



II° Convegno Nazionale
Il verde pensile nel clima Mediterraneo
Genova, 6 Marzo 2009 – Salone Energetica – Fiera di Genova

Tetto verde su un edificio della Regione Marche :
dati di comportamento energetico in un anno di monitoraggio



Prof. Ing. Paolo Principi
Dott. Ing. Roberto Fioretti

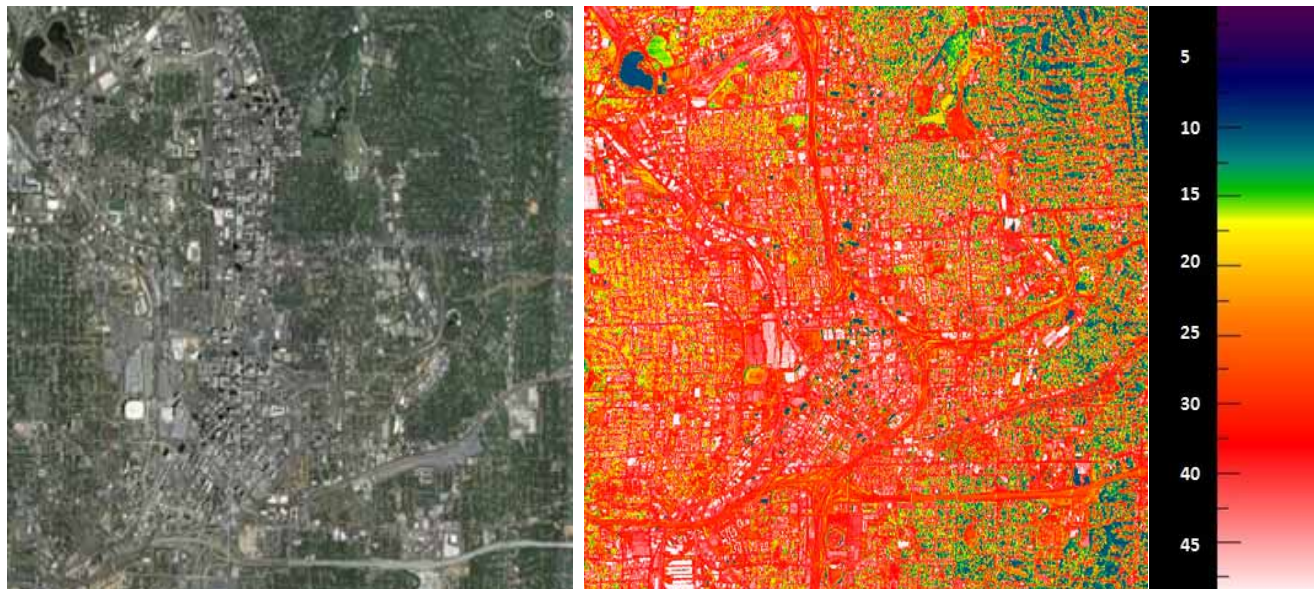
Dipartimento di Energetica
Università Politecnica delle Marche

p.principi@univpm.it
r.fioretti@univpm.it

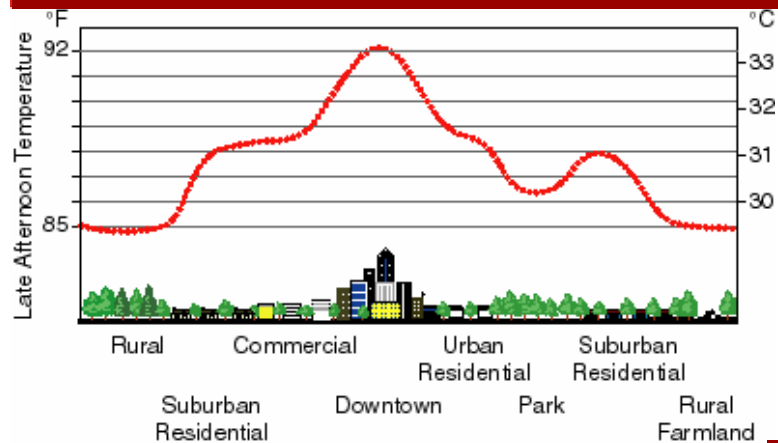


Conseguenze Urban Heat Islands:

- Incremento dei Consumi Energetici;
- Aumento delle Emissioni di Inquinanti Atmosferici e di Gas Serra;
- Peggioramento della Qualità delle Acque;
- Compromissione della Salute Umana e del Comfort;



Urban Heat Island



temperatura aria

25°C

manto erboso ombreggiato
parte superiore alberi

28 °C

21 °C

manto stradale in pieno sole

50 °C

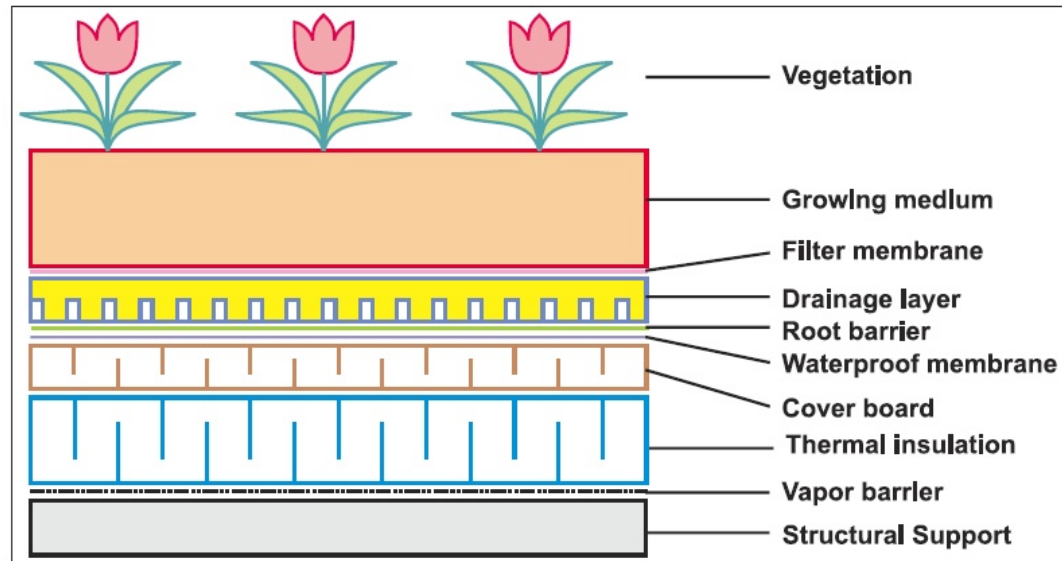
membrane impermeabili dei tetti

52 °C

Soluzioni per la Mitigazione delle Isole di Calore Urbane:

- Interventi di Riforestazione Urbana;
- Green Roofs – Tetti Verdi;
- Cool Roofs;

Green Roofs – Tetti Verdi



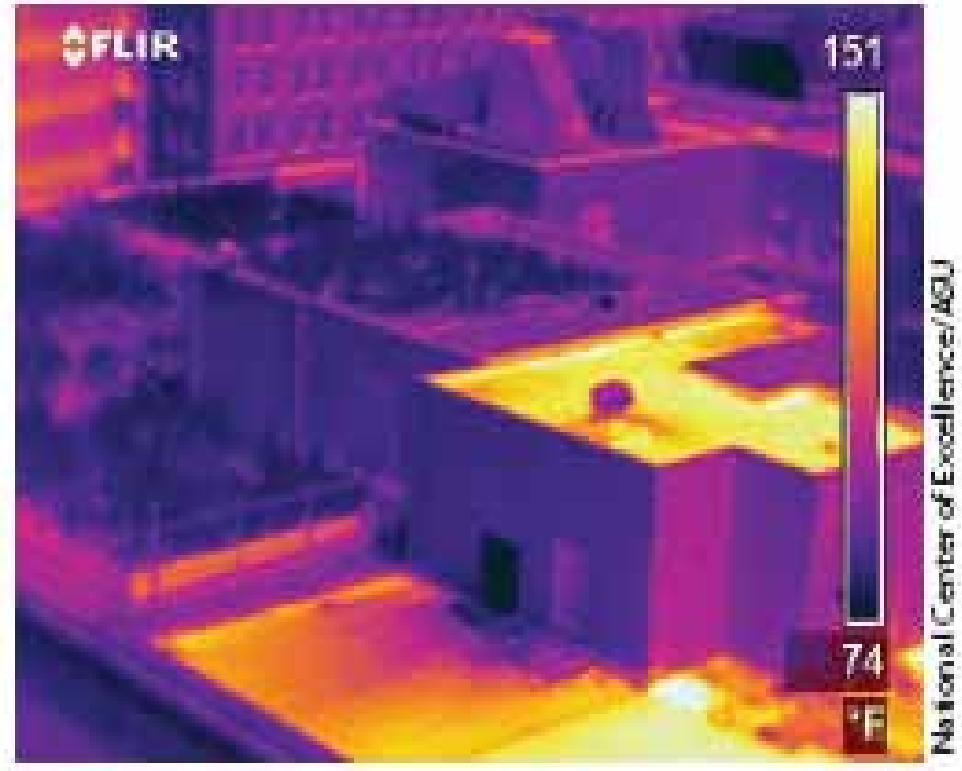
Tipologie

- Tetti Verdi Estensivi
- Tetti Verdi Intensivi



p.principi@univpm.it

Green Roofs – Tetti Verdi



Progetto della Regione Marche



p.principi@univpm.it





p.principi@univpm.it



p.principi@univpm.it



p.principi@univpm.it

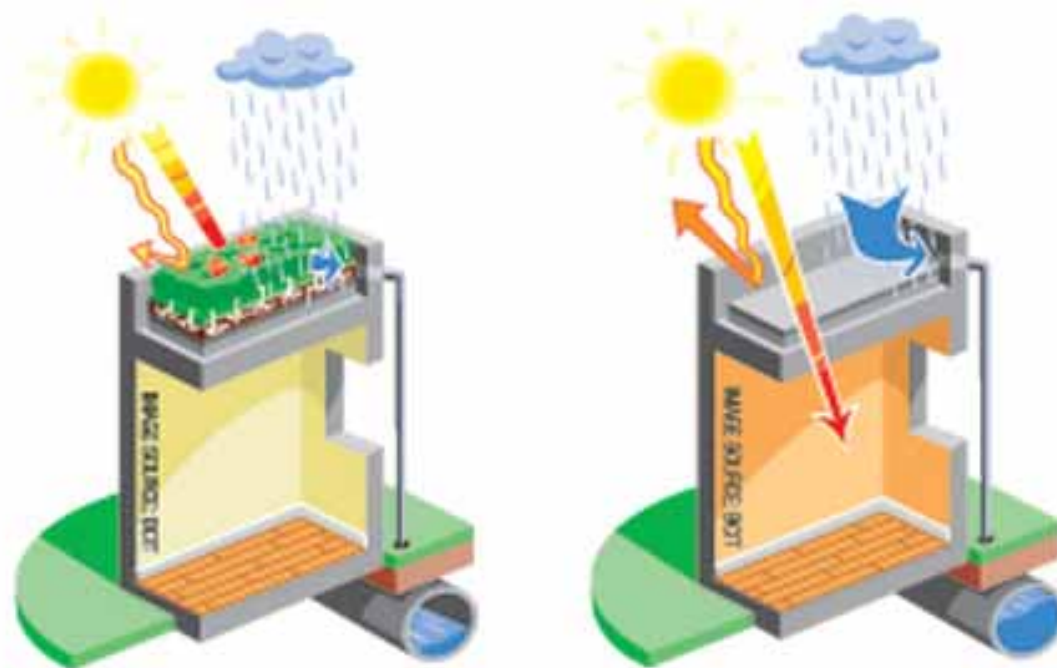
Copertura sperimentale- *Vantaggi energetici attesi*

Vantaggi energetici attesi

- Aumento dell'Inerzia Termica;
- Maggiore Resistenza Termica ai Flussi di Calore;
- Schermatura alla Radiazione Solare;
- Raffreddamento delle Superfici;
- Attenuazione dell'Azione di Asportazione del Calore da Parte del Vento;

1° Caratteristica energetica:

aumento dell'inerzia termica



GREEN ROOF

TRADITIONAL ROOF

p.principi@univpm.it

- **La elevata inerzia termica smorza le fluttuazioni di temperatura della superficie interna della stratificazione - solaio**

2° Caratteristica energetica:

aumento della resistenza termica al flusso di calore

- **Diminuiscono le dispersioni termiche invernali dei locali climatizzati verso l'ambiente esterno.**
- **Diminuiscono i carichi termici estivi verso l'ambiente interno dell'edificio.**

3° Caratteristica energetica:

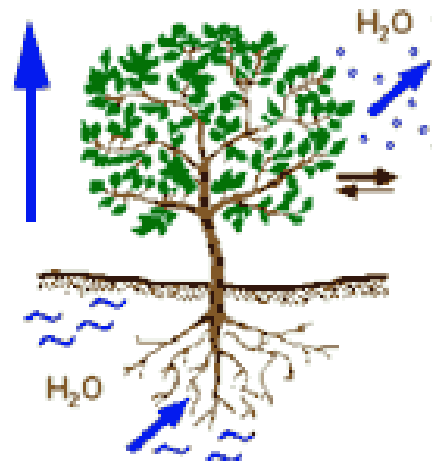
Azione di schermatura alla radiazione dell'apparato fogliare degli arbusti

- **Riduce la quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie**
- **Diminuisce la temperatura superficiale della stratificazione perché diminuisce l'energia assorbita**

4. Caratteristica energetica:

Raffrescamento del microclima attraverso l'evaporazione dell'acqua

- **Evapotraspirazione dalle piante. Fenomeno che richiede calore latente di evaporazione. La radiazione solare viene usata per questo processo naturale.**
- **Evaporazione dell'acqua contenuto nel terreno. Subisce effetti evaporativi che abbassano la temperatura superficiale del tetto.**

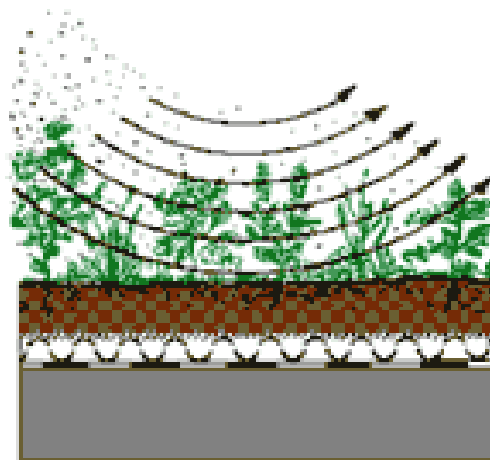


Altre Caratteristiche:

Riduzione delle polveri

Il primo è un effetto diretto, conseguente alla capacità delle piante di filtrare e di assorbire in parte polveri e particolati.

Il secondo è un effetto indiretto, conseguente al minore accumulo e successiva riflessione del calore delle superfici a verde che comporta un minore movimento delle particelle dovuto a moti convettivi localizzati.

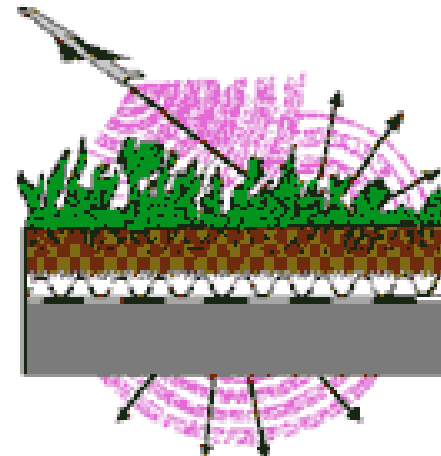


Altre Caratteristiche

Riduzione della diffusione sonora

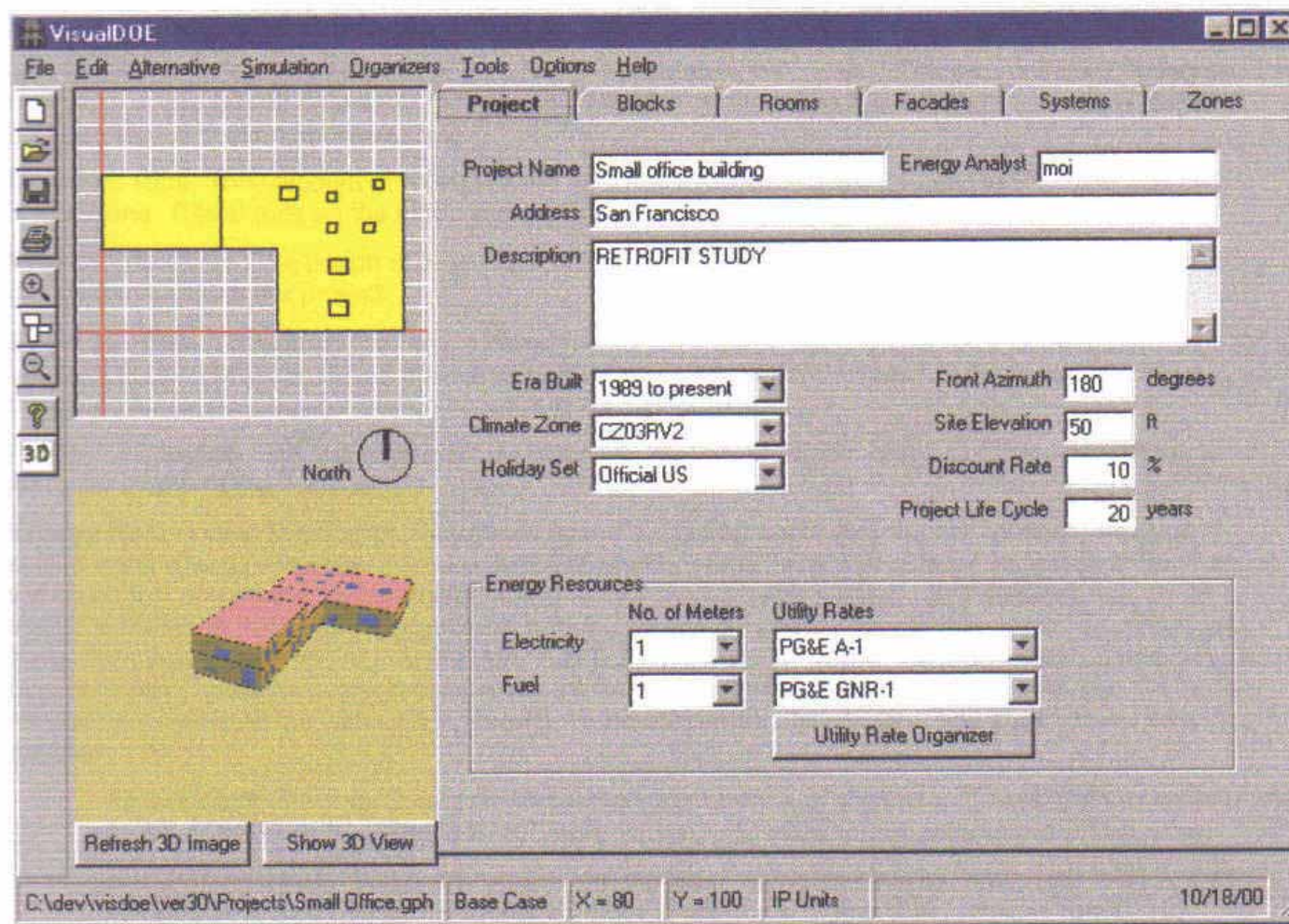
Riduzione all'interno degli edifici e riduzione della riflessione all'esterno con abbattimento dell'inquinamento acustico.

La struttura a verde pensile presenta è costituita da materiali con caratteristiche di assorbimento acustico (vegetazione, substrati, feltri, presenza di acqua...) che abbattano la riflessione esterna e la trasmissione attraverso le coperture.



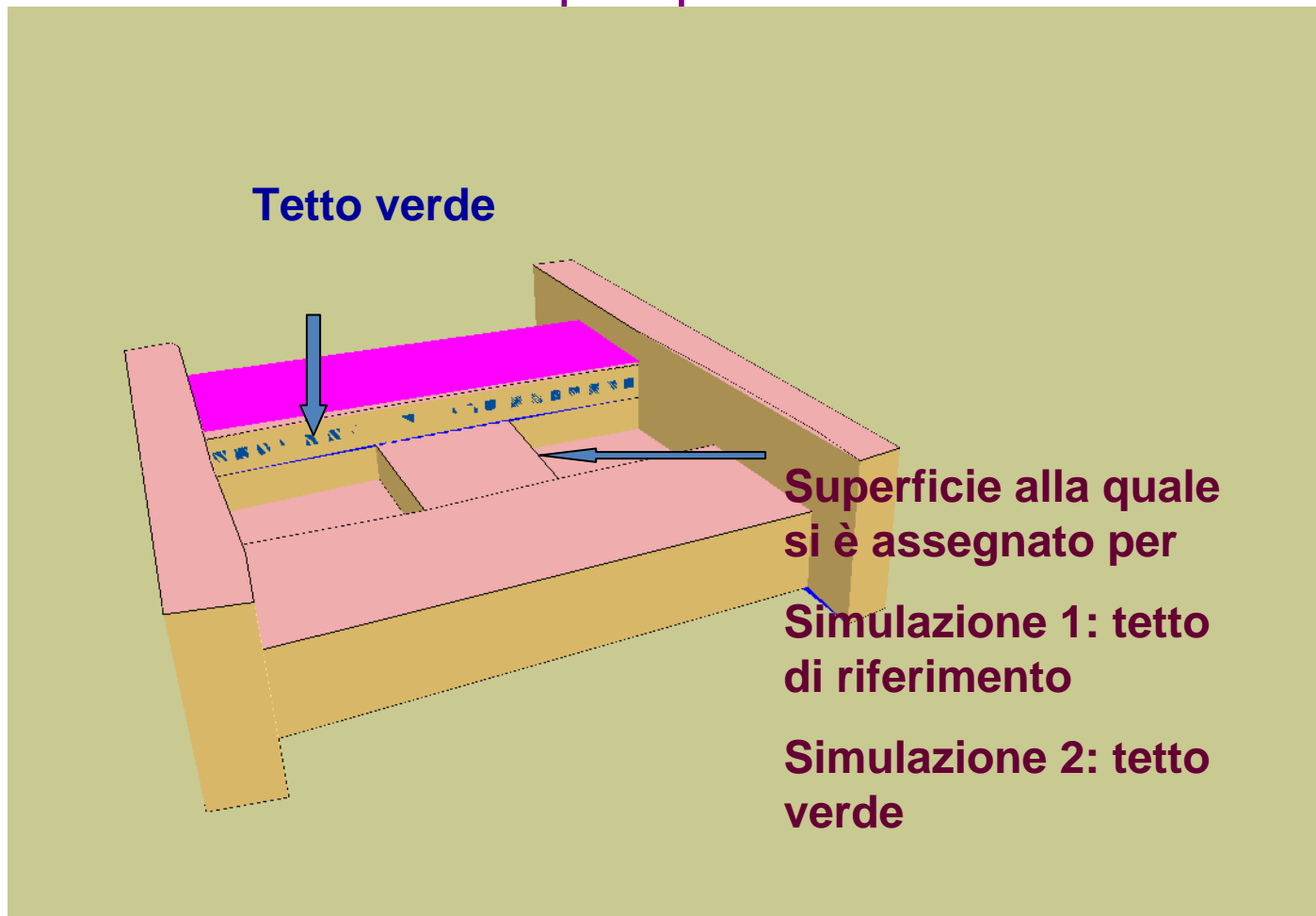
Simulazione numerica

bilancio energetico di zona dell'edificio sottoposta ad intervento

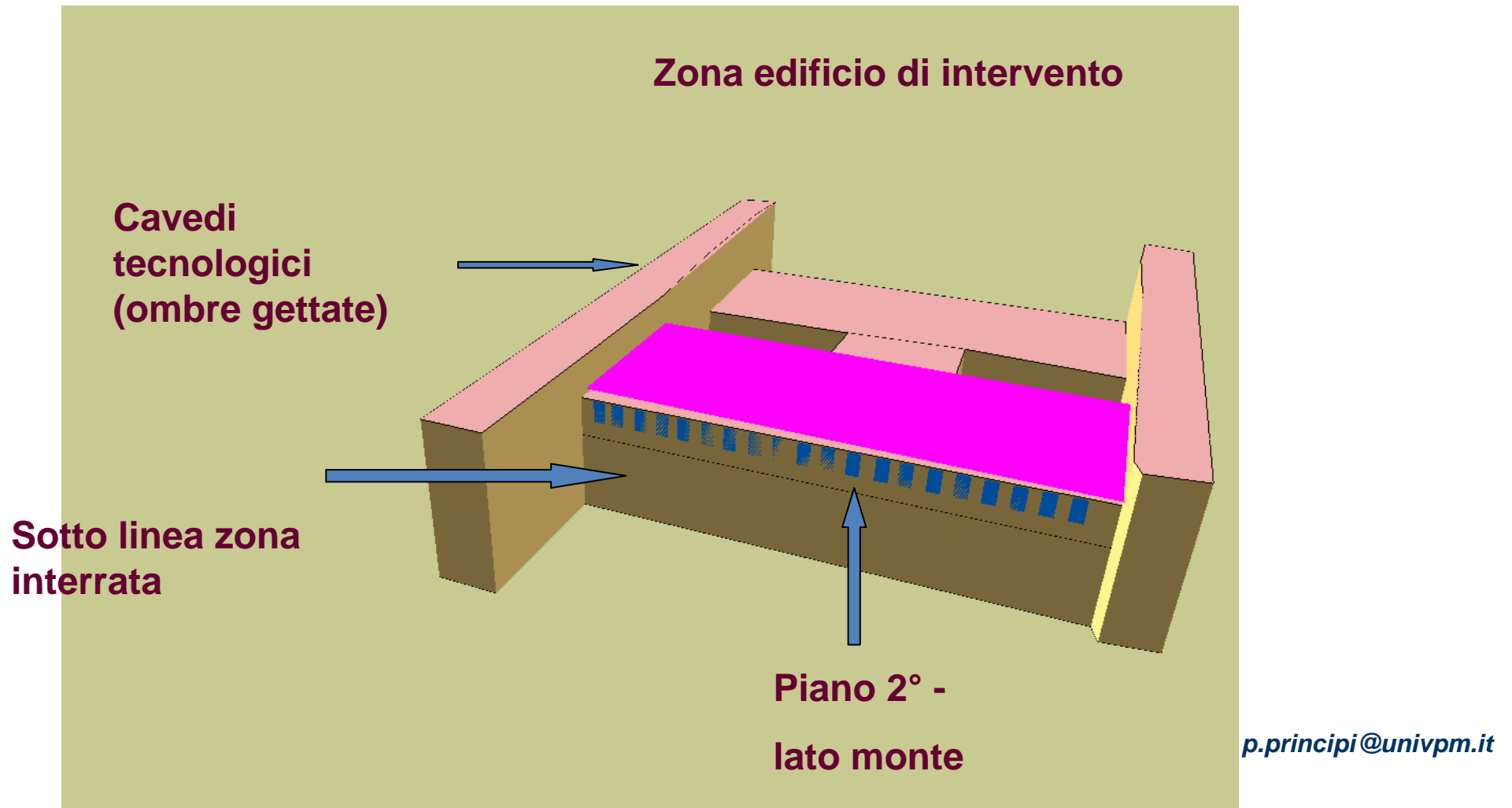


p.principi@univpm.it

modello geometrico vista prospettica anteriore



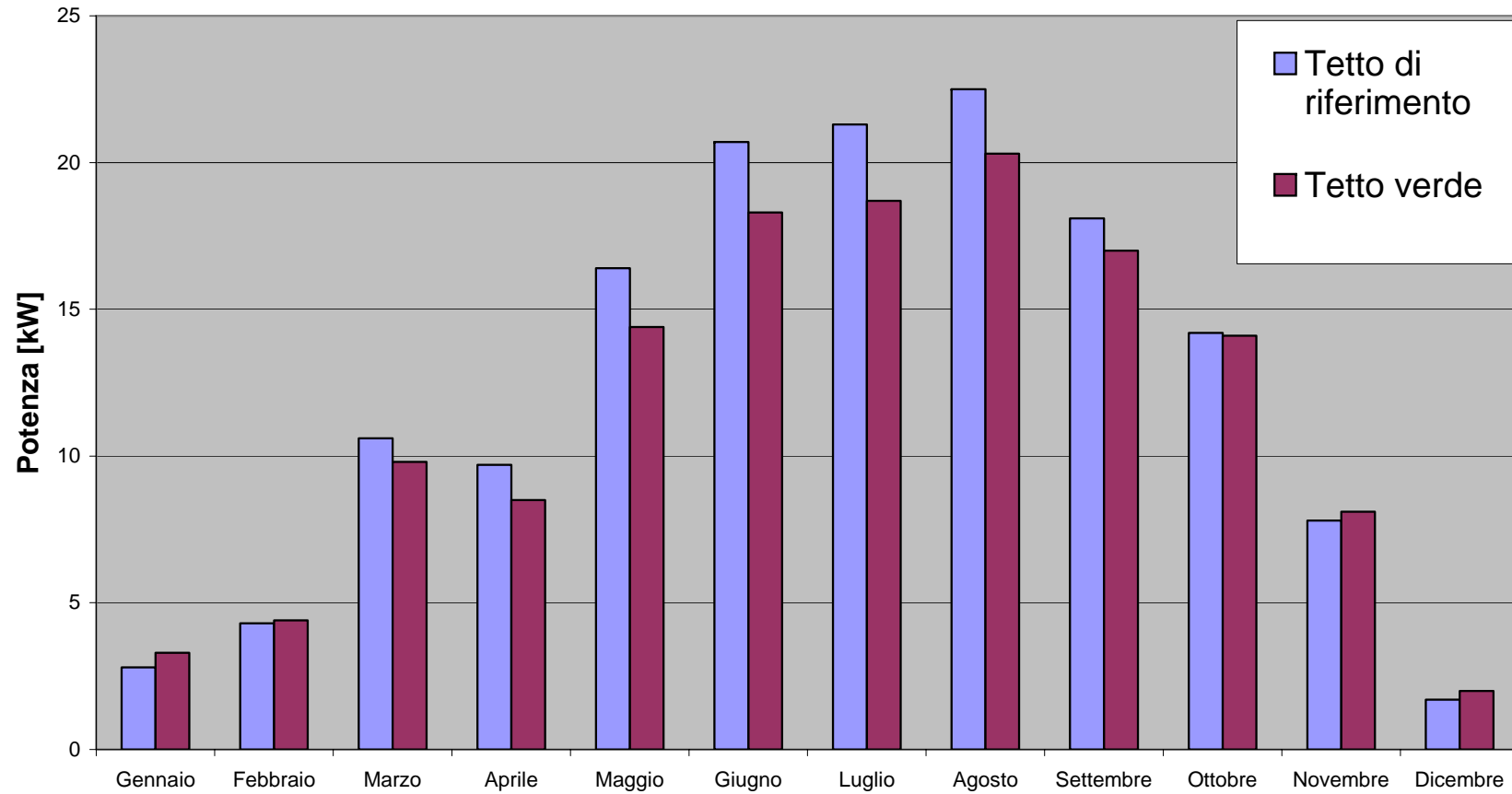
modello geometrico
vista prospettica posteriore



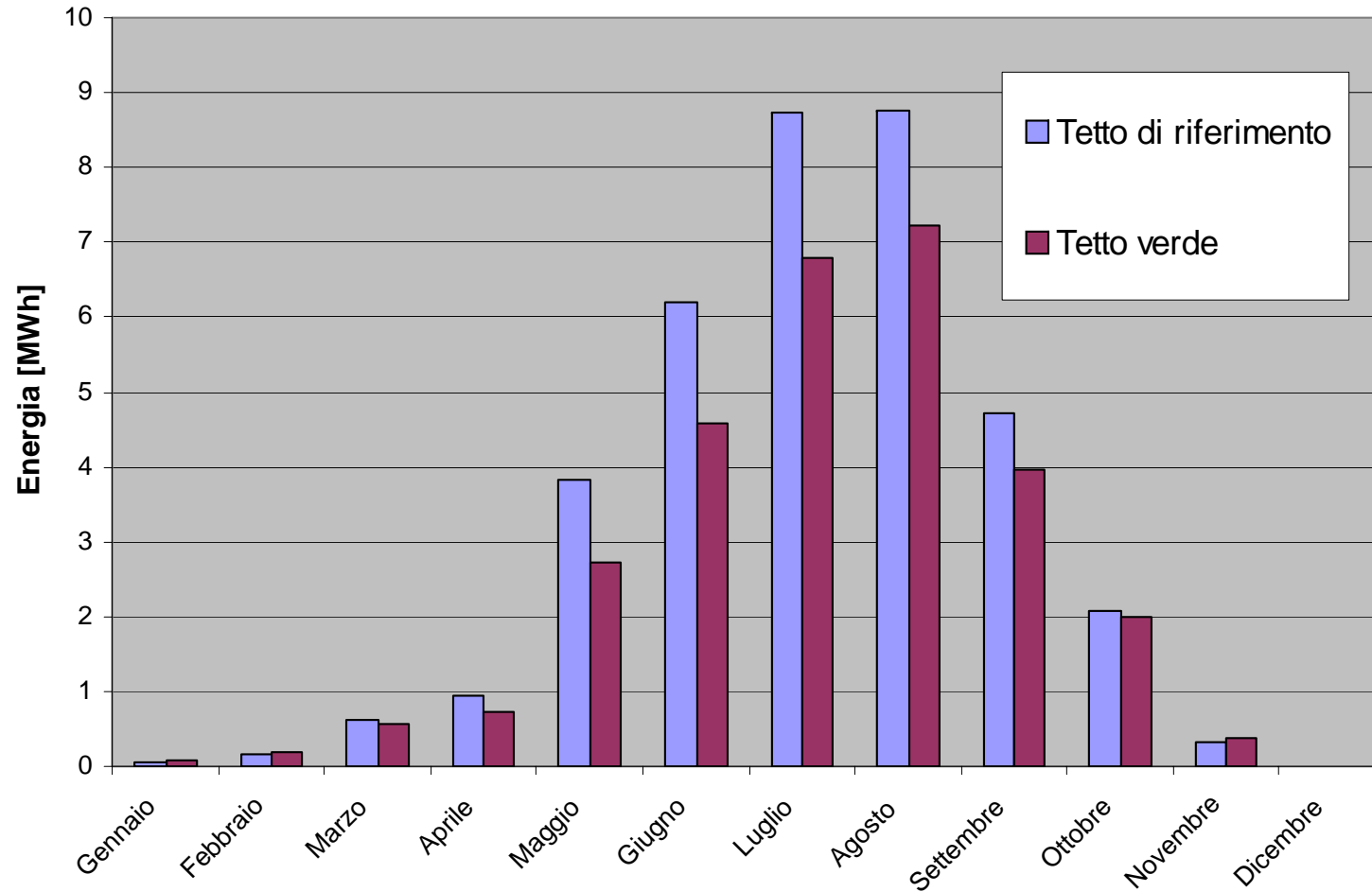
Potenze richieste per raffreddamento [kW]

	tradizionale	verde	
Maggio	16,4	14,4	
Giugno	20,7	18,3	differenza media del 12%
Luglio	21,3	18,7	
Agosto	22,5	20,3	

Confronto delle potenze termiche richieste per raffreddamento

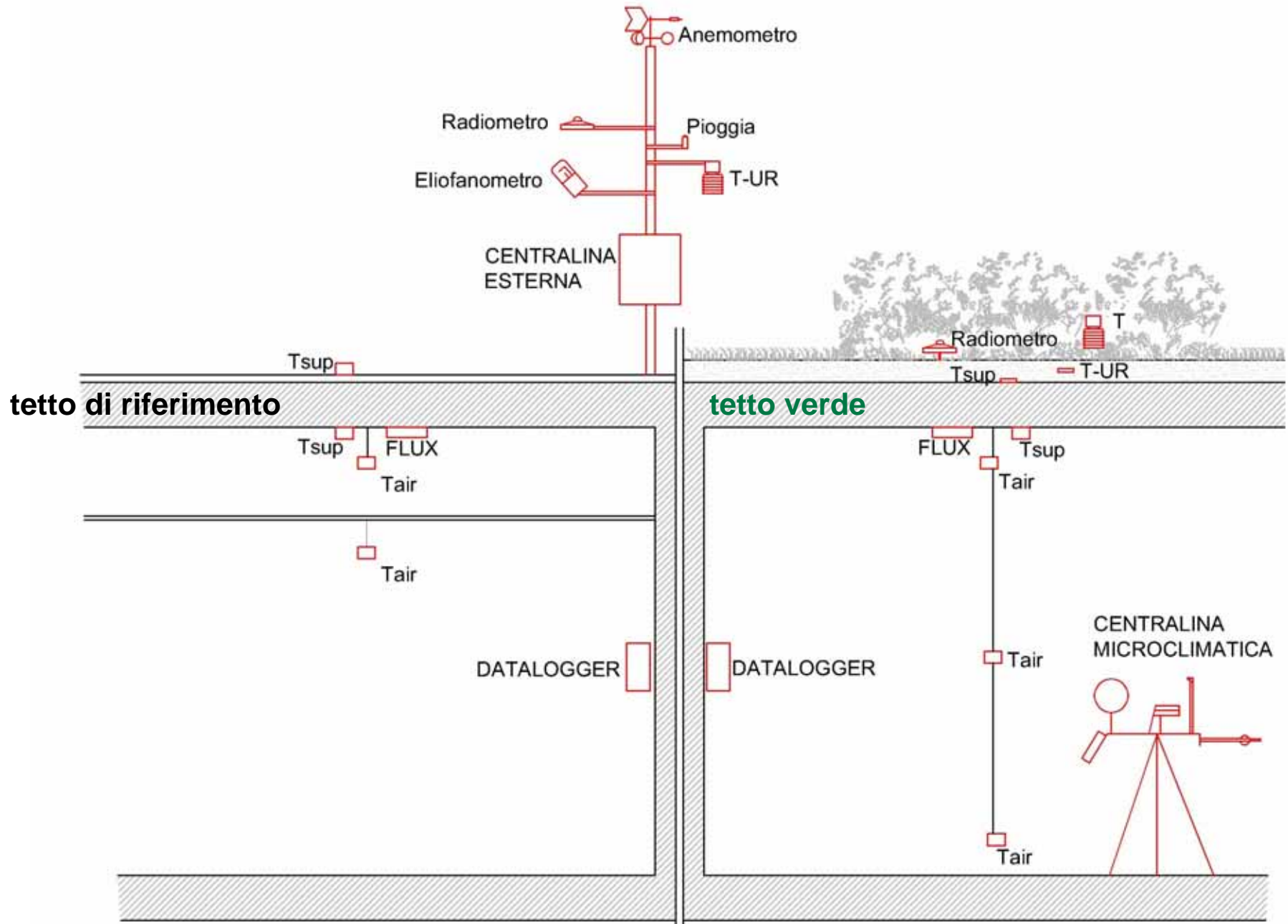


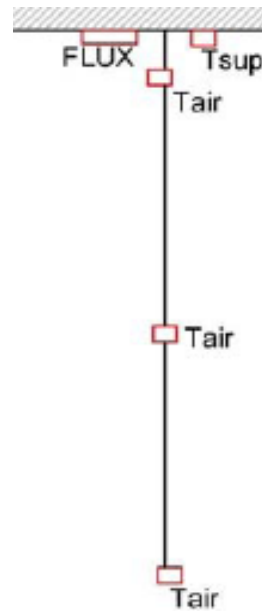
Energia termica entrante [MWh/anno]



Sistema di monitoraggio

Schema del sistema di monitoraggio





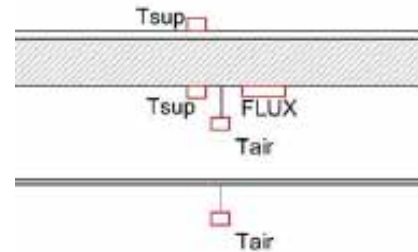
PARAMETRI DELL'AMBIENTE SOTTO LA COPERTURA VERDE

T1 - temperatura dell'aria a 20cm dal pavimento	[°C]
T2 - temperatura dell'aria a 150 cm. dal pavimento	[°C]
T3 - temperatura dell'aria a 20 cm dal soffitto	[°C]
T4 - temperatura superficiale interna copertura	[°C]
Flux 1 - flusso termico entrante (+) copertura	[W/m ²]

Sonda di temperatura superficiale



Sonda di temperatura dell'aria in verticale



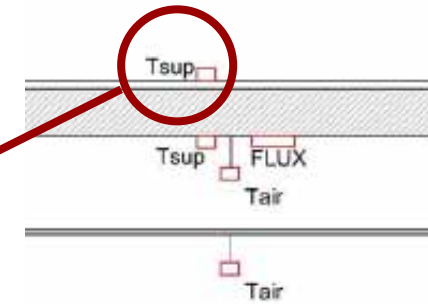
PARAMETRI MISURATI SOPRA IL TETTO TRADIZIONALE

temperatura superficiale del lastricato di copertura

PARAMETRI DELL'AMBIENTE SOTTO IL TETTO TRADIZIONALE

T5 - temperatura superficiale interna copertura	[°C]
T6 - temperatura dell'aria nel controsoffitto	[°C]
T7 - temperatura dell'aria a 20 cm dal soffitto	[°C]
Flux 2 - flusso termico entrante (+) copertura	[W/m ²]

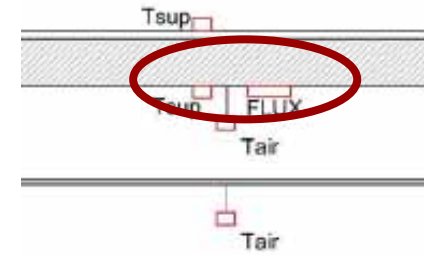
temperatura superficiale del lastricato di copertura

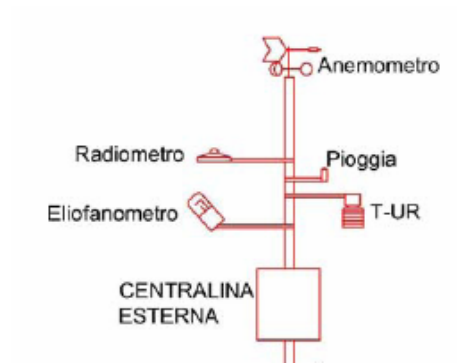


monitoraggio

temperatura superficiale interna copertura

flusso termico entrante (+) copertura

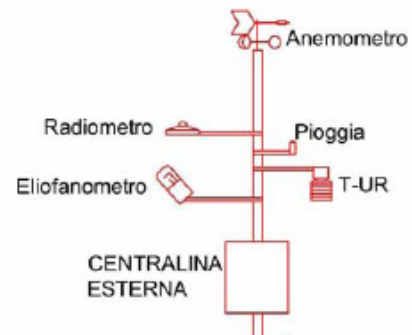




PARAMETRI CLIMATICI DELL'AMBIENTE ESTERNO

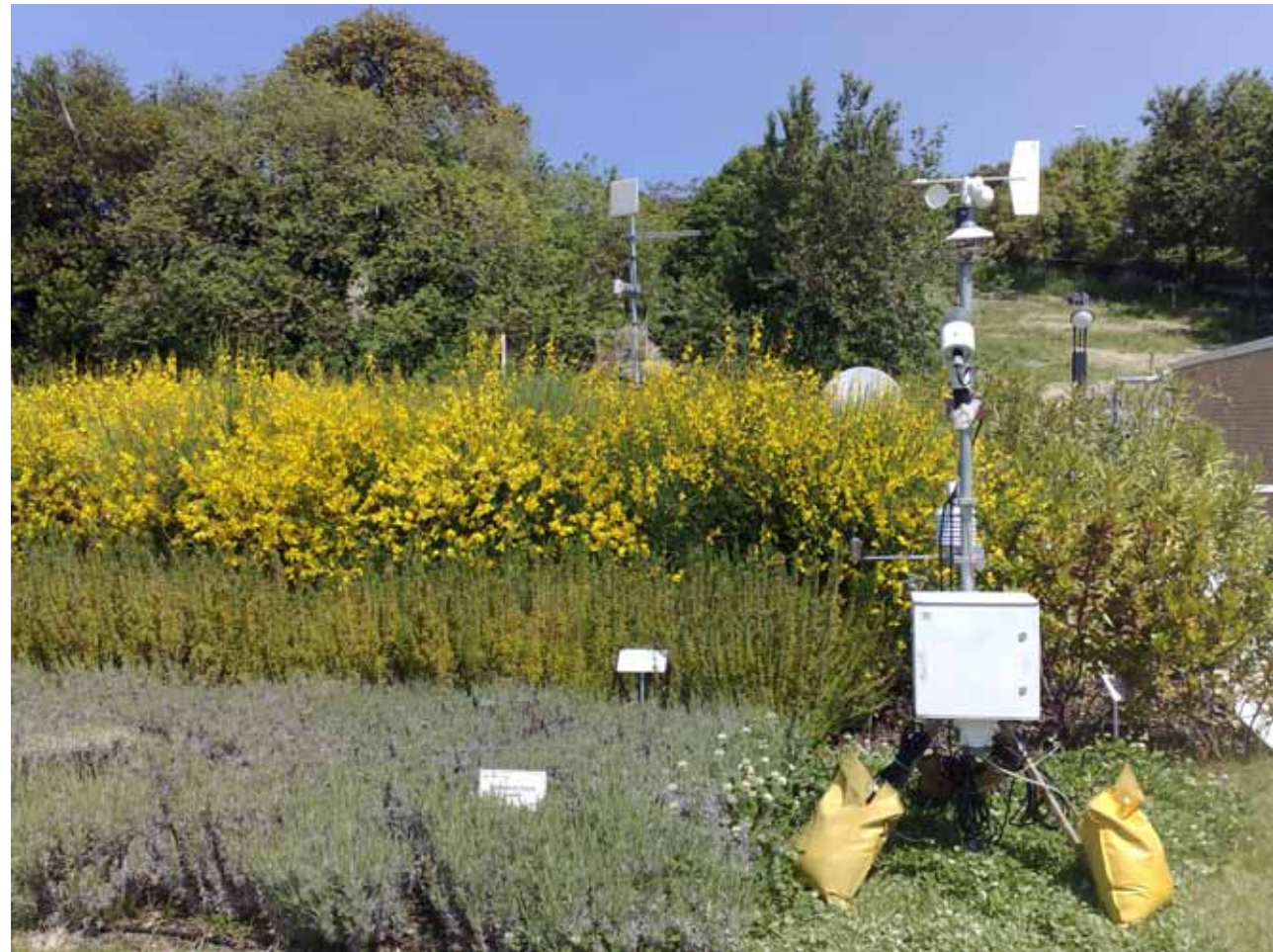
Temperatura dell'aria a bulbo secco	[°C]
Umidità Relativa	[%]
Velocità del vento	[m/s]
Direzione del vento	[° rispetto al sud]
Radiazione globale	[W/m ²]

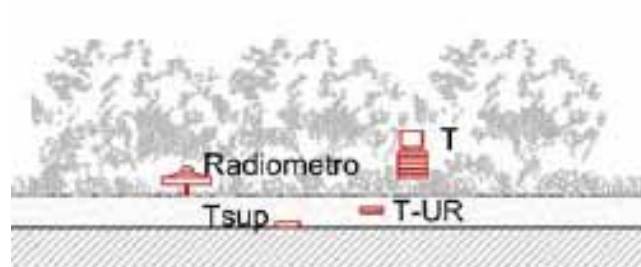
Stazione Meteorologica



Strumenti Installati

- Anemometro;
- Radiometro;
- Eliofanometro;
- Termoigrometro;
- Sensore di pioggia;





PARAMETRI DEL MICROCLIMA SOTTO VEGETAZIONE TETTO VERDE

Temperatura dell'aria a bulbo secco misurata sotto la vegetazione (ginestre)	[°C]
Radiazione globale sotto la vegetazione (ginestre)	[W/m ²]
Temperatura all'interno del tetto verde, posta alla base del drenaggio, sopra l'impermeabilizzazione	[°C]
temperatura e contenuto idrico del suolo	[°C]







Sensore di temperatura e contenuto idrico del suolo



CARATTERISTICHE TECNICHE

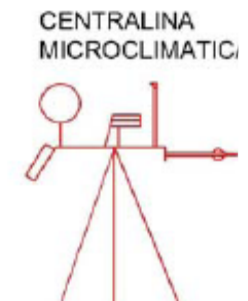
Grandezza misurata	Permittività dielettrica / <i>Dielectric permittivity</i>
Campo di misura permittività	Da 0% sino a saturazione idrica (Hv) <i>0% to the value of water saturation (Hv)</i>
Campo di misura temperatura	-10+54°C
Profondità di misura	da 30 mm / <i>from 30 mm</i>
Zona di influenza della misura	25 mm
Risoluzione	0,025 di permittività dielettrica (0,1% di Hv) <i>0,025 point of permittivity (0,1% of Hv)</i>
Accuratezza	Un decimo (1/10 ^e) di punto di contenuto idrico <i>One tenth (1/10^e) of water content point</i>
Massima conducibilità	≈ 5 mS/cm
Uscita	n.2 x 4-20 mA
Aimentazione	8 – 24 Vdc

Misura dei parametri di microclima interno



Centralina Microclimatica

- Anemometro a filo caldo;
- Globotermometro;
- Psicrometro;
- Radiometro;



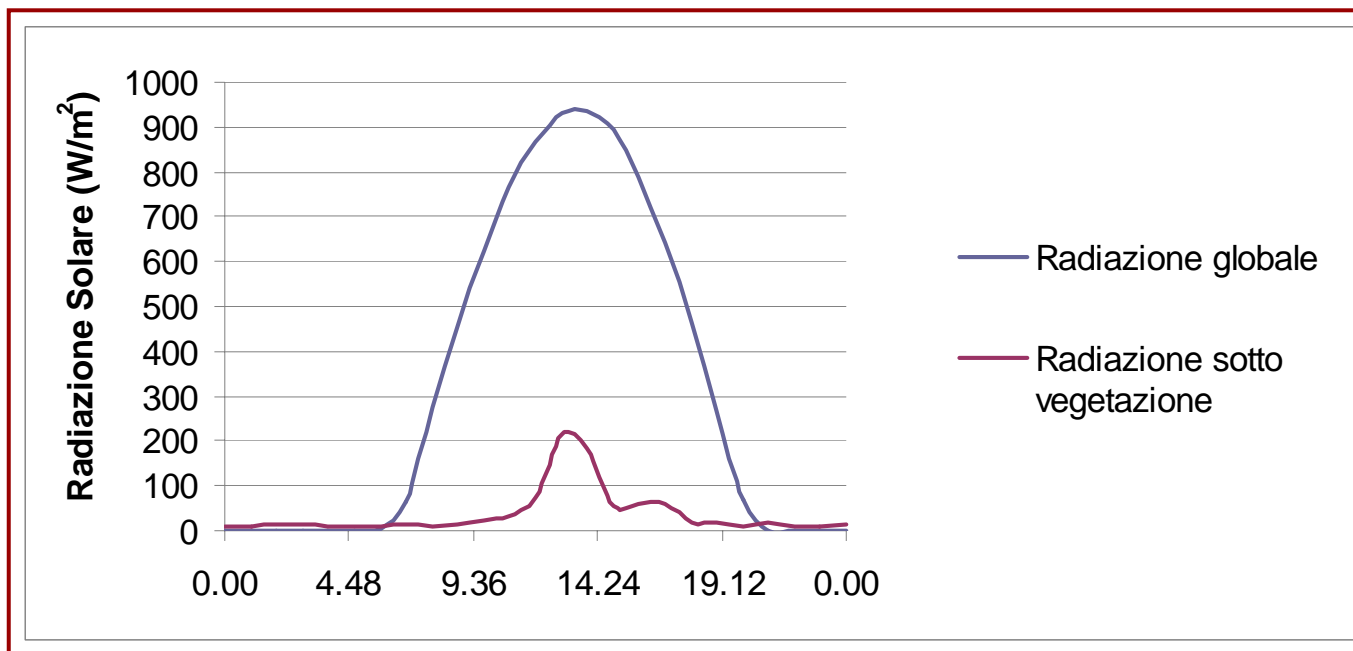
Risultati del monitoraggio effettuato durante il 2008

Periodo Estivo

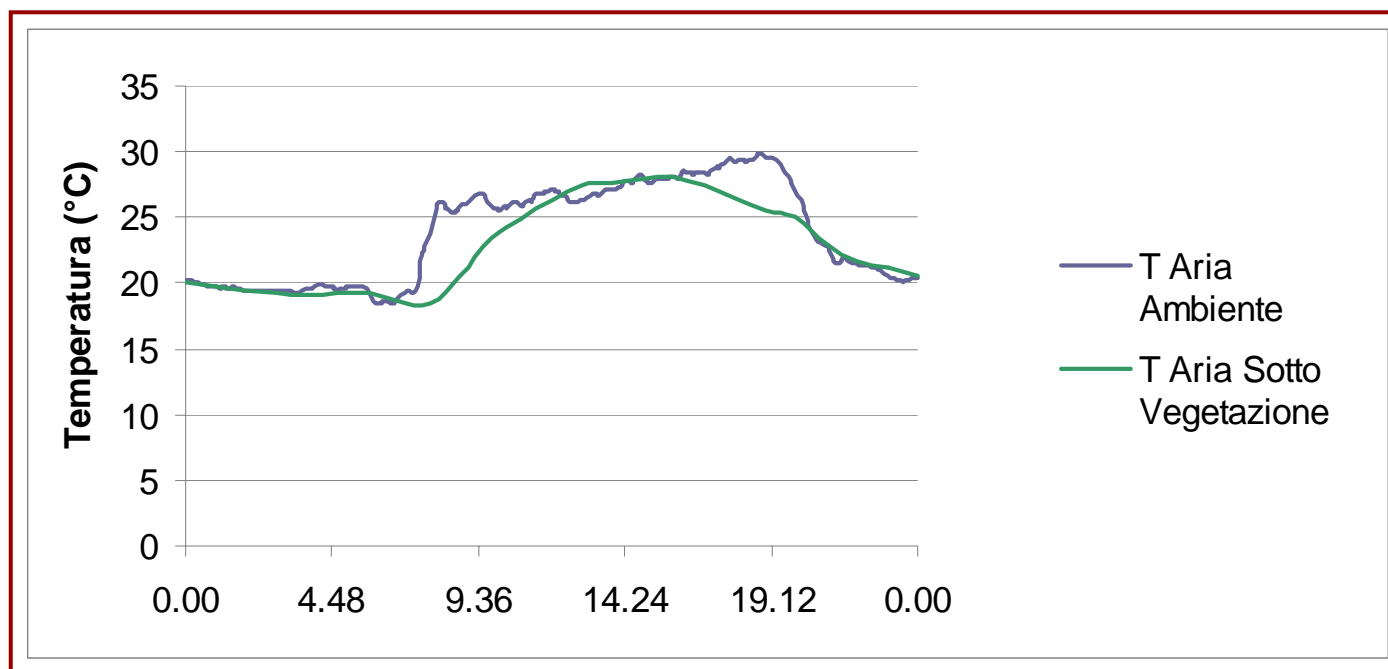
- *24 Luglio 2008*
- *01 Agosto 2008*
- *16 Settembre 2008*



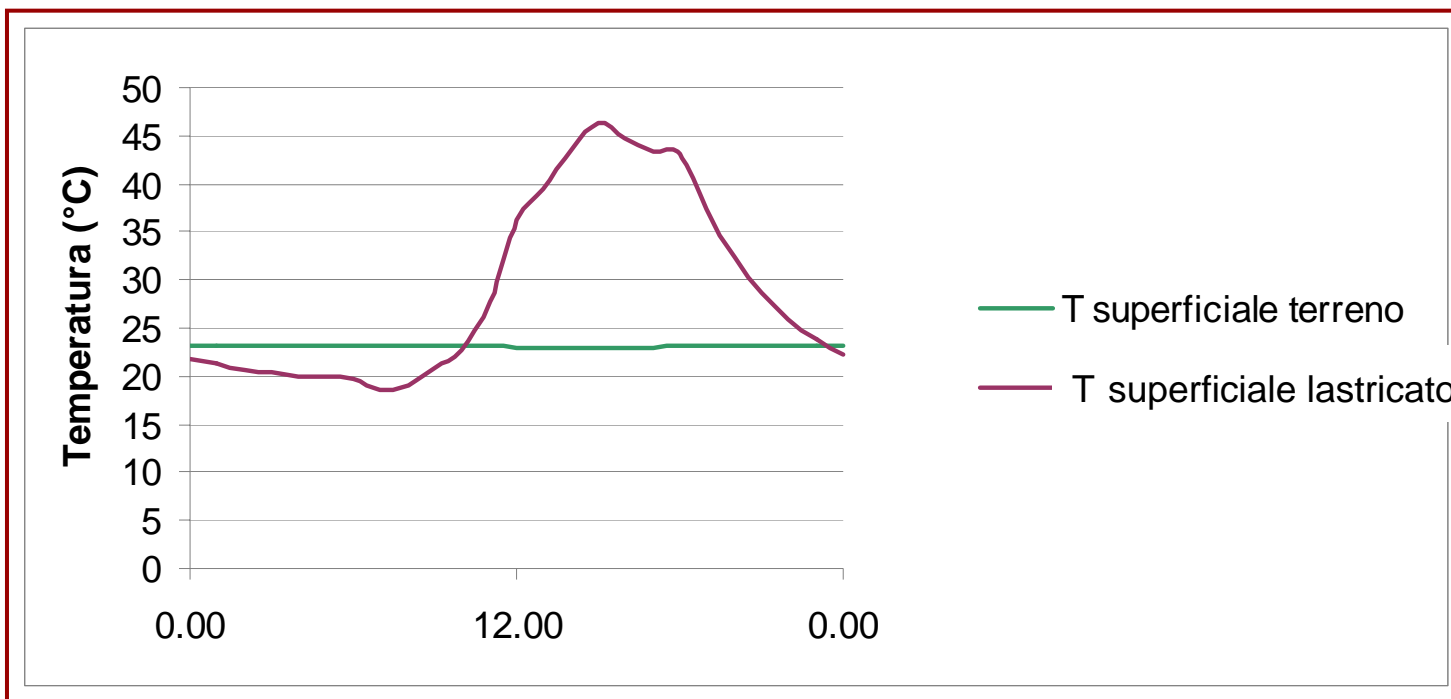
24 Luglio 2008



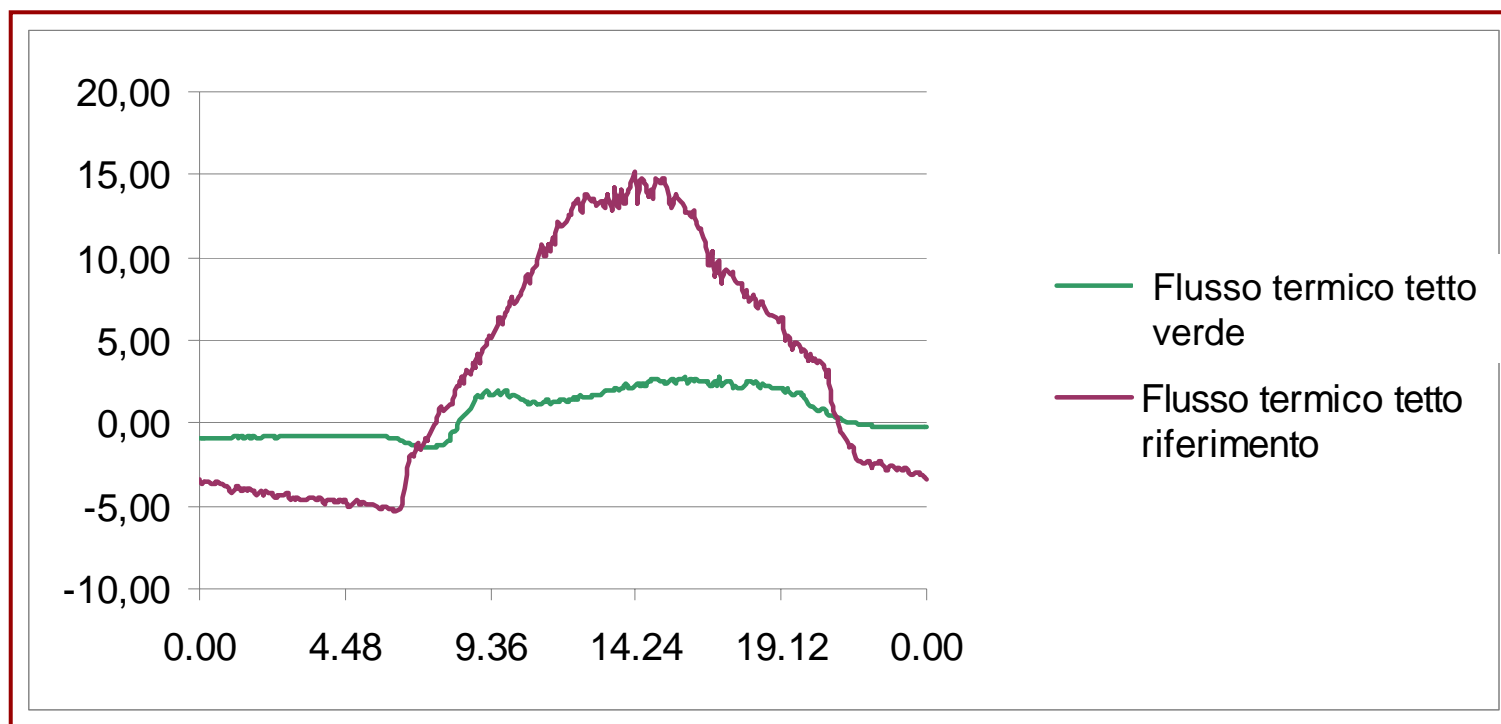
24 Luglio 2008



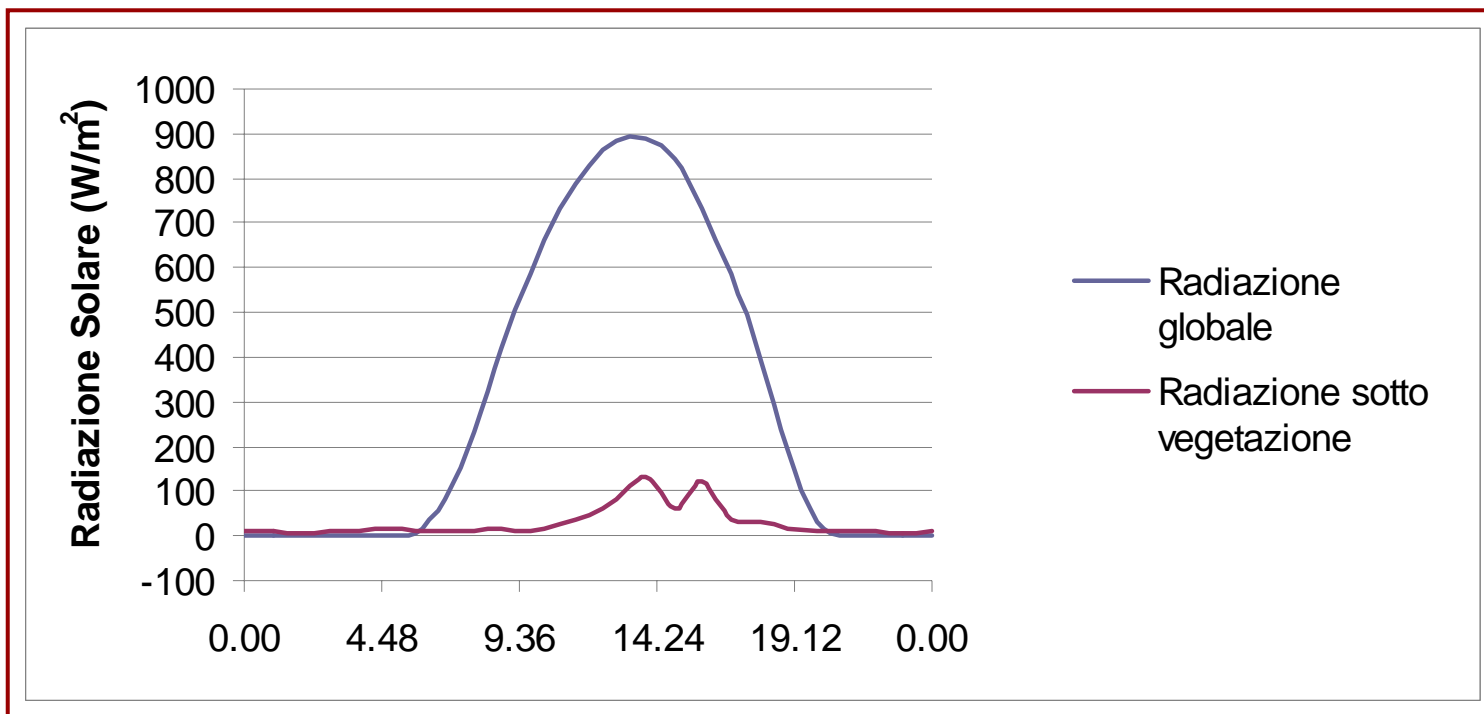
24 Luglio 2008



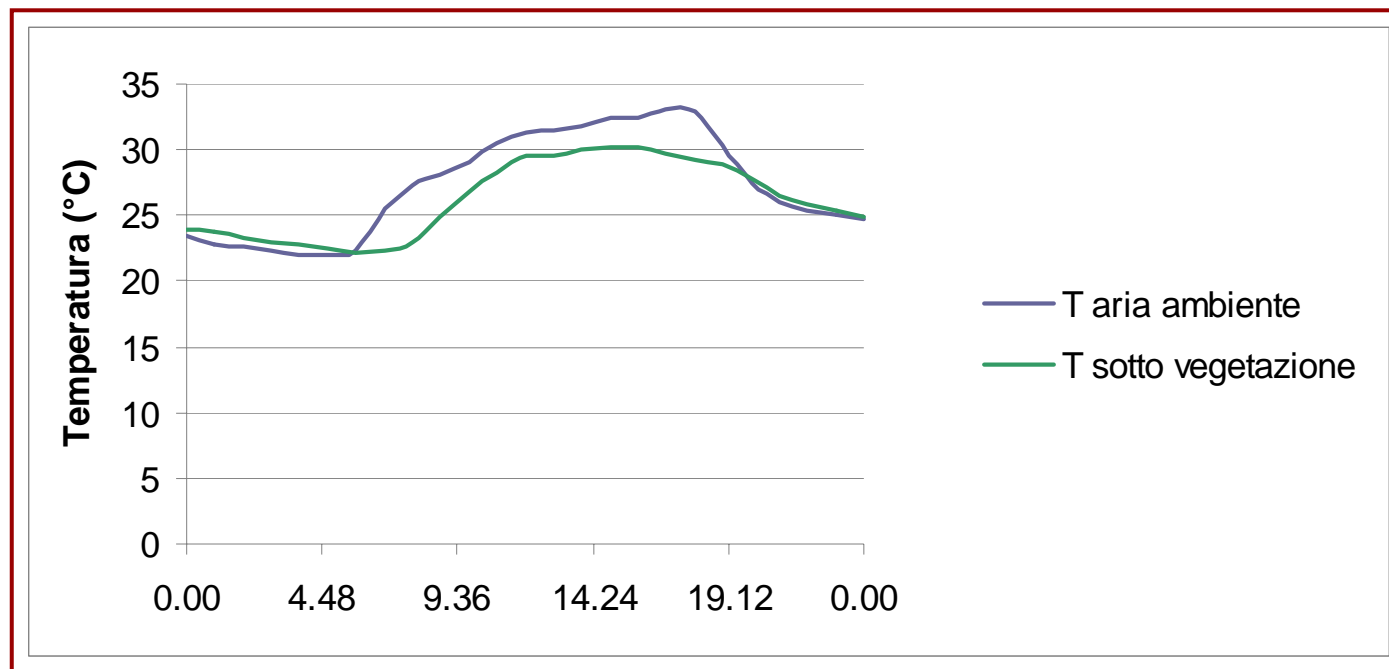
24 Luglio 2008



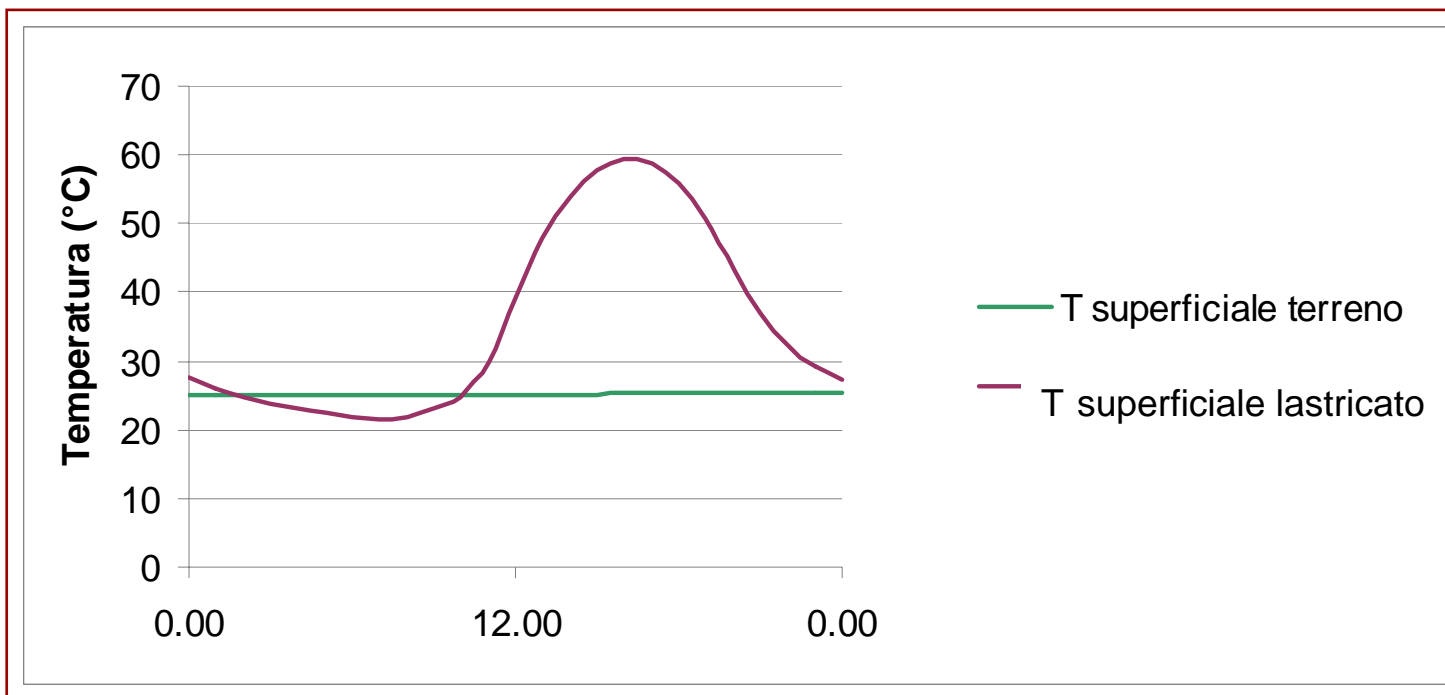
01 Agosto 2008



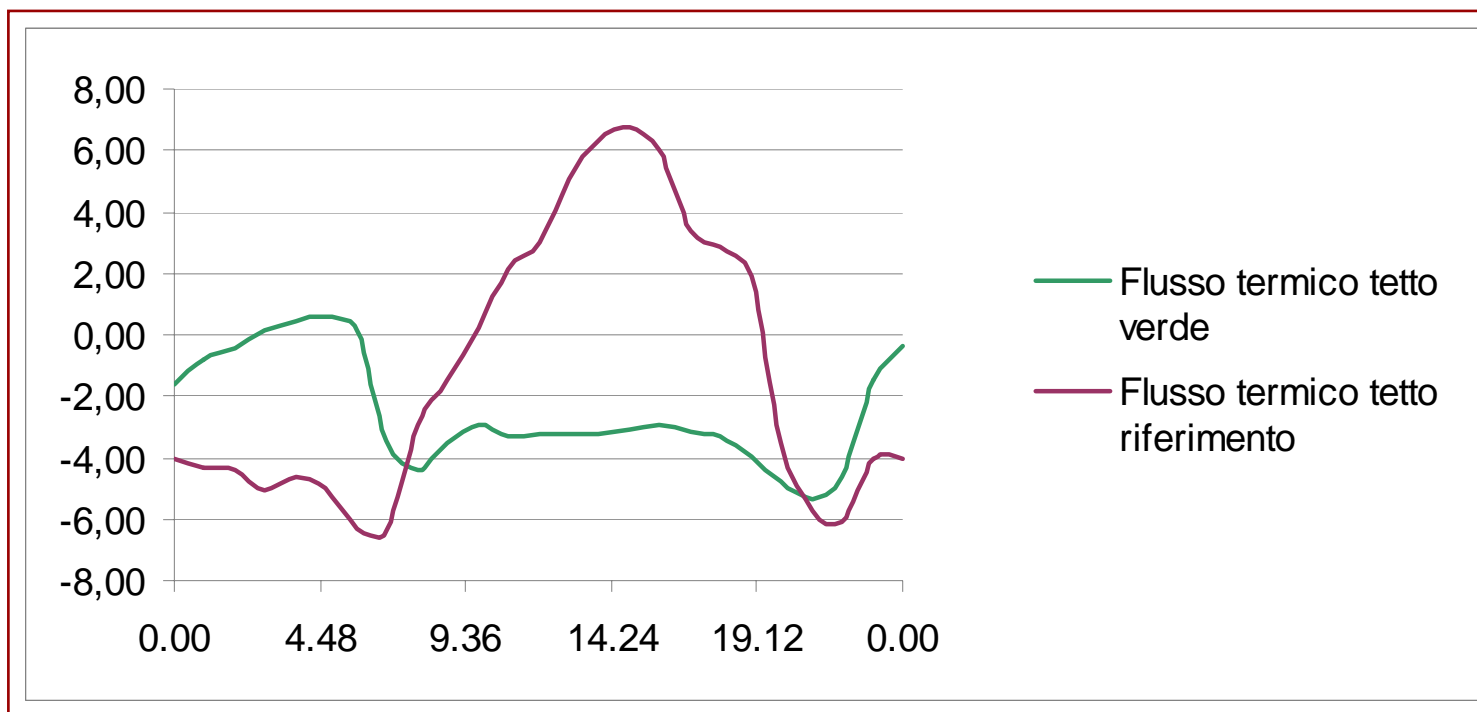
01 Agosto 2008



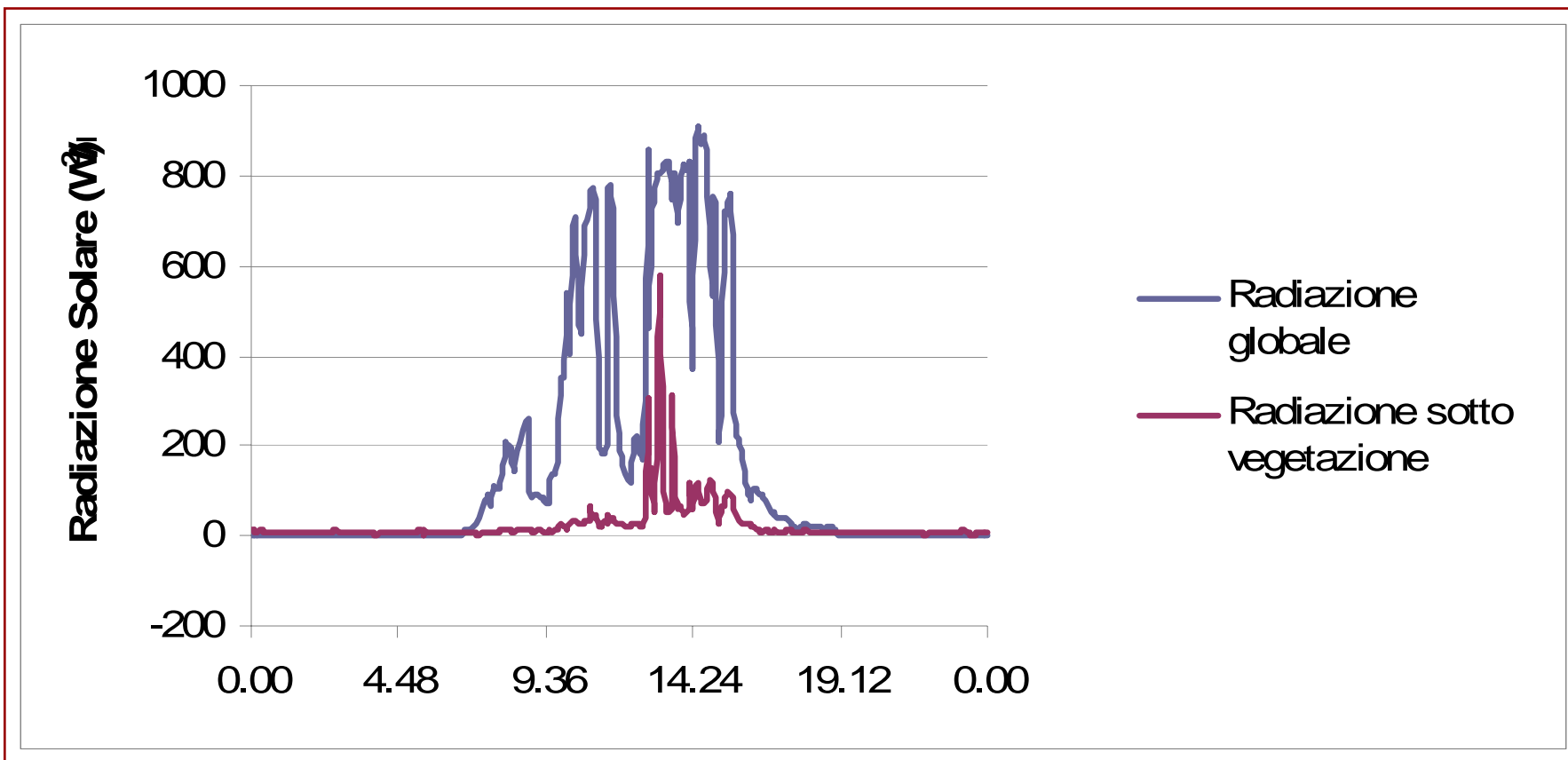
01 Agosto 2008



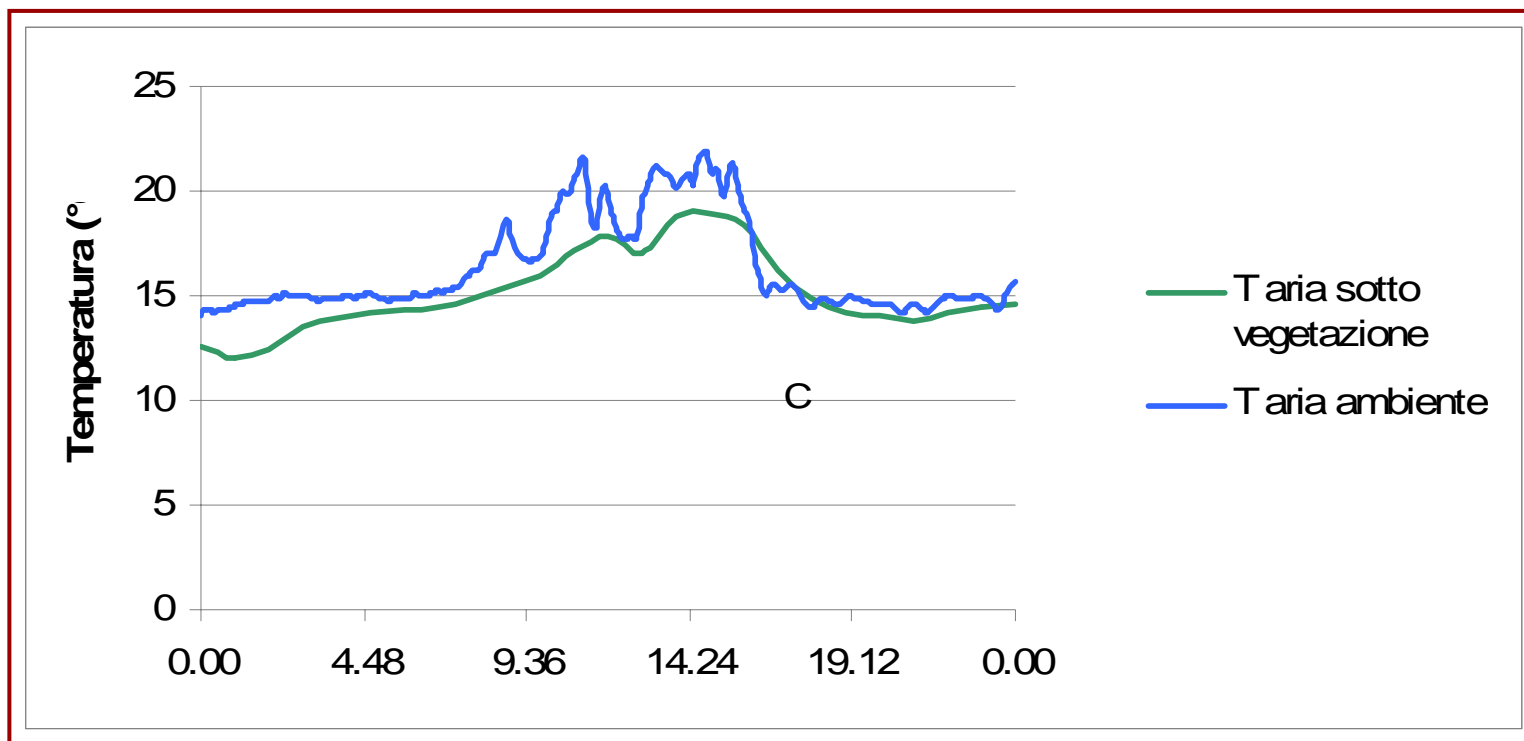
01 Agosto 2008



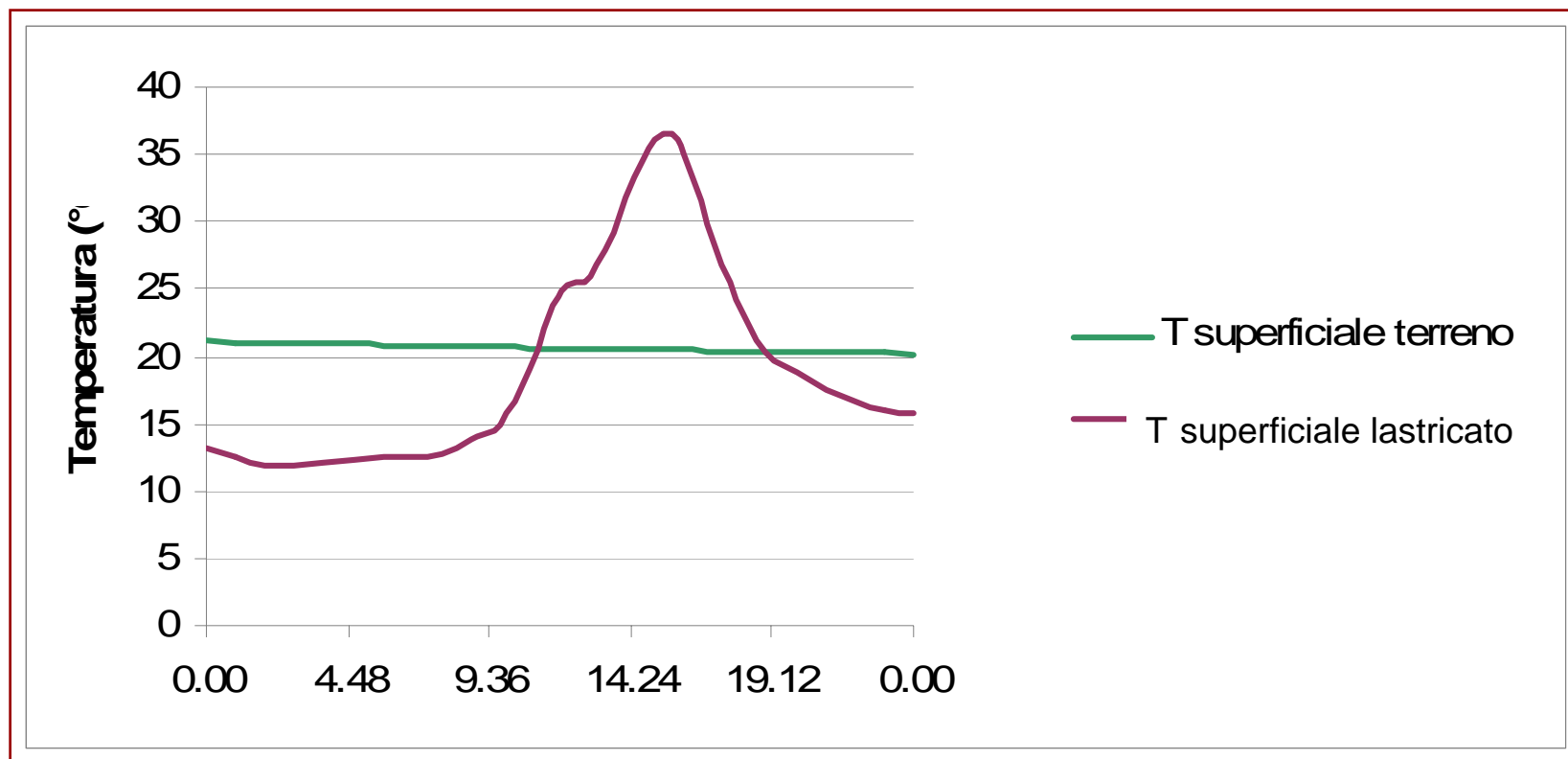
16 Settembre 2008



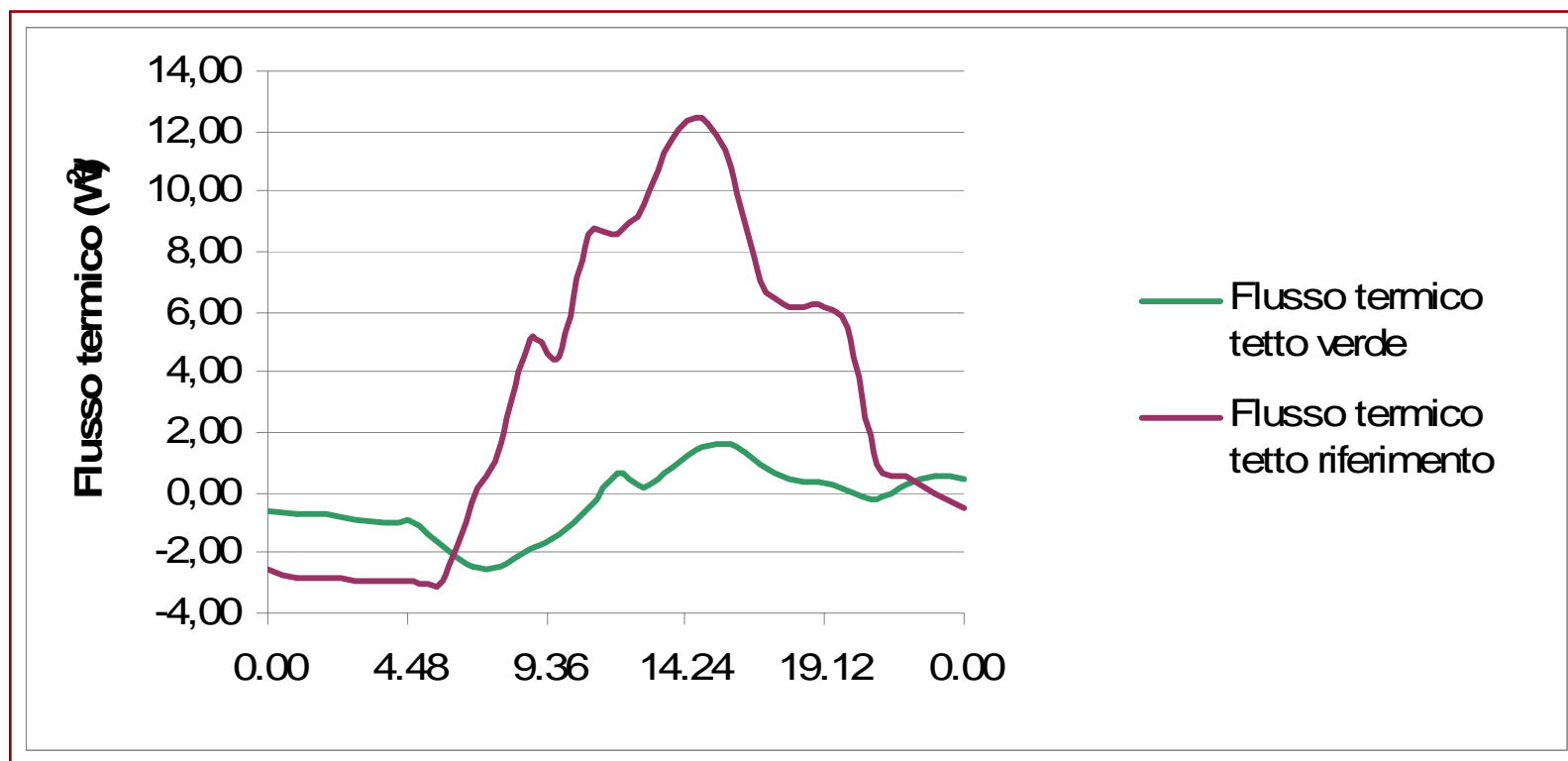
16 Settembre 2008



16 Settembre 2008



16 Settembre 2008



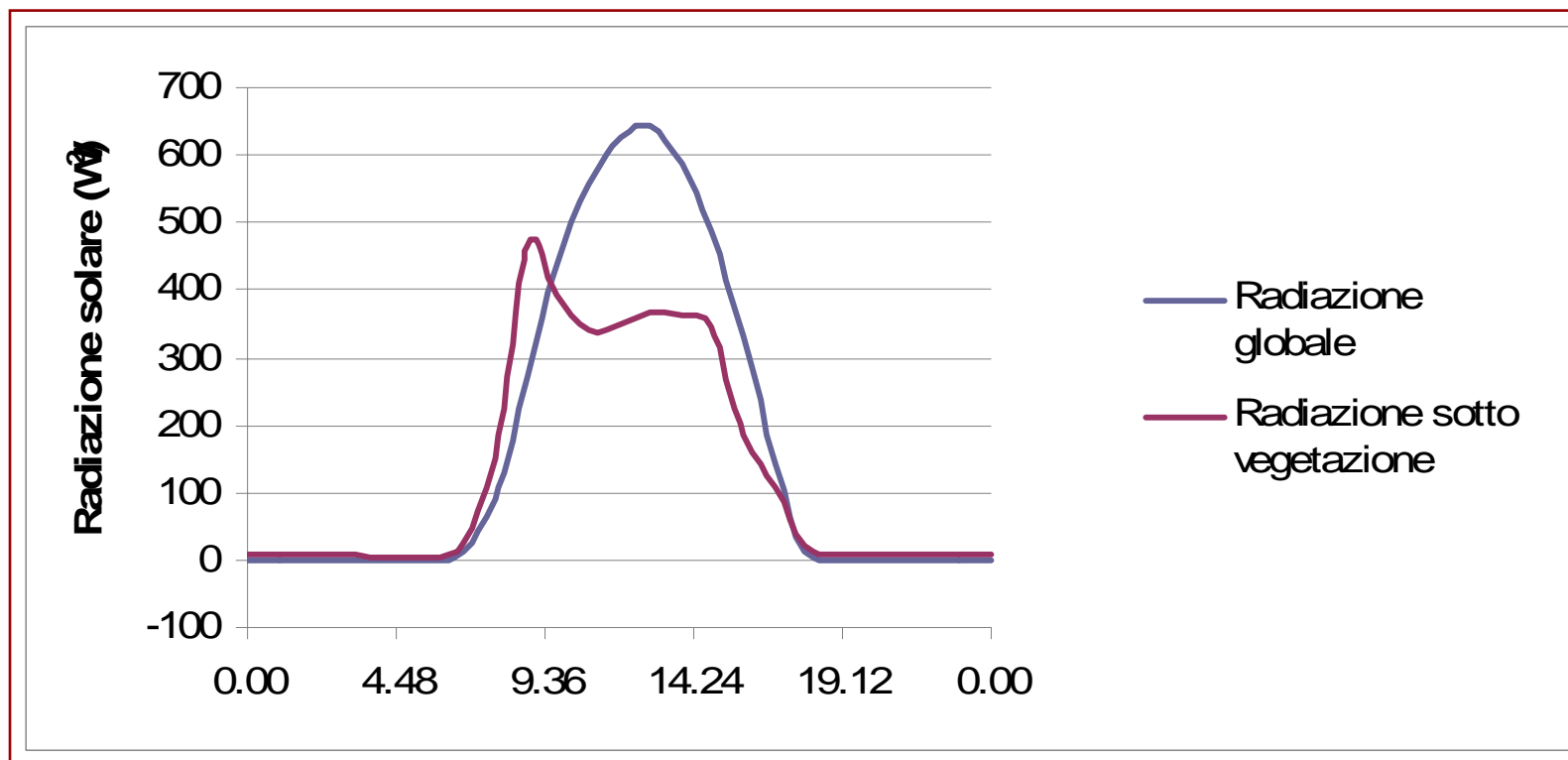
Periodo Autunnale

- *11 Ottobre 2008*

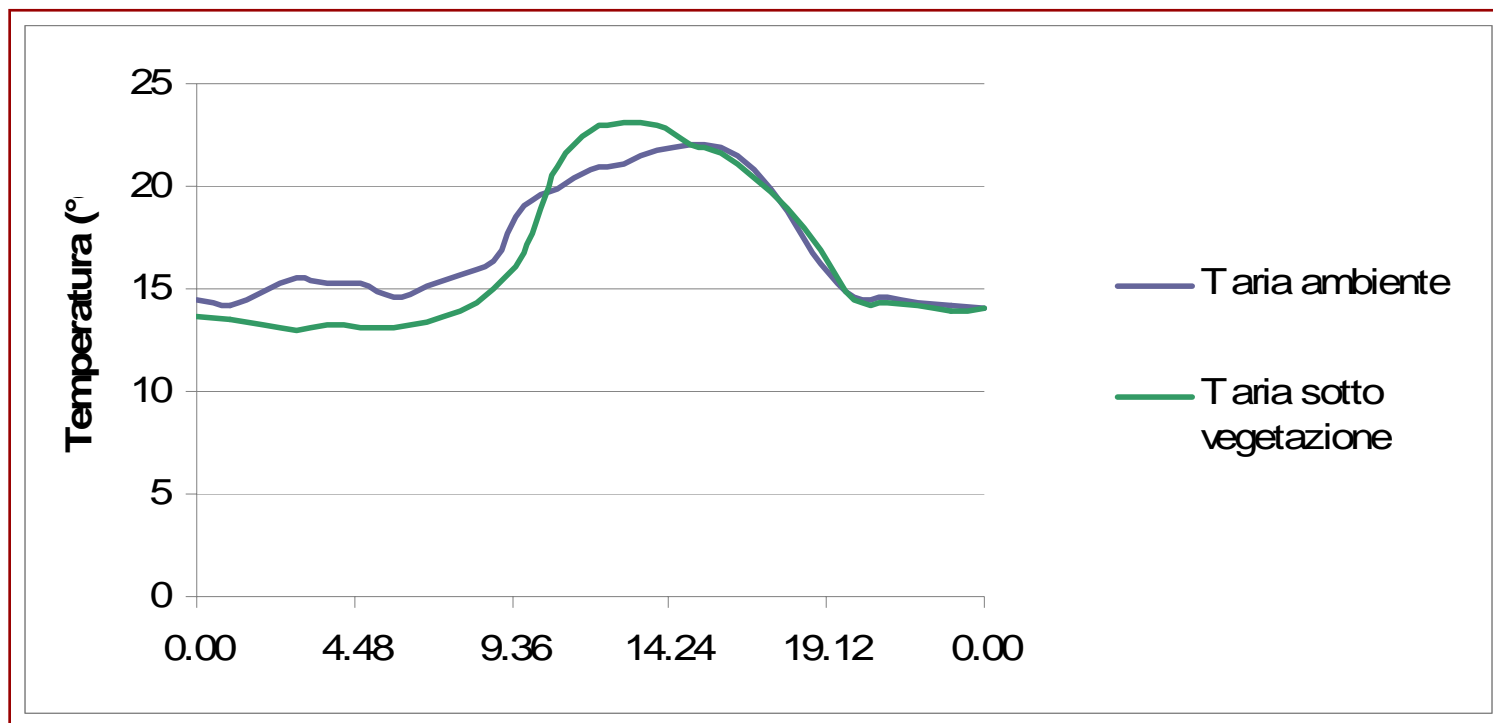
- *08 Novembre 2008*



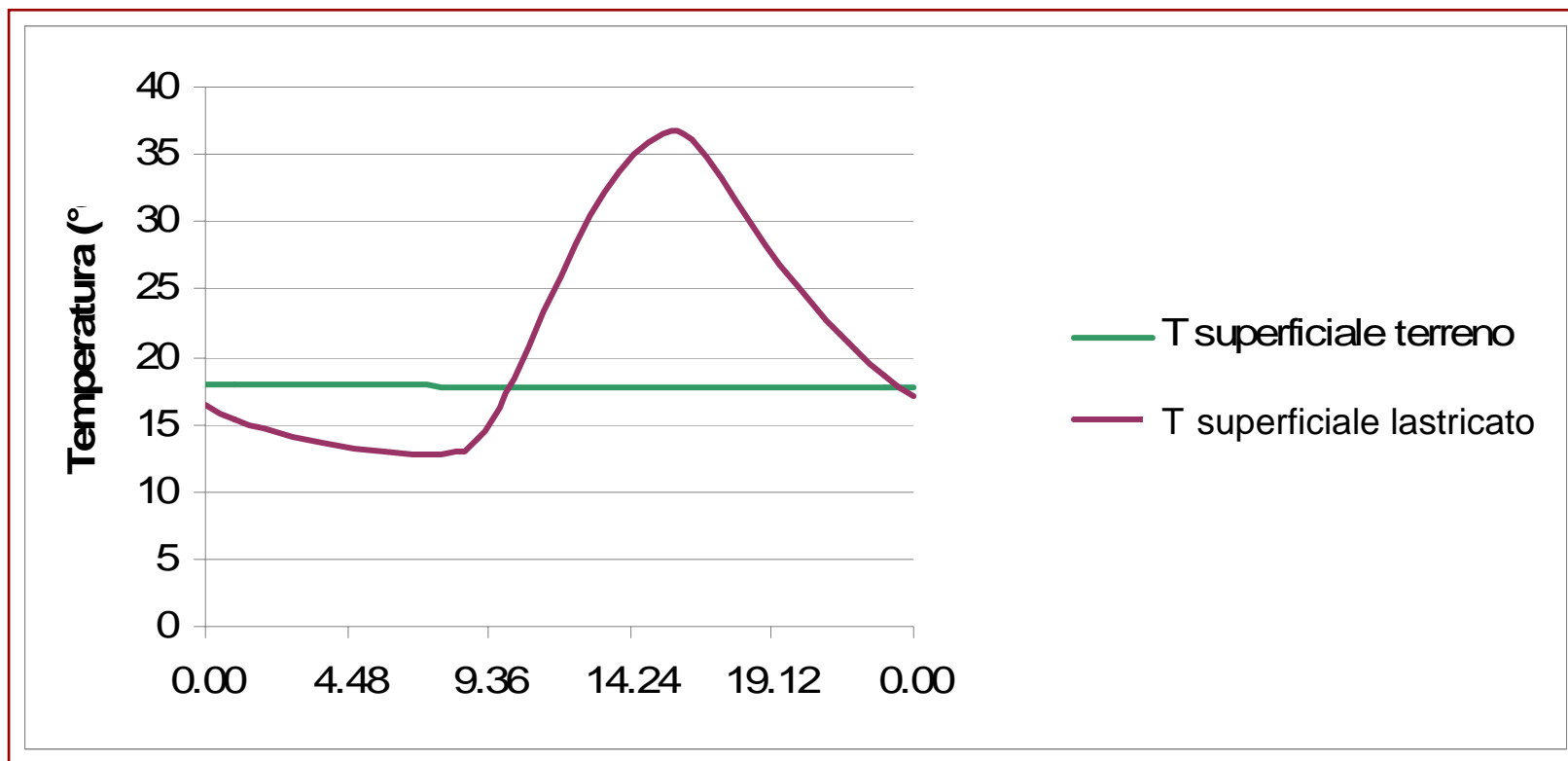
11 Ottobre 2008



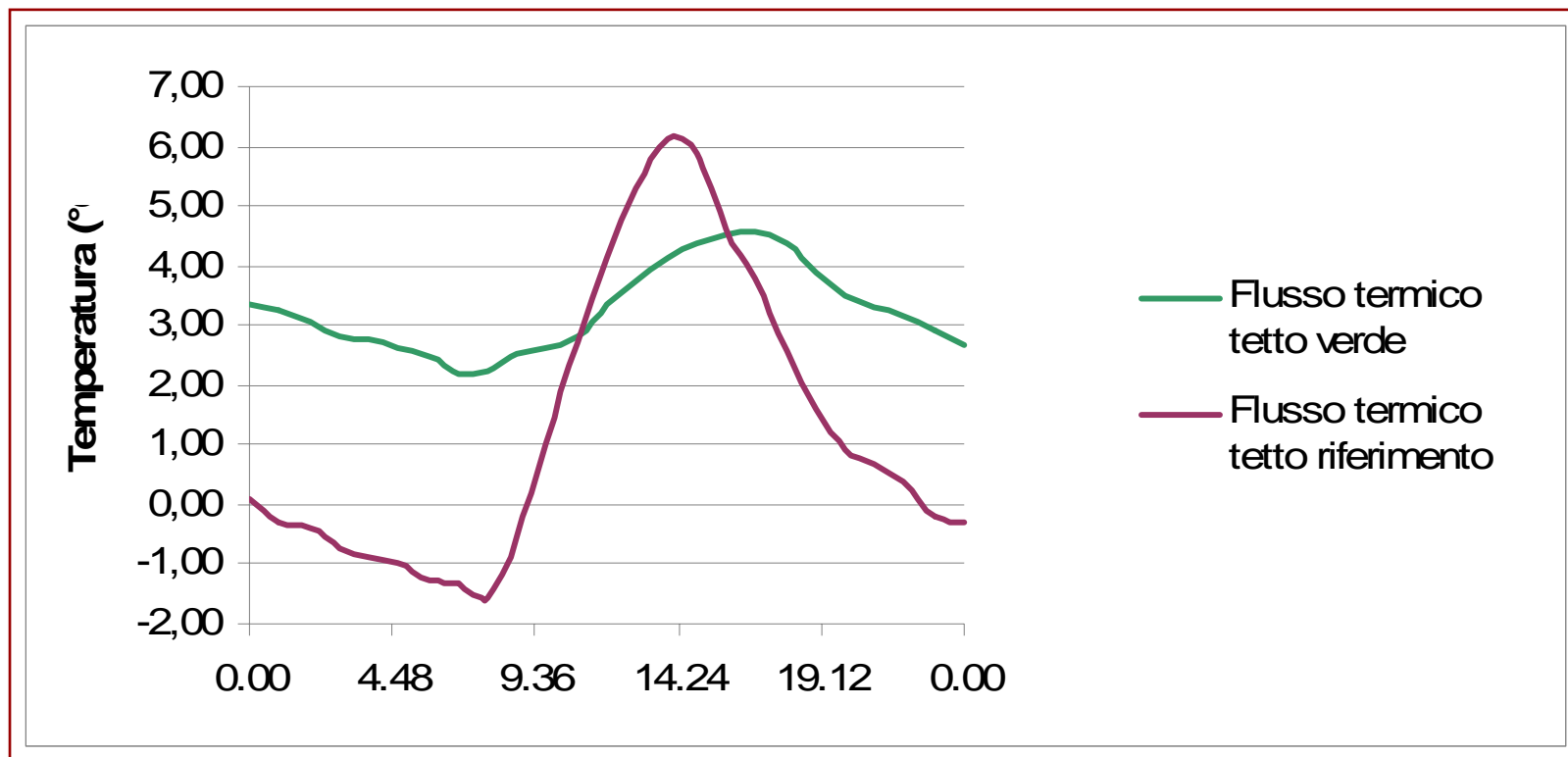
11 Ottobre 2008



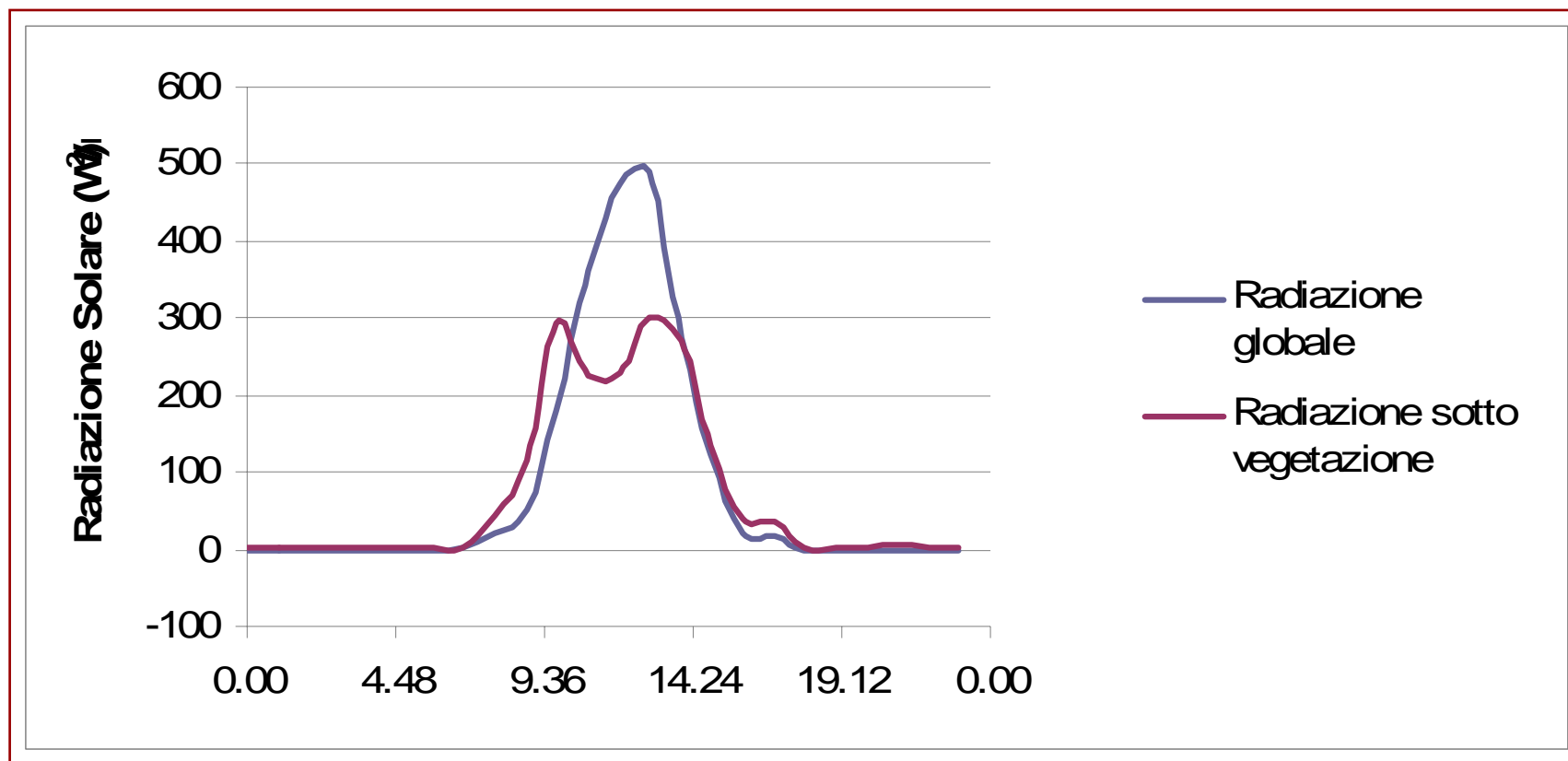
11 Ottobre 2008



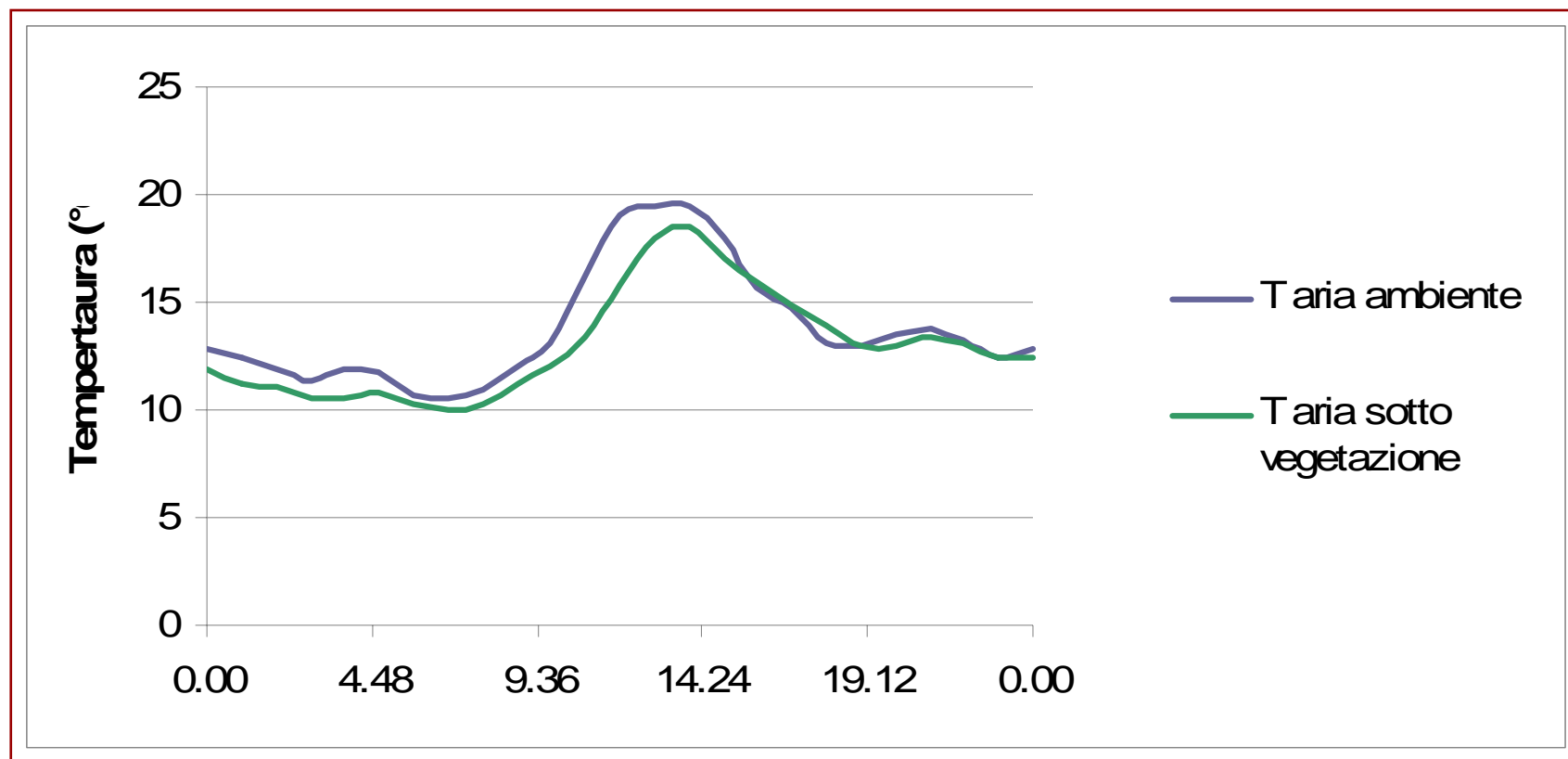
11 Ottobre 2008



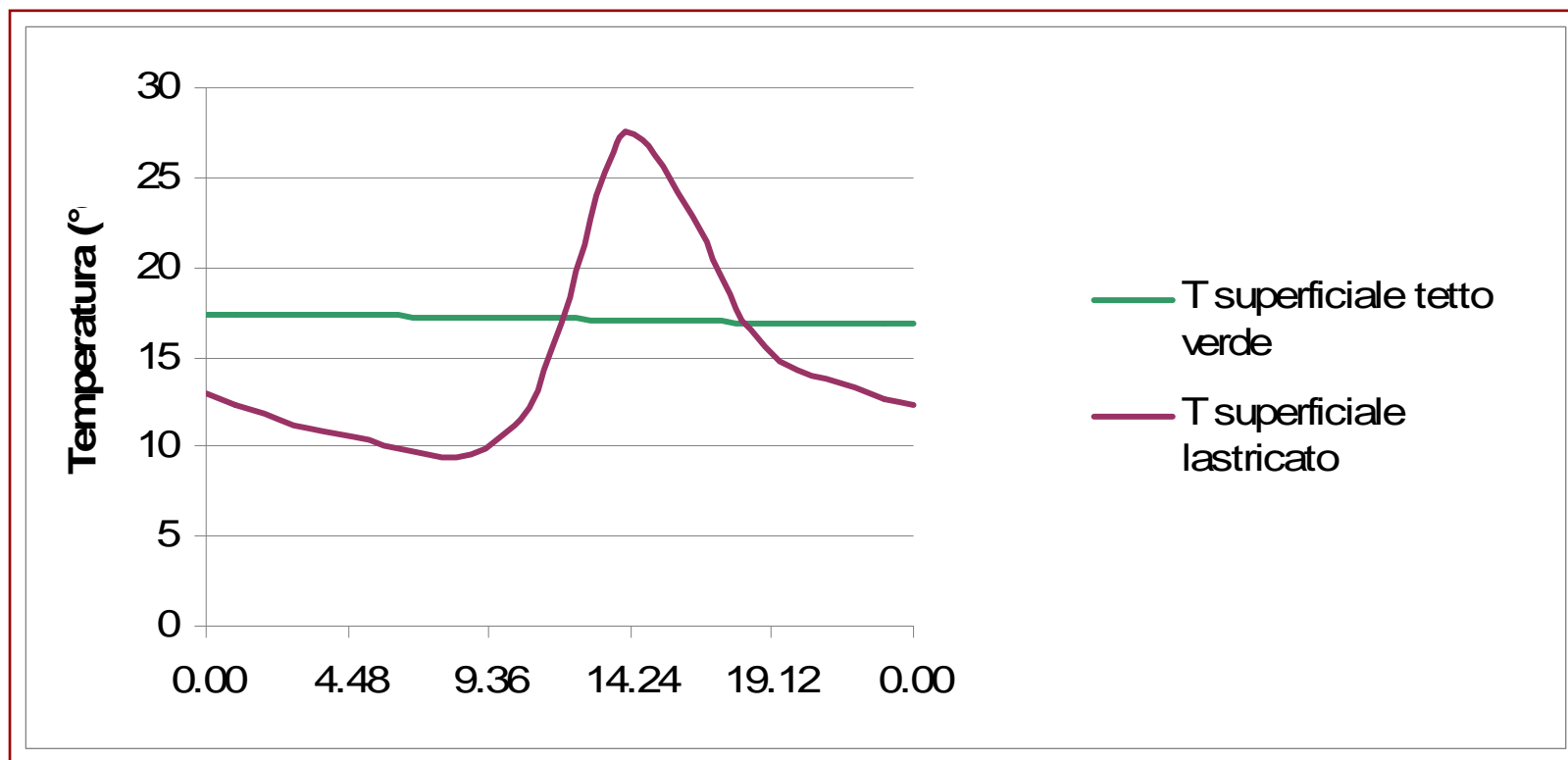
08 Novembre 2008



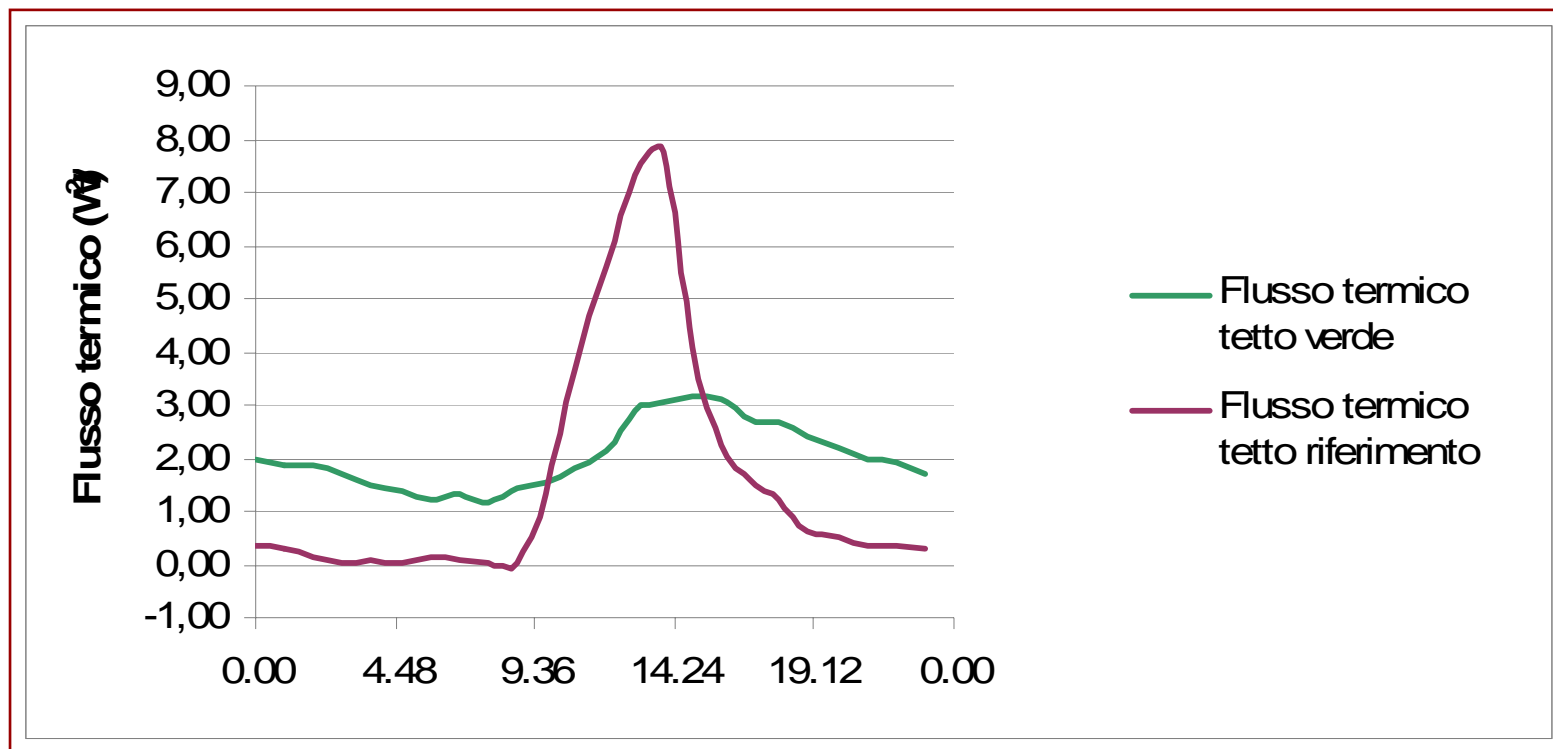
08 Novembre 2008



08 Novembre 2008



08 Novembre 2008

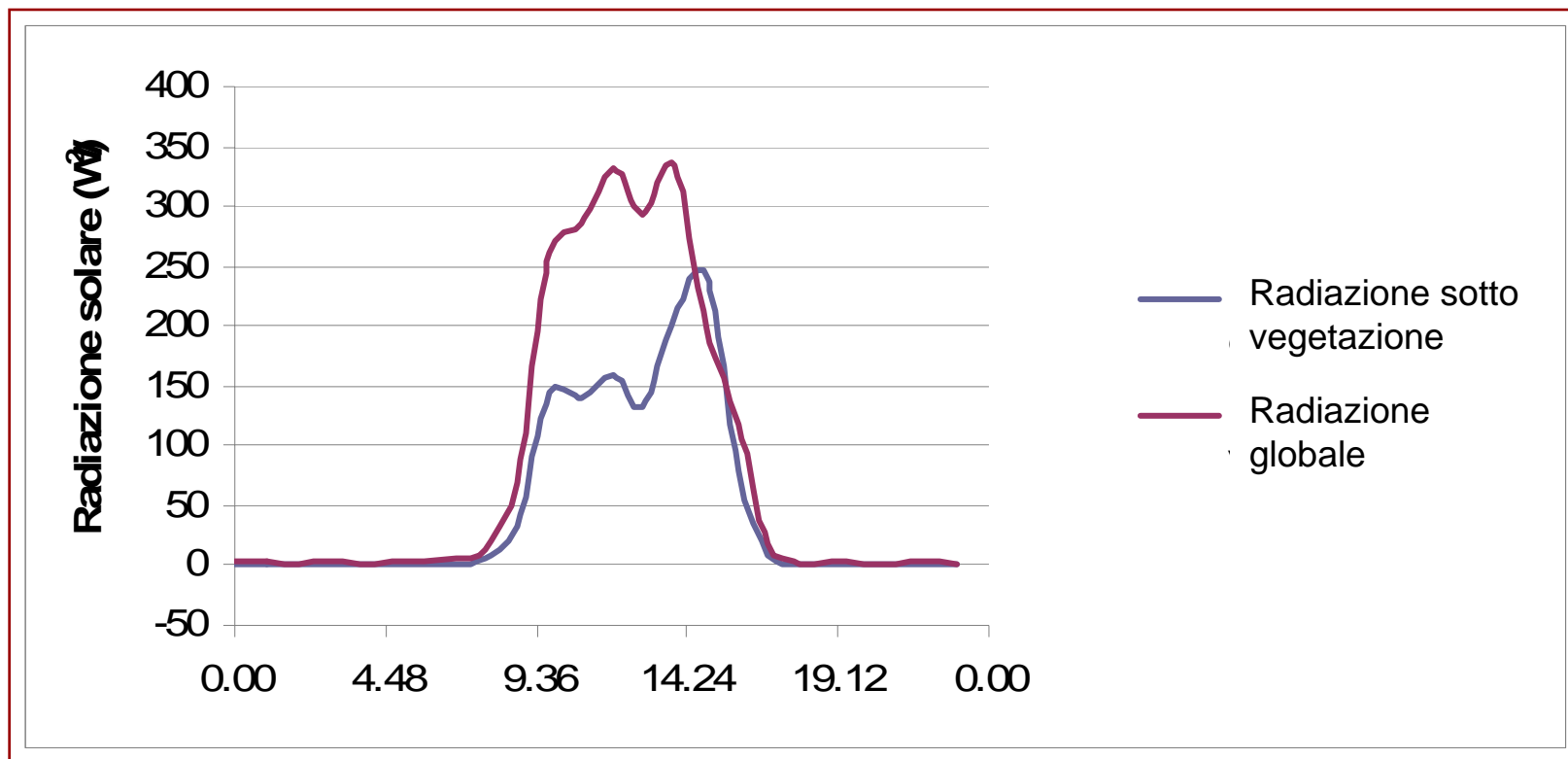


Periodo Invernale



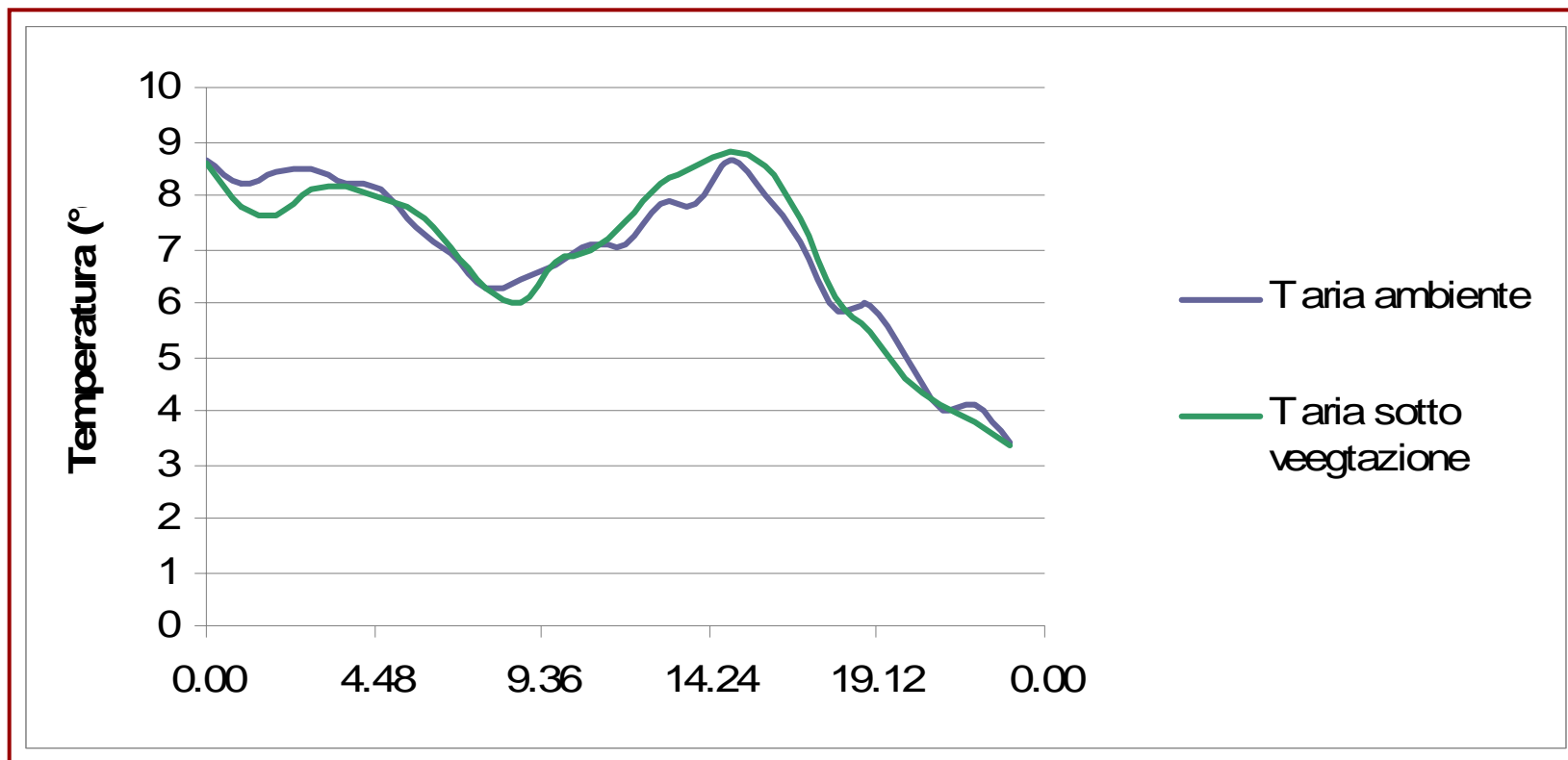
- 03 Dicembre 2008

03 Dicembre 2008

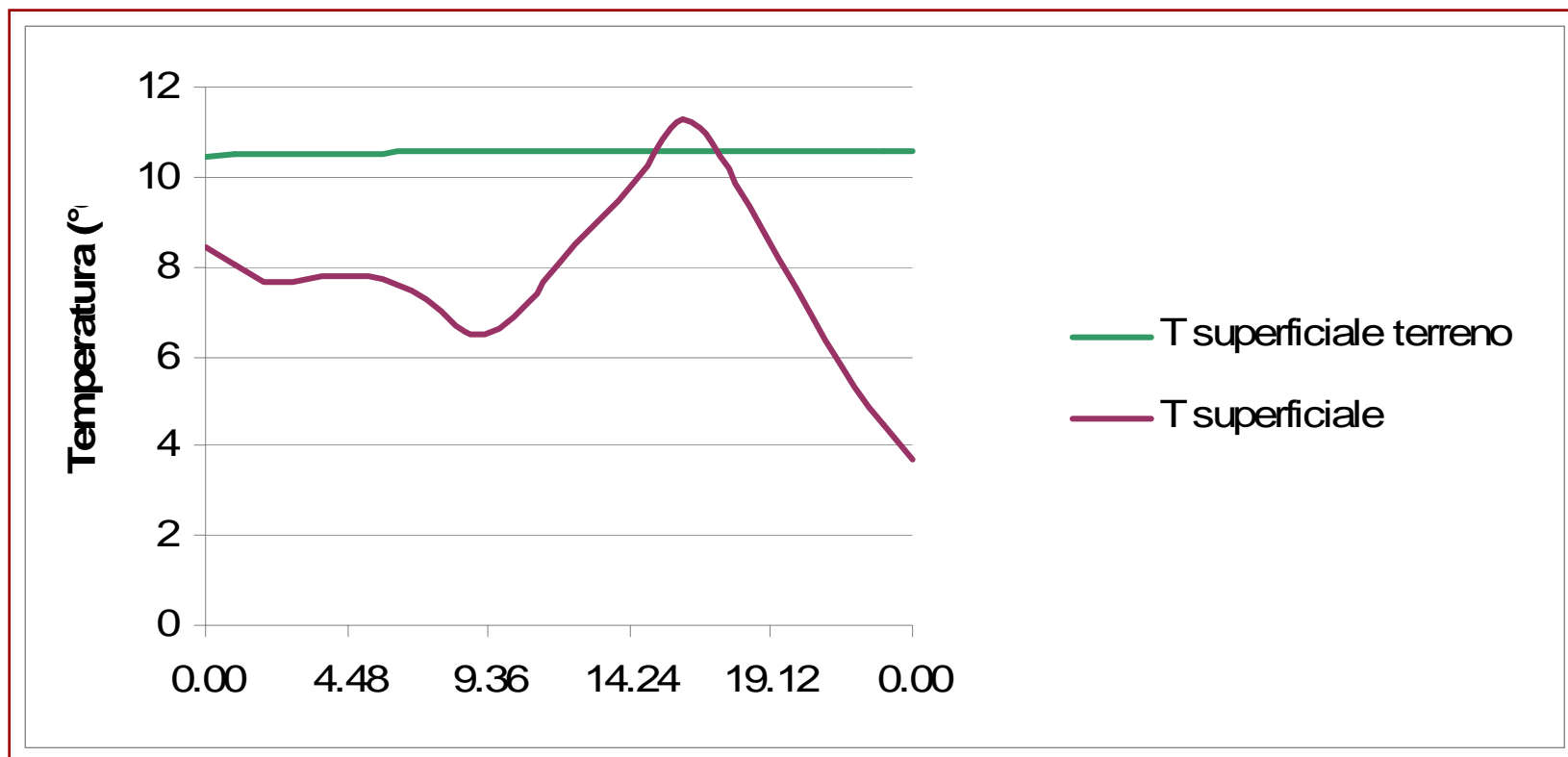


T superficiale lastricato

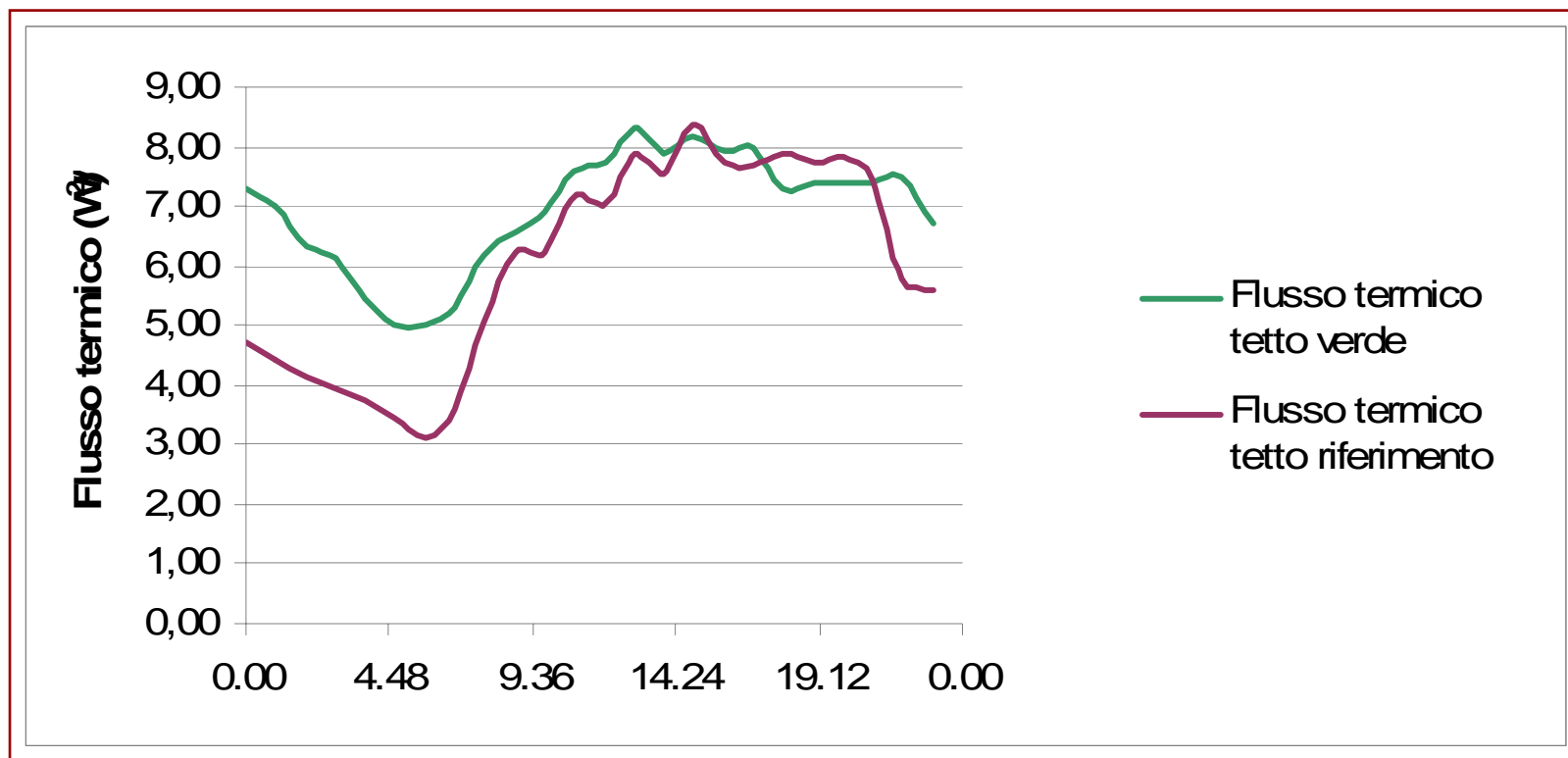
03 Dicembre 2008



03 Dicembre 2008



03 Dicembre 2008





II° Convegno Nazionale
Il verde pensile nel clima Mediterraneo
Genova, 6 Marzo 2009 – Salone Energetica – Fiera di Genova



grazie dell'attenzione !



Prof. Ing. Paolo Principi
Dipartimento di Energetica
Università Politecnica delle Marche

p.principi@univpm.it