

ANALISI DEI CICLI TERMICI DI IMPIANTO GEOTERMICO PER DISTRIBUZIONE AT ALTA TEMPERATURA A TERMOSIFONI

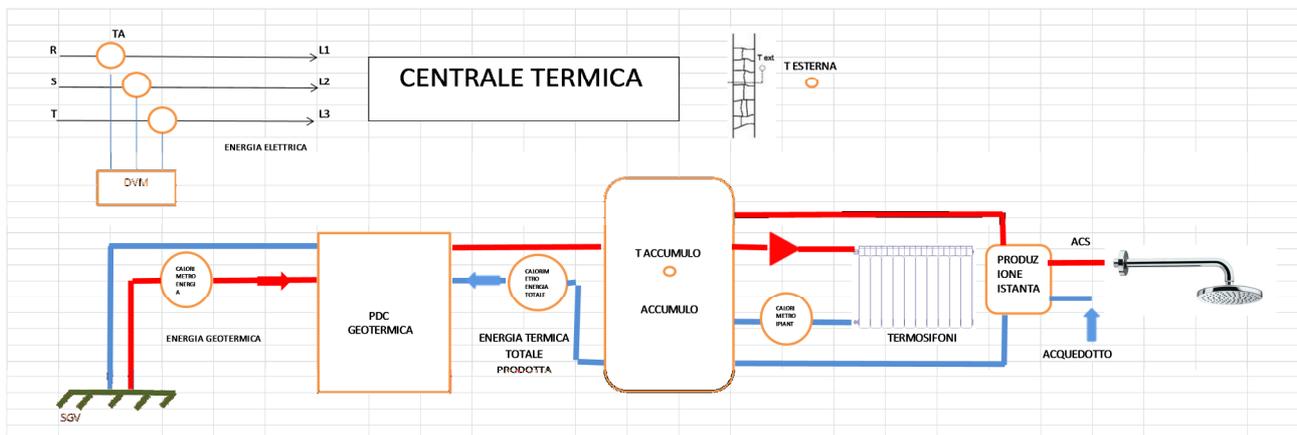
Scopo

La presente analisi si pone l'obiettivo di ottimizzare il funzionamento del ciclo termico della pompa di calore geotermica, attuato con l'ausilio di compressore dotato di motore BLDC e pilotato da DC INVERTER.

L'impianto serve il fabbisogno di una grande abitazione dotata di impianti ad alta temperatura a termosifoni e abitata da quattro persone; il fabbisogno di acqua calda sanitaria è stato garantito da un grande accumulo termico di "acqua tecnica" che forniva l'energia necessaria al kit di produzione istantaneo. La pompa di calore geotermica è configurata in "solo caldo" con un singolo SET POINT misurato da un sensore NTC posizionato a 1/3 dal fondo dell'accumulo, essendo la temperatura stratificata sufficiente a garantire il massimo comfort di ACS e l'alta temperatura AT per il buon funzionamento dei termosifoni. Pertanto i cicli di erogazione della potenza termica al fabbisogno termico dell'edificio o a quello delle persone per l'ACS non sono distinguibili.

Si considerano due tipici differenti cicli: un ciclo di RISCALDAMENTO (lungo) e un ciclo di REINTEGRO (breve); si analizzano i grafici delle curve di potenza assorbita e prelevata dal campo sonde (SGV), non si reputa affidabile la rilevazione della potenza erogata che pertanto non viene registrata; si analizzano i grafici delle temperature di evaporazione, condensazione del ciclo e dell'accumulo termico che costituisce il regista del ciclo stesso.

Configurazione di impianto



Campo sonde : 3 x 150 m PEAD PE100 2 x 40 mm SDR11

Pompa di calore : E.geo XE 022 SX FULL INVERTER (*)

Potenza Termica : 18,5 kW a 50°C mandata ai termosifoni

Accumulo Termico : 600 l

(*) limite alla f max a circa 60 Hz e 6,5 kWe max

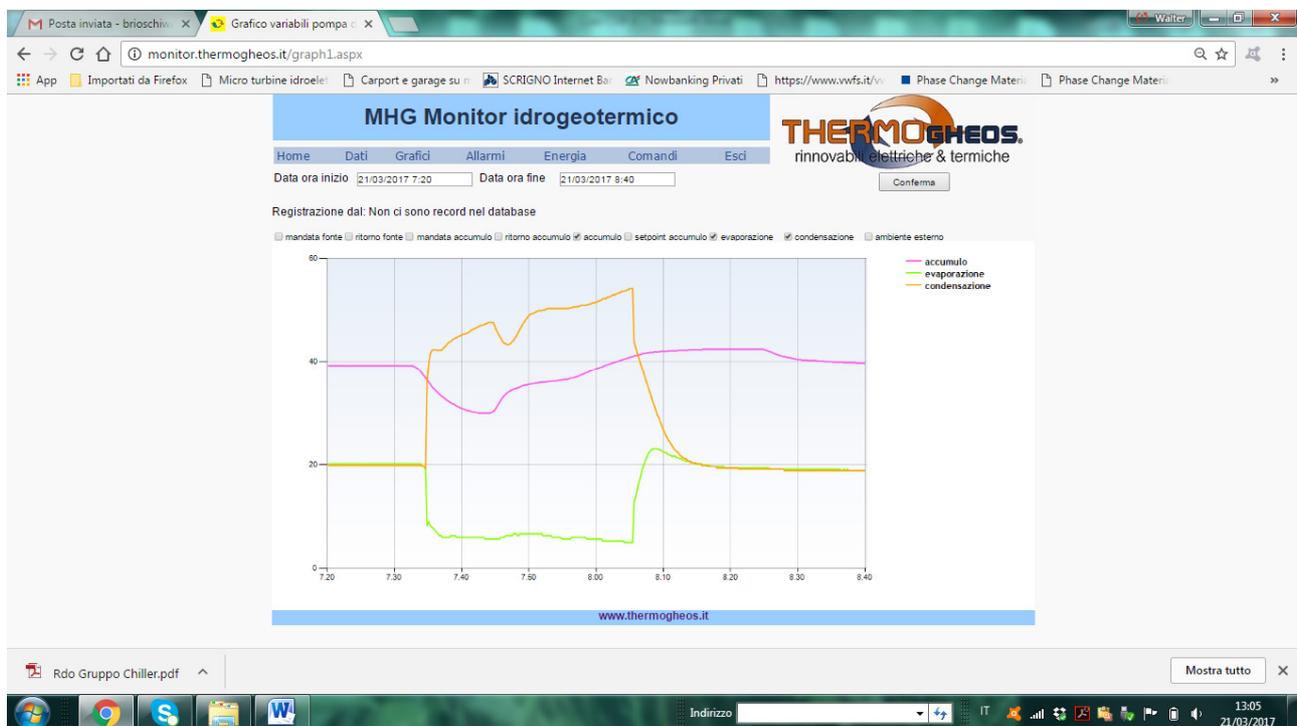
Monitoraggio: MHG – TS THERMOGHEOS WEB REMOTE CONTROLLER
 DVM : DMG 110
 Contacalorie SGV: GE 552 Y231 + Contatore Zenner
 Contacalorie Totale: GE 552Y160
 Contacalorie Impianto: GE 552Y160

CICLO DI RISCALDAMENTO SET POINT 41°C

Il ciclo viene attuato dall'abbassamento della temperatura di accumulo sotto la soglia prevista :
 SET POINT – 3 °C

L'abbassamento di temperatura in questo ciclo avviene in seguito alla richiesta di energia termica dell'ambiente da riscaldare e il suo andamento decrescente nel tempo piuttosto rapido aumenta repentinamente il differenziale di temperatura rispetto al SP (set point) costringendo la temperatura di condensazione a crescere per attuare lo scambio termico. E' presumibile che in questa fase la frequenza di pilotaggio del motore da parte dell'inverter rimanga costante in questo primo periodo fintanto che la Tacc non raggiunge il suo minimo e risale per l'apporto di energia sensibile del compressore. In questo momento la Tc (temperatura di condensazione) inizia a decrescere per una troppo veloce risposta dell'inverter (forse causata dal parametro p del controllo) e infine a crescere riportandosi sui valori crescenti di scambio termico che seguono l'andamento crescente di Tacc e si avvia la stabilizzazione del ciclo che termina con il raggiungimento del SP.

La temperatura di evaporazione pressocchè stabile nel ciclo e di valore elevato indica che la sorgente è ottimamente dimensionata per il prelievo termico in atto. Si nota un leggero decremento alla fine del ciclo.

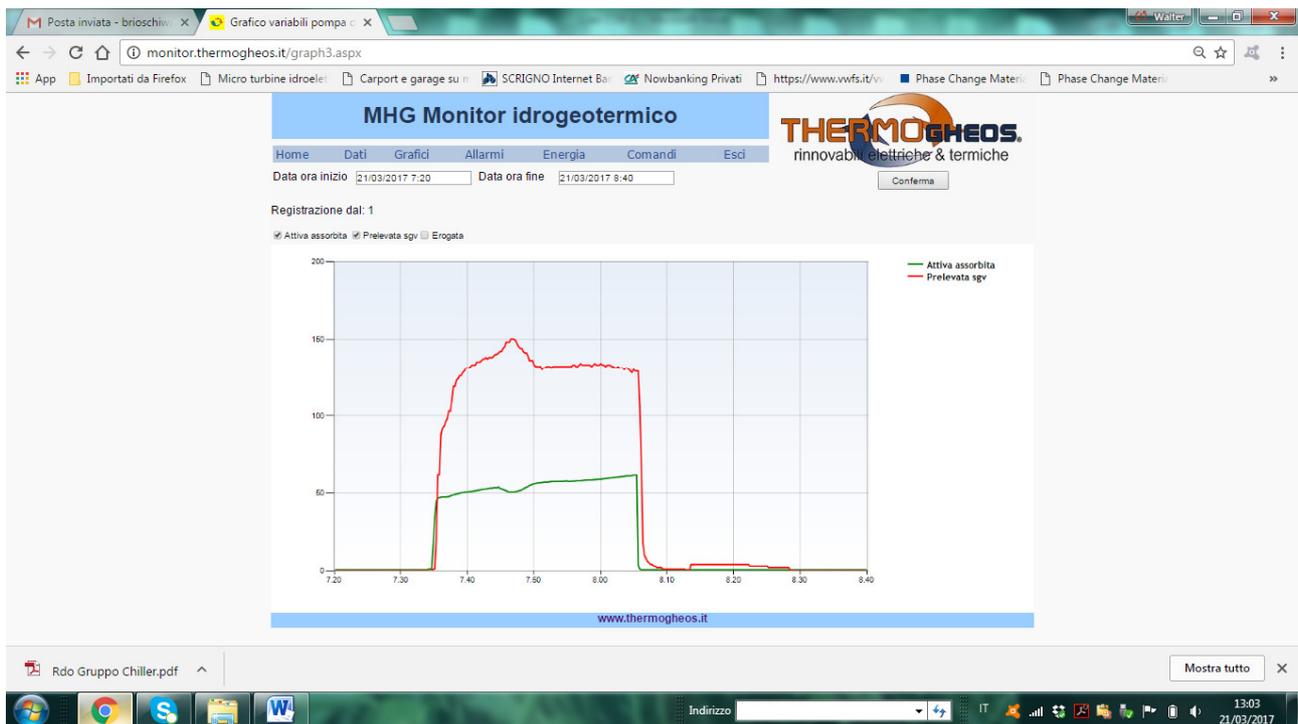


La flessione rilevata della Tc si riflette nella diminuzione della Potenza elettrica assorbita cui corrisponde un aumento evidente della potenza prelevata dal campo sonde (SGV), in un punto del ciclo termodinamico particolarmente efficiente:

$$EER = 15 \text{ kW f} / 5 \text{ kW e} = 3$$

Complessivamente il COP di IMPIANTO (compresi quindi gli assorbimenti ausiliari e dei circolatori) durante il CICLO di RISCALDAMENTO si mantiene quindi su valori elevati:

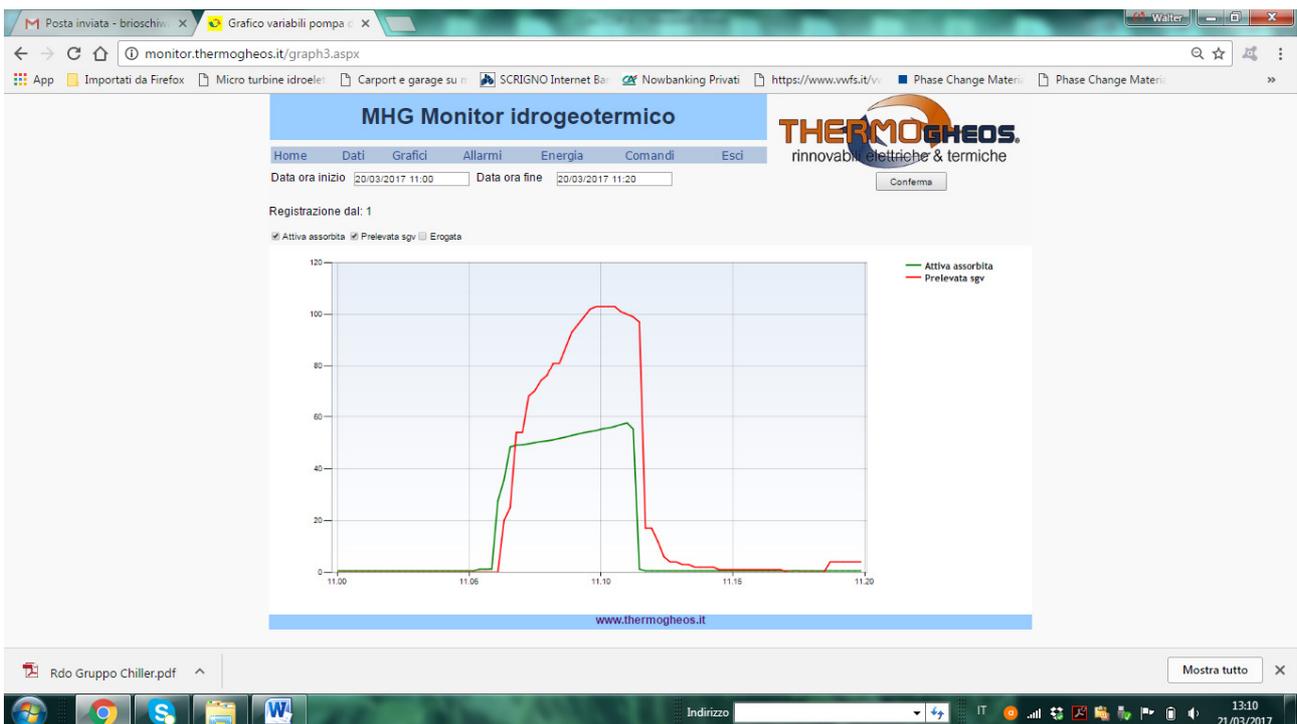
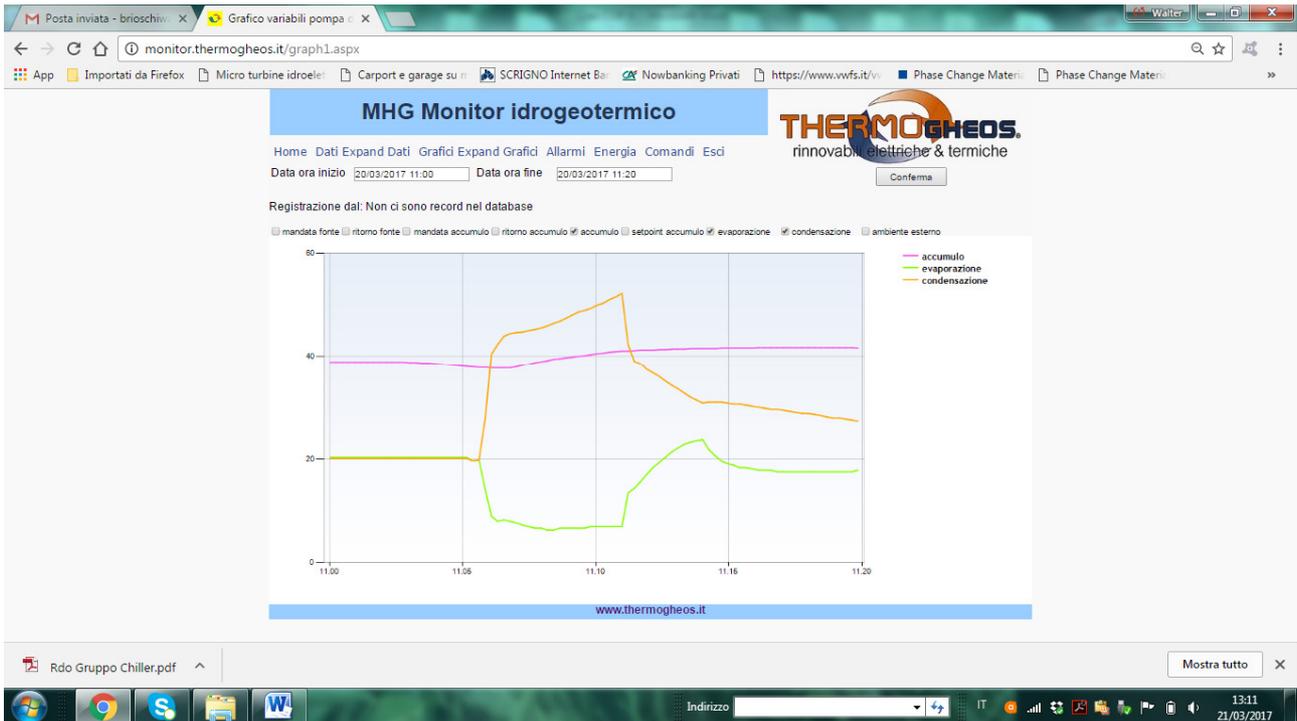
$$COP > 3,40 \quad COP \text{ max} = 4,0$$



CICLO DI REINTEGRO SET POINT 41°C

Il ciclo di reintegro differisce sensibilmente dal ciclo precedente per il fatto che la temperatura dell'accumulo Tacc decresce con una rapidità molto bassa, inferiore a quella del ciclo di riscaldamento, dovuta alla sola dispersione termica naturale dell'accumulo. La distanza differenziale delle temperature, Tacc e SP, rimane pertanto piccola quasi che il controllo dell'inverter non intervenisse in alcun modo a cambiare e/o a ridurre la velocità del motore che così forma la crescita della Tc molto più evidente che nel ciclo precedente rispetto alla Tacc. La crescita più rapida della temperatura di condensazione rispetto a quella dell'accumulo indicherebbe come la potenza che il compressore genera sia esuberante rispetto alla capacità di scambio dell'unità.

ANALISI DEI CICLI TERMICI DI IMPIANTO GEOTERMICO PER DISTRIBUZIONE AT



Tale esubero di potenza termica non scambiata si riflette in una più scarsa efficienza, dovuta al maggior rapporto di compressione cui è sottoposto il compressore, pur restando i valori assoluti di energia scambiata col campo sonde SGV ed erogata all'accumulo molto bassi essendo di solo reintegro; infatti il coefficiente di prestazione medio si attesta su valori inferiori rispetto al ciclo precedente:

$$EER = 10,4 \text{ kW} / 5,5 = 1,89$$

Complessivamente il COP di IMPIANTO (compresi quindi gli assorbimenti ausiliari e dei circolatori) durante il CICLO di REINTEGRO si posiziona su valori inferiori, ma pesando poco in termini di efficienza energetica in quanto l'energia scambiata è piccola:

$$\text{COP} > 2,82 \quad \text{COP max} = 2,89$$

Conclusioni

L'unità geotermica analizzata, dotata di compressore con motore BLDC pilotato da DC inverter la cui frequenza è stata limitata affinché non venisse ecceduta la capacità elettrica disponibile, funziona con un'efficienza ottimale per i cicli di riscaldamento a termosifoni con temperature di mandata di circa 48 – 52 °C a seconda del Set Point impostato nell'accumulo termico che varia da 41 – 45 °C.

Tale efficienza non si è riscontrata nei cicli di reintegro: in prima analisi ciò sembra essere causa di due differenti ma concomitanti motivi legati, il primo, alla limitazione imposta alla f_{max} affinché l'unità non assorbisse oltre i 6 kW nominali di potenza elettrica, e il secondo ai parametri settati di default dal costruttore dell'inverter di pilotaggio come sopra dimostrato: nei cicli di RISCALDAMENTO la risposta del controllo inverter alle variazioni della temperatura di accumulo parrebbe troppo rapida; nei cicli di REINTEGRO, che sono molto brevi, parrebbe che la velocità del motore fosse fissa ed elevata, imposta dal DC inverter.

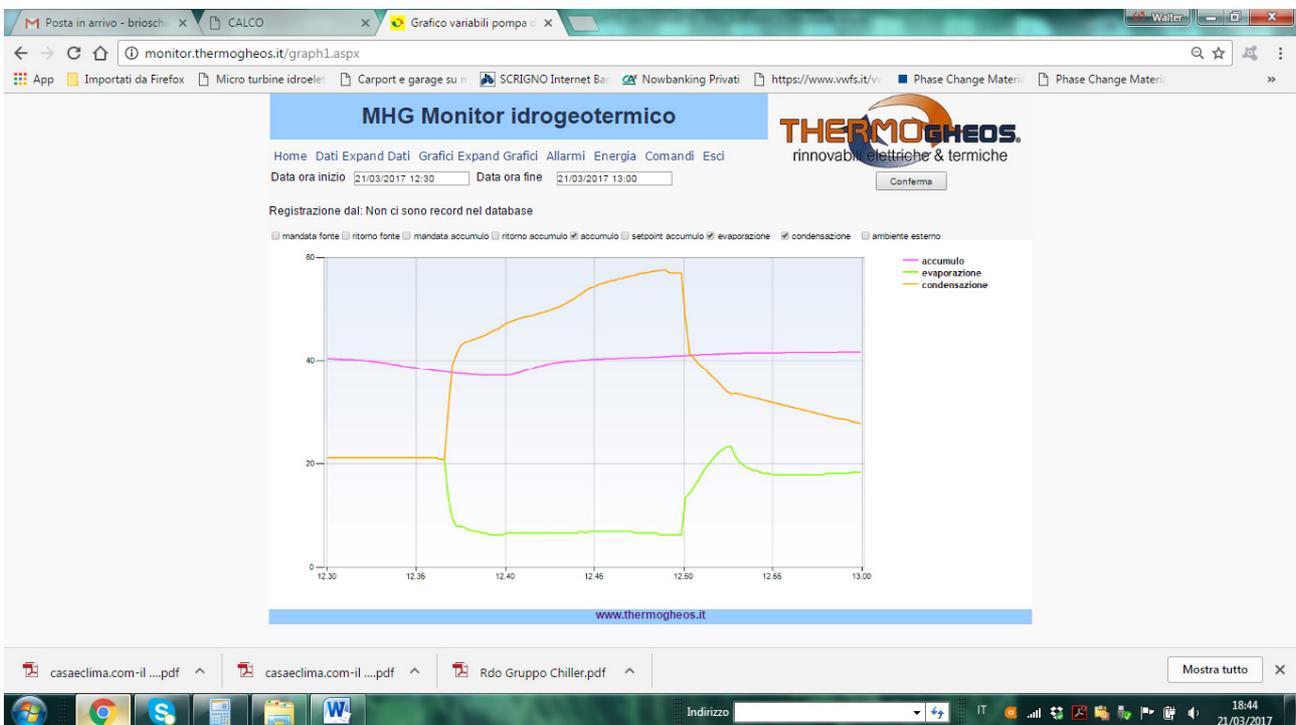
Robbiate 21/03/2017

WB

ANALISI DEI CICLI TERMICI DI IMPIANTO GEOTERMICO PER DISTRIBUZIONE AT
CICLO DI REINTEGRO

ADDENDUM 1

SP = 41° C



NOTA : dalle 12:42 in poi fino a fine ciclo la Tc diverge sensibilmente dalla Tacc. Ciò è indice di un 'eccessiva potenza elettrica assorbita dal compressore, che combinata con la minore potenza prelevata dal campo sonde SGV, porta in questa parte del ciclo il COP a valori molto bassi di circa :

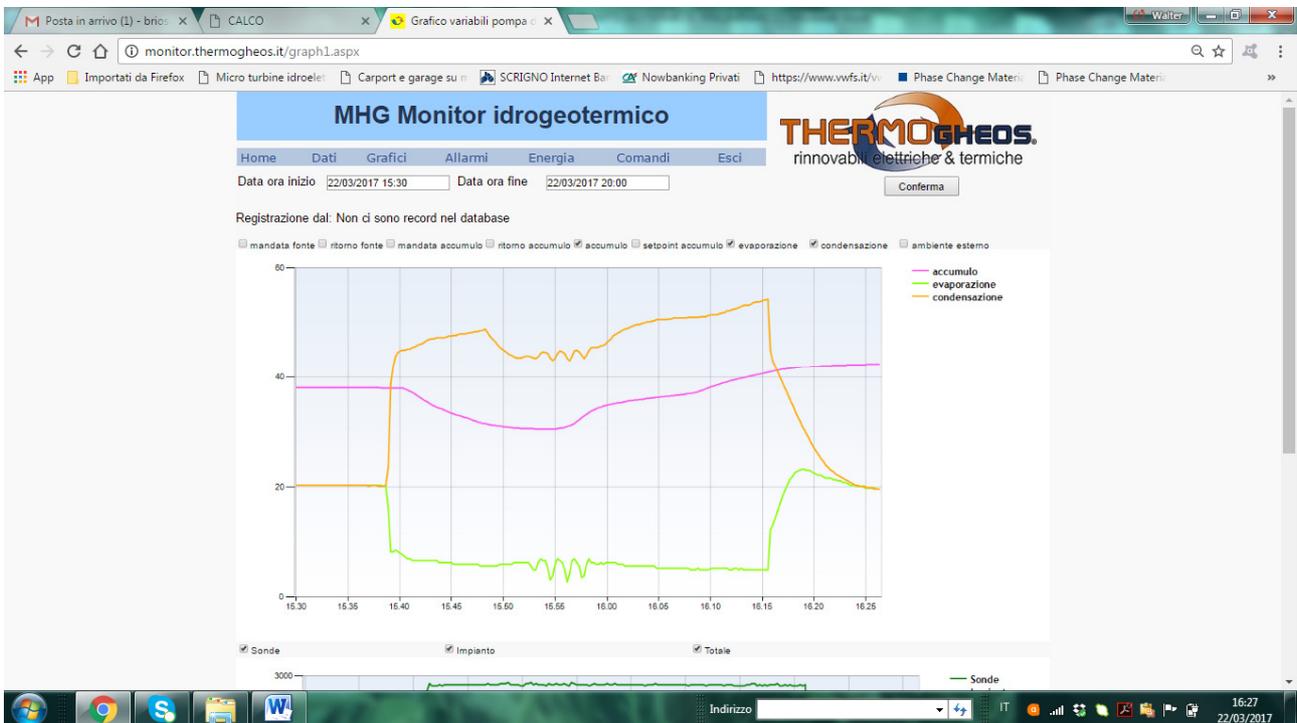
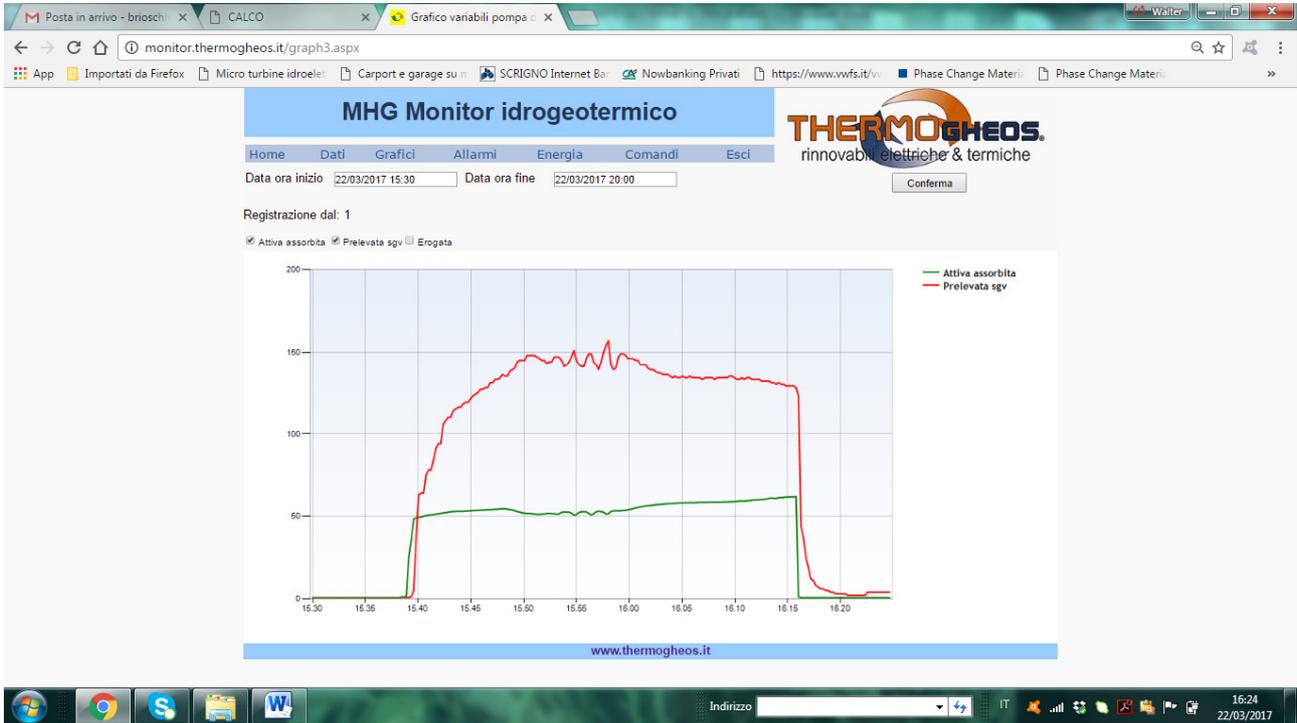
$$EER \text{ di metà ciclo - fine ciclo } \rightarrow 10,1 \text{ kW} / 6 \text{ kW} = 1,68$$

ADDENDUM 2

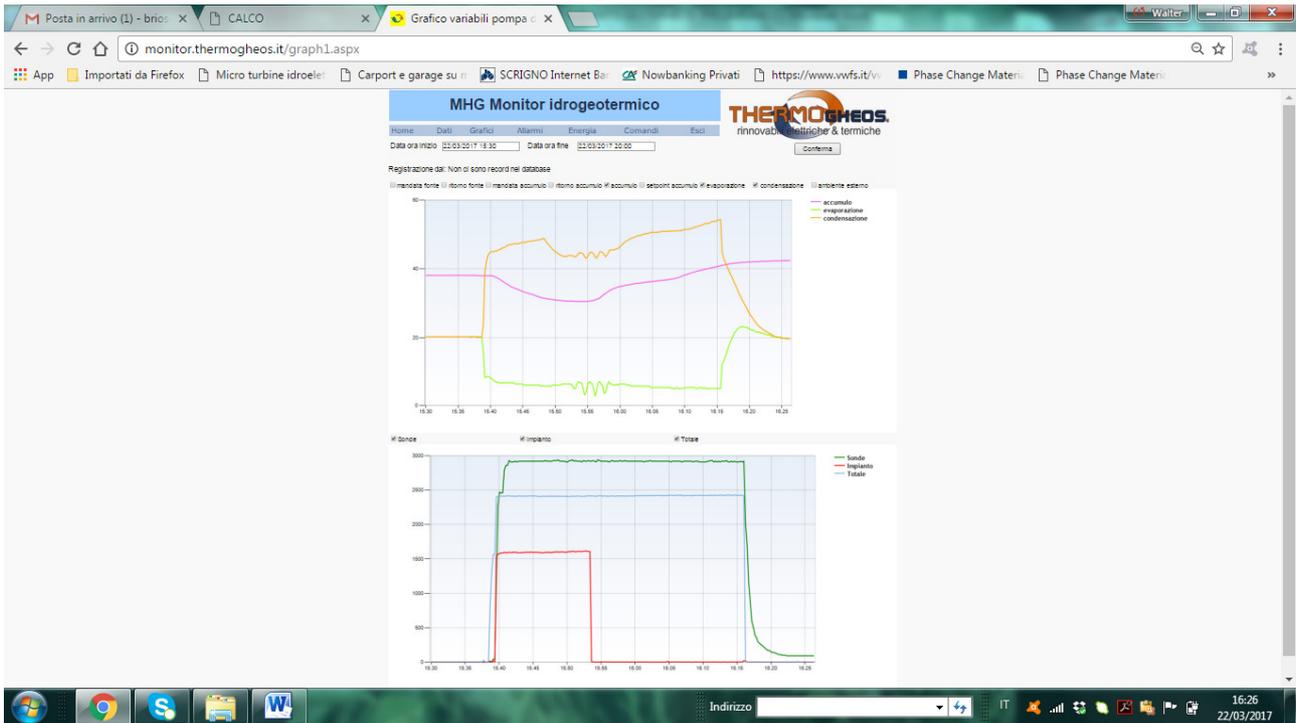
CICLO DI RISCALDAMENTO

PENDOLAMENTO

SP = 41° C



ANALISI DEI CICLI TERMICI DI IMPIANTO GEOTERMICO PER DISTRIBUZIONE AT



NOTA : attorno alle 15:55 in corrispondenza del cambiamento di pendenza della Tacc, che governa il ciclo, il controllo dell'inverter presumibilmente è la causa dei pendolamenti di velocità i quali provocano le variazioni delle pressioni di condensazione/evaporazione e quindi delle relative temperature.

ADDENDUM 2

CICLO DI RISCALDAMENTO

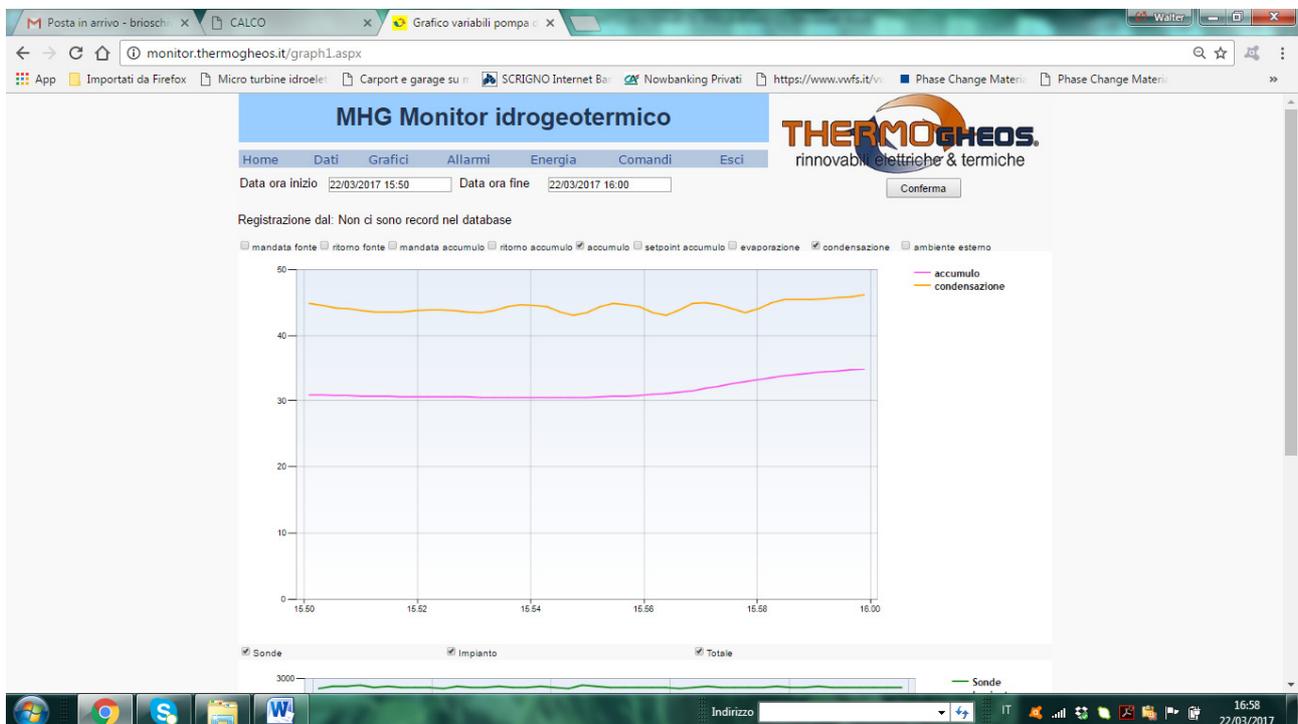
PENDOLAMENTO

DETTAGLIO

SP = 41° C



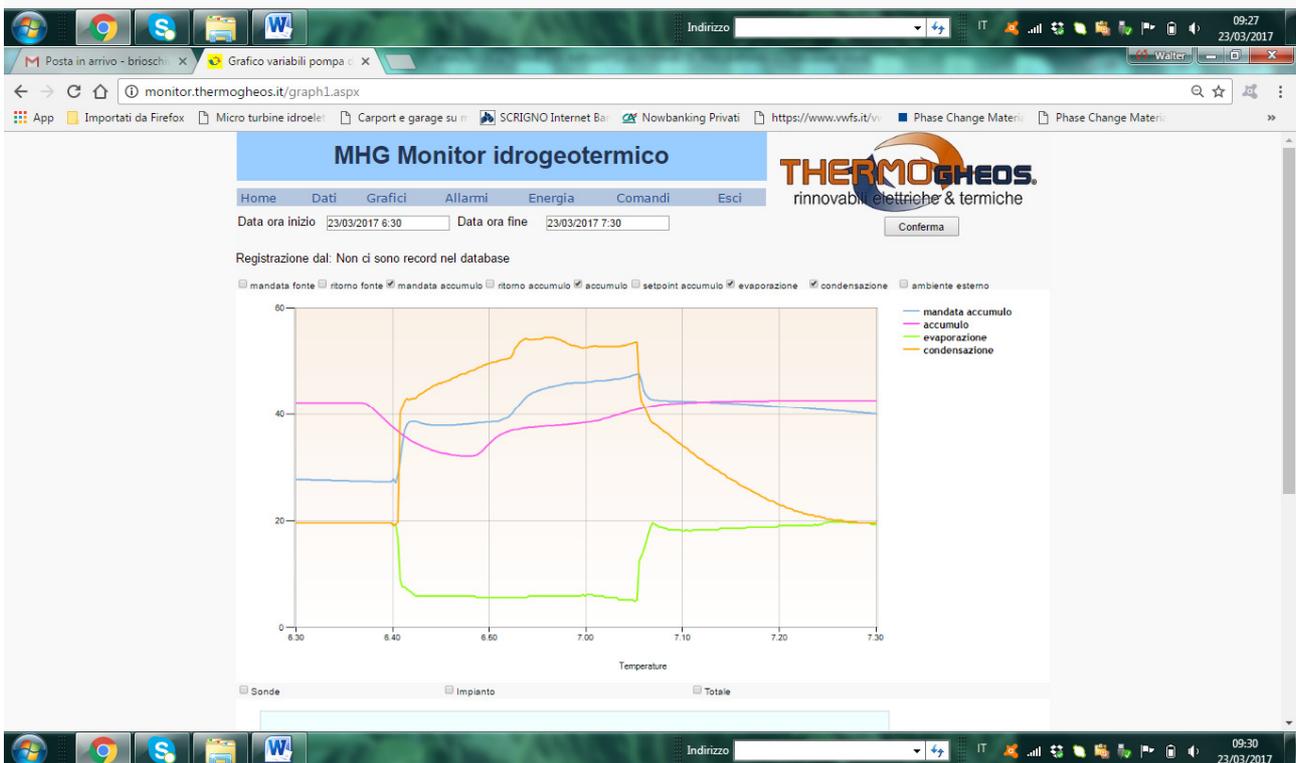
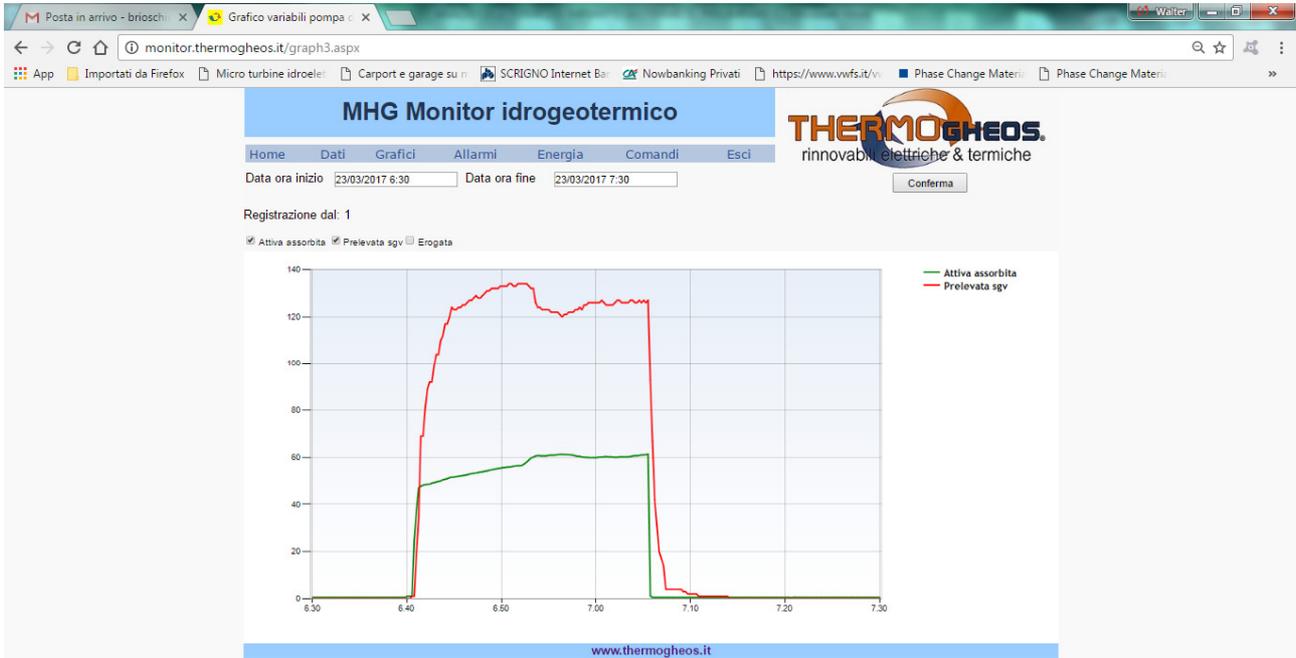
NOTA : la pressione di evaporazione varia durante il pendolamento da un minimo di 3°C a un massimo 7°C; ciò significa che la pressione di evaporazione varia da 7,82 a 8,97 barg. Lo stesso succede per la temperatura/pressione di condensazione.



NOTA : in corrispondenza del minimo della Tacc si ha l'oscillazione della Tc, corrispondente alla variazione della velocità del compressore causata dal cattivo controllo dell'inverter.

ADDENDUM 3 CICLO DI RISCALDAMENTO

SP = 41° C

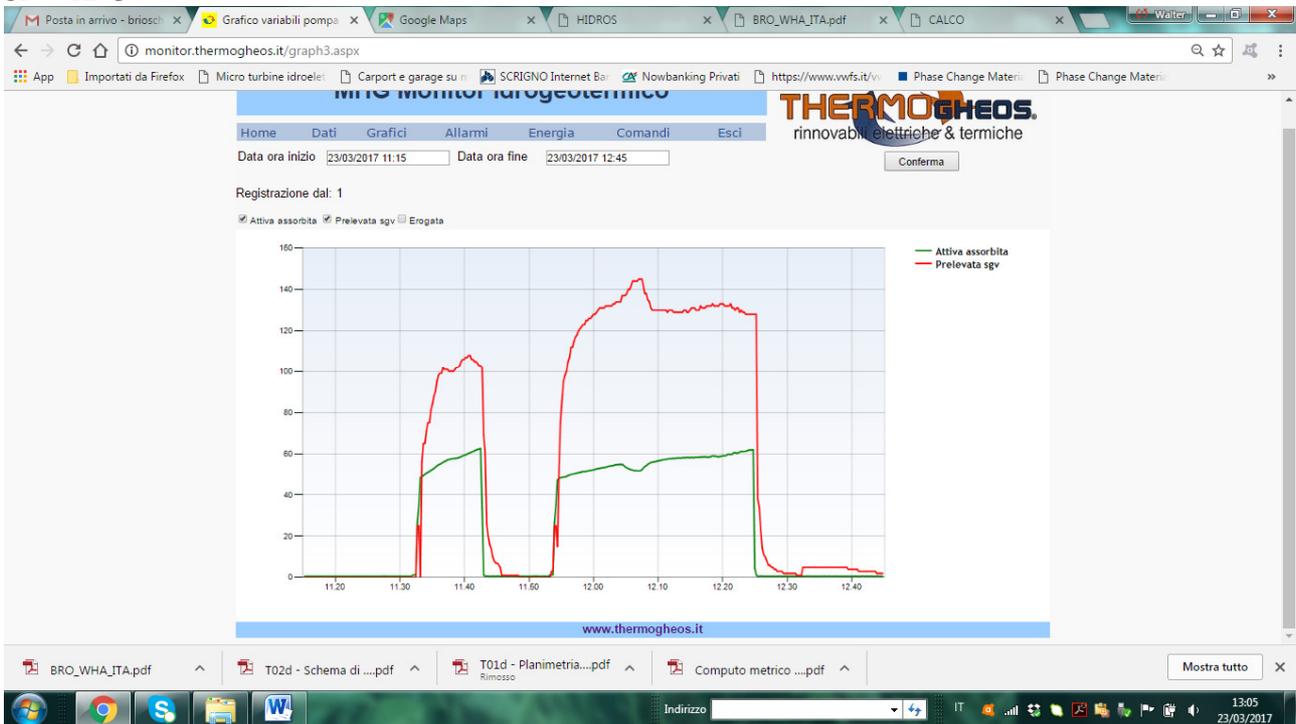


NOTA : il controllo fatica a recuperare dopo il cambiamento di pendenza di Tacc, reagisce con notevole ritardo e ciò crea la sovrappressione di condensazione che si evidenzia in Tc. Il COP complessivo in ogni caso è ottimo :EER superiore a 2 nel punto segnato mentre il ciclo complessivo ha :

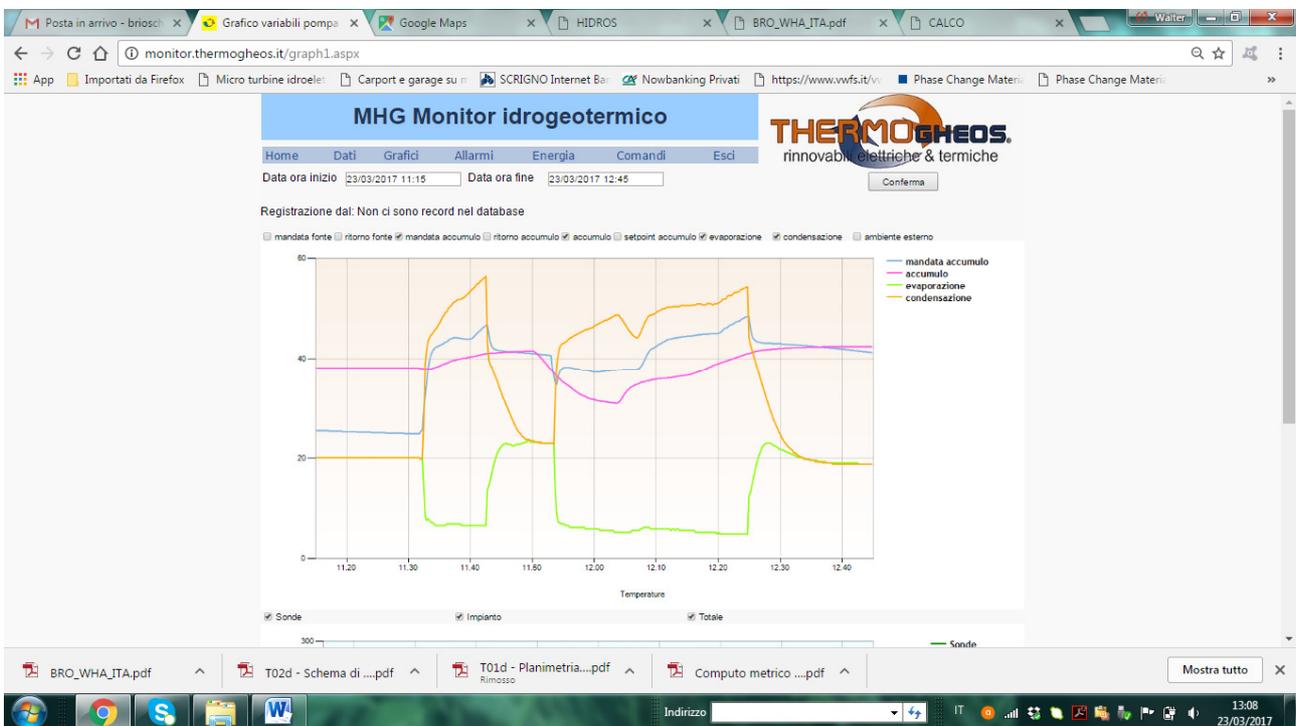
$$EER \text{ medio circa} = 13 / 5,75 = 2,26$$

ADDENDUM 4 CICLO REINTEGRO + CICLO DI RISCALDAMENTO

SP = 41°C



NOTA : Perché la Pass ha una rampa più ripida nel ciclo di reintegro rispetto a quello di riscaldamento?

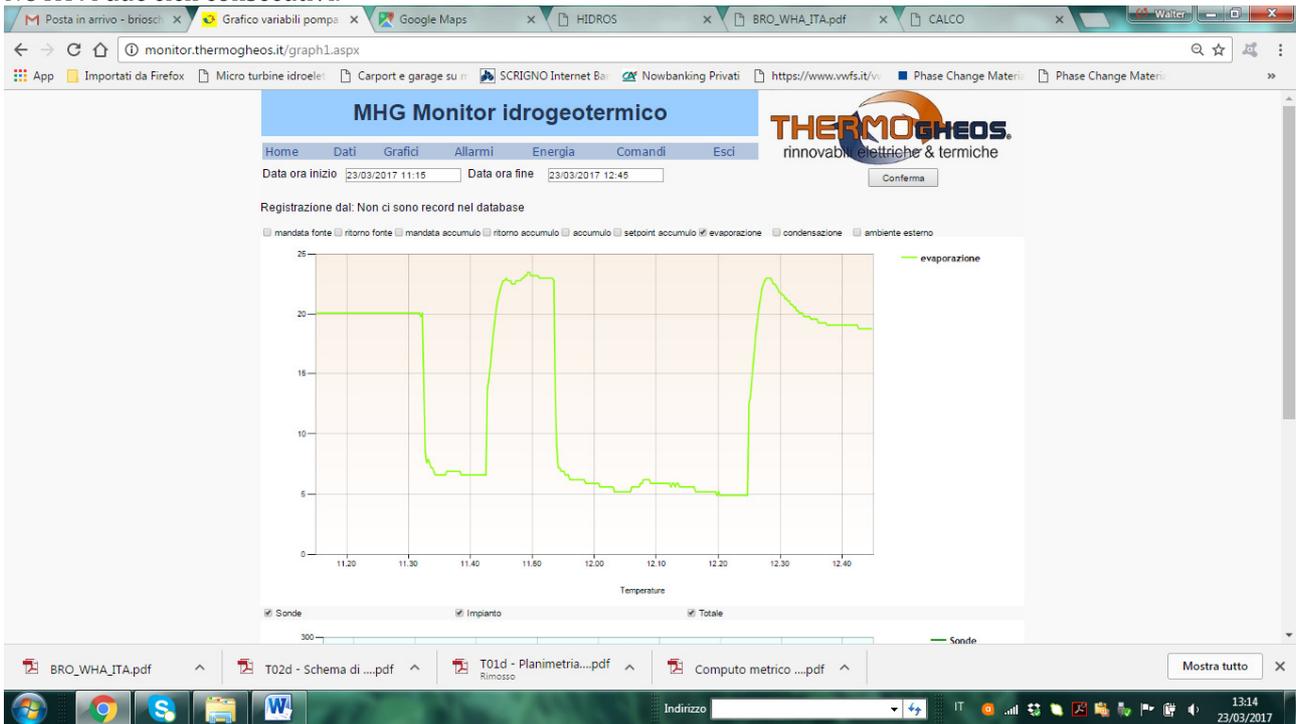


NOTA : la T mandata accumulo segue perfettamente nei due casi la Tc, ciò significa ottima capacità di scambio del condensatore.

ANALISI DEI CICLI TERMICI DI IMPIANTO GEOTERMICO PER DISTRIBUZIONE AT



NOTA : i due cicli consecutivi.



NOTA : nel ciclo di reintegro la T_{ev} è più alta , ciò indica meno scambio con il terreno. Inoltre osservando la T_c si nota che essa cresce rapidamente in accordo con la $Pass$.