



# Università degli Studi di Bologna

## Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Industriale  
(DIN)

### **RELAZIONE TECNICA 03T-13**

*Caratterizzazione termica di  
3 chassis per componenti elettronici*

Committente: Hi-Fi 2000 di Bettazzoni Andrea,  
via del Maccabreccia 18/b,  
40012 Lippo di Calderara, Bologna (BO)

Bologna, 13 maggio 2013

## Indice

1	Introduzione .....	4
2	Descrizione degli chassis in prova .....	4
3	Scelta strumentazione .....	4
4	Attività preliminari .....	5
5	Montaggio dei trasduttori .....	9
6	Procedura di prova .....	10
7	Elaborazione dati e risultati ottenuti .....	17
8	Conclusioni .....	32

## 1 Introduzione

L'oggetto della prova consiste nella caratterizzazione termica di tre chassis, prodotti dalla Committenza, Hi-Fi 2000, atti al contenimento di componenti elettronici sotto tensione. Lo smaltimento del calore generato all'interno dello chassis avviene grazie alla presenza di dissipatori costituiti da batterie alettate in alluminio ossidate nere. Per aumentare la superficie di scambio ogni aletta del dissipatore ha un profilo ondulato.

## 2 Descrizione degli chassis in prova

Gli chassis in prova sono tre, diversi nel volume e nelle dimensioni del dissipatore (figura 1) e sono stati definiti con la denominazione di chassis 1, chassis 2 e chassis 3. In tutti e tre gli chassis i dissipatori lavorano in coppia e sono montati lateralmente al contenitore.

Nel più grande dei tre è presente anche una ventola di 12 cm di diametro la cui funzione dovrebbe essere quella di aiutare lo smaltimento del calore prodotto all'interno.



**Figura 1:** chassis di prova, indicati rispettivamente (da sinistra a destra) con chassis 1, 2 e 3

## 3 Scelta strumentazione

La strumentazione utilizzata nella prova consiste in:

- 1 variatore di tensione alternata
- 1 multimetro digitale hp34970
- 1 slot per termocoppie hp mod. 34902A.
- 1 interfaccia GPIB hs USB National Instruments
- 1 wattmetro digitale
- 6 termocoppie di tipo T di marca Omega
- 1 notebook
- software Labview della National Instruments
- riscaldatori in alluminio con diversi profili.

## 4 Attività preliminari

La prima operazione effettuata è stata la misurazione degli chassis, riassunta nella tabella che segue (tab.1); I valori di L1, L2, L3 sono quelli relativi alle dimensioni interne dello chassis.

**Tabella 1:** dimensioni degli chassis in prova

	<b>Chassis 1</b>	<b>Chassis 2</b>	<b>Chassis 3</b>
<b>Laterale</b>	37 cm	37 cm	37 cm
<b>Profondità</b>	7,8 cm	16,4 cm	21 cm
<b>Fronte/Retro</b>	40 cm	40 cm	50 cm
<b>Volume Totale</b>	11544 cm <sup>3</sup>	24272 cm <sup>3</sup>	38850 cm <sup>3</sup>
<b>Volume Utile</b>	5772 cm <sup>3</sup>	12136 cm <sup>3</sup>	19425 cm <sup>3</sup>

Il volume di prova è un volume ridotto rispetto a quello disponibile, in quanto è stato applicato un setto divisorio all'interno del contenitore.

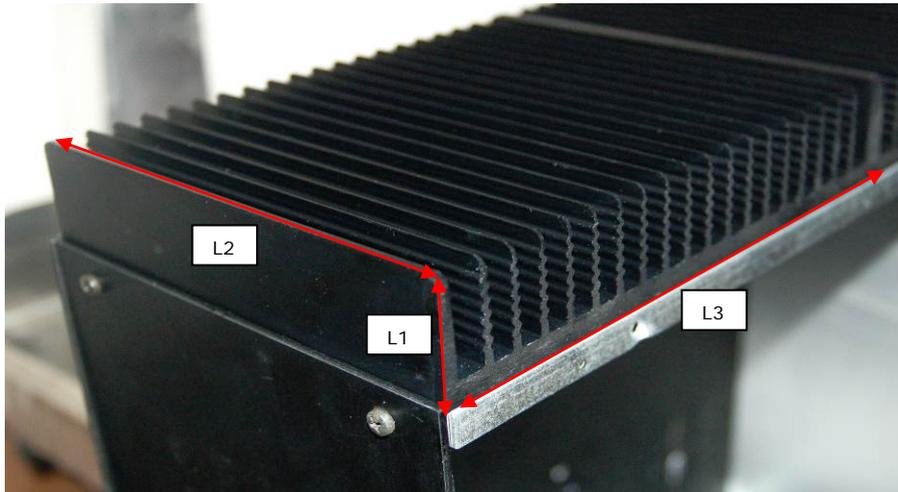
Questo volume ridotto simula il volume d'aria rimanente all'interno dello chassis una volta che in questo vengono montati scheda e componenti elettronici.

Su indicazione del costruttore si è posto  $V_{(utile)} = \frac{1}{2} V_{(totale)}$

I tre chassis montano dissipatori diversi nella dimensione ma simili nella forma, riconducibili a tre tipologie differenti, indicate con la denominazione D1, D2 e D3; nelle tabelle 2 e 3 vengono riportate le caratteristiche dimensionali di ciascun dissipatore come mostrate nelle figure 1e 2.

**Tabella 2:** dimensione dei dissipatori

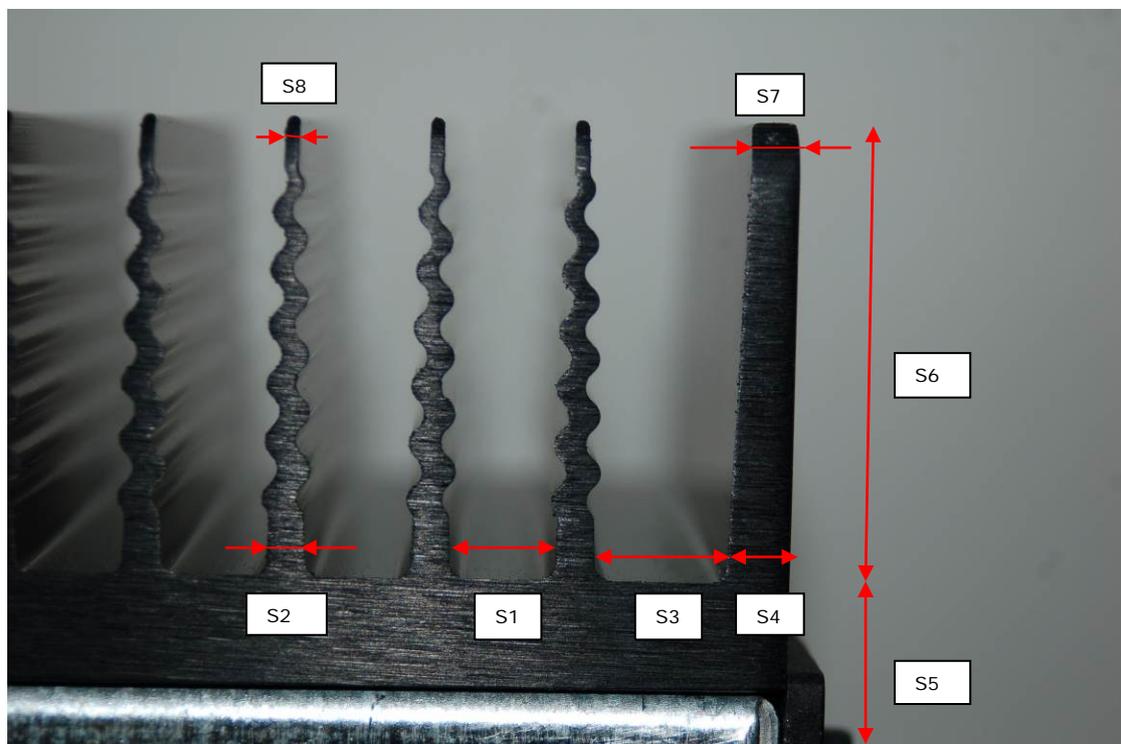
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>D1</b>	40 mm	80 mm	200 mm
<b>D2</b>	40 mm	165 mm	200 mm
<b>D3</b>	40 mm	210 mm	250 mm



**Figura 2:** indicazione delle dimensioni dei dissipatori

**Tabella 3:** dimensione e spaziatura delle alette dissipatrici

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>D1</b>	7 mm	3 mm	9 mm	5 mm	8 mm	32 mm	3 mm	1 mm
<b>D2</b>	7 mm	3 mm	9 mm	5 mm	8 mm	32 mm	3 mm	1 mm
<b>D3</b>	7 mm	3 mm	9 mm	5 mm	8 mm	32 mm	4 mm	1,5mm



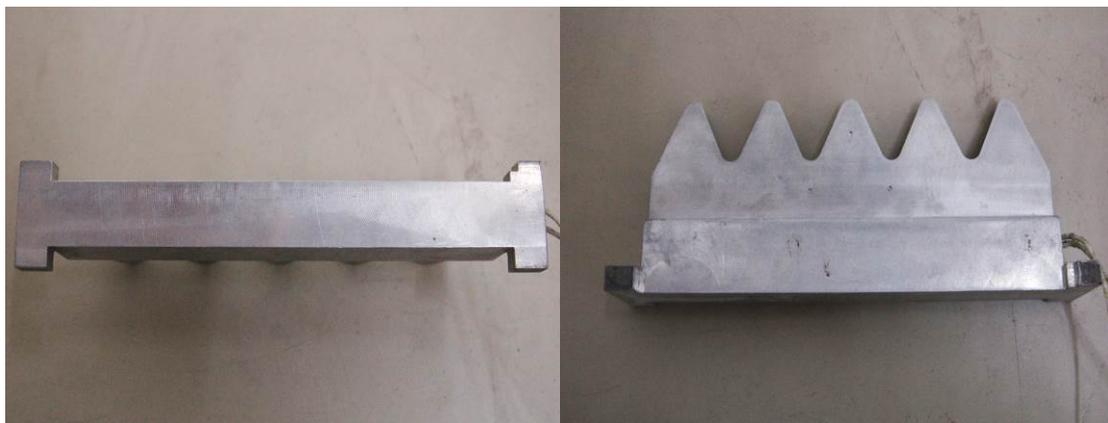
**Figura 3:** indicazioni delle dimensioni dei dissipatori (particolare dell'aletta)

In tabella 4 sono riportate le diverse tipologie di dissipatori applicate ai laterali dei tre chassis di prova.

**Tabella 4:** schema dei dissipatori montati

	<b>Numero e tipo di dissipatori montati</b>
<b>Chassis 1</b>	2 x D1 (su ogni laterale)
<b>Chassis 2</b>	2 x D2 (su ogni laterale)
<b>Chassis 3</b>	2 x D3 (su ogni laterale)

Per simulare l'energia termica prodotta dai componenti elettronici che troveranno posto all'interno dello chassis si è convenuto di usare dei particolari riscaldatori costituiti da blocchi di alluminio alettato, aventi una base di appoggio di forma rettangolare e di area pari a 60 cm<sup>2</sup> (fig. 4)



**Figura 4:** base di appoggio del riscaldatore e sviluppo della superficie laterale

All'interno della base della piastra scaldante, per tutta la sua lunghezza, è contenuta una resistenza corazzata di 200  $\Omega$  (fig.5).



**Figura 5:** resistenza montata all'interno della piastra scaldante

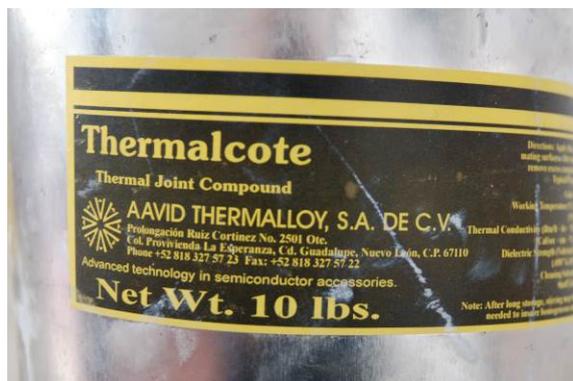
La resistenza in oggetto viene alimentata in corrente alternata tramite un variatore di tensione, capace di modulare la tensione tra un valore minimo di 0V fino ad un valore massimo di 220/230V . Questo implica che su di essa venga dissipata una potenza elettrica compresa tra 0 e 250 W. Collegando in parallelo 2 o 3 riscaldatori di questo tipo, possiamo ottenere una potenza massima di 500 o 750 W, rispettivamente.

La tabella che segue evidenzia il numero di riscaldatori montati su ogni chassis e la loro posizione:

**Tabella 5:** numero riscaldatori e loro posizione

	<b>Chassis 1</b>	<b>Chassis 2</b>	<b>Chassis 3</b>
<b>N° riscaldatori</b>	1	2	3
<b>Posizione di montaggio rispetto al dissipatore</b>	basso	basso	2 basso 1 centro
<b>Potenza max applicata</b>	250W	500W	750W

Per migliorare l'accoppiamento termico tra il riscaldatore e l'aletta atta a dissipare il calore, è stata spalmata una pasta termoconduttrice della ditta AAVID Thermalloy tipo Thermalcote (fig.6).

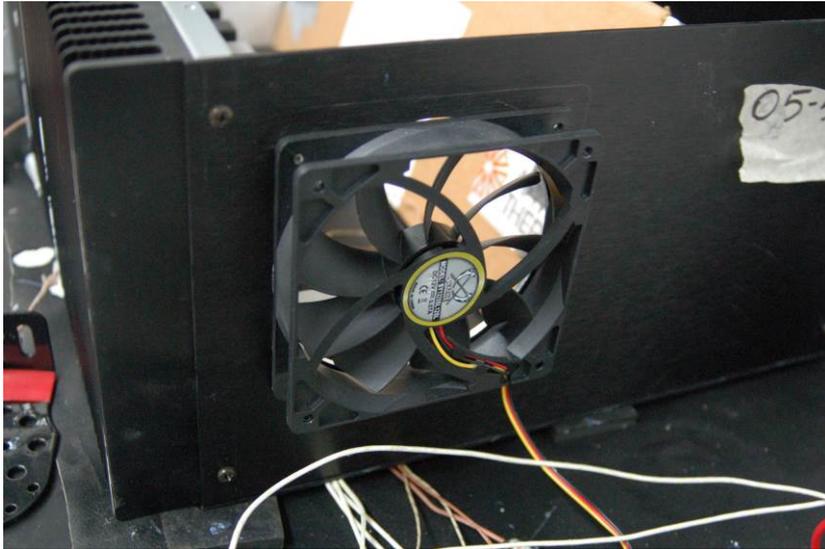


**Figura 6:** pasta termoconduttrice

Ogni riscaldatore è stato fissato alle alette tramite 4 viti filettate.

La preparazione degli chassis in prova è continuata con l'applicazione di un setto di cartone il cui scopo era quello di diminuire il volume utile di aria all'interno simulando di fatto il volume che in condizioni operative sarebbe stato occupato dai componenti elettronici montati sulla scheda madre.

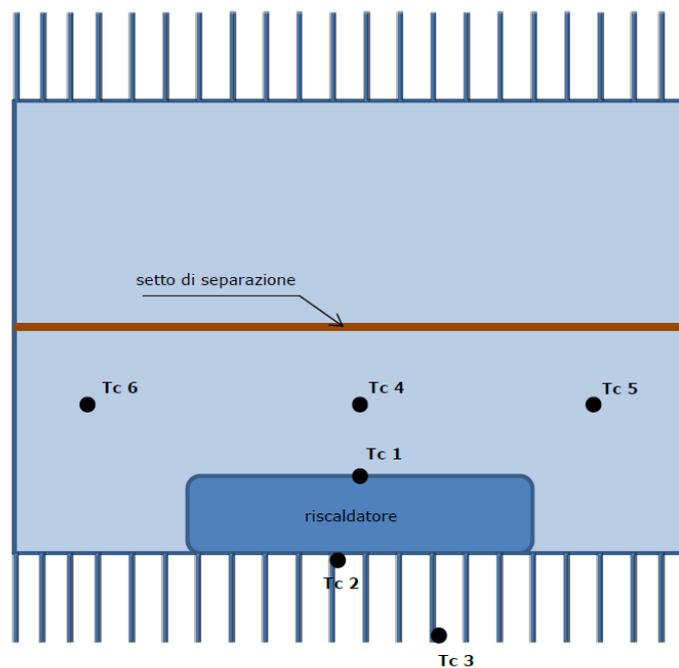
Ultima nota da segnalare è la presenza di una ventola nello chassis più grande; questo implica che su quello chassis verranno effettuate prove analoghe a quelle degli altri chassis, ma con una ulteriore prova nel caso della potenza massima in cui viene messa in funzione la ventola. Lo scopo è quello di valutare se l'accensione della ventola comporta un contributo positivo alla dissipazione del calore interno (fig.7).



**Figura 7:** ventola presente nello chassis più grande

## 5 Montaggio dei trasduttori

I trasduttori utilizzati per il rilievo delle temperature sono costituiti da 6 termocoppie di tipo T precedentemente tarate in laboratorio; queste termocoppie sono posizionate all'interno ed all'esterno dello chassis secondo lo schema riportato in figura 8 e nella la tabella 6:



**Figura 8:** schema posizione termocoppie

**Tabella 6:** posizione termocoppie

	<b>Tc 1</b>	<b>Tc 2</b>	<b>Tc 3</b>	<b>Tc 4</b>	<b>Tc 5</b>	<b>Tc 6</b>
<b>Chassis 1</b>	Piastra riscaldante	Gola dissipatore	Punta aletta dissipatore	Aria centro chassis	Aria lato destro chassis	Aria lato sinistro chassis
<b>Chassis 2</b>	Piastra riscaldante	Gola dissipatore	Punta aletta dissipatore	Aria centro chassis	Aria lato destro chassis	Aria lato sinistro chassis
<b>Chassis 3</b>	Piastra riscaldante	Gola dissipatore	Punta aletta dissipatore	Aria centro chassis	Aria lato destro chassis	Aria lato sinistro chassis



**Figura 9:** disposizione delle termocoppie all'interno dello chassis 3

## 6 Procedura di prova

La prova consiste nel generare del calore per effetto Joule all'interno dello chassis, tramite l'applicazione di una potenza elettrica via via crescente ai riscaldatori di alluminio. L'aumento della potenza non avviene in maniera lineare ma a step di 50W. Per tutto il tempo della prova verranno acquisiti in contemporanea, con passo temporale pari a 10 secondi, i valori di temperatura di tutte le sei termocoppie prima indicate.

Ogni step di potenza viene ottenuto attraverso la modulazione della tensione applicata alla resistenza del riscaldatore; lo strumento utilizzato per ottenere questo è un Variatore di tensione tipo V20NC al quale è stato collegato un wattmetro elettronico.

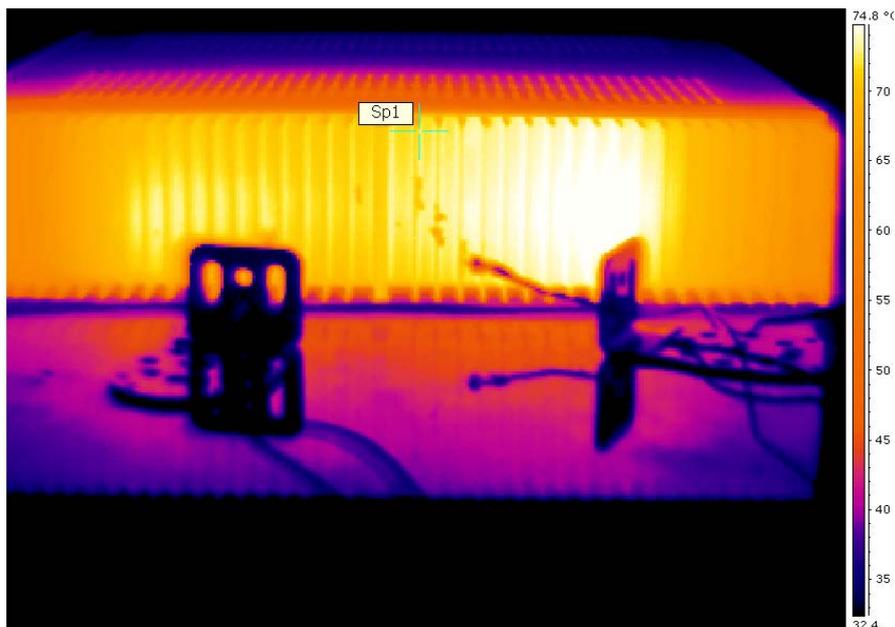
Agendo manualmente sul primo e controllando visivamente sul secondo, si fornisce alla resistenza la tensione necessaria per ottenere la potenza richiesta. La potenza applicata viene mantenuta per un tempo non inferiore ad un'ora prima di passare ad uno step successivo. La potenza è stata incrementata fino a quando non si fosse raggiunta, all'interno dello chassis, una temperatura dell'aria pari a 50/55 °C. Una volta raggiunta tale temperatura, viene effettuato lo scarico che consiste nell'azzeramento della potenza fornita al riscaldatore e nel monitoraggio della temperatura dell'aria, fino a che non si riporta ai valori precedenti al riscaldamento. Queste prove vengono ripetute per tutti e tre gli chassis.

Sullo chassis più grande, viene effettuata una ulteriore prova che consiste nell'accensione della ventola quando la temperatura interna raggiunge il limite massimo prefissato, in accordo col committente, nell'intorno dei 50°C, per vedere se viene migliorato o meno lo smaltimento del calore.

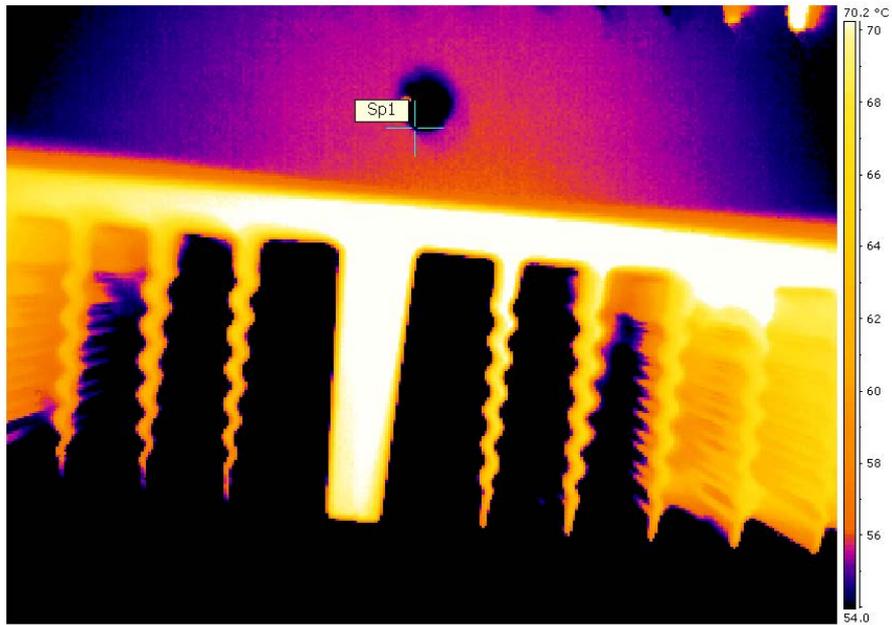


**Figura 10:** catena di misura

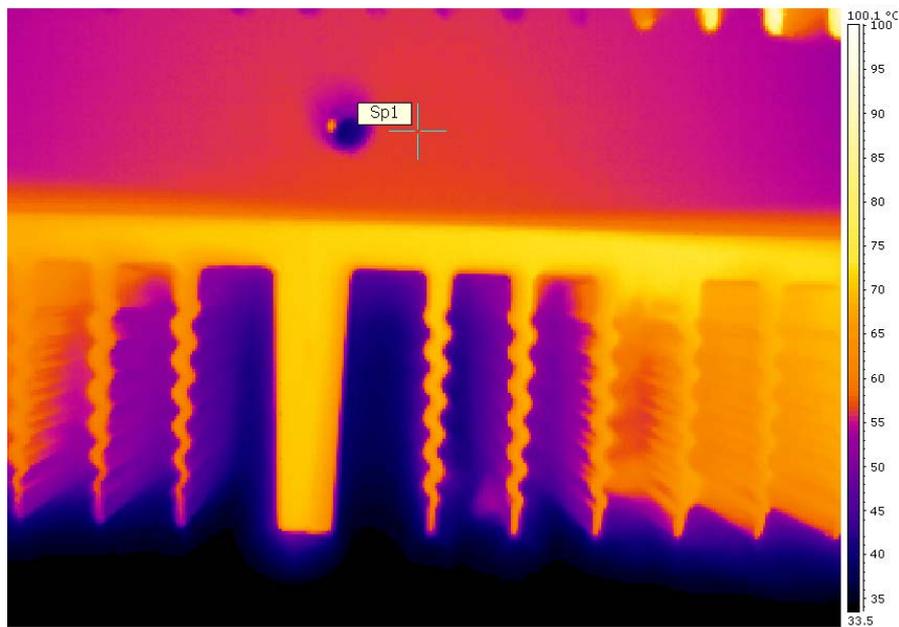
Di seguito sono riportate le immagini termografiche, realizzate con una termocamera Flir ThermaCAM pm675, durante le diverse prove ai dissipatori collegati ai tre chassis. È possibile evidenziare il riscaldamento elevato dei dissipatori e l'uniformità della temperatura superficiale delle alette che indicano l'azione di smaltimento del calore.



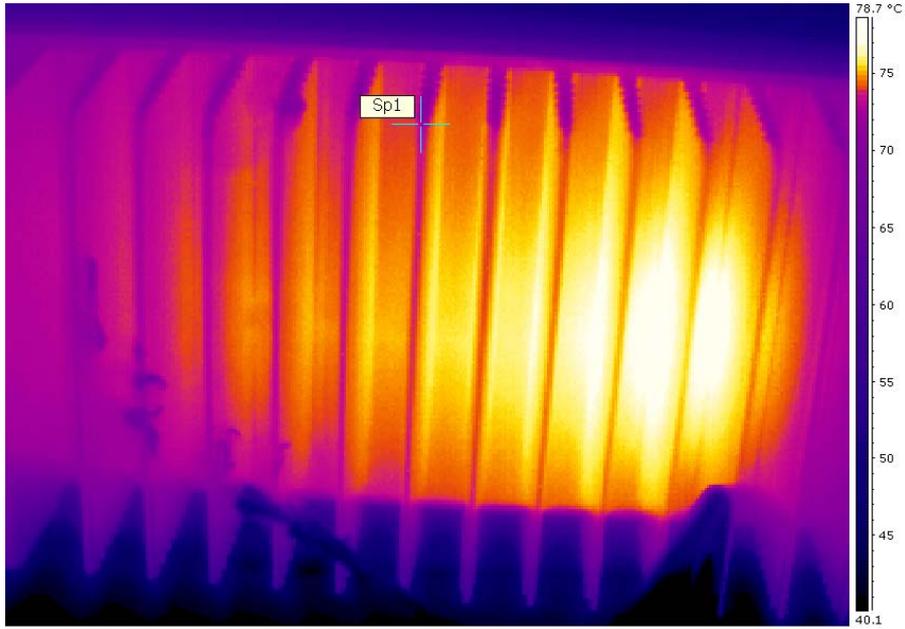
**Figura 11:** dissipatore Chassis 1



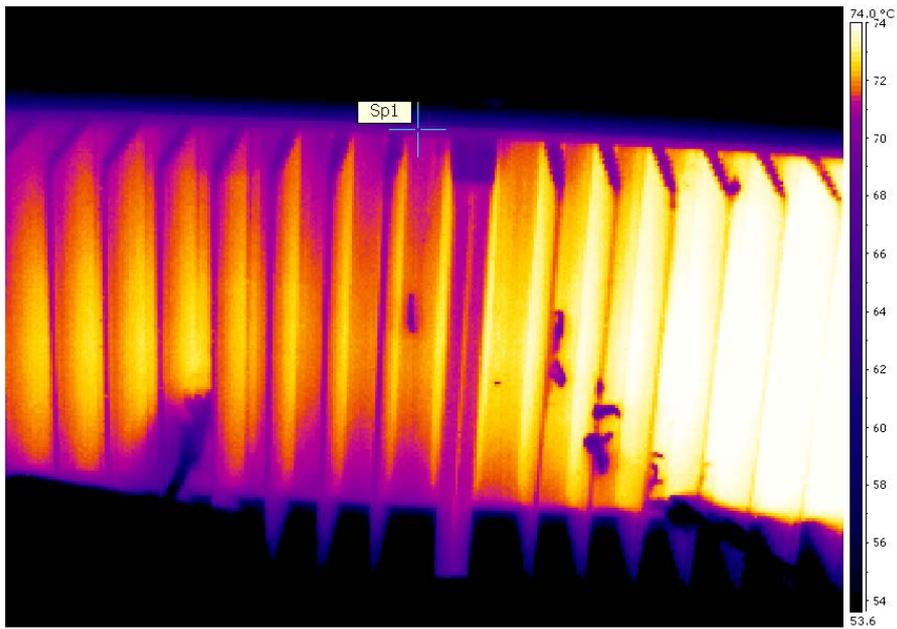
**Figura 11:** dissipatore Chassis 1 (particolare alette)



**Figura 12:** dissipatore Chassis 1 (particolare alette)



**Figura 13:** dissipatore Chassis 2



**Figura 14:** dissipatore Chassis 2 (particolare accoppiamento 2 dissipatori)

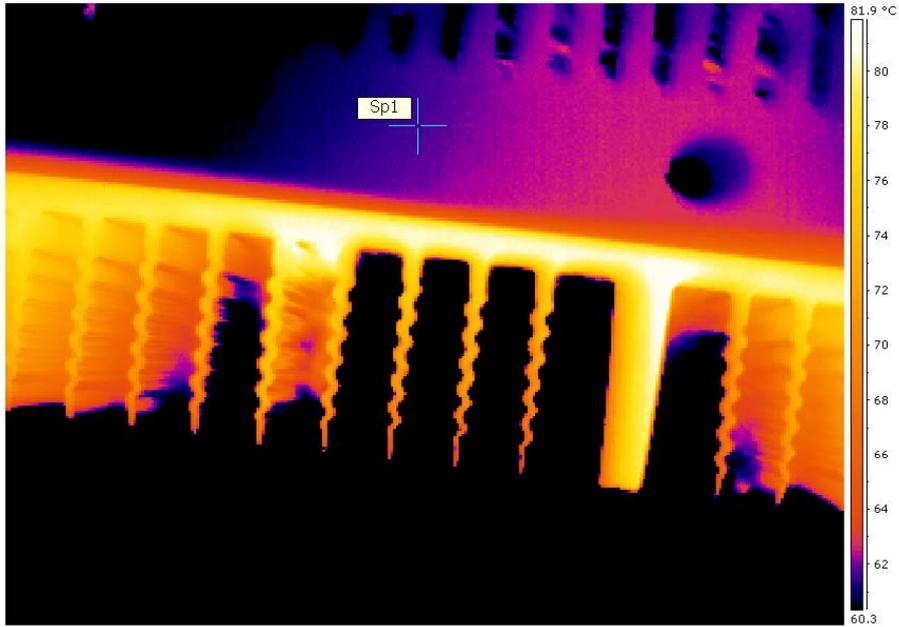


Figura 15: dissipatore Chassis 2 (particolare alette)

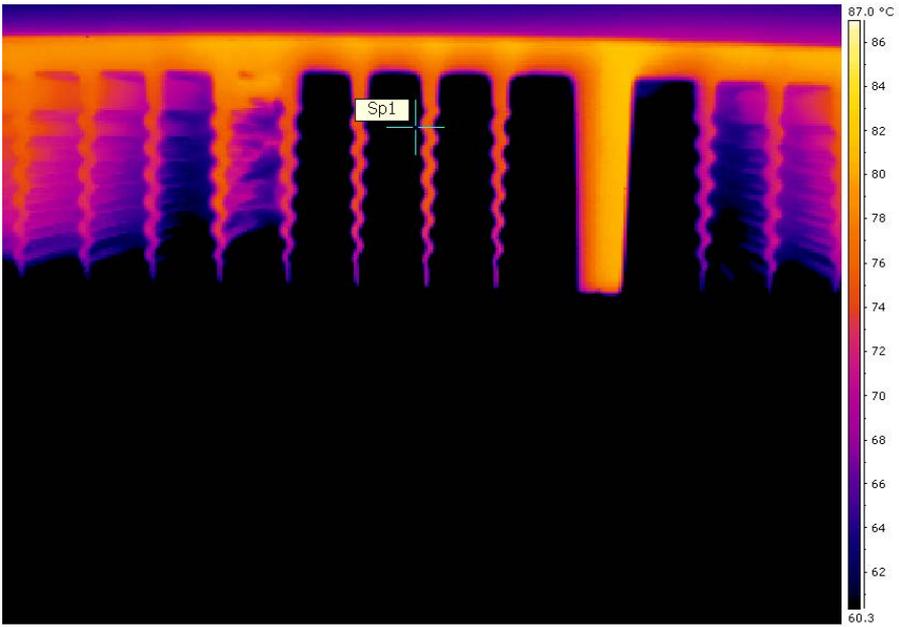
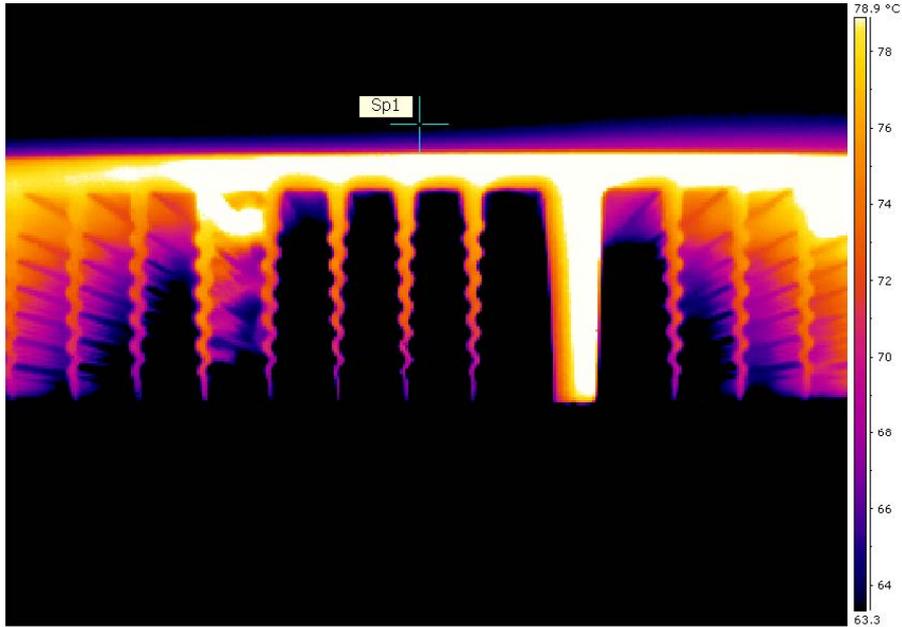
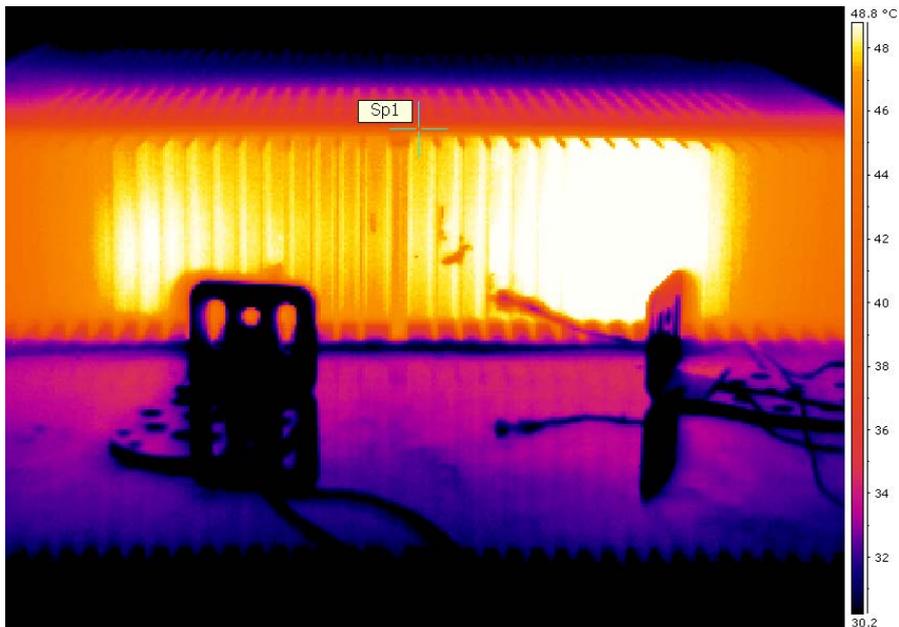


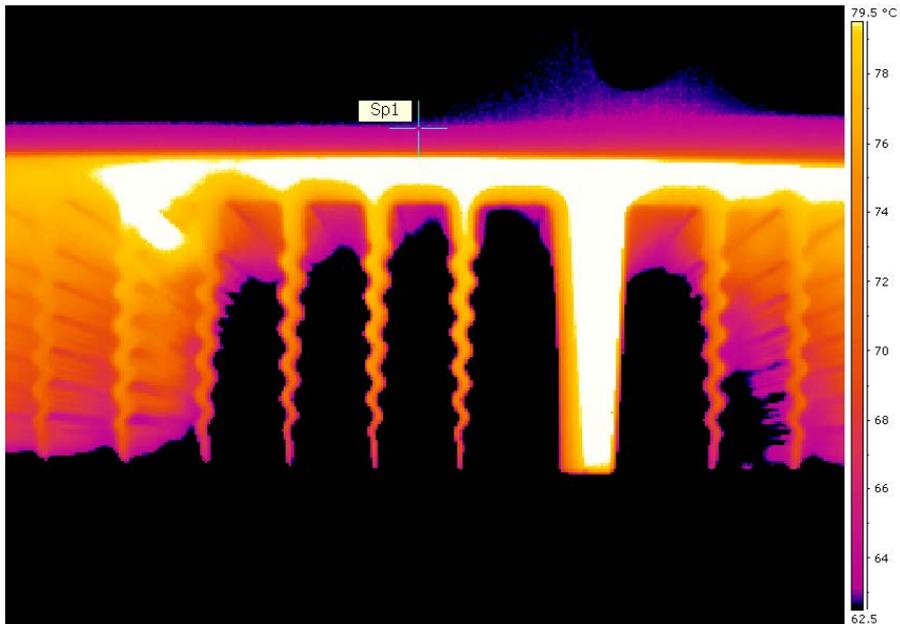
Figura 16: dissipatore Chassis 2 (particolare alette)



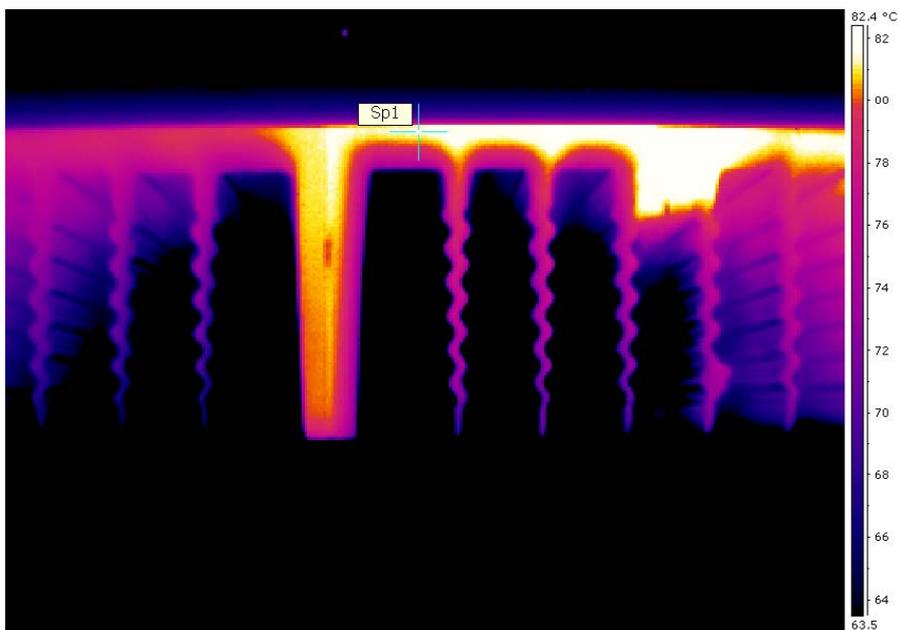
**Figura 17:** dissipatore Chassis 2 (particolare alette)



**Figura 18:** dissipatore Chassis 3 (particolare coppia dissipatori)



**Figura 19:** dissipatore Chassis 3 (particolare alette)



**Figura 20:** dissipatore Chassis 3 (particolare alette)

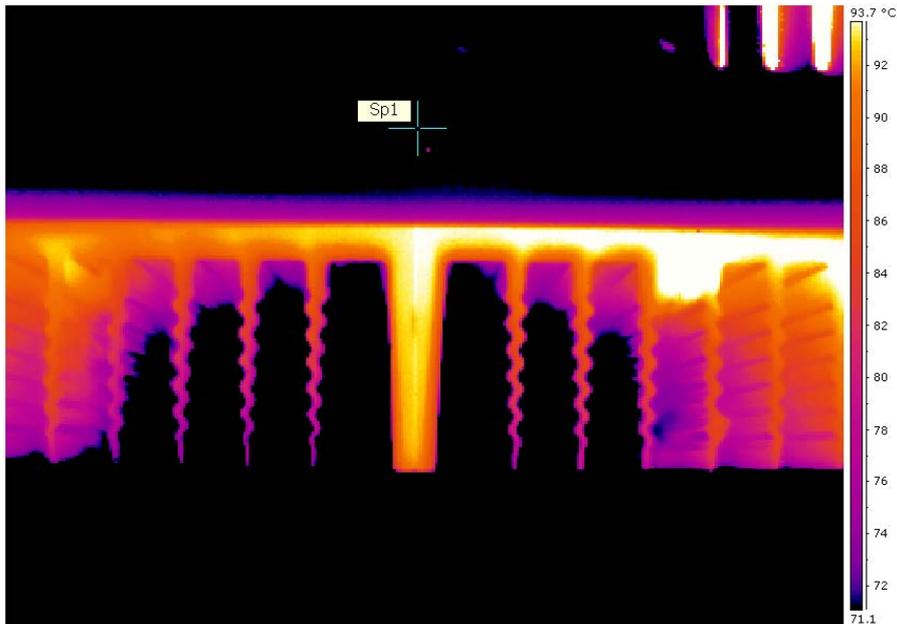


Figura 21: dissipatore Chassis 3 particolare alette

## 7 Elaborazione dati e risultati ottenuti

I risultati ottenuti dalle misurazioni effettuate sui tre chassis sono riportati nelle figure di seguito:

### Chassis1:

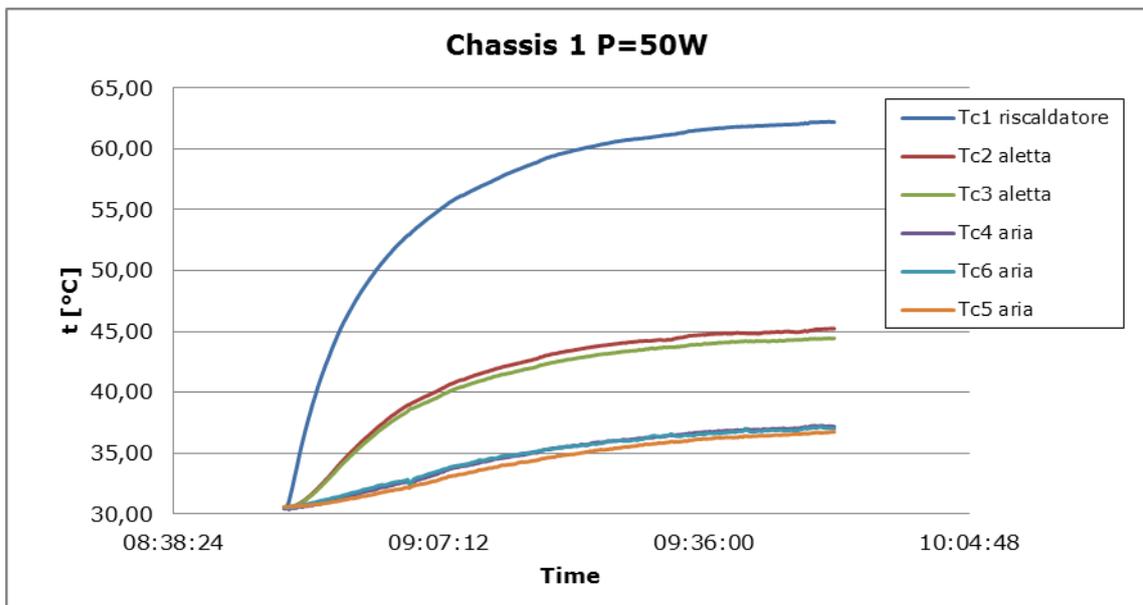
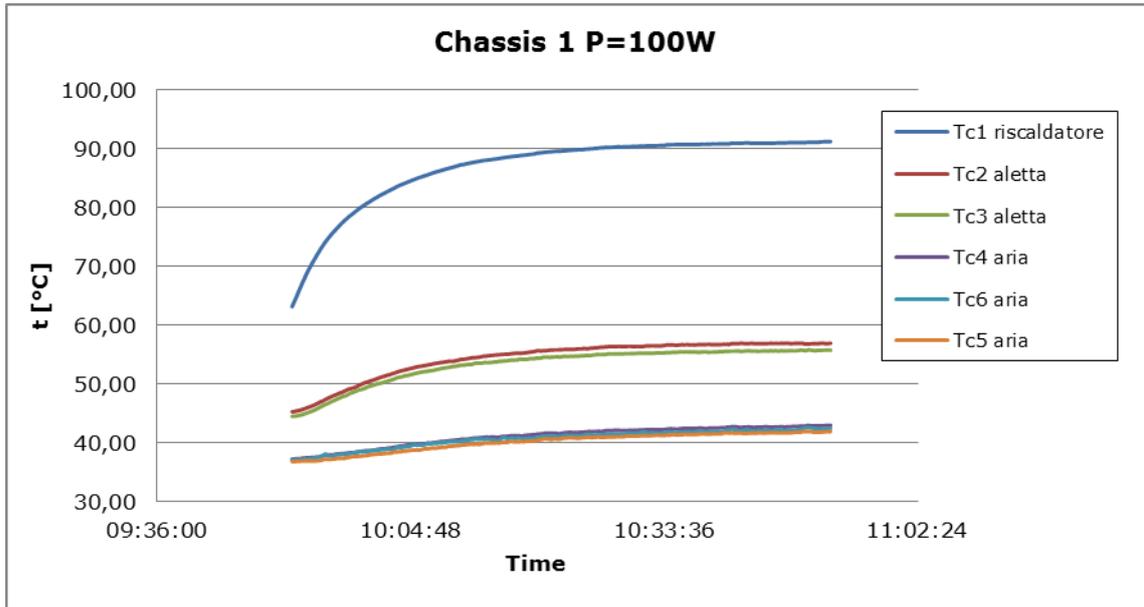
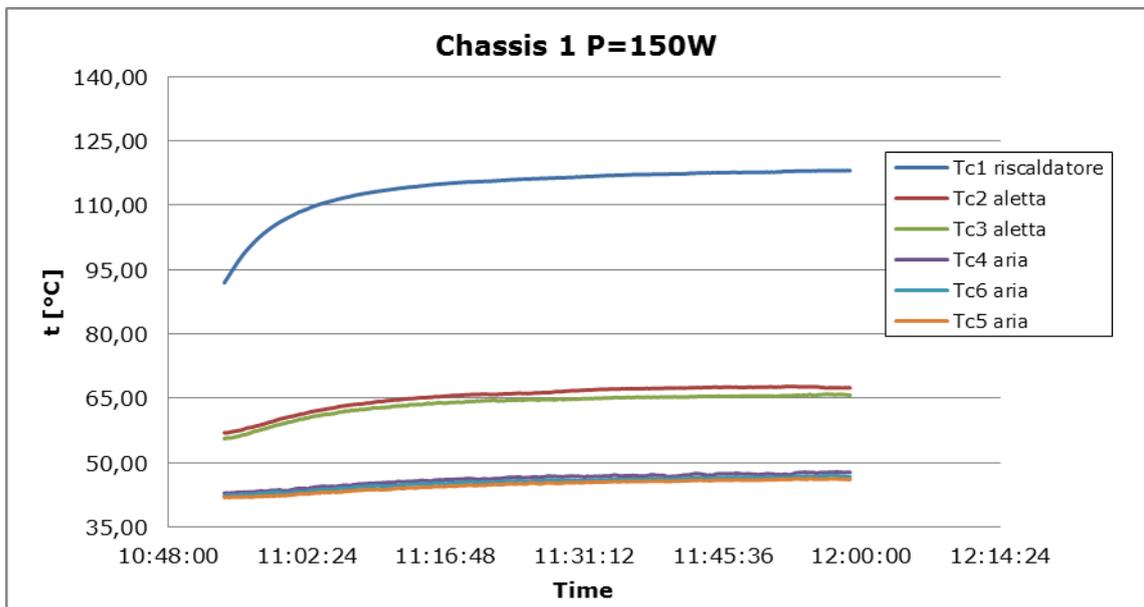


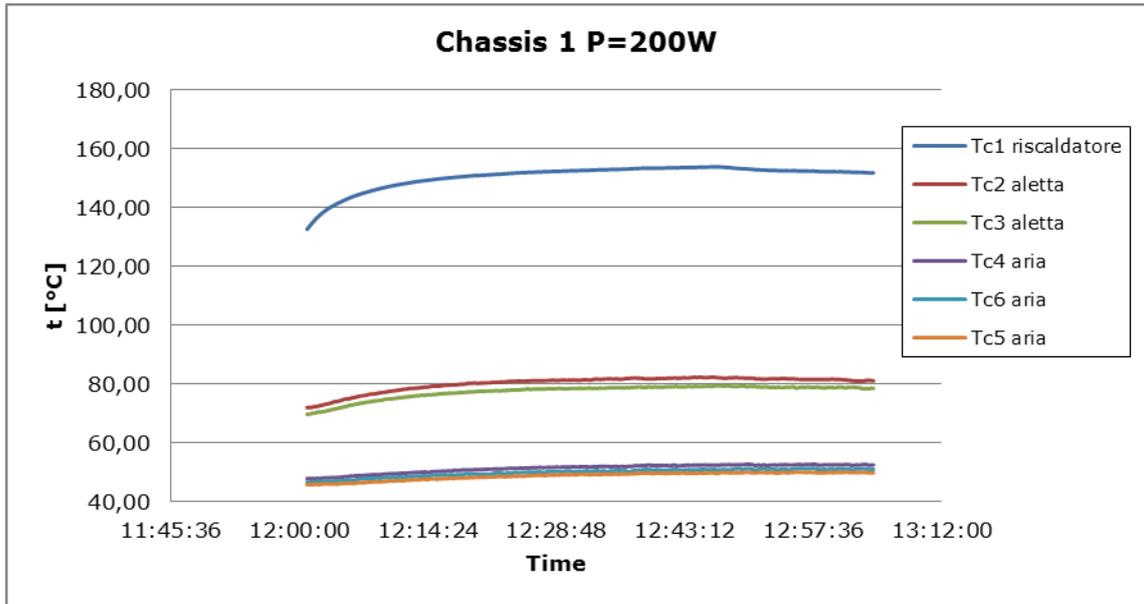
Figura 22: andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 con potenza fornita pari a 50W



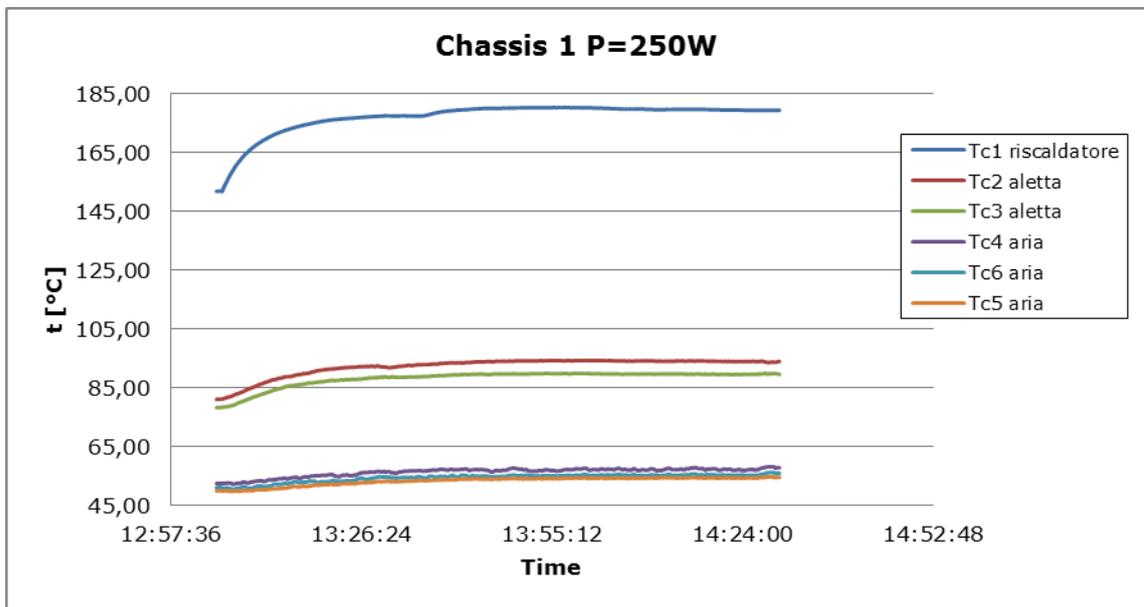
**Figura 23:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 con potenza fornita pari a 100W



**Figura 24:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 con potenza fornita pari a 150W



**Figura 25:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 con potenza fornita pari a 200W



**Figura 26:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 con potenza fornita pari a 250W

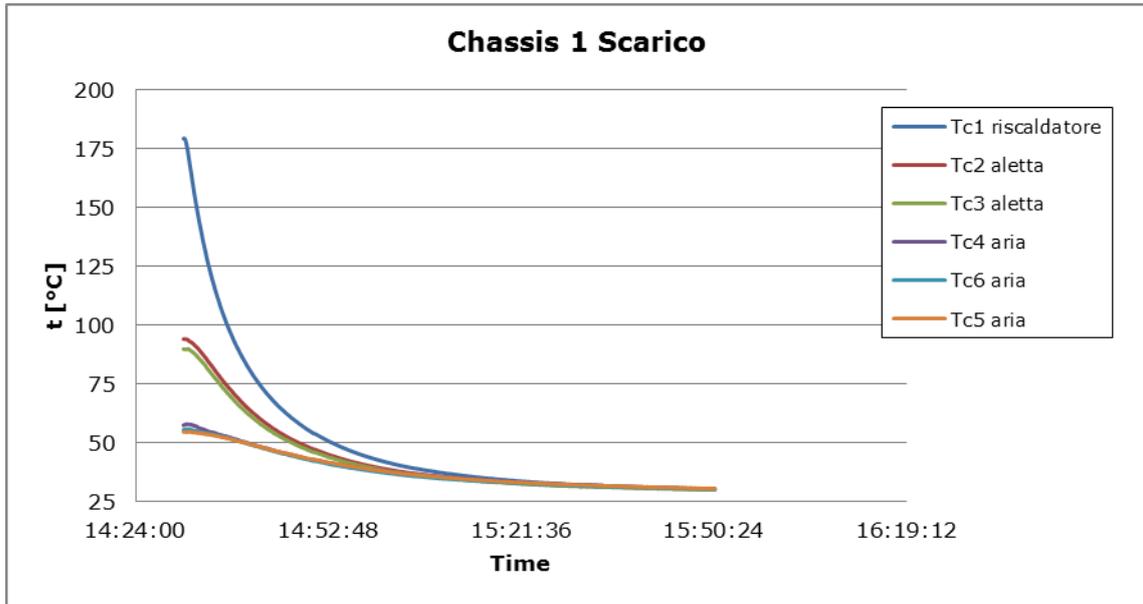


Figura 27: andamento delle temperature all'interno dello chassis 1 durante la fase di scarico

**Chassis 2:**

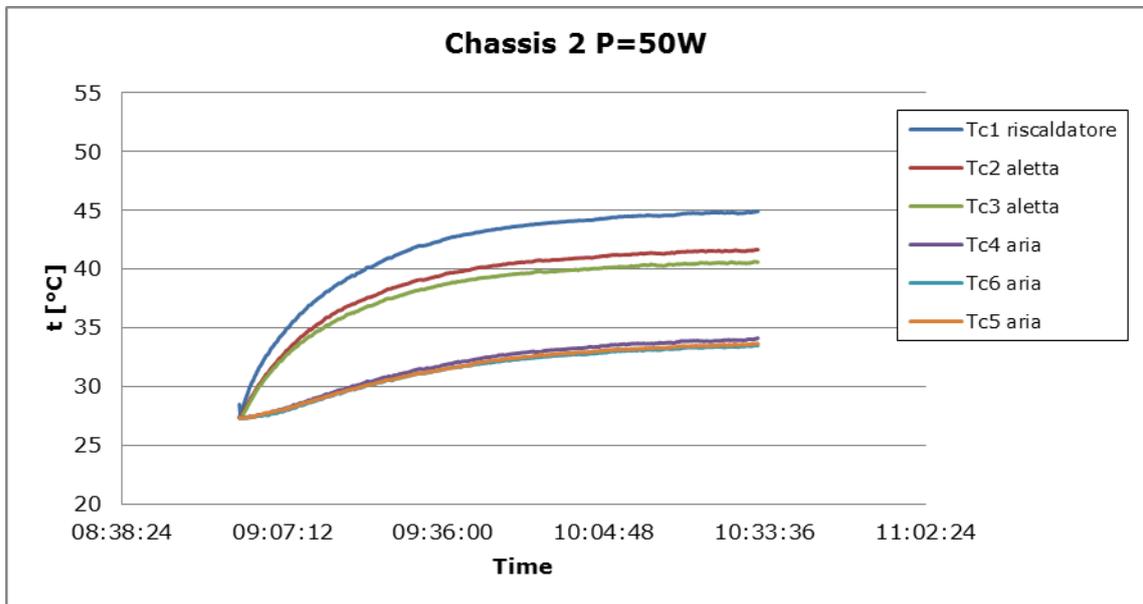
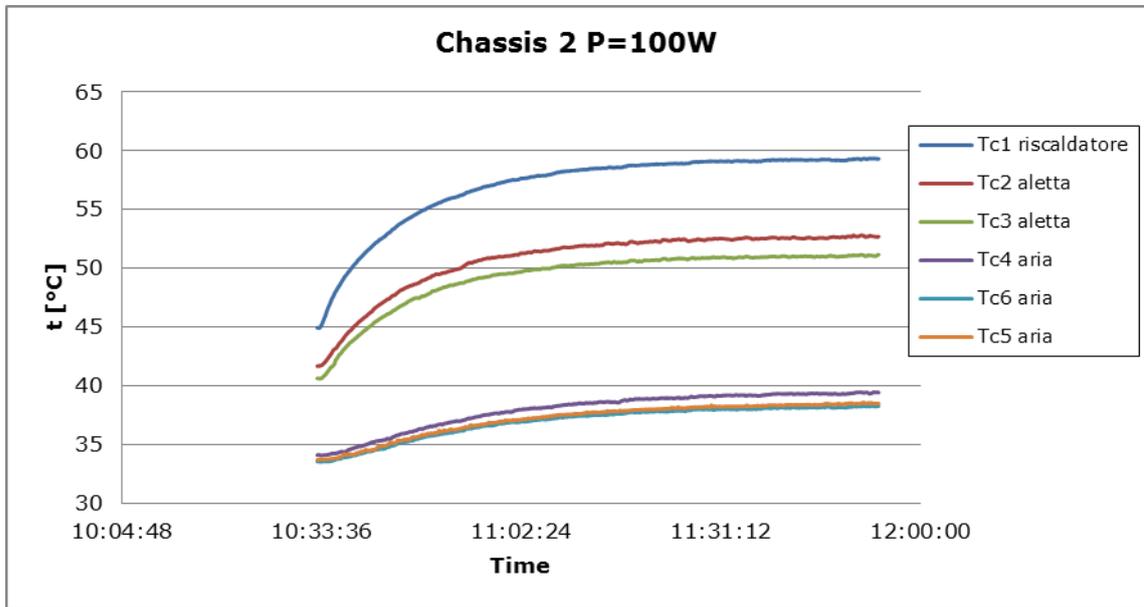
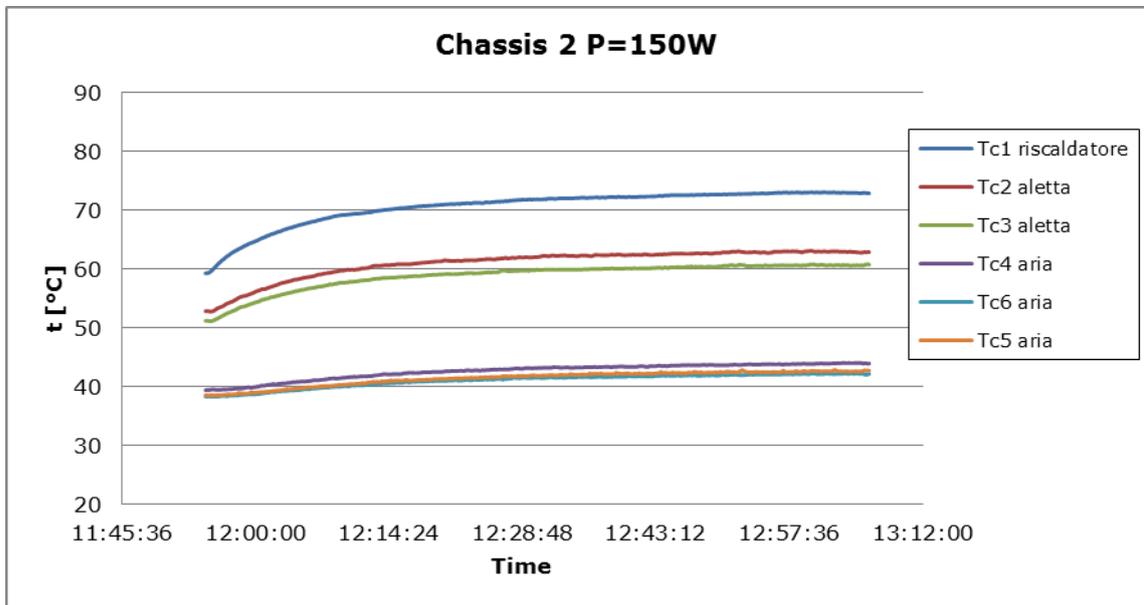


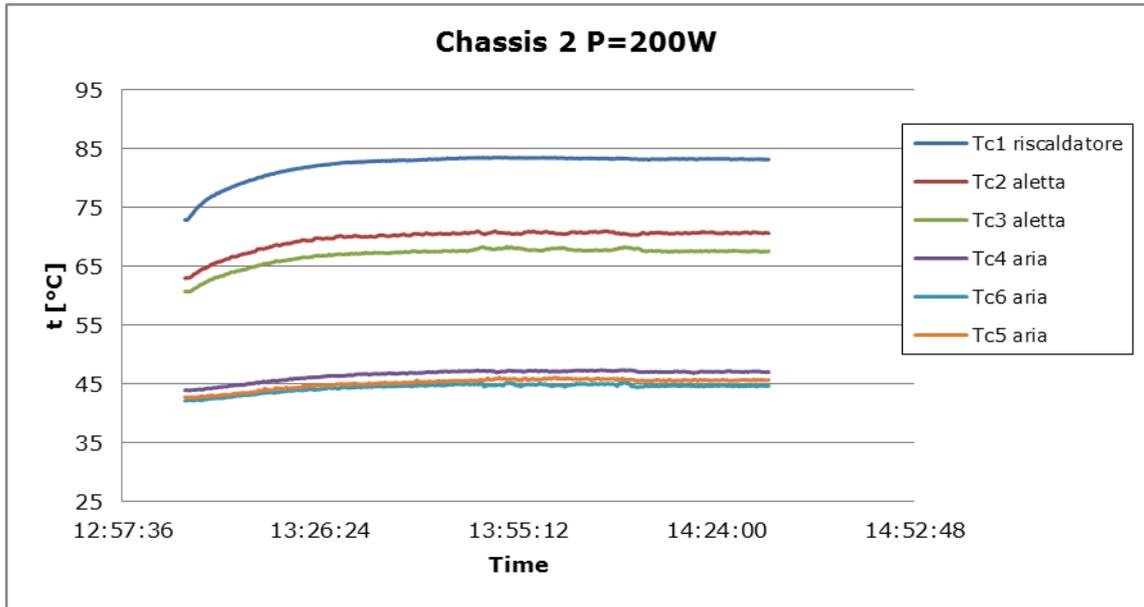
Figura 28: andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 50W



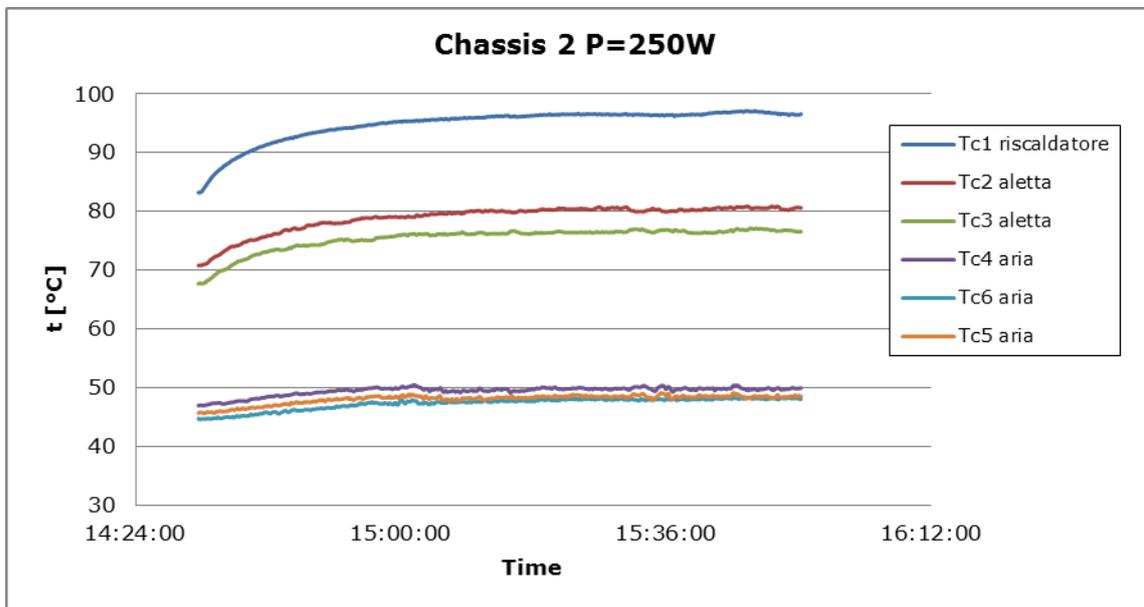
**Figura 29:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 100W



**Figura 30:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 150W



**Figura 31:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 200W



**Figura 32:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 250W

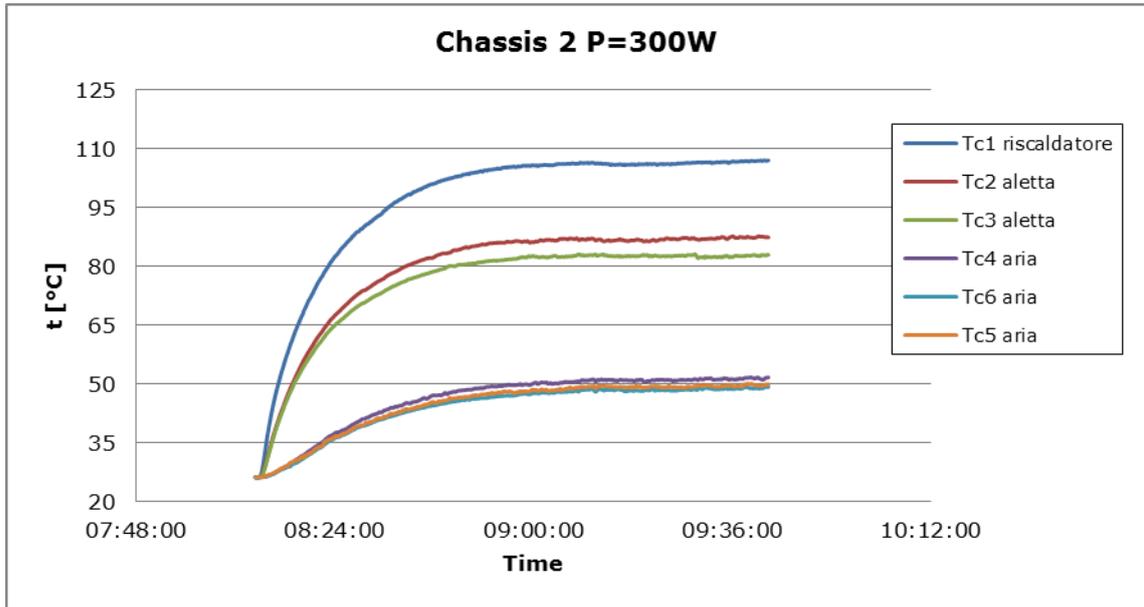


Figura 33: andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 300W

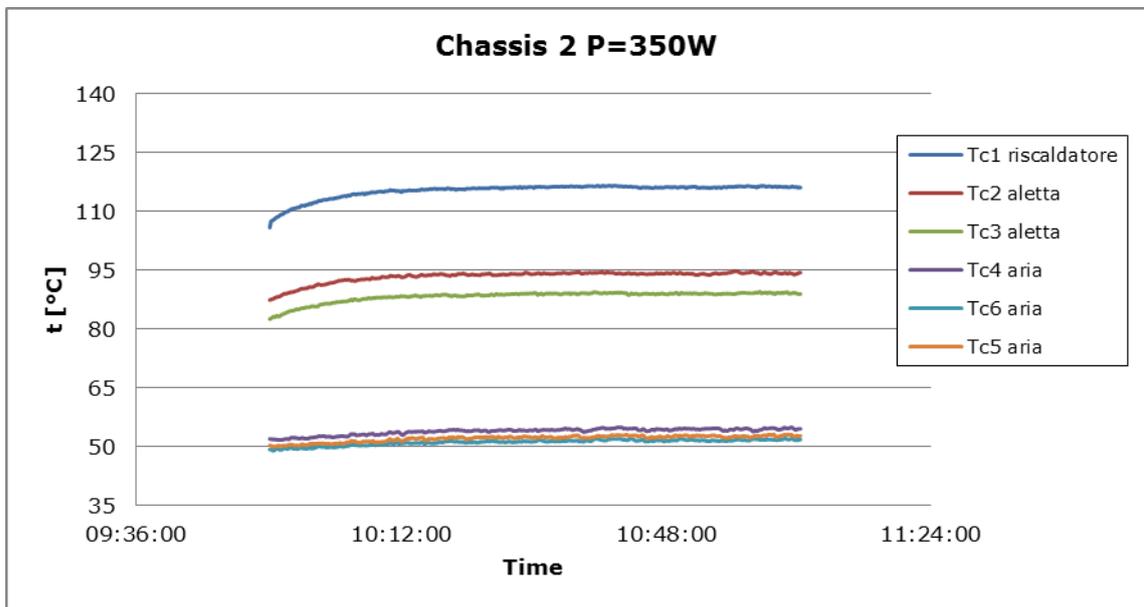
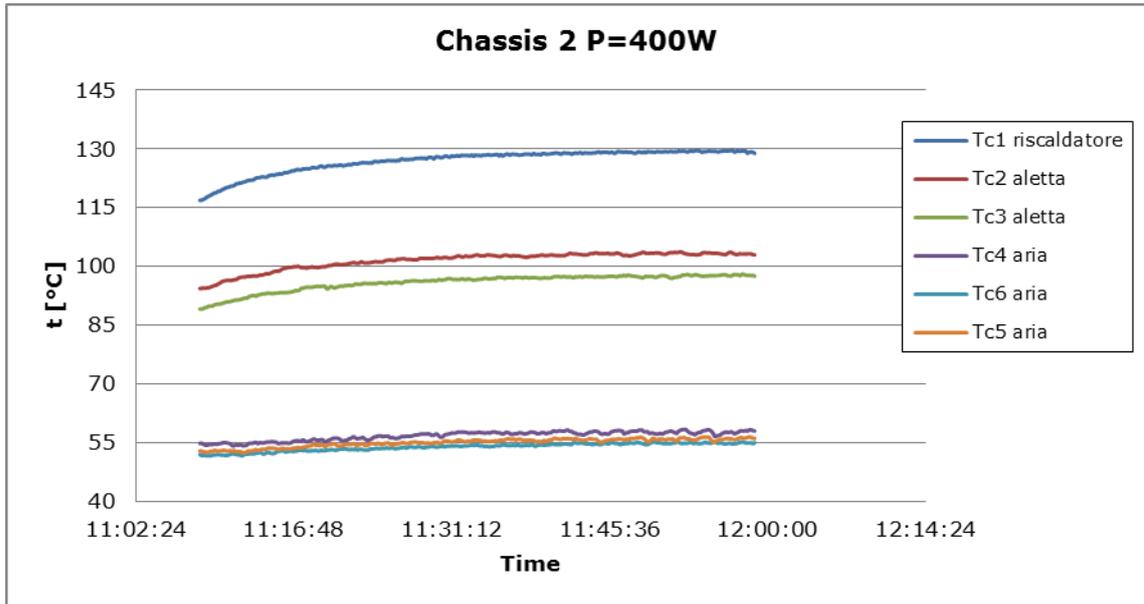
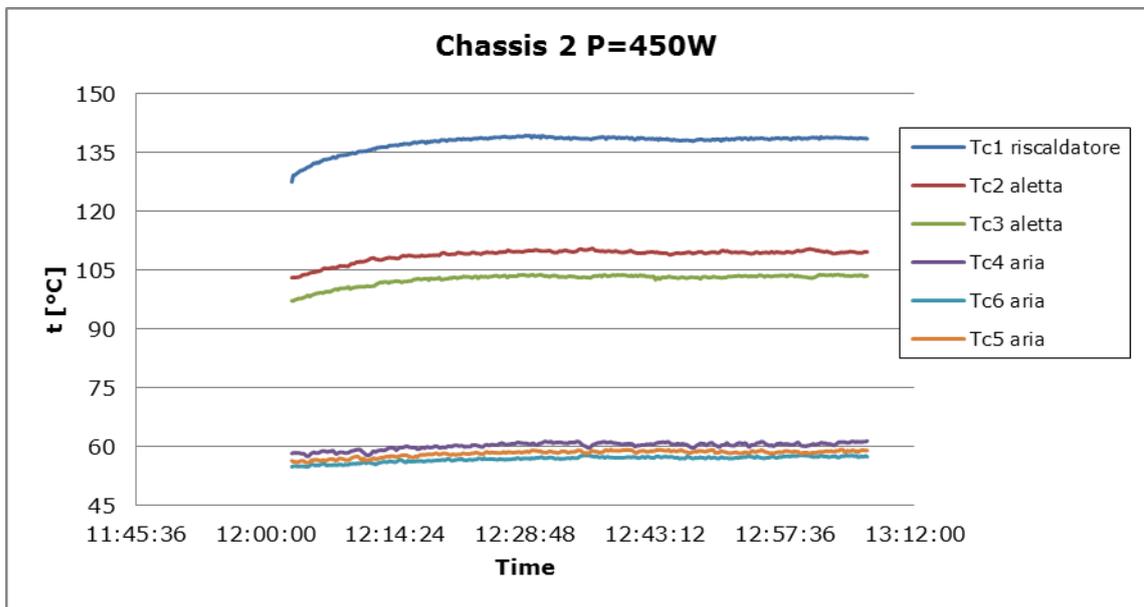


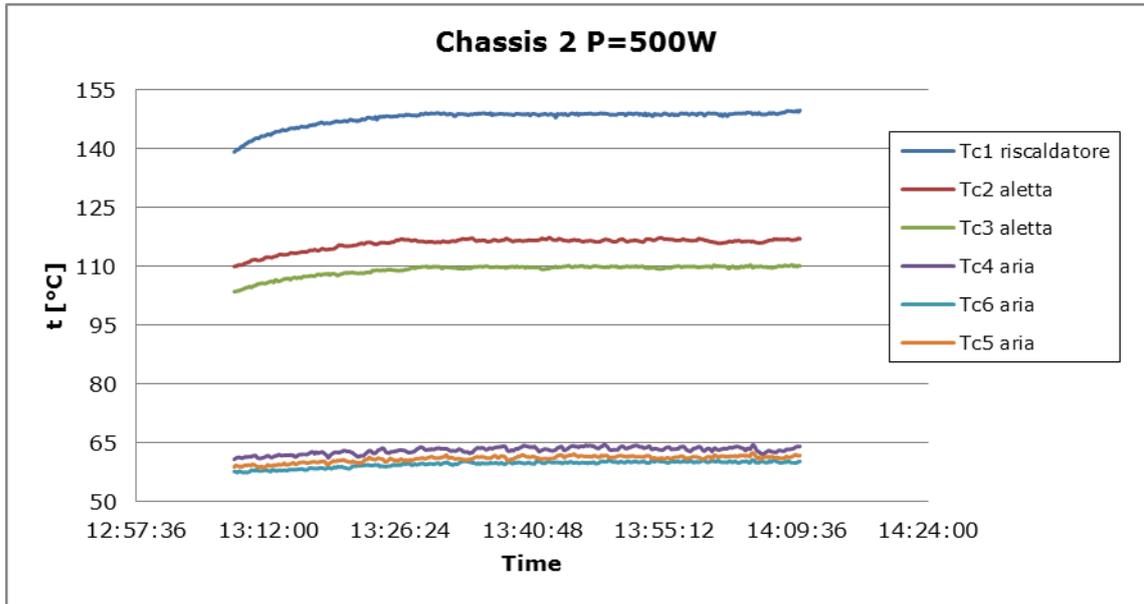
Figura 34: andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 350W



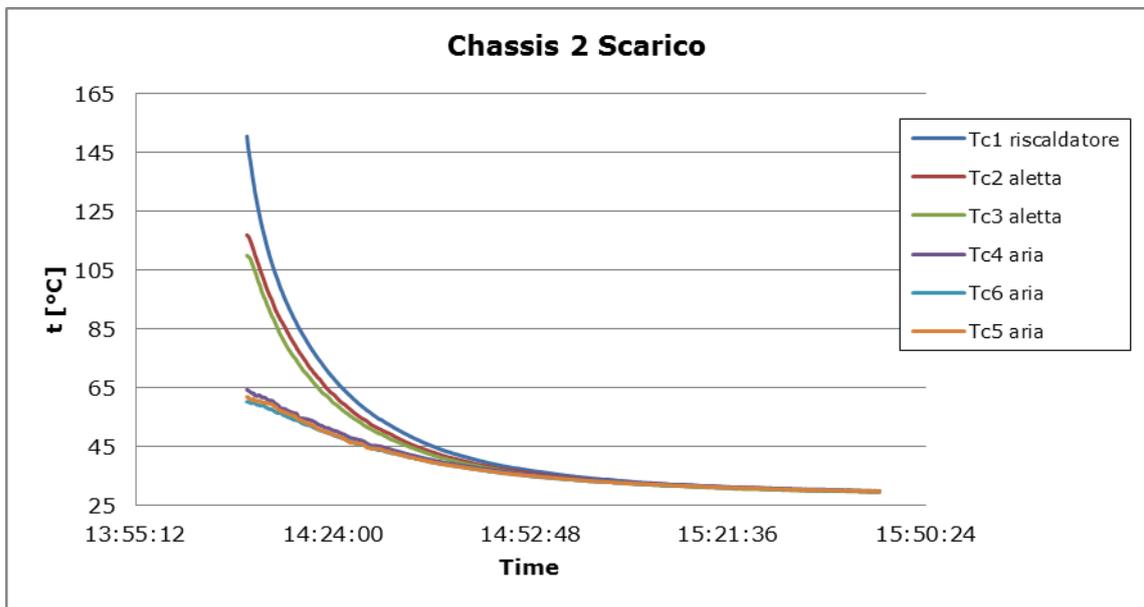
**Figura 35:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 400W



**Figura 36:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 450W

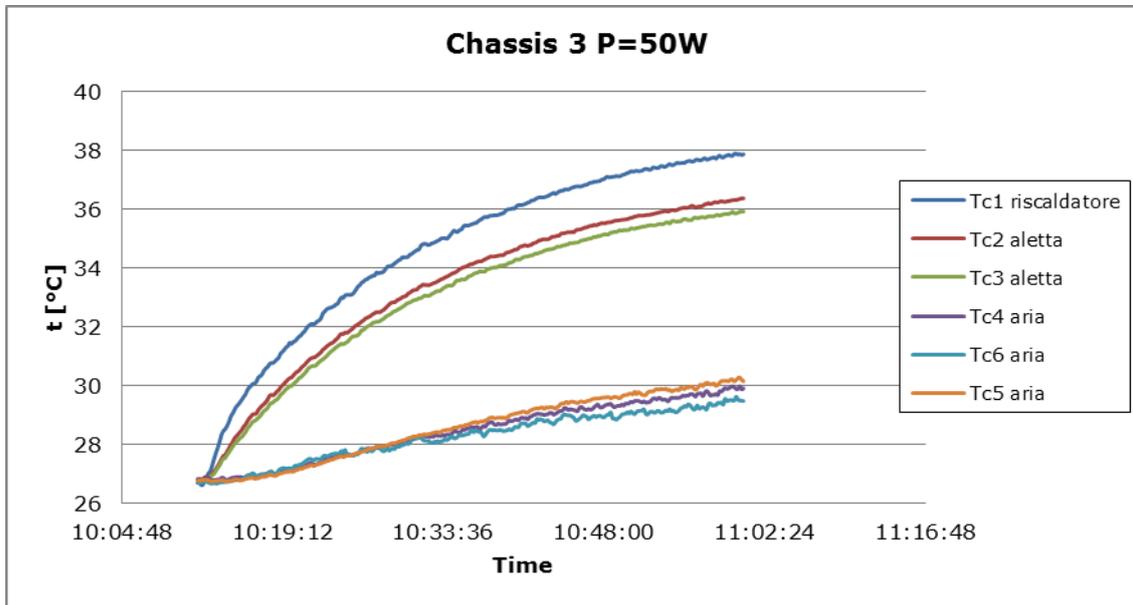


**Figura 37:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 con potenza fornita pari a 500W

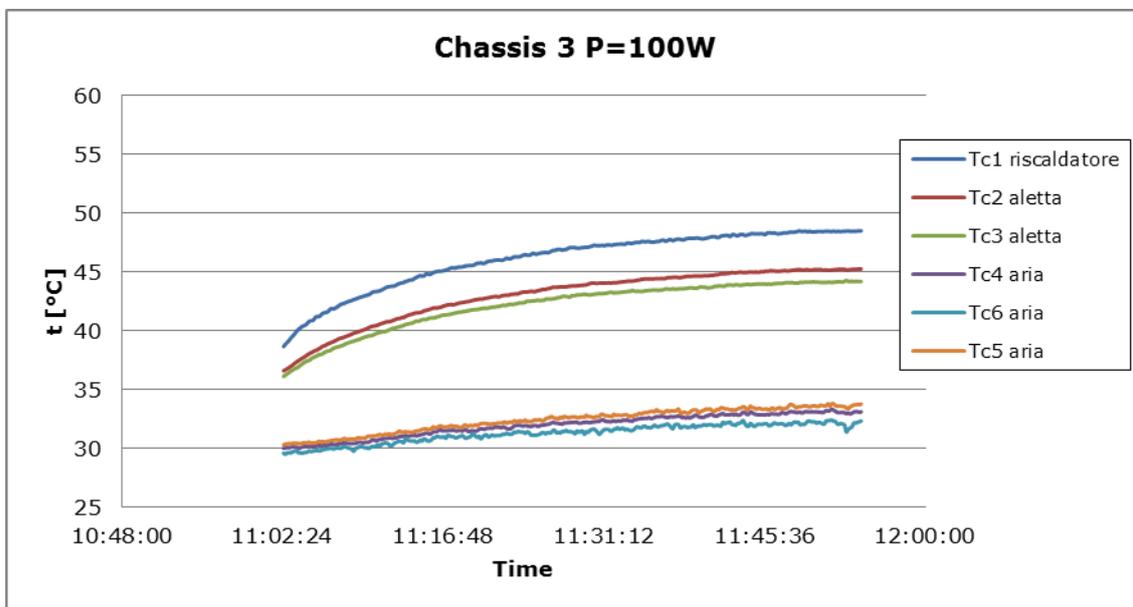


**Figura 38:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 2 durante la fase di scarico

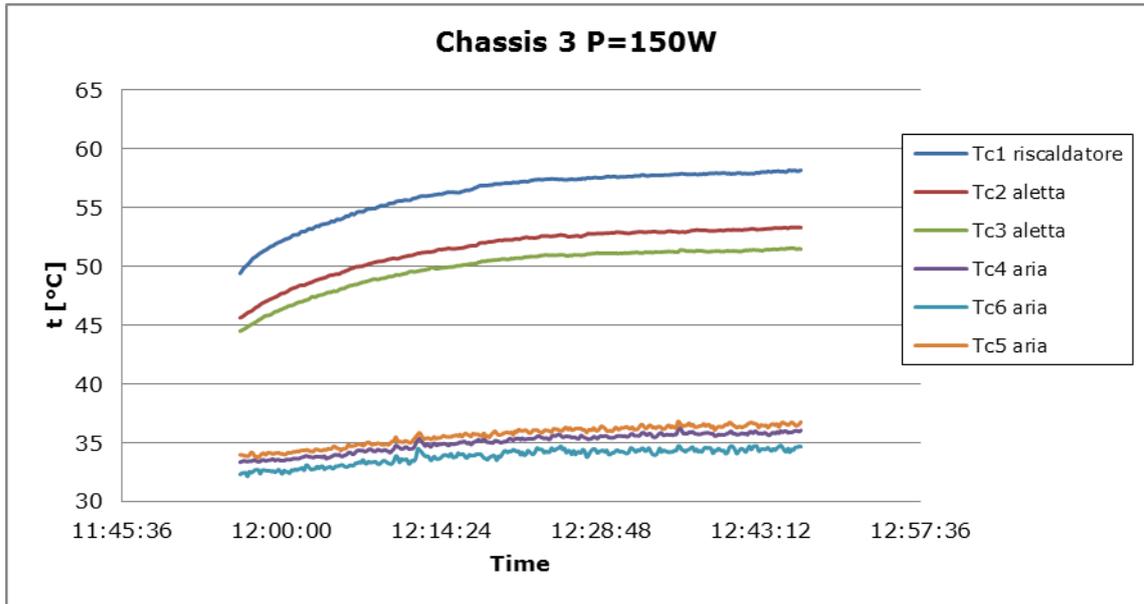
### Chassis 3:



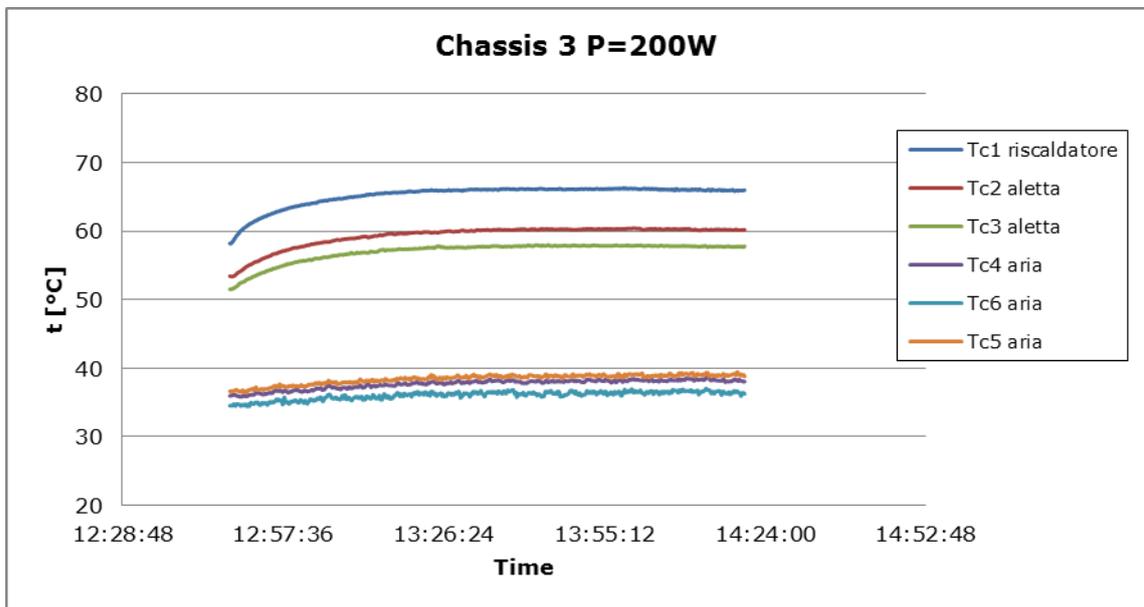
**Figura 39:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 50W



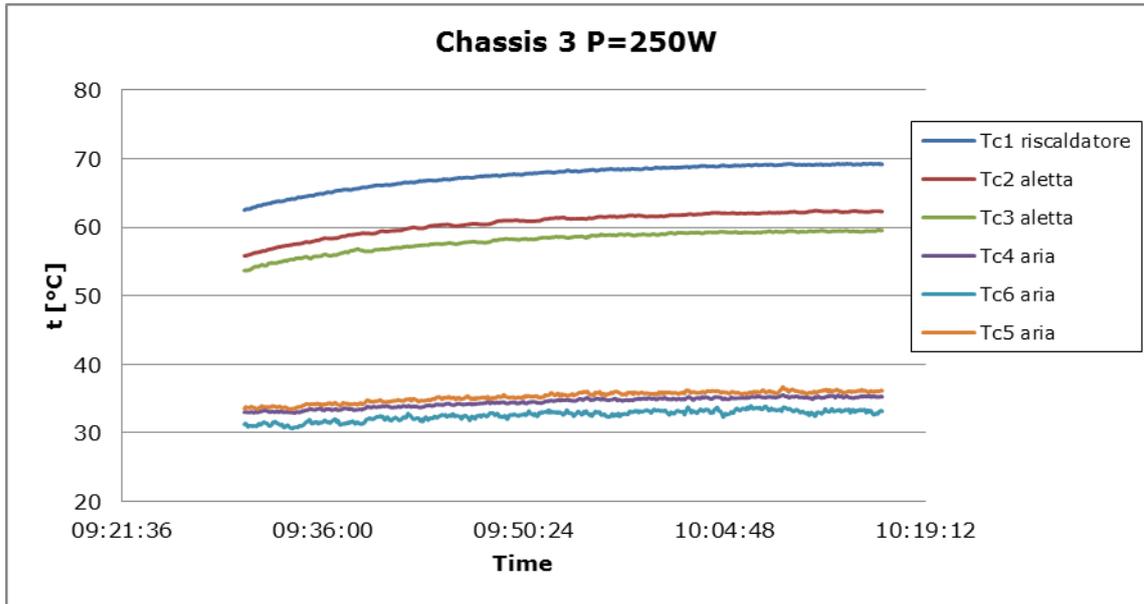
**Figura 40:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 100W



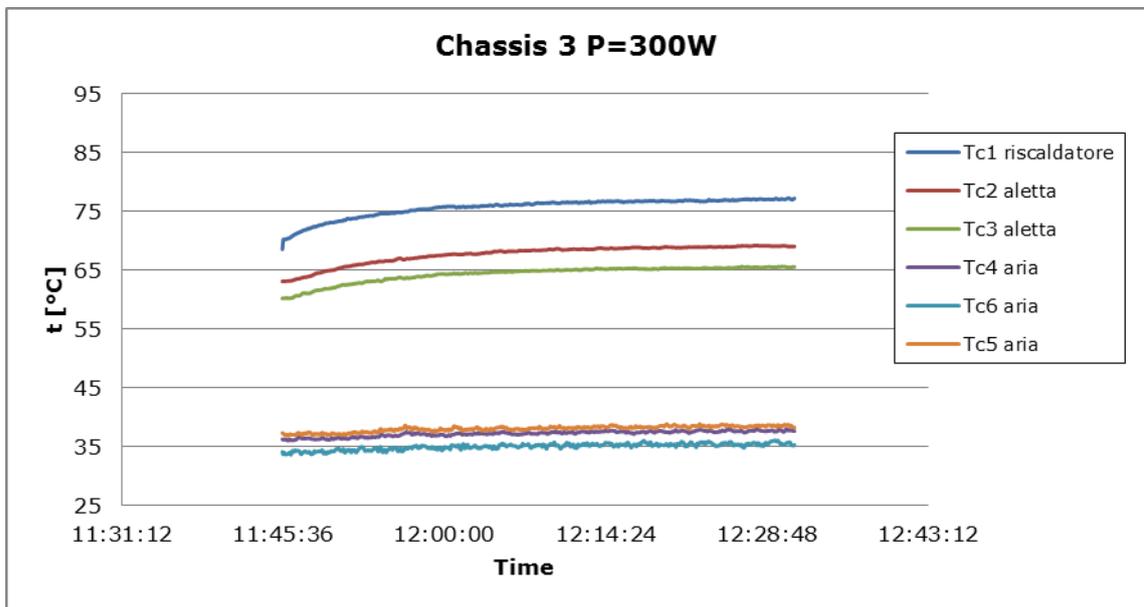
**Figura 41:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 150W



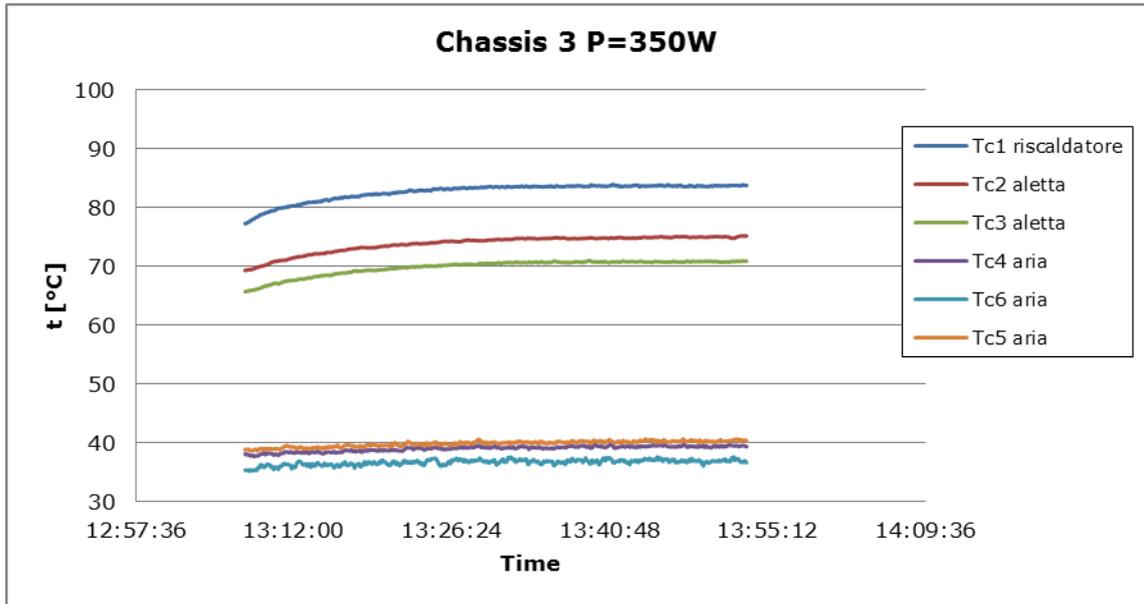
**Figura 42:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 200W



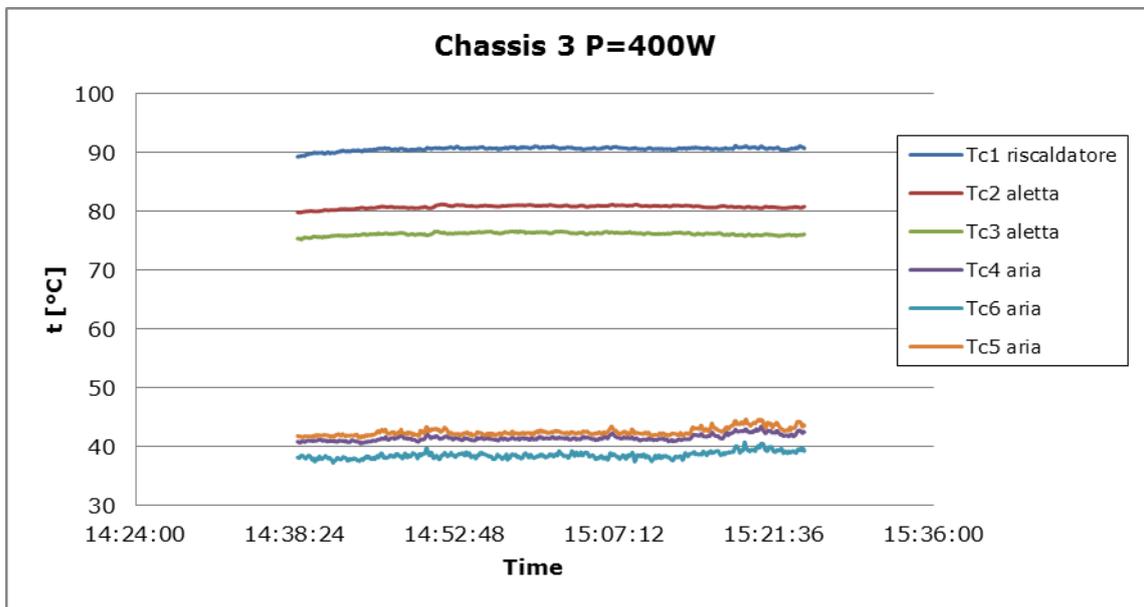
**Figura 43:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 250W



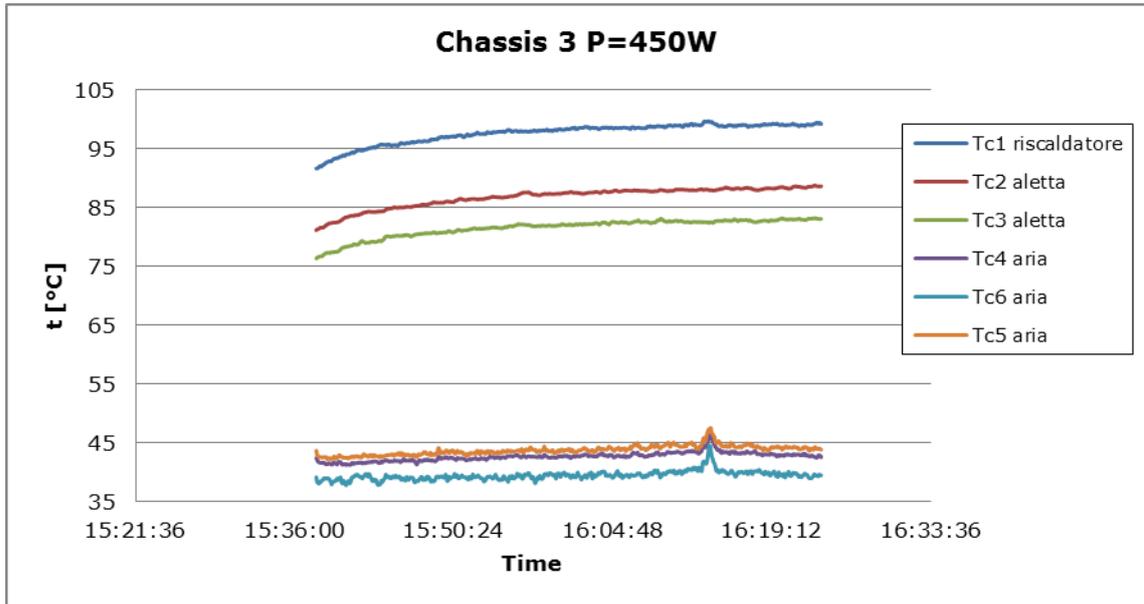
**Figura 44:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 300W



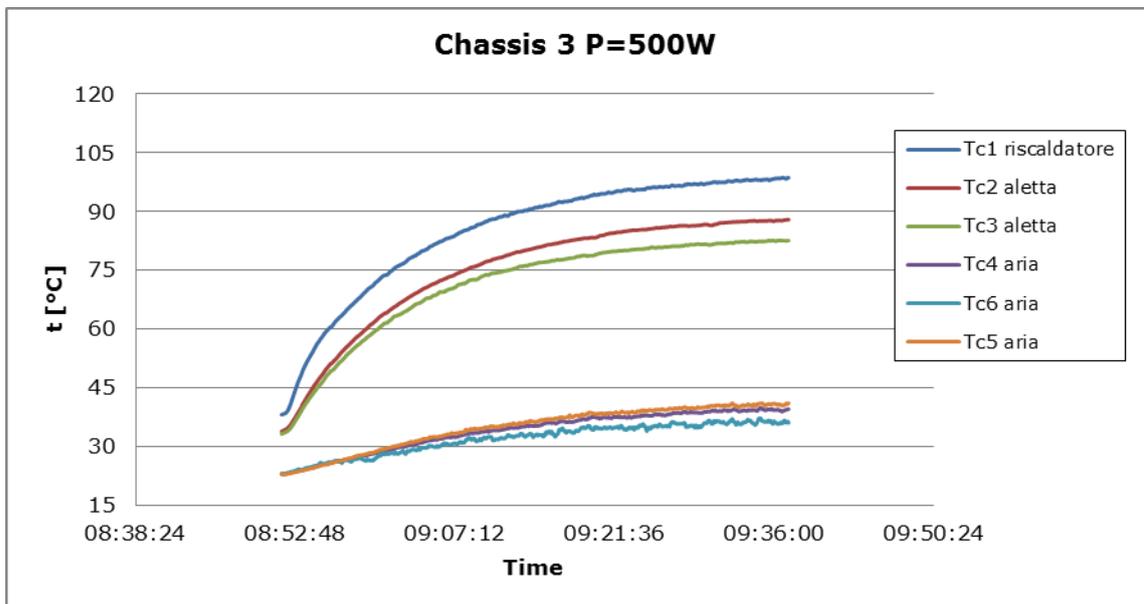
**Figura 45:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 350W



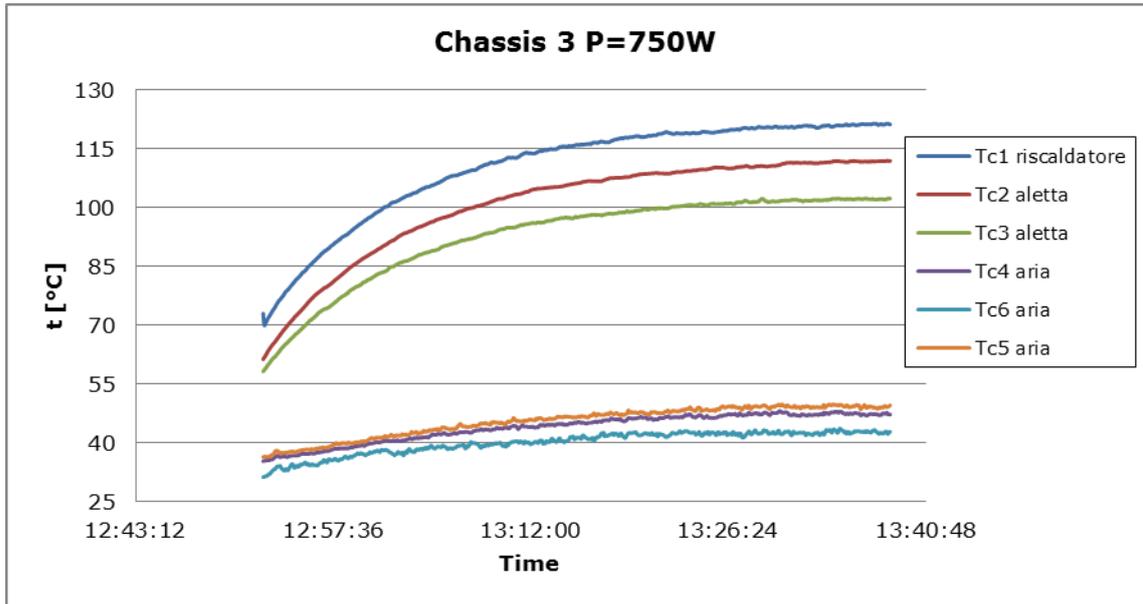
**Figura 46:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 400W



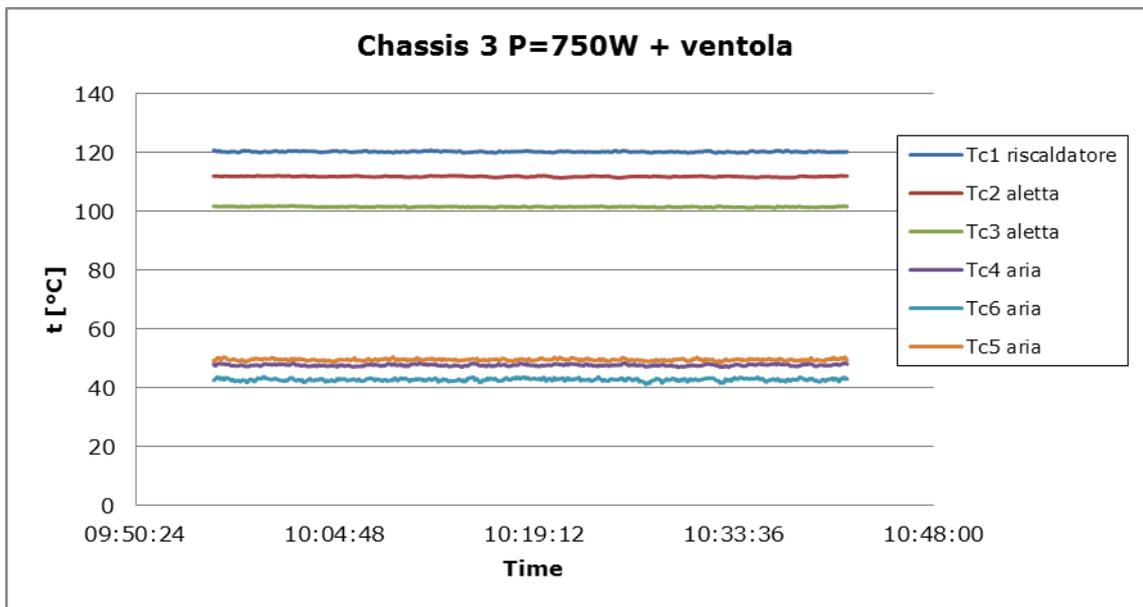
**Figura 47:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 450W



**Figura 48:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 500W



**Figura 49:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 750W



**Figura 50:** andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 con potenza fornita pari a 750W e ventola accesa

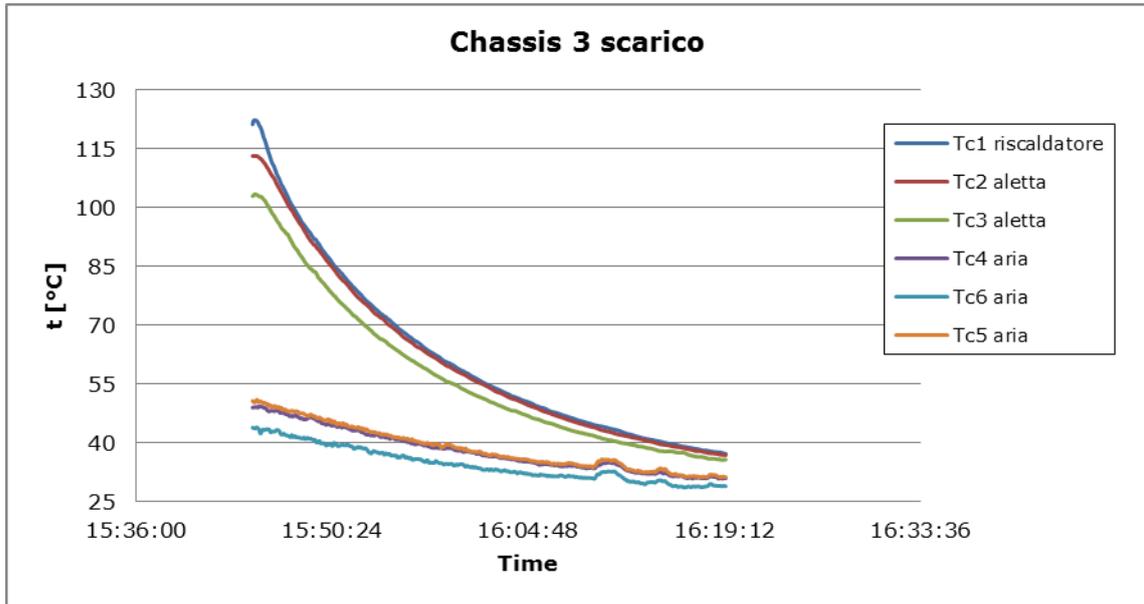


Figura 51: andamento delle temperature all'interno dello chassis 3 durante la fase di scarico

## 8 Conclusioni

In figura 52 è possibile vedere l'andamento delle temperature dell'aria (mediate sulle tre temperature rilevate) all'interno dei tre chassis dopo circa un'ora dall'applicazione delle potenze indicate.

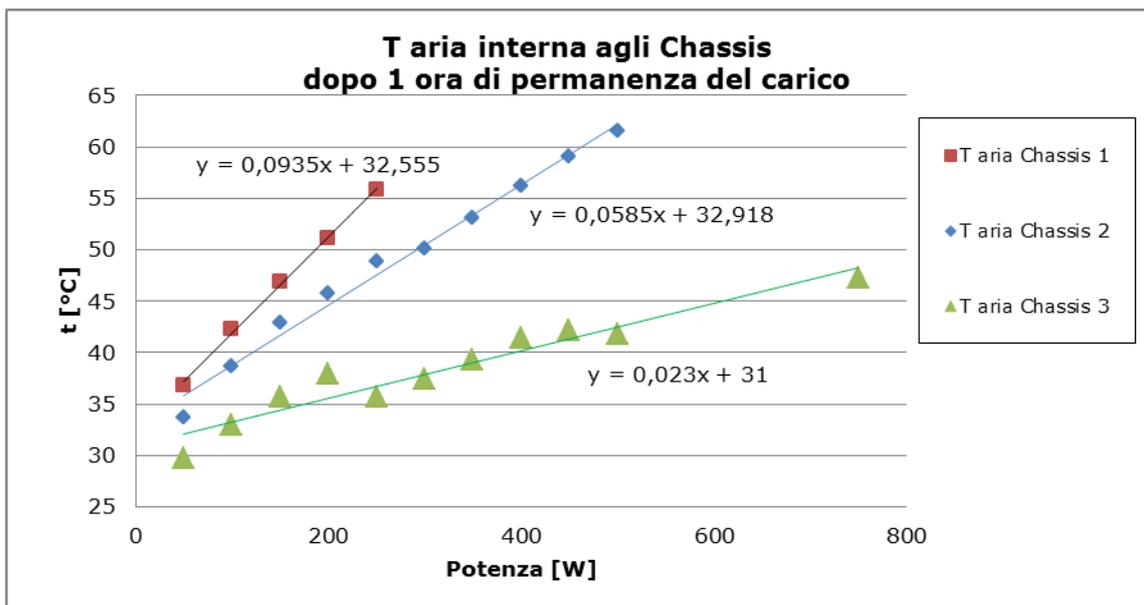


Figura 52: andamento delle temperature all'interno degli chassis

Vengono riportate sul grafico anche le equazioni relative alle linee di tendenza lineari che approssimano il comportamento degli chassis nella fase di smaltimento del calore.

**I Tecnici:**

P.I. Maurizio Chendi

Ing. Stefania Falcioni