

Cliente Enel SpA - GEM

All. D 7

Oggetto CENTRALE TERMOELETTRICA DI TERMINI IMERESE (PA)

Caratterizzazione della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento della centrale

Febbraio 2009

Ordine Accordo Quadro n. 8400006584:
Attingimento n. 4000192077 del 17/09/2008

Note Rev. 1 (AG08SID034 Lettera n. 9009061)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 21 **N. pagine fuori testo** 0

Data 26/3/2009

Elaborato SID - Pastori Sergio
A9008815 3812 ALT

Verificato SID - Granata Tommaso
A9008815 3744 VER

Approvato AMB - Il Responsabile - Fiore Antonio
A9008815 11991 APP

Indice

1	SINTESI	3
2	APPROCCIO METODOLOGICO	3
3	ANALISI DELLA NORMATIVA	3
3.1	Legislazione vigente.....	3
3.2	Metodo di calcolo dell'incremento termico massimo	4
4	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI	5
4.1	Stazioni di misura sull'arco a 1000 m	6
4.2	Georeferenziazione dei punti di misura.....	6
4.3	Registrazione degli andamenti temporali dei principali parametri di impianto	6
4.4	Registrazione della temperatura in ingresso e uscita condensatori	7
5	MISURE DI TEMPERATURA	7
5.1	Verifica dell'incremento a 1000 m dal punto di scarico a mare.....	7
5.2	Verifica della temperatura massima di scarico.....	8
6	ANALISI DEI RISULTATI	8
6.1	Misure di caratterizzazione della perturbazione termica.....	8
6.2	Verifica dei limiti di legge.....	9
7	CONCLUSIONI	9
8	FIGURE	10
9	APPENDICE	14
	<ul style="list-style-type: none">fogli raccolta dati di campo con i valori delle temperature misurate sull'arco a 1000 m dal punto di scarico (fronte e retro) (4 pag.)certificato SIT di taratura della sonda multiparametrica utilizzata per le misure di temperatura (3 pag.)	

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
1	26/03/09	A9008815	Correzione refusi
0	25/02/09	A8028809	Prima emissione

1 SINTESI

Enel Produzione - GEM - Unità di Business Termoelettrica Termini Imerese ha incaricato CESI di eseguire una campagna di caratterizzazione della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento della centrale termoelettrica "Ettore Majorana" di Termini Imerese (PA), funzionante con tutti i gruppi in servizio a elevato carico.

La campagna di misura è stata eseguita allo scopo di verificare il rispetto dei limiti della legge sugli scarichi termici.

Nel mese di febbraio 2009 è stata effettuata la caratterizzazione prevista eseguendo misure di temperatura per la verifica dell'andamento della perturbazione termica e acquisendo i principali parametri influenzanti per la definizione delle condizioni al contorno dei rilievi.

Nella presente relazione tecnica vengono riportati, dopo la descrizione di tecniche e condizioni al contorno dei rilievi, i risultati dettagliati dell'indagine e le valutazioni sul rispetto dei predetti limiti.

2 APPROCCIO METODOLOGICO

La caratterizzazione della perturbazione termica indotta dallo scarico a mare delle acque di raffreddamento dei condensatori della centrale e la verifica del rispetto dei limiti della legge sugli incrementi termici massimi di scarico, ha richiesto un approccio metodologico al problema articolato nei seguenti aspetti:

- analisi approfondita della normativa e della metodica di misura degli incrementi termici a mare,
- registrazione delle condizioni meteomarine di riferimento,
- esecuzione delle misure termiche a mare,
- elaborazione dati e calcolo degli incrementi termici massimi.
- verifica del rispetto dei limiti di legge.

3 ANALISI DELLA NORMATIVA

3.1 Legislazione vigente

In materia di scarichi termici in mare è vigente il D.Lgs. 152/06, che nell'Allegato 5 (Limiti di emissione degli scarichi idrici), cap. 4 (Metodi di campionamento ed analisi), tabella 3 (Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura), parametro 2 (Temperatura), nota 1, recita:

"Per il mare e per le zone di foce di corsi d'acqua non significativi, la temperatura dello scarico non deve superare i 35°C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3°C oltre i mille metri di distanza dal punto di immissione".

Inoltre, la legge 502/93, articolo 2, comma 2, sancisce che il Ministro dell'Ambiente, con proprio decreto, stabilisca "i criteri di misurazione dell'incremento termico, sulla base delle metodologie definite dall'Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA)".

Nel decreto del 16 aprile 1996, il Ministro dell'Ambiente, "viste le metodologie di controllo definite dall'Istituto di ricerca sulle acque (IRSA) pubblicate sul notiziario IRSA "Metodi analitici per le acque"

n. 4 di ottobre-dicembre 1993 e sul manuale dei metodi analitici per le acque, Quad. Ist. ric. acque n. 100,1995”, all’articolo 1, comma 1, stabilisce che “... la verifica del rispetto dei limiti di incremento di temperatura delle acque marine interessate da scarichi termici è effettuata dall’organo competente al controllo con le modalità determinate dall’IRSA, ..., eseguendo più misurazioni sull’ampiezza di un arco della circonferenza a 1000 m, centrato sul pennacchio termico, che rappresenta la porzione significativa del corpo idrico”.

Riassumendo, il controllo del rispetto dei limiti di legge sugli scarichi termici a mare si articola in due punti:

- verifica dell’incremento termico massimo di 3°C a 1000 m dal punto di scarico con la metodica individuata dall’Istituto di Ricerca sulle Acque per mezzo di determinazioni eseguite sull’arco a 1000 m dal punto di scarico, mediando le temperature misurate sullo strato di 3 m;
- verifica della temperatura massima nella sezione di scarico (limite di 35°C).

3.2 Metodo di calcolo dell’incremento termico massimo

Come previsto dalle metodologie di controllo definite dall’Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), pubblicate sul notiziario IRSA “Metodi analitici per le acque” (n.4, ottobre-dicembre 1993) e sul “Manuale dei metodi analitici per le acque” (Quad. Ist. Ric. Acq. n.100, 1995), l’individuazione delle stazioni di misura per la determinazione dell’incremento termico avviene secondo il metodo di seguito riportato (Appendice B del metodo, art.3, c.6 del D.Lgs. 9 ottobre 1993, n.408).

“L’incremento termico viene determinato come differenza tra i valori medi delle temperature a 1000 m dallo scarico nello strato superficiale di profondità pari a 3 m e il valor medio delle temperature misurate in un punto o in una porzione di corpo idrico non influenzato dallo scarico stesso.

Ai fini della verifica dell’incremento termico procedere nel modo seguente:

- definire la circonferenza (nel caso di scarichi attraverso condotte) o l’arco di circonferenza (nel caso di scarichi dalla costa) di raggio 1000 m e centro corrispondente alla sezione di scarico (punto di scarico);

- effettuare le misure di temperatura nello strato superficiale a intervalli regolari lungo la circonferenza o l’arco di circonferenza precedentemente definiti. Quanto minore è l’intervallo tra i punti, tanto più significativa è l’informazione che si ottiene; in generale è stato verificato che determinazioni effettuate a intervalli angolari di 5° (cui corrisponde una arco di lunghezza pari a circa 90 m) consentono di evidenziare il valore massimo di temperatura raggiunto dal corpo idrico ricevente a 1000 m dallo scarico termico. In ciascun punto la misura va effettuata sulla colonna d’acqua di profondità 3.0 m, alle quote -0.1 m, -1.5 m e -3.0 m;

- definire un punto esterno all’arco e rappresentativo delle condizioni medie, non perturbate, del corpo ricettore. La scelta di tale punto va effettuata caso per caso, sulla base di dati raccolti prima dell’entrata in funzione dello scarico o a scarico non in esercizio.

Qualora non sia possibile definire un punto esterno all’arco e rappresentativo delle condizioni non perturbate, si può assumere come temperatura di riferimento (T_R) la media delle temperature (T_m), espressa come valore medio di tre misure, alle quote di -0.1 m, -1.5 m e -3.0 m, dei tre punti più freddi del predetto arco aumentata del doppio della deviazione standard relativa ai suddetti tre punti secondo la relazione seguente:

$$T_R = T_m + 2s$$

La deviazione standard relativa alle misure dei tre punti più freddi, ragionevolmente considerabili non perturbati, può essere calcolata utilizzando la seguente formula

$$s = \sqrt{\frac{(T_1 - T_m)^2 + (T_2 - T_m)^2 + (T_3 - T_m)^2}{2}}$$

dove

s deviazione standard

T_m temperatura media dei tre punti più freddi dell'arco
 T_1, T_2, T_3 temperature superficiali (media delle tre determinazioni lungo la colonna d'acqua) dei tre punti più freddi dell'arco.

- Effettuare serie ripetute di n misure di temperatura (almeno 10) ciascuna alle quote di -0.1 m, -1.5 m e -3.0 m nell'intorno del punto della circonferenza o dell'arco di circonferenza caratterizzato dalla temperatura massima e nel punto di riferimento.

- Calcolare le relative deviazioni standard utilizzando le seguenti formule

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_M)^2}{n-1}}$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{ri} - T_{rM})^2}{n-1}}$$

dove

s_1 deviazione standard relativa alle repliche nel punto più caldo
 T_i temperatura della singola replica nel punto più caldo (media delle tre determinazioni lungo la colonna d'acqua)
 T_M valore medio di T_i relativo alle n repliche del punto più caldo
 s_2 deviazione standard relativa alle repliche nel punto di riferimento
 T_{ri} temperatura della singola replica nel punto di riferimento (media delle tre determinazioni lungo la colonna d'acqua)
 T_{rM} valore medio di T_{ri} relativo alle n repliche del punto di riferimento

- Determinare la differenza di temperatura tra ciascun punto dell'arco e il punto di riferimento nel modo seguente:

$$\Delta T_j = (T_j - 2s_1) - (T_{rM} + 2s_2)$$

dove

ΔT_j incremento termico in ciascun punto
 T_j temperatura misurata sulla circonferenza o sull'arco di circonferenza a 1000 m (valore medio di tre misure: -0.1 m, -1.5 m e -3.0 m).

Nel caso in cui venga assunta come temperatura di riferimento la media delle temperature superficiali dei tre punti più freddi dell'arco, l'incremento termico relativo a ciascun punto si calcola nel modo seguente:

$$\Delta T_j = (T_j - 2s_1) - T_R$$

Qualora le misure effettuate verificano il superamento del limite di legge ($\Delta T = 3^\circ\text{C}$), al fine di escludere possibili influenze negative dovute a situazioni meteomarine particolari, le stesse vengono ripetute cinque volte nei cinque giorni successivi, negli stessi punti e nelle stesse condizioni di funzionamento dell'impianto. In questo caso, come valore di incremento termico più elevato causato dallo scarico, si assume il ΔT massimo riscontrato tra quelli rilevati nei cinque giorni."

4 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

Preliminarmente all'esecuzione dei rilievi, sono state definite con il Committente le modalità di esecuzione delle misure di caratterizzazione della perturbazione termica nel tratto di mare antistante lo scarico della centrale di Termini Imerese (vedi planimetria del sito in fig.1).

Vista la necessità di eseguire una caratterizzazione termica del corpo idrico ricettore ai fini della verifica dei limiti di legge sugli scarichi termici, si è stabilito di effettuare i seguenti rilievi:

- misure per la verifica dell'incremento termico massimo sull'arco a 1000 m dal punto di scarico (verifica del limite di legge),
- misure per la verifica della temperatura massima di scarico (verifica del limite di legge),
- georeferenziazione in coordinate assolute di tutti i punti di misura,
- registrazione temporale dei dati di impianto influenzanti i rilievi.

4.1 Stazioni di misura sull'arco a 1000 m

Le stazioni sull'arco a 1000 m dal punto di scarico delle acque di raffreddamento, in prossimità delle quali effettuare le previste misure di temperatura, sono state individuate assumendo quale tratto d'arco *rappresentativo del corpo idrico ricettore* quello che, con centro sul punto mediano della sezione di uscita del diffusore di scarico, descrive un arco di 150° nello specchio acqueo antistante l'opera di restituzione a mare delle acque di raffreddamento condensatori.

Per la misura degli incrementi termici sono state individuate 31 stazioni identificate secondo quanto indicato nella metodica IRSA di riferimento (stazioni sull'arco con almeno 3 m di profondità e distanti tra loro 5°, riportate sulla planimetria del sito di fig. 1).

Le prime due stazioni ai limiti estremi dell'arco (n° 1÷2 e 30÷31) non sono state misurate per inaccessibilità del fondale (< 3.0 m): l'arco effettivo di misura a 1000 m dal punto di scarico è quindi risultato di 130° con 27 stazioni nelle quali poter eseguire rilievi di temperatura.

4.2 Georeferenziazione dei punti di misura

4.2.1 Strumentazione satellitare differenziale

Il sistema di posizionamento planimetrico utilizzato nel corso dei rilievi è di tipo satellitare differenziale (ricevitore DGPS Trimble ag132 con dato di correzione differenziale DGPS acquisito dal satellite Omnistar) e consente di georeferenziare qualunque punto con un'incertezza relativa di ± 20 cm.

Tale sistema lavora con coordinate spaziali riferite all'ellissoide WGS84 che richiedono una rototraslazione per passare a una rappresentazione cartografica nel piano. La rappresentazione cartografica adottata è la proiezione universale inversa di Mercatore (U.T.M), che consente di ottenere per ciascun punto coordinate planari metriche.

La georeferenziazione assoluta dei punti di misura nel sistema U.T.M richiede la conoscenza di un elemento della rete geodetica nazionale predisposta dall'Istituto Geografico Militare (rete IGM95) che si trovi nelle vicinanze della zona dei rilievi. Le informazioni riportate sulla monografia relativa a tale punto consentono di collegarsi alla rete geodetica nazionale e di effettuare con precisione (grazie ai parametri sitospecifici di passaggio tra diversi sistemi di riferimento riportati nella monografia) la rototraslazione dal sistema WGS84 all'ellissoide Internazionale orientato a Monte Mario, riferimento del sistema U.T.M. Con tale elaborazione i punti rilevati vengono georeferenziati in tempo reale direttamente in coordinate U.T.M con una incertezza assoluta di ± 20 cm.

La georeferenziazione planimetrica dei punti di misura è stata utilizzata per ritrovare i diversi punti in cui eseguire i rilievi termici e per georeferenziare le altre stazioni di misura dei rilievi.

4.3 Registrazione degli andamenti temporali dei principali parametri di impianto

Per caratterizzare le condizioni al contorno dei rilievi sono stati acquisiti i principali parametri meteorologici e i dati di carico dei diversi gruppi della centrale.

Le condizioni meteorologiche generali del sito nel corso della campagna di rilievi sono state contraddistinte da tempo variabile tendente al soleggiato, con qualche sporadico annuvolamento. Nei

rilievi della mattinata il vento era in regime di brezza disposto dalla direzione S-E in rotazione verso S-W con conseguente formazione di onde corte da terra per un mare poco mosso.

Nel pomeriggio in concomitanza dei rilievi il vento era in regime di brezza leggera in rotazione da S-W (libeccio) a N-W (maestrale); conseguentemente nell'area dei rilievi per effetto della rotazione del vento e dell'orografia si sono verificate condizioni di mare poco mosso caratterizzato da onde più lunghe.

I dati di carico della centrale sono stati acquisiti dalle registrazioni dati di sala manovra e riportati in figura 2.

4.4 Registrazione della temperatura in ingresso e uscita condensatori

Per valutare le variazioni della temperatura dell'acqua di raffreddamento dei condensatori in ingresso e in uscita dall'impianto, durante l'esecuzione della campagna di caratterizzazione della perturbazione termica sono stati installati 2 registratori di temperatura (termografi) nella vasca di calma dell'opera di presa a valle delle griglie e allo scarico nel canale di restituzione a mare.

Le registrazioni di temperatura nelle diverse stazioni sono state effettuate dal 3 al 5 febbraio '09, secondo quanto previsto dalla procedura tecnica interna n. 700QT00233, "*Misura di temperatura in un corpo idrico superficiale per un intervallo di tempo definito mediante termografi MTX TAS 1100*". Per le misure in oggetto sono stati utilizzati i termografi MTX TAS 1100 tarati e certificati, con incertezza di misura di 0.2°C.

La fotografia del punto di installazione di ciascuna stazione di misura e l'andamento della temperatura registrata in ognuna di esse nel giorno dei rilievi termici in mare è riportato nelle fig. 3÷6 (mettendo a confronto il valore registrato con l'andamento del carico della centrale).

5 MISURE DI TEMPERATURA

5.1 Verifica dell'incremento a 1000 m dal punto di scarico a mare

5.1.1 Stazioni di misura sull'arco a 1000 m

Le 27 stazioni sull'arco a 1000 m dal punto di scarico a mare delle acque di raffreddamento, in prossimità delle quali effettuare le misure di temperatura previste dalla metodica IRSA sopra descritta, sono state individuate come descritto nel precedente par. 4.1.

Le coordinate di ciascuna stazione sono state inserite come waypoint nel programma di navigazione del sistema di posizionamento satellitare utilizzato con il quale è stato possibile posizionarsi su ciascuna stazione con elevata precisione.

5.1.2 Definizione della temperatura di riferimento

Come previsto dalla citata normativa IRSA, nei casi di difficile individuazione di un punto di riferimento rappresentativo delle condizioni imperturbate del corpo idrico ricettore, quale temperatura di riferimento è stata assunta la media delle tre stazioni più fredde dell'arco.

5.1.3 Metodologia di misura

Le misure di temperatura alle profondità richieste, nelle stazioni sull'arco a 1000 m, sono state effettuate applicando la procedura tecnica interna n. 700QT00214. Per le misure in oggetto è stata utilizzata la sonda multiparametrica Idromar IM5136, certificata SIT, con una precisione migliore di 0.1°C.

I dati dei rilievi termici eseguiti sono riportati nei fogli raccolta dati di campo allegati in appendice al presente Rapporto così come è riportato anche il certificato di taratura della sonda utilizzata per le misure.

5.1.4 Determinazione dell'incremento termico massimo a 1000 m dal punto di scarico

Gli incrementi termici a 1000 m dallo scarico sono stati calcolati, come previsto al cap. 4 del Notiziario IRSA già citato, mediante le formula :

$$\Delta T_j = (T_j - 2*s_1) - T_R,$$

dove T_j è il valore di temperatura sull'arco di circonferenza, medio delle tre misure a -0.1, -1.5 e -3 m, s_1 è la deviazione standard relativa alle repliche nel punto più caldo e T_R è la temperatura di riferimento. Come specificamente previsto dalla citata normativa IRSA nei casi di difficile individuazione di un punto di riferimento rappresentativo delle condizioni imperturbate del corpo idrico ricettore, quale temperatura di riferimento è stata assunta la media delle tre stazioni più fredde dell'arco, applicando la seguente formula:

$$T_r = T_m + 2*s$$

In cui T_m è la media delle tre temperature più fredde e s è la relativa deviazione standard come previsto dalla metodologia IRSA.

Tra i 27 valori di ΔT_j calcolati con la formula sopra riportata è stato quindi individuato il massimo.

5.2 Verifica della temperatura massima di scarico

5.2.1 Stazioni di misura nel canale di scarico e all'opera di presa

La verifica del rispetto del limite di legge sulla temperatura massima di scarico (35°C) è stata effettuata registrando, per tutta la durata della campagna di caratterizzazione della perturbazione termica, la temperatura dell'effluente nel canale di scarico della centrale, nel punto di restituzione a mare.

5.2.2 Metodologia di misura

Le registrazioni di temperatura all'opera di presa e nel canale di scarico della centrale sono state effettuate secondo la procedura interna 700QT00233. Per le misure in oggetto sono stati utilizzati i termografi MTX TAS 1100, tarati e certificati SIT, con una precisione migliore di 0.2°C.

Gli andamenti delle temperature registrate nelle varie stazioni e le fotografie del punto di installazione sono riportati nelle fig. 3 e 6 (mettendo a confronto il valore registrato con l'andamento del carico della centrale).

6 ANALISI DEI RISULTATI

6.1 Misure di caratterizzazione della perturbazione termica

Le misure di verifica dell'incremento termico sono state effettuate nella mattina e nel pomeriggio del giorno 11 febbraio 2009 in condizioni di mare poco mosso in entrambe le occasioni effettuando complessivamente

- 2 misurazioni di temperatura in 27 stazioni sull'arco a 1000 m dal punto di scarico, alle profondità di 0.1, 1.5 e 3.0 m;
- 2 serie di 10 ripetizioni della misura di temperatura (alle quote di 0.1, 1.5 e 3.0 m) nell'intorno del punto sulla semicirconferenza caratterizzato dalla temperatura superficiale massima;
- 2 registrazioni degli andamenti temporali della temperatura (una all'interno dell'opera di presa e l'altra nel canale di scarico della centrale).

I dati impiantistici medi caratterizzanti i rilievi sono risultati i seguenti:

- 11 febbraio 2009, ore 9.00÷10.00, potenza lorda generata dei gruppi 759.6÷839.2 MW e portata totale pompe AC 20.5 m³/s;
- 11 febbraio 2009, ore 15.00÷16.00, potenza lorda generata dei gruppi 695.0÷608.1 MW e portata totale pompe AC 20.5 m³/s.

6.2 Verifica dei limiti di legge

6.2.1 Temperatura massima di scarico

In fig. 7 è riportato l'andamento temporale della temperatura registrata nel canale di scarico.

Com'è evidente, la temperatura misurata è risultata sempre inferiore al limite di 35°C previsto dalla legge per gli scarichi termici a mare.

6.2.2 Incremento termico massimo a 1000 m dal punto di scarico

Nel prospetto seguente è riportato, per ciascuna delle 2 misurazioni della perturbazione termica in mare, il valore massimo degli incrementi termici calcolati come descritto nel paragrafo 5.1.4.

Nello stesso prospetto sono riportati, oltre a data e ora a cui la determinazione si riferisce, il massimo valore di incremento termico e gli altri parametri utilizzati per il calcolo:

- temperatura media sulla verticale più calda,
- scarto quadratico medio associato alle ripetizioni nella stazione più calda,
- temperatura media delle tre stazioni più fredde dell'arco,
- scarto quadratico medio associato alle verticali più fredde.

misurazione	data	ora	temperatura media stazione più calda [°C]	sqm associato alla stazione più calda [°C]	temperatura media 3 stazioni più fredde [°C]	sqm associato alla stazione più fredde [°C]	incremento termico massimo a 1000 m [°C]
1	4/2/09	9.04÷10.11	14.69	0.04	14.00	0.01	0.59
2	4/2/09	14.45÷15.33	15.69	0.08	14.29	0.03	1.18

Si può notare come i valori degli incrementi massimi, compresi tra 0.59 e 1.18 °C, risultino sempre al di sotto del valore limite di 3°C previsto dalla normativa vigente.

7 CONCLUSIONI

CESI ha effettuato nel mese di febbraio 2009 un'indagine termica nel tratto di mare antistante lo scarico termico delle acque di raffreddamento del condensatore della centrale termoelettrica Enel Produzione "Ettore Maiorana" di Termini Imerese (PA), in condizioni di funzionamento di tutti i gruppi in servizio a elevato carico, allo scopo di verificare il rispetto dei limiti previsti dalla legislazione vigente (D.Lgs. 152/06).

La temperatura allo scarico è risultata sempre inferiore al limite di 35°C previsto dall'attuale normativa.

Gli incrementi massimi a 1000 m dal punto di scarico, rilevati in 2 misurazioni complete sull'arco a 1000 m dal punto di scarico eseguite in diverse condizioni meteomarine, sono risultati compresi tra 0.59 e 1.18 °C, ben al di sotto del previsto limite di 3°C indicato dalla normativa vigente.

8 FIGURE



Fig.1 Veduta area della centrale termoelettrica Ettore Maiorana di Termini Imerese (PA) con riportata l'ubicazione delle 31 stazioni di misura sull'arco a 1000 m dal punto di restituzione delle acque di raffreddamento condensatori (fonte Google Earth)

Centrale Ettore Maiorana - Termini Imerese (Pa)

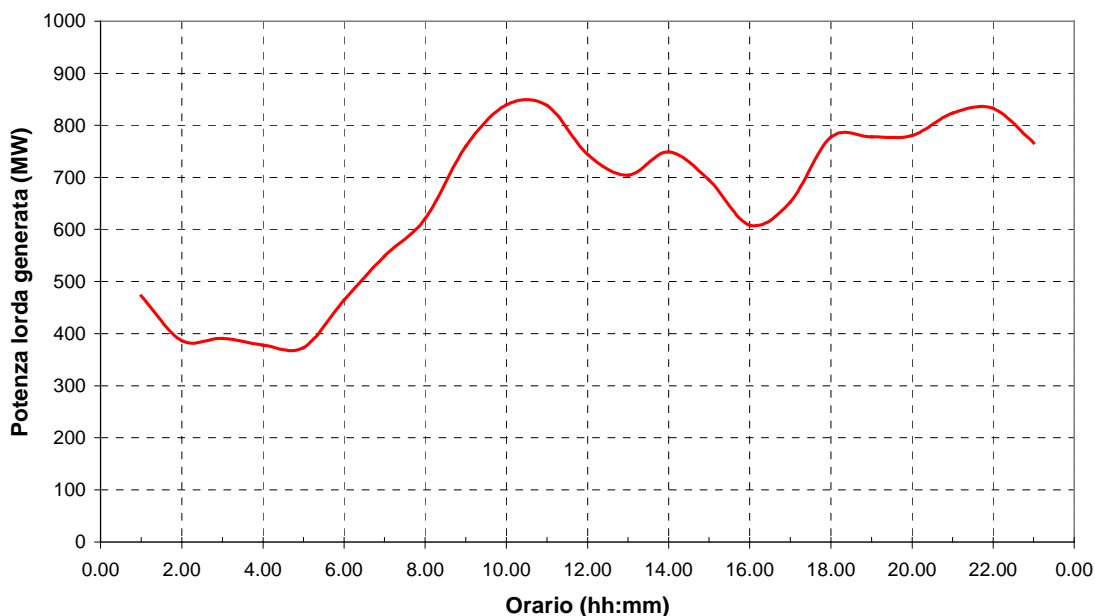


Fig.2 Andamento temporale della potenza lorda generata della centrale nel giorno di esecuzione dei rilievi termici in mare



Fig.3 Installazione del termografo nella vasca di calma dell'opera di presa



Fig.4 Installazione del termografo nell'opera di scarico della centrale

Centrale di Termini Imerese (Pa)

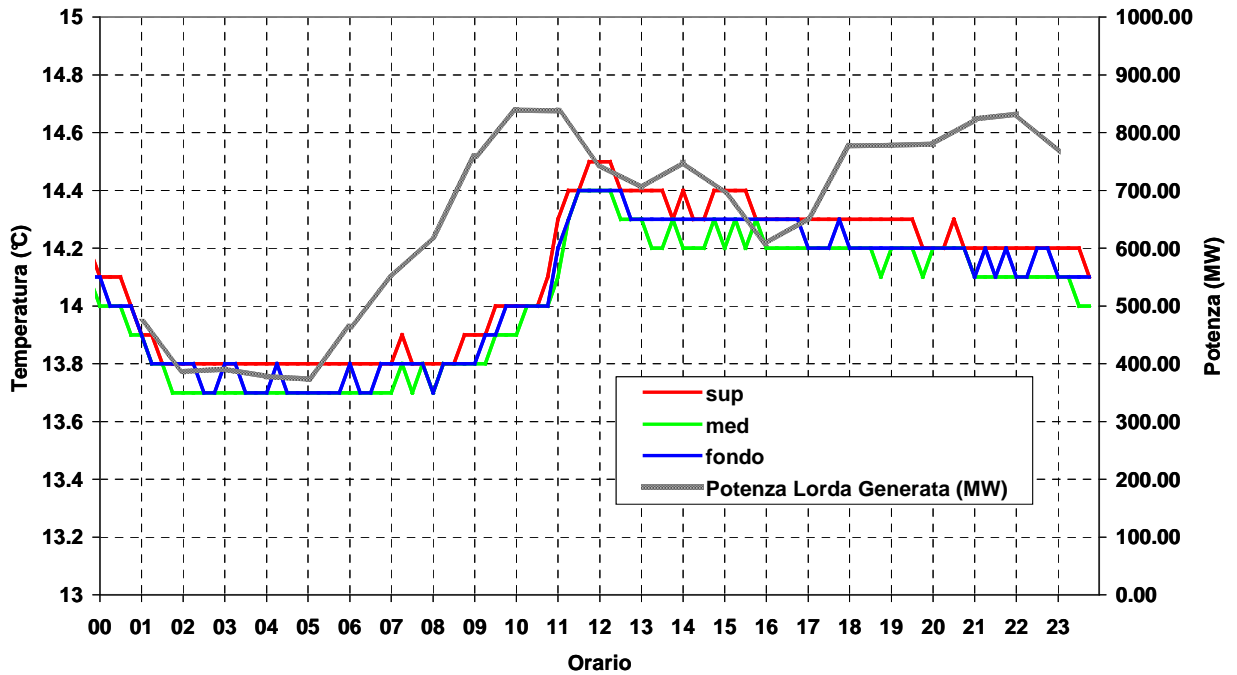


Fig.5 Confronto tra la temperatura misurata all'opera di presa e la potenza lorda generata nel giorno dei rilievi termici in mare

Centrale di Termini Imerese (Pa)

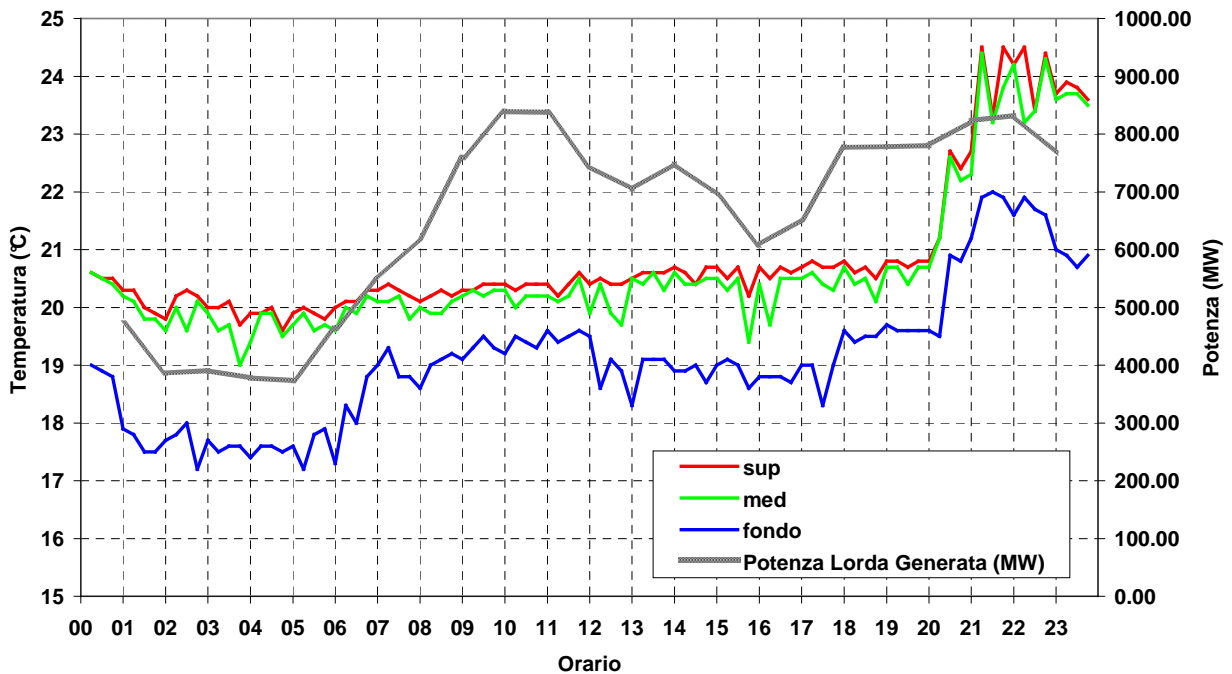


Fig.6 Confronto tra la temperatura misurata allo scarico della centrale e la potenza lorda generata nel giorno dei rilievi termici in mare

9 APPENDICE

- fogli raccolta dati di campo con i valori delle temperature misurate sull'arco a 1000 m dal punto di scarico (fronte e retro) (4 pag.)
- certificato SIT di taratura della sonda multiparametrica utilizzata per le misure di temperatura (3 pag.)

CESI - Laboratorio di Piacenza
PROCEDURA TECNICA 700QT00214 -FRD rev. 5, 11.8.99
MISURA DI TEMPERATURA IN PUNTI DEFINITI DI UN CORPO IDRICO SUPERFICIALE

N° commessa 0 N° prova 1 Località di esecuzione TERMINI IMERESE
Ubicazione dei punti di misura *IN MARE SU ARCO DI CERCHIO DI RAGGIO 1000 METRI*

MISURE TERMICHE A MARE													
CENTRALE DI MISURA N.	STAZIONE	TERMINI IMERESE			Potenza nominale [Mwe]			Portata nomin. acqua di raffred. [m³/s]			Portata acq. di raff. [m³/s] durante dei rilievi		
		DATA	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		04.02/2009	9.04	9.06	9.07	9.09	9.10	9.11	9.12	9.14	9.15	9.16	9.19
	0.1 m		14.0	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.2	14.1
	1.5 m		14.0	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.2	14.2	14.2
	3.0 m		14.0	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.2	14.1	14.2
	temp. [°C]		14.01	13.99	13.99	14.02	14.08	14.10	14.12	14.14	14.15	14.15	14.15
14		17	18	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	0.1 m		9.34	9.36	9.38	9.40	9.41	9.42	9.44	9.46	9.47	9.50	9.52
	1.5 m		14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.7	14.9	14.8
	3.0 m		14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.3	14.7	14.8	14.8
	temp. [°C]		14.2	14.2	14.2	14.2	14.1	14.2	14.3	14.2	14.7	14.2	14.4
14.17		14.17	14.17	14.17	14.17	14.15	14.14	14.19	14.25	14.26	14.69	14.66	14.66
27		30	31	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
	0.1 m		9.54	9.57	9.58								
	1.5 m		14.7	14.7	14.6								
	3.0 m		14.7	14.7	14.6								
	temp. [°C]		14.4	14.5	14.5								
			14.61	14.55	14.55								

CONDIZIONI METEOROLOGICHE		CONDIZIONI DEL MARE		NOTE
<input checked="" type="checkbox"/> SERENO	TEMP. AMB. [°C] 13	<input type="checkbox"/> CALMO		firma IP <input type="text"/> data 04/02/2009 firma RP <input type="text"/> data 04/02/2009
<input type="checkbox"/> VARIABILE	VENTO	<input type="checkbox"/> QUASICALMO		
<input type="checkbox"/> NUVOLOSO	PROVENIENZA [°N] S S/E	<input checked="" type="checkbox"/> LEGG. MOSSO		
<input type="checkbox"/> MOLTO NUVOLOSO	VELOCITA' [m/s] 2.5 + 3	<input type="checkbox"/> MOSSO		
<input type="checkbox"/> PIOGGIA		<input type="checkbox"/> AGITATO		

1° Foglio Raccolta Dati della misura di temperatura eseguita nella mattina del 4 febbraio 2009 (fronte)

RIPETIZIONI DELLE MISURE TERMICHE A MARE SULLA STAZIONE PIU' CALDA

STAZIONE PIU' CALDA	24
---------------------	----

REPLICA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ore/min	10.02	10.08	10.04	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09	10.10	10.11
0.1 m	14.26	14.47	14.45	14.5	14.50	14.52	14.51	14.54	14.55	14.54
1.5 m	14.26	14.32	14.34	14.29	14.29	14.31	14.29	14.32	14.35	14.31
3.0 m	14.2	14.24	14.23	14.24	14.25	14.23	14.22	14.23	14.25	14.24
Temp. [°C]	14.24	14.34	14.34	14.34	14.35	14.35	14.34	14.36	14.38	14.36

1° Foglio Raccolta Dati della misura di temperatura eseguita nella mattina del 4 febbraio 2009 (retro)

CESI - Laboratorio di Piacenza
PROCEDURA TECNICA 700QT00214 -FRD rev. 5, 11.8.99
MISURA DI TEMPERATURA IN PUNTI DEFINITI DI UN CORPO IDRICO SUPERFICIALE

N° commessa	0	N° prova	2	Località di esecuzione	TERMINI IMERESE
Ubicazione dei punti di misura		IN MARE SULL'ARCO DI CERCHIO DI RAGGIO 1000 METRI			

MISURE TERMICHE A MARE														
CENTRALE DI MISURA N.	STAZIONE	TERMINI IMERESE			Potenza nominale [W/m²]			Portata nomin. acqua di raffred. [m³/s]						
		DATA	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12
2		04/02/2009	14.48	14.3	14.3	14.31	14.52	14.53	14.54	14.55	14.57	14.58	14.59	15.00
	0.1 m		14.3	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
	1.5 m		14.3	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
	3.0 m		14.2	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.4	14.4	14.4	14.4
	STAZIONE		14.26	14.28	14.32	14.35	14.35	14.35	14.36	14.36	14.36	14.36	14.35	14.37
	0.1 m	15.01	15.02	15.03	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.10	15.12	15.13	15.15	15.16
	1.5 m	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.5	14.6	14.6	14.7	15.4
	3.0 m	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.7	14.7	15.4
	STAZIONE	14.38	14.39	14.39	14.40	14.41	14.41	14.39	14.41	14.45	14.51	14.58	14.62	15.16
	0.1 m	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	1.5 m	15.18	15.20	15.21										
	3.0 m	16.3	16.2	15.7										
	temp. [°C]	16.0	16.1	15.6										
		14.7	14.7	15.0										
		15.66	15.69	15.46										

CONDIZIONI METEOROLOGICHE		CONDIZIONI DEL MARE		NOTE
<input checked="" type="checkbox"/> SERENO	TEMP. AMB. [°C]	<input type="checkbox"/> CALMO		firma IP <input type="text"/> data 04/02/2009 firma RP <input type="text"/> data 04/02/2009
<input type="checkbox"/> VARIABILE	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> QUASI CALMO		
<input type="checkbox"/> NUVOLOSO	PROVENIENZA [°N]	<input type="checkbox"/> LEGG. MOSSO		
<input type="checkbox"/> MOLTO NUVOLOSO	VELOCITA' [m/s]	<input type="checkbox"/> MOSSO		
<input type="checkbox"/> PIOGGIA		<input type="checkbox"/> AGITATO		

2° Foglio Raccolta Dati della misura di temperatura eseguita nel pomeriggio del 4 febbraio 2009 (fronte)

RIPETIZIONI DELLE MISURE TERMICHE A MARE SULLA STAZIONE PIU' CALDA

STAZIONE PIU' CALDA	28
---------------------	----

REPLICAN*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
orefin	15.24	15.25	15.26	15.27	15.28	15.29	15.30	15.31	15.32	15.33
0.1 m	16.33	16.35	16.37	16.4	16.03	15.92	15.84	15.9	15.86	15.91
1.5 m	16.1	16.2	16.18	16.24	16.23	16.21	16.22	16.19	16.21	16.16
3.0 m	14.63	14.62	14.7	14.65	14.67	14.72	14.68	14.61	14.58	14.63
Temp. [°C]	15.69	15.72	15.75	15.76	15.64	15.62	15.58	15.57	15.55	15.57

2° Foglio Raccolta Dati della misura di temperatura eseguita nel pomeriggio del 4 febbraio 2009 (retro)

SIT	SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA <i>Calibration Service in Italy</i>	
Il SIT è uno dei firmatari degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA-MLA ed ILAC-MRA dei certificati di taratura. SIT is one of the signatories to the Mutual Recognition Agreement EA-MLA and ILAC-MRA for the calibration certificates.		
CENTRO DI TARATURA 24 <i>Calibration Centre</i>		 ente morale istruzione tecnica
 LABORATORI DI AUTOMATICA E STRUMENTAZIONE EMIT-IRG		Piazzale A. Cantore, 10 - 20123 Milano - Italia Tel. +39 02 8323290 - +39 02 58101806 Fax +39 02 83249259 Internet: http://www.emit.polimi.it e-mail: lae@mail.emit.polimi.it - sit24@mail.emit.polimi.it
		Pagina 1 di 3 <i>Page 1 of 3</i>
CERTIFICATO DI TARATURA N. 0846-ST-07 <i>Certificate of Calibration No.</i>		
<ul style="list-style-type: none"> - Data di emissione <i>date of issue</i> - destinatario <i>addressee</i> - richiesta <i>application</i> - in data <i>date</i> - Si riferisce a <i>referring to</i> - oggetto <i>item</i> - costruttore <i>manufacturer</i> - modello <i>model</i> - matricola <i>serial number</i> - data delle misure <i>date of measurements</i> - registro di laboratorio <i>laboratory reference</i> 	<ul style="list-style-type: none"> 2007-06-11 CESI - Milano Conferma offerta 2007-05-28 Catena Termometrica IDROMAR SAM 793 Pt 100 123566 - (025000) IM5136 2007-06-08 0846-07 	<p>Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento SIT N. 24 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Il SIT garantisce le capacità di misura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).</p> <p>Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.</p> <p><i>This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation SIT No. 24 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. SIT attests the measurement capability and metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.</i></p>
<p>I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni di prima linea da cui inizia la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura, in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.</p> <p><i>The measurement results reported in this Certificate were obtained following the procedures given in the following page, where the reference standards are indicated as well, from which starts the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in their course of validity. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.</i></p> <p>Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente al documento EA-4/02 e sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.</p> <p><i>The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to EA-4/02. They were estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.</i></p>		
Il Responsabile del Centro <i>Head of the Centre</i> 		

Certificato SIT di taratura della sonda multiparametrica utilizzata per le misure di temperatura (pag. 1)

SIT **SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA** **JIC**
Calibration Service in Italy

LABORATORI DI AUTOMATICA E STRUMENTAZIONE **Laboratorio Misure di Temperatura**
EMIT-URS **CENTRO DI TARATURA 24**

Certificato di taratura n. 0846-ST-07 Pagina 2 di 3
Certificate of calibration no *Page 2 of 3*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure N.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following procedures No.
EP-MT-01 / PP-MT-03

La catena di riferibilità ha inizio dai campioni di prima linea N.
Traceability is through first line standards No.
TR 11 ; TC 12

maniti di certificati validi di taratura rispettivamente N.
validated by certificates of calibration No.
06-0630-01 ; 06-0880-01

CONDIZIONI AMBIENTALI DI TARATURA

Temperatura ambiente	23 °C ± 1°C
Umidità relativa	50% U.R. ± 10% U.R.
Alimentazione:	Alimentatore esterno

CONDIZIONI DI TARATURA DEL TERMOMETRO A RESISTENZA

0 °C	In bagno di ghiaccio fondente immersione di 100 mm circa. Incertezza estesa della misura: 0,05 °C
da 0 °C a 80 °C	In bagno di acqua deionizzata, per confronto con termometro a resistenza campione immersione di 100 mm circa. Incertezza estesa della misura: 0,05 °C


L'incertezza estesa dello strumento in taratura è da valutarsi come la somma dell'incertezza estesa della misura ± 1 digit dello strumento in taratura


Certificato SIT di taratura della sonda multiparametrica utilizzata per le misure di temperatura (pag. 2)

SIT

SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA

Calibration Service in Italy





LABORATORI
DI AUTOMATICA
E STRUMENTAZIONE
EMIT-ELIS

Laboratorio Misure di Temperatura

CENTRO DI TARATURA 24

Certificato di taratura n. 0846-ST-07
Certificate of calibration no

Pagina 3 di 3
Page 3 of 3

RISULTATI DELLA TARATURA

INDICATORE

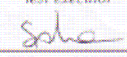
Costruttore: IDROMAR
Modello: SAM 793
Matricola: 123566 - (025000)
Risoluzione: 0,01°C

SONDA

Costruttore: ---
Modello: Pt 100
Matricola: IM5136
Canale: ---

Numero punti	Temperatura riferimento [°C]	Temperatura indicata [°C]	Differenza (test - tra) [°C]
1	0,00	0,08	0,08
2	12,21	12,27	0,06
3	25,16	25,23	0,07
4	36,14	36,16	0,02
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

NOTE:
Le temperature sono espresse in gradi Celsius, secondo la scala ITS-90.

Esecutore prova
test executor


Certificato SIT di taratura della sonda multiparametrica utilizzata per le misure di temperatura (pag. 3)