b>IPRIV-RET</b>	Illuminazione privata: applicazione di dispositivi per l'efficientamento di impianti esistenti (retrofit)	<b>1,87</b>
<b>TRASP</b>	Sistemi di trasporto: efficientamento energetico dei veicoli	<b>1,87</b>

### Categorie di intervento per PPPM e corrispondenti valori di tau

N.	Titolo	tau
10T	Recupero di energia elettrica dalla decompressione del gas naturale	3,36
16T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza superiore o uguale a 22 kW	2,65
21T	Applicazione nel settore civile di piccoli sistemi di cogenerazione per la climatizzazione invernale ed estiva degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	3,36
22T	Applicazione nel settore civile di sistemi di teleriscaldamento per la climatizzazione ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	3,36
26T	Installazione di sistemi centralizzati per la climatizzazione invernale e/o estiva di edifici ad uso civile	2,65 1,87 (*)
31E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi per la produzione di aria compressa con potenza superiore o uguale a 11 kW	2,65
32E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti sui sistemi di ventilazione	2,65
34E	Riqualificazione termodinamica del vapore acqueo attraverso la ricompressione meccanica (RMV) nella concentrazione di soluzioni	3,36
35E	Installazione di refrigeratori condensati ad aria e ad acqua per applicazioni in ambito industriale	3,36
41E	Utilizzo di biometano per autotrazione (BpA) nei trasporti pubblici in sostituzione del metano (GN)	1,87

### Schede tecniche analitiche

[(\*) nei casi di installazione solo di sistemi di contabilizzazione e termoregolazione a zone]

N.	Titolo	tau
02T	Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a gas	2,65
03T	Installazione di caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza alimentata a gas naturale e di potenza termica nominale non superiore a 35 kW	2,65
04T	Sostituzione di scaldacqua a gas con scaldacqua a gas più efficienti	2,65
05T	Sostituzione di vetri semplici con doppi vetri	2,91
06T	Isolamento delle pareti e delle coperture	2,91
07T	Impiego di impianti fotovoltaici di potenza < 20 kW	3,36
08T	Impiego di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria	2,65
09T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza inferiore a 22 kW	2,65
15T	Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici residenziali di nuova costruzione o ristrutturati	2,65
17T	Installazione di regolatori di flusso luminoso per lampade a vapori di mercurio e lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti adibiti ad illuminazione esterna	1,87 o 2,65 (*)
19T	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kWf	2,65
20T	Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	2,91
27T	Installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti domestici nuovi ed esistenti	2,65
28T	Realizzazione di sistemi ad alta efficienza per l'illuminazione di gallerie autostradali ed extraurbane principali	1,87 o 2,65 (*)
29Ta	Realizzazione di nuovi sistemi di illuminazione ad alta efficienza per strade destinate al traffico motorizzato	2,65
29Tb	Installazione di corpi illuminanti ad alta efficienza in sistemi di illuminazione esistenti per strade destinate al traffico motorizzato	1,87
30E	Installazione di motori elettrici a più alta efficienza	2,65
33E	Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze	2,65
36E	Installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS)	1,87
37E	Nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza ≤ 35 kW termici	2,65
38E	Installazione del sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (Building Automation and Control System, BACS) secondo la norma UNI EN 15232	1,87
39E	Installazione di schermi termici interni per l'isolamento termico del sistema serra	2,91
40E	Installazione di impianto di riscaldamento alimentato a biomassa legnosa nel settore della serraicoltura	2,65
42E	Diffusione di autovetture a trazione elettrica per il trasporto privato di passeggeri	1,87
43E	Diffusione di autovetture a trazione ibrida termo-elettrica per il trasporto privato di passeggeri	1,87
44E	Diffusione di autovetture alimentate a metano, per il trasporto di passeggeri	1,87
45E	Diffusione di autovetture alimentate a GPL per il trasporto di passeggeri	1,87
46E	Pubblica illuminazione a led in zone pedonali: sistemi basati su tecnologia a led in luogo di sistemi preesistenti con lampade a vapori di mercurio	2,65
47E	Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza <sup>7</sup>	2,65

**Schede standardizzate** [(\*) 2,65 per nuove installazioni e 1,87 per retrofit]

---

## CONTATTI

ENEA fornisce chiarimenti via telefono o via e-mail sui progetti da proporre o in corso di valutazione, o programma incontri coi proponenti.

Per domande, inviare una mail a:

[certificatibianchi@enea.it](mailto:certificatibianchi@enea.it)

oppure riempire il modulo sul blog ENEA:

<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/faq.html>

Per chiedere un incontro, riempire il modulo:

<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/chiedere-un-incontro-col-gdl.html>

## TAKE CARE

I certificati bianchi migliorano il conto economico, valorizzano l'immagine, aumentano il giro di affari di proponenti e clienti partecipanti. Per conseguire tutti questi tangibili vantaggi, il proponente abbia cura nella preparazione della proposta. Conviene dedicare impegno addizionale nella predisposizione della proposta: se questa è ben presentata, si abbreviano i tempi di istruttoria e si ottengono certificati più velocemente. È un interesse comune a tutti noi.

## GLOSSARIO

DLgs	Decreto legislativo
DM	Decreto ministeriale
ENEA	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
PAR	Photosynthetic active Active Radiation
PPAR	Photo-Physiologically Active Region
PPFD	Densità di flusso fotonico foto sintetico
PPPM	Proposta di progetto e programma di misura
RAEE	Rapporto Annuale Efficienza Energetica
RL	Risparmio Lordo
RSL	Risparmio Specifico Lordo annuo
TEE	Titoli di efficienza energetica
tep	tonnellata equivalente di petrolio (=107 kcal)
UFR	Unità Fisica di Riferimento

## TABELLA DI CONVERSIONE

	tep	GJ	Joule	kcal	kJ	MWh	GWh
<b>1 kWh</b>			$3,6 \times 10^3$	860	3600		$1 \times 10^{-6}$
<b>1 MWh</b>	0,086		$3,6 \times 10^6$				
<b>1 tep</b>		41,868		$10^7$		11,628	
<b>1 Gcal</b>		4,186	$4186 \times 10^6$				
<b>1 kcal</b>			4186		4,186		
<b>1 Mcal</b>							
<b>1 kJ</b>			$10^3$	0,239	1,000		
<b>1 MJ</b>			$10^6$				
<b>1 cal</b>			4,186				
<b>1 t gasolio</b>	1,080						
<b>1 t benzina</b>	1,020						
<b>1 t GPL</b>	1,100						
<b>1 t olio combustibile</b>	0,980						
<b>1000 m<sup>3</sup> metano</b>	0,820						
<b>1 thermie</b>				1000			
k = chilo = $10^3$ M = mega = $10^6$ G = giga = $10^9$ T = tera = $10^{12}$							



---

**L'ENEA - UTEE ricopre le funzioni di  
Agenzia nazionale per l'efficienza energetica**

*Come tale ha la responsabilità di supervisionare il quadro istituito allo scopo di rafforzare il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi/benefici, e di verificare il risparmio energetico risultante dai servizi energetici e dalle altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica, comprese quelle vigenti a livello nazionale, e riferisce in merito ai risultati della verifica. (Decreto legislativo 50 maggio 2008 n. 115, Art. 4, recepimento della Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici).*

*ENEA-UTEE Unità tecnica per l'efficienza energetica  
Gruppo di lavoro sui certificati bianchi  
Centro Ricerche Casaccia*

*Via Anguillarese, 301  
00123 Santa Maria di Galeria (Roma)*

*Tel. 06 30483574*

*[certificatibianchi@enea.it](mailto:certificatibianchi@enea.it)*

*<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/index.html>*

Edito dall'ENEA  
Unità Comunicazione  
Lungotevere Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma  
*www.enea.it*

Gestione banca dati 'certificati bianchi': Daniele Ranieri

Grafica e versione digitale: Giuseppina Del Signore

Revisione editoriale: Rosa Labellarte

Copertina: Cristina Lanari

Stampa: Laboratorio tecnografico – Centro Ricerche ENEA Frascati

Luglio 2014

**ENEA**  
**Unità Tecnica Efficienza Energetica**  
Via Anguillarese, 301 - 00123 ROMA  
[segreteria.utee@enea.it](mailto:segreteria.utee@enea.it)

Informazioni, aggiornamenti, approfondimenti e altre opportunità  
relative all'efficienza energetica sono disponibili sul sito:



[www.energiaenergetica.enea.it](http://www.energiaenergetica.enea.it)



<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/>