



## Ricerca di Sistema elettrico

Studio e progettazione di un impianto di cogenerazione di piccola taglia con turbina a vapore alimentata da sistemi di accumulo a sali fusi di impianti solari a concentrazione - Progettazione e sviluppo di un impianto dimostrativo con microturbina.

G. Chiatti, F. Palmieri, M. Amalfi

STUDIO E PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE DI PICCOLA TAGLIA CON TURBINA A VAPORE  
ALIMENTATA DA SISTEMI DI ACCUMULO A SALI FUSI DI IMPIANTI SOLARI A CONCENTRAZIONE  
PROGETTAZIONE E SVILUPPO DI UN IMPIANTO DIMOSTRATIVO CON MICROTURBINA

Giancarlo Chiatti, Fulvio Palmieri, Manfredi Amalfi (Università di Roma Tre)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Energia elettrica da fonte solare

Obiettivo: Studio di configurazioni impiantistiche alternative

Responsabile del Progetto: Domenico Mazzei, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'accordo di collaborazione "Studio e messa a punto di un impianto a vapore, per la produzione di energia elettrica, alimentato dall'impianto PCS dell'ENEA-Casaccia"

Responsabile scientifico ENEA: Pietro Tarquini

Responsabile scientifico Università di Roma Tre: Giancarlo Chiatti

## Indice

SOMMARIO.....	4
1 RICOGNIZIONE DELLA LINEA VAPORE DELL'IMPIANTO PCS .....	4
1.1 SERBATOIO DI ACCUMULO CON GENERATORE DI VAPORE INTEGRATO .....	4
1.2 SEPARATORE DI VAPORE .....	5
1.3 CONDENSATORE.....	5
1.4 RISCALDATORE AUSILIARE ELETTRICO .....	5
1.5 POMPA VOLUMETRICA ACQUA DI ALIMENTO .....	5
1.6 VALVOLE DI REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE .....	5
1.7 FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI VAPORE.....	5
1.7.1 Avviamento.....	5
1.7.2 Funzionamento in circolazione forzata.....	5
1.7.3 Ciclo di riferimento.....	7
2 PROGETTO DELL'IMPIANTO A VAPORE SPERIMENTALE IN ASSETTO COGENERATIVO NELLA FASCIA DI POTENZA 10-20 KW .....	8
2.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO MOTORE A VAPORE .....	8
2.2 DIAGRAMMA P&I .....	8
2.2.1 Linea vapore e linea condense .....	8
2.2.2 Dispositivi e strumentazione di sicurezza.....	9
2.2.3 Strumentazione di controllo impianto .....	10
2.3 AREA DESTINATA ALL'IMPIANTO E POSIZIONAMENTO DEL TURBOGENERATORE .....	10
2.4 DIMENSIONAMENTO.....	10
2.4.1 Dimensionamento dell'impianto sperimentale.....	10
2.4.2 Turbina a vapore.....	11
2.4.3 Condensatore.....	12
2.4.4 Aerotermo.....	13
3 APPROVVIGIONAMENTO DEI COMPONENTI .....	14
3.1 DISTINTA DI RIFERIMENTO E SCELTA DEI COMPONENTI .....	14
3.2 COMPONENTI DEL TURBOGENERATORE (RICERCA NEL MERCATO DEL NUOVO) .....	14
3.2.1 Turbine di tipo industriale pesante .....	14
3.2.2 Generatore elettrico e interfaccia di rete (15 kW).....	15
3.2.3 Turbogeneratore di tipo leggero.....	15
3.3 COMPONENTI DEL TURBOGENERATORE (RICERCA NEL MERCATO DELL'USATO RICONDIZIONATO) .....	16
3.3.1 Turbogeneratore da 16 kWel basato su Turbina KK&K .....	16
3.3.2 Turbogeneratore di piccola taglia prod. Sissons Ltd .....	17
3.4 COMPONENTI DELL'IMPIANTO A VAPORE.....	17
3.4.1 Valvole e componenti d'impianto principali per il collegamento della turbina da 15 kW (DRESSER RAND mod. RVHA).....	17
3.5 COMPONENTI DEL SISTEMA DI GESTIONE .....	19
4 COSTI DI INVESTIMENTO E CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA TAGLIA DELL'IMPIANTO A VAPORE .....	19
5 PROGETTO DI UN IMPIANTO A VAPORE DIMOSTRATIVO NELLA FASCIA DI POTENZA 0-2 KW .....	20
5.1 RICOGNIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TURBOGENERATORE .....	20
5.1.1 Micro-turbina.....	20
5.1.2 Caratteristiche della microturbina .....	22
5.1.3 Generatore elettrico.....	23
5.1.4 Generatore di vapore a "bassa" temperatura .....	23
5.1.5 Schema impianto con microturbina a vapore.....	23
6 CONCLUSIONI.....	24
7 ALLEGATI.....	25

## Sommario

Si riassumono i lineamenti delle attività che riguardano la progettazione e la realizzazione di un impianto a vapore alimentato da sistemi di accumulo termico a sali fusi di impianti solari a concentrazione.

L'attività svolta ha avuto come obiettivo il progetto di un impianto sperimentale a vapore, sottoposto all'impianto Prova Collettori Solari (PCS) dell'ENEA Casaccia.

Le attività si sono articolate in diverse fasi, a partire dal rilievo dell'attuale configurazione della linea vapore dell'impianto PCS, fino alla definizione e alla progettazione dell'impianto dimostratore basato su micro-turbina a vapore.

Una volta individuate le problematiche impiantistiche e operative connesse alla realizzazione dell'impianto, è stato definito il circuito vapore e sono state scelte le relative apparecchiature.

In una prima fase sono state definite le caratteristiche di un impianto a vapore sperimentale nel range di potenza 10-20 kWel, studiato per essere alimentato dal generatore di vapore attualmente in funzione presso l'impianto sperimentale PCS-ENEA.

In una seconda fase, alla luce di quanto ricavato dall'attività di studio e progettazione, e anche in considerazione dell'impegno economico per la realizzazione dell'impianto a vapore, è stato progettato l'impianto dimostrativo di piccolissima taglia, nel campo 0-2kWel. Questa scelta, senza pregiudicare la qualità della sperimentazione sull'impianto a vapore, ha consentito una sostanziale riduzione dell'investimento. Si è inoltre presentate l'opportunità di predisporre lo sviluppo di un piccolo generatore di vapore, integrato nel serbatoio di accumulo sali, in grado di fornire vapore a temperature relativamente basse, estendendo il campo di applicazione dei generatori di vapore operanti con sali fusi.

## 1 Ricognizione della linea vapore dell'impianto PCS

Il circuito vapore dell'impianto Prova Collettori Solari (PCS) si basa su un generatore di vapore integrato nel serbatoio di accumulo sali. I principali componenti del sistema sono i seguenti:

1. Serbatoio di accumulo sali con generatore di vapore integrato
2. Separatore di vapore
3. Condensatore
4. Riscaldatore ausiliare elettrico
5. Pompa volumetrica acqua di alimento
6. Valvole di regolazione della pressione
7. Valvole di sicurezza e di by-pass
8. Strumentazione

Allo stato attuale il vapore prodotto dall'impianto viene laminato e condensato, non essendo presenti impianti convertitori o altre utenze.

### 1.1 Serbatoio di accumulo con generatore di vapore integrato

Il sistema di accumulo sviluppato da ENEA è realizzato tramite un unico serbatoio, all'interno del quale è collocato il generatore di vapore. Questo assetto impiantistico coniuga la funzione di accumulo dell'energia termica sfruttando le proprietà termofisiche dei sali con la funzione di produzione di vapore.

Il generatore di vapore è costituito da un mantello cilindrico al cui interno è disposta una tubazione con andamento elicoidale, attraversata dall'acqua di alimento (operante nel campo di pressione 1-55 bar). Il regime di circolazione lato acqua può essere anche di tipo naturale. In questo caso all'uscita dai tubi elicoidali il fluido si presenta come una miscela bifasica acqua-vapore, successivamente inviata al separatore.

I sali attraversano il generatore di vapore lato mantello. La loro circolazione è spontanea, garantita dalla maggiore massa volumica dei sali che si raffreddano, attraversando il generatore, per lo scambio termico con l'acqua.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei sali ne favoriscono la stratificazione all'interno del serbatoio. Nella parte inferiore si dispongono i sali che hanno attraversato il generatore di vapore e che si trovano a temperatura inferiore.

L'impianto di circolazione dei sali estrae dalla parte bassa del serbatoio il sale freddo per poi riconsegnarlo, dopo il riscaldamento, nella parte alta del serbatoio.

Il generatore di vapore è caratterizzato, lato tubi, da una corrente ascendente (acqua-vapore) che assorbe calore; lato mantello, la corrente di sali è discendente e si raffredda; in tale ottica, lo scambio termico avviene in assetto controcorrente.

## *1.2 Separatore di vapore*

Il separatore di vapore è necessario per la produzione di vapore in circolazione naturale. Lo scopo di questo elemento è quello di separare il vapore dalla miscela acqua/vapore uscente dal generatore. Il vapore saturo viene separato e reso disponibile per la linea vapore, mentre l'acqua viene riavviata al generatore. Nel funzionamento in circolazione forzata, il separatore viene escluso tramite by-pass.

## *1.3 Condensatore*

Il condensatore è di tipo aerotermo a convezione d'aria forzata, dimensionato per le condizioni di funzionamento a pieno carico.

## *1.4 Riscaldatore ausiliario elettrico*

L'impianto è dotato di un riscaldatore ausiliario per il mantenimento dei sali alla temperatura di esercizio desiderata, indipendentemente dal contributo termico dei concentratori solari. La produzione di vapore può essere sostenuta per intero dal riscaldatore elettrico.

## *1.5 Pompa volumetrica acqua di alimento*

La pompa di circolazione è di tipo volumetrico, alternativa a tre cilindri. La portata viene regolata modificando la corsa utile dei pompanti. Fissato il valore di portata, la pressione di mandata dipende dalla posizione dell'otturatore delle valvole regolatrici.

## *1.6 Valvole di regolazione della pressione*

Sono valvole a due vie con otturatore, manovrate con servomotore.

## *1.7 Funzionamento dell'impianto per la produzione di vapore*

### *1.7.1 Avviamento*

Tale operazione può introdurre delle criticità in ragione degli stress termomeccanici che i vari componenti subiscono durante il raggiungimento della temperatura di esercizio. All'avvio le valvole di regolazione della pressione rimangono aperte in modo tale da compiere le varie operazioni iniziali a pressione atmosferica (in questo modo si evita di aggiungere altri stress meccanici, dovuti alla pressione, a quelli già presenti a causa delle dilatazioni termiche). Al generatore di vapore viene inviata una piccola portata d'acqua che, nell'attraversarlo, vaporizza e si surriscalda. Il vapore così prodotto viene inviato alle altre parti dell'impianto che così iniziano a riscaldarsi. Successivamente si inizia ad incrementare la portata d'acqua inviata dalla pompa in modo tale da portare in temperatura i vari componenti. Raggiunte le temperature di esercizio, si regolano le valvole fino al raggiungimento delle condizioni richieste.

### *1.7.2 Funzionamento in circolazione forzata*

Escluso il separatore di vapore, la portata d'acqua elaborata dalla pompa attraversa il generatore di vapore. A seconda dell'assetto di funzionamento scelto, è possibile produrre vapore saturo o surriscaldato.

### 1.7.3 Ciclo di riferimento

Sono state riportate in Tabella 1 le condizioni di funzionamento del generatore di vapore, significative per la progettazione dell'impianto motore con turbina.

Il vapore viene reso disponibile alle pressioni di 55 e 40 bar, mentre i diversi livelli di surriscaldamento sono legati alla temperatura dei sali fusi all'interno del serbatoio d'accumulo.

Con riferimento ad un assetto cogenerativo dell'impianto a vapore, le condizioni al condensatore (pressione 0.701 bar assoluti e 90°C) sono determinate dai livelli di temperatura dell'acqua di refrigerazione. In particolare, è stato scelto l'intervallo di temperatura di dieci gradi compreso fra 70°C e 80°C, rappresentativo delle usuali applicazioni nei settori agricolo, alimentare e industriale. D'altra parte si assume che, per finalità sperimentali, l'impianto venga corredato di uno scambiatore aerotermo che assolva le medesime funzioni del carico. E' stato anche preso in considerazione un assetto di cogenerazione che prevede di portare la temperatura di condensazione a 60°C.

**Tabella 1: Condizioni al generatore e al condensatore**

Temperatura sali fusi [°C]	Temperatura Vapore[°C]	Pressione [bar]
450	380	55, 40
	280	
	280	
500	430	
	320	
	280	
550	490	
	400	
	280	
<b>Cogenerazione ad "alta" temperatura</b>		
Acqua di refrigerazione	Temp. "in" [°C]	Temp. "out" [°C]
	70	80
Aerotermo	Temperatura aria esterna [°C]	
	30	
<b>Cogenerazione a "bassa" temperatura</b>		
	Temp. "in" [°C]	Temp. "out" [°C]
Acqua di refrigerazione	40	50
	Temperatura aria esterna [°C]	
Aerotermo	30	

## 2 Progetto dell'impianto a vapore sperimentale in assetto cogenerativo nella fascia di potenza 10-20 kW

### 2.1 Descrizione dell'impianto motore a vapore

E' stato definito lo schema dell'impianto motore a vapore, evidenziandone i componenti principali.

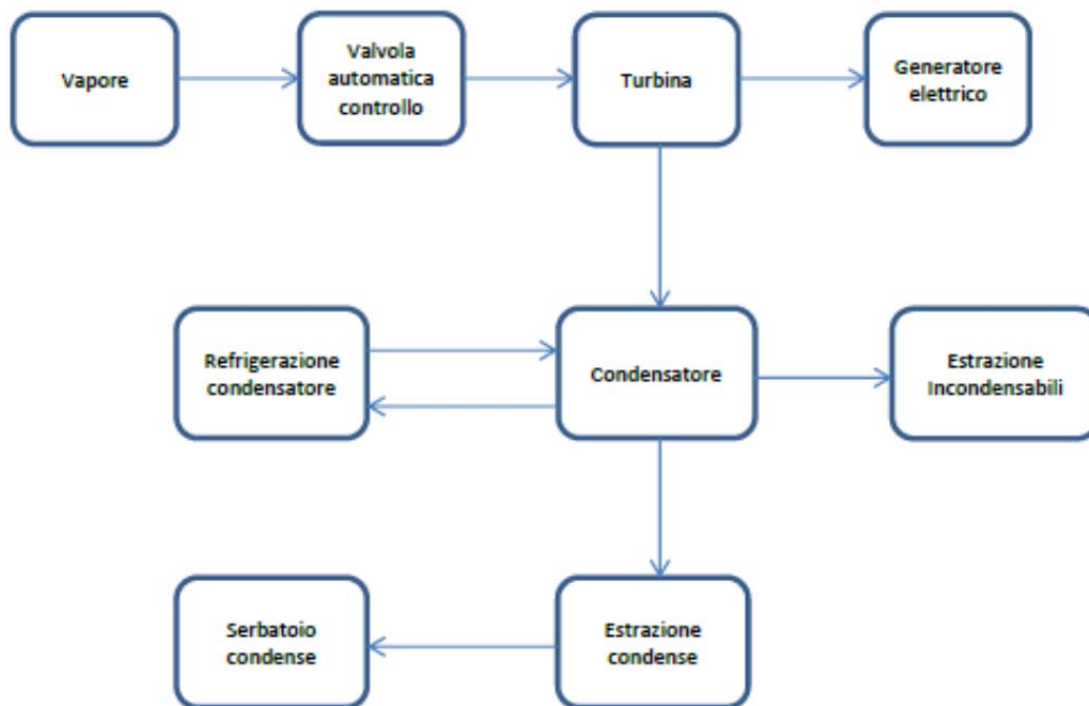


Figura 1: Schema funzionale dell'impianto motore a vapore

Tramite una linea in derivazione, il generatore di vapore viene collegato al turbogeneratore, equipaggiato con l'apparecchiatura per l'immissione in rete elettrica. Il vapore scaricato dalla turbina è condensato alla pressione atmosferica. Il condensatore è alimentato con acqua di refrigerazione messa a disposizione da una utenza sottoposta in assetto cogenerativo. In caso di indisponibilità dell'utenza cogenerativa, si inserisce nel circuito lo scambiatore aerotermo. L'estrazione delle condense avviene mediante un gruppo pompa, che le riporta fino al pozzo caldo collegato alla linea di alimento ad alta pressione. L'estrazione degli incondensabili è realizzata con un dispositivo apposito.

### 2.2 Diagramma P&I

L'impianto è stato rappresentato in un diagramma P&I<sup>1</sup> che ne riporta le caratteristiche fondamentali sia circuitali sia del sistema di controllo, indicando le connessioni dei componenti principali e le relative funzioni.

#### 2.2.1 Linea vapore e linea condense

La linea vapore a servizio del turbogeneratore è realizzata a partire dal punto di presa sul generatore di vapore, attraverso una valvola. Il vapore proveniente dal generatore, prima di essere inviato alla turbina, è intercettato attraverso un distributore; viene quindi separato dalla condensa e, attraverso una valvola

<sup>1</sup> Allegato A1



automatica, gestita tramite PLC, viene ammesso alla valvola di controllo vapore presente a bordo del turbogeneratore.

Una linea vapore è dedicata specificatamente al preriscaldamento della turbina, tramite valvola di bypass, che consente di gestire il processo di avviamento in modo automatico.

Sulla linea vapore alta pressione, a monte della valvola di controllo automatica, è installato un separatore di condensa. Tutta la linea vapore di adduzione in turbina è dotata di valvole di intercettazione e di scaricatori di condensa, operativi sia all'avviamento della turbina, sia durante l'esercizio della stessa.

I gruppi degli scaricatori di condensa sono realizzati secondo la configurazione:

- ❖ filtro;
- ❖ valvola di ritegno;
- ❖ scaricatore di condensa a galleggiante con sfiato aria;
- ❖ valvola di intercettazione.

Le condense vengono riportate tramite una pompa azionata in automatico dal sistema di controllo al serbatoio di raccolta. I componenti principali impiegati sulla linea vapore e linea condense comprendono:

- ❖ n. 1 valvola automatica di controllo, completa di attuatore e posizionatore, controllata dal PLC;
- ❖ valvole a globo e a sfera di intercettazione e regolazione;
- ❖ filtri;
- ❖ n. 1 separatore di condensa;
- ❖ n. 6 gruppi scaricatori di condensa;
- ❖ n. 1 pompa d'estrazione delle condense, controllata tramite inverter dal PLC.
- ❖ Condensatore

### 2.2.2 Dispositivi e strumentazione di sicurezza

L'impianto è dotato dei dispositivi di sicurezza richiesti dalle normative vigenti e in particolare della valvola di sicurezza per il vapore posizionata allo scarico della turbina e della valvola di sicurezza sulla linea acqua di raffreddamento del condensatore (condensatore ad acqua). E' inoltre inserita un'ulteriore valvola di sicurezza per vapore a bassa pressione sulla linea delle tenute turbina.

Il sistema di gestione dell'impianto provvede ad arrestare automaticamente l'afflusso di vapore in ingresso alla turbina nel caso di anomalie riscontrate dal sistema di controllo sulla linea vapore o acqua di raffreddamento del condensatore, o nel caso di attivazione manuale del segnale di arresto d'emergenza da parte dell'operatore, mettendo in sicurezza l'intero sistema.

I principali dispositivi di sicurezza impiegati sono:

- ❖ n. 2 valvole di sicurezza linea vapore;
- ❖ n. 1 valvola di sicurezza linea acqua raffreddamento condensatore;
- ❖ n. 1 vaso espansione linea acqua raffreddamento condensatore.

Gli strumenti impiegati nel sistema di sicurezza sono:

- ❖ pressostati di minima e massima pressione;
- ❖ termostati di regolazione e di blocco;
- ❖ flussostati;
- ❖ termometri;
- ❖ manometri;
- ❖ interruttore di sicurezza su valvola vapore.

### 2.2.3 Strumentazione di controllo impianto

I parametri funzionali dell'impianto (pressione, temperatura, portate e livelli) sono trasmessi in continuo al PLC dalla strumentazione installata a bordo impianto e sono utilizzati per la gestione della generazione elettrica al variare della portata di vapore in uscita dal generatore di vapore attualmente in funzione. Gli elementi riportati diagramma P&I sono i seguenti:

- ❖ n. 4 trasmettitori di temperatura;
- ❖ n. 1 trasmettitore di pressione;
- ❖ n. 1 trasmettitore di pressione differenziale;
- ❖ n. 1 trasmettitore di portata;
- ❖ n. 1 trasmettitore di livello;
  
- ❖ termometri per linea vapore alta pressione;
- ❖ termometri per linea vapore bassa pressione;
- ❖ termometri per linea condense;
- ❖ manometri per linea vapore alta pressione;
- ❖ manometri per linea vapore bassa pressione;
- ❖ manometri per linea condense.

### 2.3 Area destinata all'impianto e posizionamento del turbogeneratore

La scelta dell'area per l'installazione della turbina risponde alla disposizione del generatore di vapore, collocato all'interno del serbatoio di accumulo sali fusi. E' stata individuata un'area libera in prossimità del serbatoio di accumulo, idonea sotto diversi punti di vista a ospitare il turbogeneratore; essa permette l'accesso alle apparecchiature necessarie alle operazioni di installazione e manutenzione, consente di limitare il percorso della tubazione vapore e offre la possibilità di installare componenti dell'impianto che richiedono adeguato riparo o protezione (strumentazione, quadri elettrici).

### 2.4 Dimensionamento

Il dimensionamento dei componenti dell'impianto a vapore è stato effettuato facendo riferimento a un sistema di taglia pari a 15 kWel.

#### 2.4.1 Dimensionamento dell'impianto sperimentale

Per la scelta dei componenti degli impianti si è presa in considerazione la condizione di funzionamento corrispondente alla temperatura di 500 °C dei sali fusi, per il livello di pressione di 40 bar; nella Tabella 2 sono stati riportati i valori dell'entalpia del vapore e la temperatura di condensazione considerata, pari a 90 gradi centigradi.

**Tabella 2: Caratteristiche del ciclo a vapore**

Vapore surriscaldato			
Temp. ingresso vapore [°C]	Entalpia Vapore @40bar [kJ/kg]	Temp. condensazione vapore[°C]	Entalpia del liquido [kJ/kg]
480	3399.52	90	376.96
430	3283.95	90	376.96
380	3165.58	90	376.96
320	3014.52	90	376.96
280	2900.82	90	376.96

### 2.4.2 Turbina a vapore

La scelta della turbina a vapore è stata effettuata sulla base di quanto disponibile sul mercato del nuovo. In particolare, è stata presa come riferimento la turbina di tipo Curtis del costruttore Dresser Rand, modello RVHA. Si riportano di seguito (Tabella 3) le condizioni di funzionamento al variare della massima temperatura del vapore, per due diverse configurazioni della turbina (diversi regimi di rotazione).

**Tabella 3: Caratteristiche e prestazioni della turbina a vapore Dresser Rand modello RVHA (15kWe)**

Temp. ingresso vapore [°C]	Temp. condensazione vapore[°C]	40 bar	
		Consumo di vapore [kg/h]	$\eta_{el}$ stimato
<b>15 kW @ 9000 RPM</b>			
480	90	120	0.149
430	90	128	0.145
380	90	137	0.141
320	90	149	0.137
280	90	158	0.135
<b>15 kW @ 3000 RPM</b>			
480	90	134	0.133
430	90	143	0.130
380	90	152	0.127
320	90	166	0.123
280	90	176	0.122

Per le condizioni di esercizio individuate, è stato valutato il rendimento di espansione in turbina, ponendolo pari a

$$\eta_T = \frac{\Delta h_{reale\ T}}{\Delta h_{is\ T}} \quad (1)$$

e introducendo il termine  $\eta$  per tenere conto delle perdite introdotte dalla macchina elettrica; vale la relazione seguente:

$$\dot{m}_{V\ reale\ T} \cdot \Delta h_{reale\ T} = P_e \frac{1}{\eta} \quad (2)$$

da cui

$$\Delta h_{reale\ T} = \frac{\frac{P_e}{0,9}}{\dot{m}_{V\ reale\ T}} \quad (3)$$

Noto il salto entalpico reale in turbina, è stato determinato il salto entalpico nel condensatore

$$\Delta h_{Condensatore} = \Delta h_{Gen.\ Vapore} - \Delta h_{reale\ T} \quad (4)$$

La tabella seguente riporta i valori calcolati e riferiti all'impianto in esame, utilizzando i valori di

$$\Delta h_{Gen.\ Vapore}$$

riportati nella Tabella 1.

**Tabella 4: Salti entalpici per le diverse condizioni di funzionamento (15 kW<sub>e</sub>)**

Temp. ingresso vapore [°C]	Temp. condensazione vapore [°C]	40 bar			
		$\Delta h_{isT}$ [kJ/kg]	$\Delta h_{realeT}$ [kJ/kg]	$\eta_T$	$\Delta h_{Cond}$ [kJ/kg]
<b>15 kW @ 9000 RPM</b>					
480	90	900	499	0.56	2523
430	90	843	467	0.56	2438
380	90	791	437	0.55	2351
320	90	731	402	0.55	2235
280	90	686	379	0.55	2144
<b>15 kW @ 3000 RPM</b>					
480	90	900	448	0.50	2575
430	90	843	420	0.50	2487
380	90	791	393	0.50	2394
320	90	731	362	0.49	2276
280	90	686	341	0.50	2183

### 2.4.3 Condensatore

Nel caso in esame è stato scelto di condensare il vapore scaricato dalla turbina alla temperatura di 90°. Riguardo alle condizioni allo scarico della turbina utilizzate per il dimensionamento di massima del condensatore, è stato preso in considerazione il caso in cui il vapore si presenta allo scarico della turbina allo stato ancora surriscaldato (Tabella 5). Il vapore si presenta all’ingresso del condensatore alla temperatura di 212 gradi centigradi, con circa 122 gradi di surriscaldamento.

Nel primo tratto del condensatore si realizzerà la fase di **desurriscaldamento**, mentre nel secondo tratto si realizzerà la fase di **condensazione** vera e propria.

Volendo esaminare l’impegno richiesto per l’allestimento di un banco sperimentale sono state valutate le indicazioni da fornire al costruttore dell’apparecchio.

**Tabella 5: Condizioni del vapore in uscita dalla turbina**

vapore surriscaldato – pressione 40 bar			
Temp. ingresso vapore [°C]	Entalpia allo scarico turbina [kJ/kg]	Temp. del vapore allo scarico [°C]	Temp. condensazione vapore [°C]
480	2900	212 (surr.)	90

Il vapore, considerato nella condizione più gravosa per il condensatore, dovrà portarsi dalla temperatura di 212 °C alla temperatura di condensazione.

**Tabella 6: Desurriscaldamento**

sezione di desurriscaldamento			
Temp. del vapore in ingresso [°C]	Temp. di condensazione vapore [°C]	potenza termica scambiata [kW]	Coefficiente tipico di scambio termico in desurriscaldamento [kW/ m <sup>2</sup> °C]
212	90	9	0.125

La condensazione, per le condizioni sopra riportate, vedrà il passaggio dallo stato di vapore saturo allo stato di liquido saturo, alla temperatura di 90°C.

**Tabella 7: Dimensionamento di massima della sezione di condensazione**

sezione di condensazione			
Temp. del vapore in ingresso [°C]	Temp. di condensazione vapore [°C]	Coefficiente tipico di scambio termico in condensazione [kW/m <sup>2</sup> °C]	potenza termica scambiata [kW]
90	90	5.5	77

La potenza totale al condensatore è pari a 86 kW e la portata d'acqua necessaria per avere un salto di temperatura di dieci gradi risulta pari a circa 2,1 kg/s. La superficie di scambio termico, considerando le condizioni del vapore nelle sezioni di desurriscaldamento e condensazione risulta pari a circa 2,5 m<sup>2</sup>.

#### 2.4.4 Aerotermo

Ove non fosse presente l'utenza termica alla quale consegnare l'acqua calda uscente dal condensatore, si prevede l'impiego di un aerotermo, di cui è stato effettuato il dimensionamento di massima, Tabella 8 (riferimento ai dati forniti da aziende produttrici di aerotermi per uso industriale).

**Tabella 8: dimensionamento di massima dello scambiatore aerotermo**

Scambiatore aerotermo			
Temp. dell'acqua in ingresso [°C]	Temp. dell'acqua in uscita [°C]	Temperatura aria ambiente [°C]	Incremento di temperatura dell'aria [°C]
80	70	30	20
Differenza media logaritmica	Coefficiente tipico di scambio termico in condensazione [kW/m <sup>2</sup> °C]	potenza termica scambiata [kW]	Superficie di scambio termico [m <sup>2</sup> ]
35	0.04	86	61
Portata d'acqua di refrigerazione nel condensatore [kg/s]			
2,1			



**Figura 2: Vista del capannone che ospita l'impianto per la produzione di vapore**

## 3 Approvvigionamento dei componenti

### 3.1 Distinta di riferimento e scelta dei componenti

I componenti dell'impianto a vapore sono stati suddivisi in tre gruppi, all'interno dei quali sono stati identificati gli elementi che costituiscono le principali voci di costo.

1. Componenti del turbogeneratore a vapore
  - a. Turbina a vapore
  - b. Basamento turbina-macchina elettrica
  - c. Macchina elettrica e interfaccia per immissione in rete
  
2. Componenti del circuito vapore
  - a. Valvole di intercettazione
  - b. Valvole di regolazione e sicurezza
  - c. Gruppi di scarico condensa
  - d. Tubazione
  - e. Condensatore ad acqua
  - f. Gruppi motore-pompa
  
3. Componenti del sistema di automazione
  - a. Quadro elettrico e sistema di gestione con PLC
  - b. Trasmettitori di temperatura e pressione
  - c. Misuratori portata di vapore

### 3.2 Componenti del turbogeneratore (Ricerca nel mercato del nuovo)

Si è fatto riferimento ai costruttori di turbine a vapore in grado di fornire macchine nella fascia di potenza fino a circa 15 kW. Dall'indagine iniziale sono emerse diverse possibilità, prese in considerazione tanto dal punto di vista tecnico quanto dal punto di vista economico e descritte nel seguito.

#### 3.2.1 Turbine di tipo industriale pesante

Le turbine a vapore appartenenti a questa categoria sono caratterizzate dalla costruzione particolarmente robusta, per applicazioni industriali gravose e richiedono minima manutenzione (Figura 3).

L'aspetto di maggiore importanza è rappresentato dal costo di approvvigionamento di tali macchine. Infatti, l'indagine di mercato effettuata<sup>2</sup> ha evidenziato che il loro costo si mantiene pressoché invariato fino alla taglia di circa 70 kW.



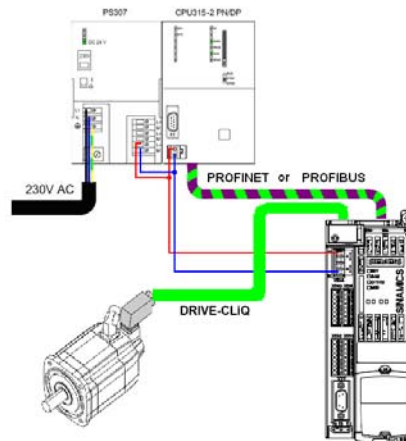
Figura 3: Turbina Dresser Rand, mod. RLHA

<sup>2</sup> Contatti telefonici intercorsi con il rivenditore DRESSER RAND per l'Italia, ELTAL SRL, Via Petrarca n°1, 54100 Massa (MS) – ITALY Tel. +39-0585-810429

In sintesi, il mercato del nuovo offre macchine di taglia compresa fra 1 e 70kW ad un costo che oscilla tra 60000 e 70000 Euro.

### 3.2.2 Generatore elettrico e interfaccia di rete (15 kW)

E' stata presa in considerazione un'apparecchiatura per la generazione elettrica e l'immissione in rete che consente il funzionamento della turbina a regime relativamente elevato e senza l'interposizione di riduttori meccanici (Figura 4). Le caratteristiche dei componenti del sistema sono state definite ed è stata successivamente effettuata la relativa quotazione economica, riportata in allegato<sup>3</sup>.



**Figura 4: Schema dell'apparecchiatura per generazione elettrica e immissione in rete - Serie Sinamics 120, prod. Siemens**

### 3.2.3 Turbogeneratore di tipo leggero

E' stata esplorata la possibilità di impiegare turbine di tipo leggero, appositamente sviluppate per la piccola generazione di potenza nella fascia di potenza fino a 15 kW. E' stata individuata una ditta che è si è dichiarata disponibile alla fornitura di macchine appartenenti a questa categoria. Dalle comunicazioni<sup>4</sup> intercorse con la ditta, è inizialmente emersa la disponibilità a catalogo di un solo apparecchio, un gruppo di generazione a vapore di taglia pari a 1,2 kWel (Figura 5).



**Figura 5: Turbina di piccola taglia integrata nel generatore elettrico da 1,2 kW – Prod. Green Turbine**

<sup>3</sup> Allegato 1

<sup>4</sup> Allegato 2

Le turbine che equipaggiano queste apparecchiature sono risultate interessanti sia dal punto di vista tecnico, sia da quello economico e se ne riportano le principali caratteristiche tecniche in allegato<sup>5</sup>.

D'altra parte, durante la successiva fase di attività finalizzata all'approvvigionamento<sup>6</sup> del materiale, si è evidenziato che la fornitura richiedeva un tempo di attesa per la fornitura molto lungo, non compatibile con il programma delle attività di ricerca.

### 3.3 Componenti del turbogeneratore (Ricerca nel mercato dell'usato ricondizionato)

Con l'obiettivo di limitare il costo di approvvigionamento della macchina a vapore, è stata effettuata una ricerca nel mercato dell'usato ricondizionato. Sono state individuate alcune macchine idonee all'applicazione e ne sono stati presi in considerazione i costi.

#### 3.3.1 Turbogeneratore da 16 kWel basato su Turbina KK&K

E' stata individuata una turbina di tipo industriale a vapore per la realizzazione di un turbogeneratore di taglia pari a 16kWel, basato sull'utilizzo di una macchina ricondizionata di marca KK&K (Figura 6), accoppiata a un alternatore di marca Mecc Alte nuovo, di cui si riportano le principali caratteristiche tecniche in allegato<sup>7</sup>.

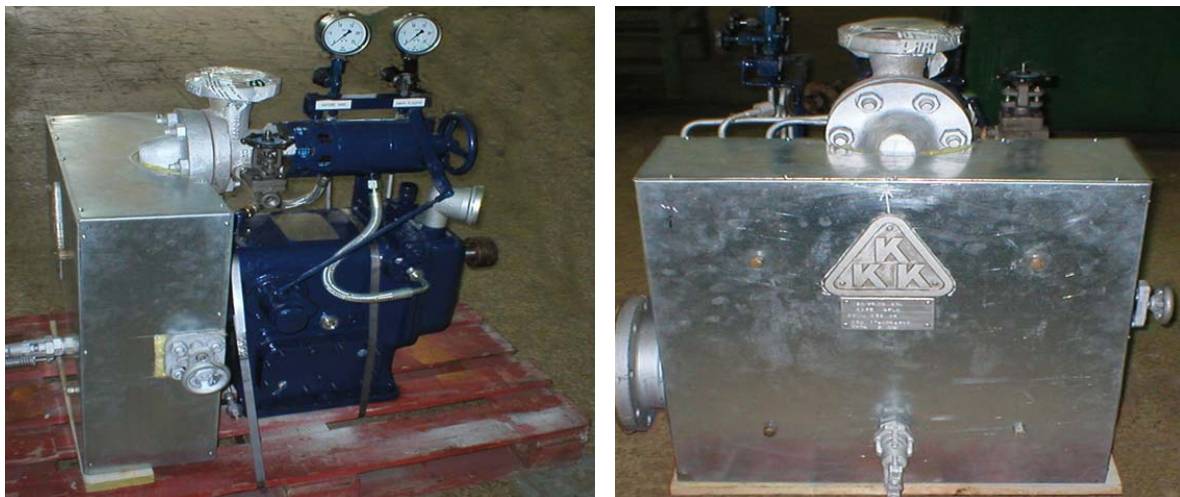


Figura 6: Turbina a vapore KK&K, mod. BF4/80

Il costo di approvvigionamento per questa soluzione risulta più basso rispetto all'acquisto dal mercato del nuovo; sinteticamente, ricorrendo al mercato dell'usato si riesce ad acquisire il turbogeneratore completo (turbina, giunto di collegamento, alternatore, basamento e quadro) al costo della sola turbina a vapore nuova.

Restano inalterati, ovviamente, i costi legati alla realizzazione dell'impianto (piping e controllo), che dipendono essenzialmente dalla taglia della macchina a vapore e che saranno presi in considerazione più avanti.

<sup>5</sup> Allegato 3, Allegato 4, Allegato 5

<sup>6</sup> Allegato 6

<sup>7</sup> Allegato 7



### 3.3.2 Turbogeneratore di piccola taglia prod. Sissons Ltd

E' stato individuato un turbogeneratore da 1,5 kWel, basato su una micro-turbina industriale (Figura 7), di cui si riportano la documentazione e l'offerta commerciale in allegato<sup>8</sup>. Tale apparecchiatura è risultata interessante e idonea all'applicazione. In particolare essa consente la realizzazione di un impianto che utilizza vapore di qualità significativa, ma caratterizzato da una richiesta portata sensibilmente più modesta rispetto a quella necessaria all'impianto di taglia maggiore.

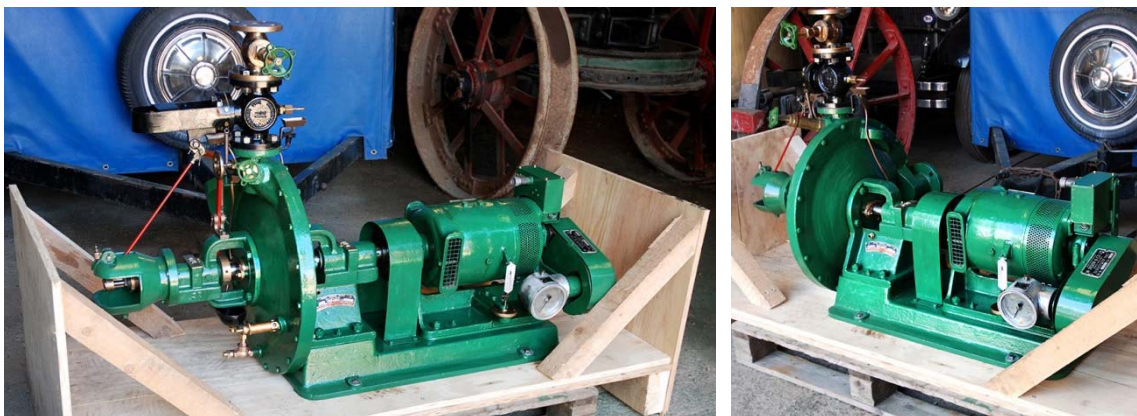


Figura 7: Turbogeneratore a vapore di piccola taglia - prod. Sissons

## 3.4 Componenti dell'impianto a vapore

Sulla base del diagramma P&I sviluppato<sup>9</sup>, è stata effettuata una indagine di mercato volta a individuare le voci di costo più significative nella realizzazione dell'impianto.

### 3.4.1 Valvole e componenti d'impianto principali per il collegamento della turbina da 15 kW (DRESSER RAND mod. RVHA)

La Figura 8 mostra la turbina a vapore inserita nell'impianto, evidenziando il valvolame necessario all'installazione. A bordo macchina sono già presenti la valvola di regolazione principale e la valvola di overspeed, rappresentate con tratto rosso a maggior spessore; poiché queste valvole sono azionate automaticamente e per via esclusivamente meccanica, non richiedono il collegamento al sistema di controllo gestito dal PLC

Il collegamento della turbina a vapore richiede l'installazione di due valvole di sezionamento monte e valle macchina, di un separatore di condensa, di una valvola di sicurezza a piena portata e di quattro gruppi scaricatori di condensa, come evidenziato in (Figura 8).

<sup>8</sup> Allegato 8

<sup>9</sup> Allegato A1

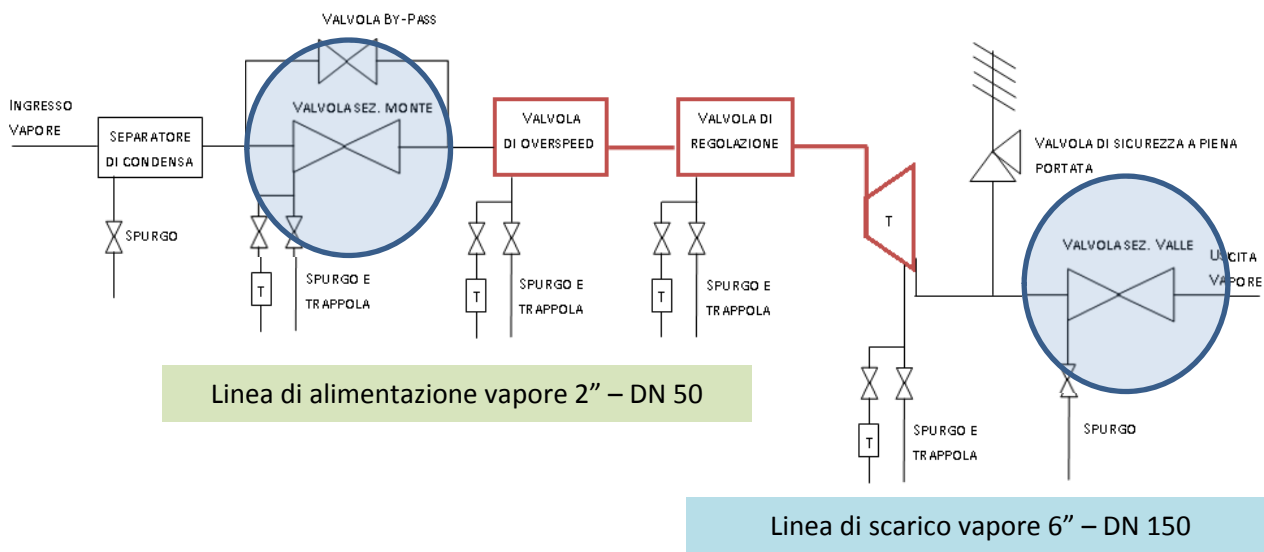


Figura 8: Schema semplificato di collegamento della turbina a vapore

Facendo riferimento al diagramma P&I allegato<sup>9</sup>, si è ritenuto opportuno dotare la linea vapore di una valvola di regolazione della portata motorizzata e gestita dal PLC. Con tale equipaggiamento è possibile gestire le fasi di riscaldamento, di avviamento, di modulazione e di arresto in modo automatico e ripetibile. A valle della turbina, l'elemento principale è costituito dal condensatore (dotato di sistema per l'estrazione degli incondensabili), corredato da uno scaricatore e da un pozzetto di raccolta (Figura 9).

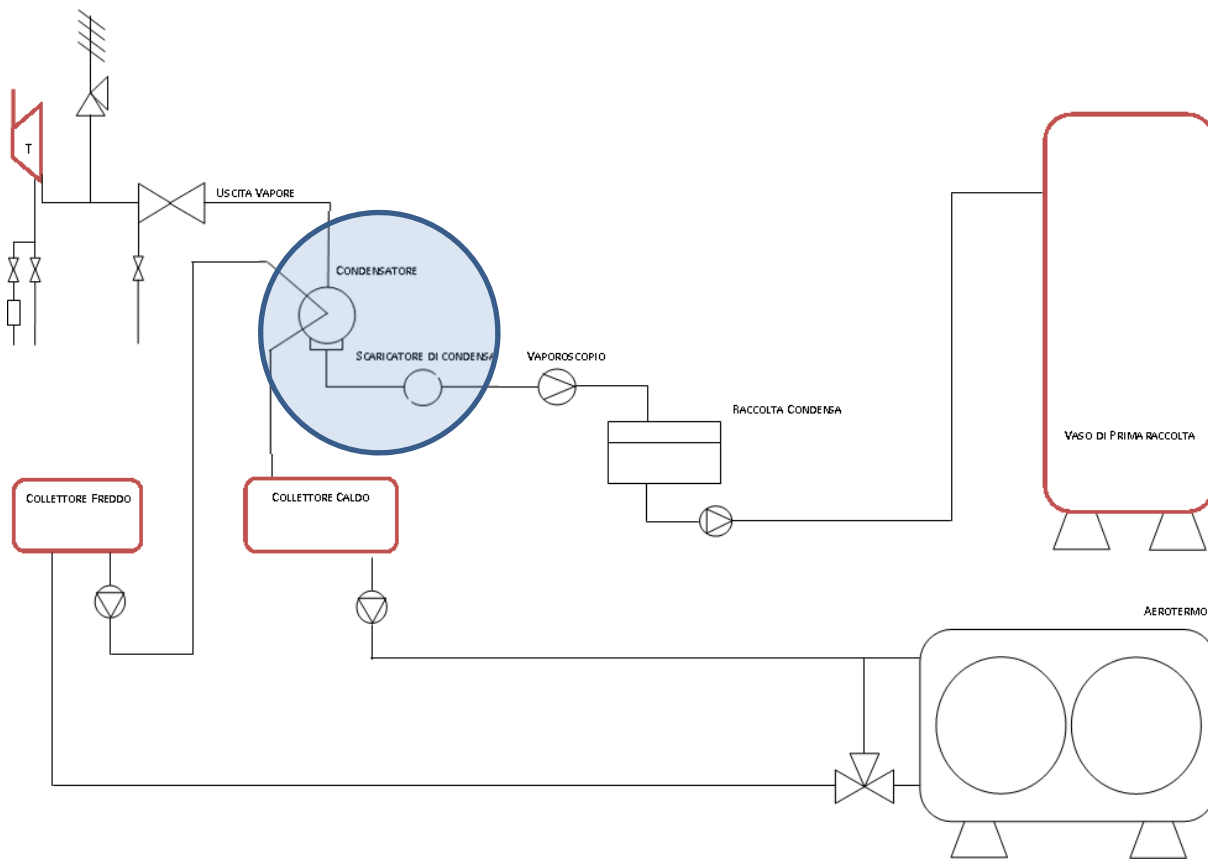


Figura 9: Schema semplificato d'impianto lato condensa

### 3.5 Componenti del sistema di gestione

I parametri funzionali dell'impianto (pressione, temperatura, portate e livelli) sono trasmessi in continuo al PLC dalla strumentazione installata a bordo impianto e sono utilizzati per l'esecuzione delle logiche automatiche d'impianto.

Il sistema è strutturato per registrare in continuo i parametri di funzionamento e per effettuare la verifica di eventuali anomalie o valori d'esercizio non rispondenti ai valori di progetto.

Il sistema di automazione è ospitato in un armadio elettrico generale completo di PLC e di fronte-quadro con pulsanti e selettori per i comandi manuali. In armonia con le attuali applicazioni in ambito industriale, si ritiene necessario prevedere un pannello operatore multifunzione di tipo "touch", dedicato al controllo e alla parametrizzazione completa della macchina.

Il sistema di automazione impianto viene inoltre completato da un "pannello operatore grafico" per la gestione locale e remota da parte dell'operatore di tutti i dati operativi inerenti l'automazione delle macchine. In tal modo è possibile affiancare la supervisione dell'impianto a vapore a quella dell'attuale impianto PCS.

I principali componenti del quadro elettrico di controllo e supervisione sono:

- quadro elettrico di impianto completo di cablaggio della parti (PLC interfacce, inverter, elettromeccanica di controllo e gestione ecc.);
- pulsantiera di gestione del sistema, spie di segnalazione, strumenti di visualizzazione e pannello operatore;
- multimetro digitale per la visualizzazione degli assorbimenti, valori di tensione e memorizzazione parametri di consumo apparecchiature registrabili in memoria storica;
- programmi automazione del PLC di gestione;
- pannello operatore per la gestione da parte dell'operatore di tutti i dati operativi relativi all'automazione del sistema;
- logiche automatiche del PLC per la gestione automatica di avvio ciclo, per la gestione automatica e manuale del sistema, per la gestione dei loop di processo ciclo sistema;
- gestione del controllo della sicurezza del sistema, con indicazioni riportate a pannello;
- gestione e visualizzazione diagnostica sistema, stato allarmi e parametri di funzionamento.

## 4 Costi di investimento e considerazioni relative alla taglia dell'impianto a vapore

Le attività finora svolte hanno consentito di valutare l'influenza della taglia di potenza sui costi di realizzazione dell'intero impianto. Le attività hanno messo in evidenza che la realizzazione dell'impianto motore nella fascia di potenza 10-20 kW è economicamente impegnativa, sia a causa del costo della turbina, sia a causa del costo dei componenti dell'impianto; più in dettaglio, il costo complessivo per la realizzazione dell'impianto di taglia 15 kW si attesta intorno ai 14.000 Euro/kW, da ripartire per circa il 30% sull'approvvigionamento del turbogeneratore e per il restante 70% sull'approvvigionamento dei restanti componenti d'impianto.

Senza pregiudicare la qualità del vapore prodotto, si è scelto di realizzare l'impianto sulla base di un turbogeneratore particolarmente piccolo (cfr. par. 3.3.2), basato su micro-turbina industriale, grazie al quale è possibile beneficiare di una forte riduzione dei costi.

Il layout dell'impianto, vista la ridotta potenza, può essere semplificato sia nella tipologia dei componenti, sia nella logica di gestione.

Nel caso specifico, è possibile realizzare l'impianto con componenti di taglia molto contenuta e con attacchi vapore non superiori a 1", il cui approvvigionamento risulta meno oneroso dal punto di vista economico.

L'intero piping può essere realizzato su connessioni rapide (tipo Swagelok®), velocizzando le operazioni di installazione e senza ricorrere a processi di saldatura.

In forza di tali considerazioni ed essendo stata colta l'opportunità di acquisire il turbogeneratore nel mercato dell'usato, l'impegno economico per la realizzazione dell'impianto a vapore è stato ridotto in maniera considerevole.

## 5 Progetto di un impianto a vapore dimostrativo nella fascia di potenza 0-2 kW

Sono state definite le caratteristiche dell'impianto a vapore sulla base del turbogeneratore Sissons Ltd. con micro-turbina descritto al paragrafo 3.3.2., acquistato dalla divisione ENEA-UTRINN.

### 5.1 Ricognizione delle caratteristiche del turbogeneratore

Il turbogeneratore Sissons è composto da una micro-turbina a vapore e da un generatore elettrico, collegati da un giunto e vincolati a un basamento in ghisa. Reperito nel mercato dell'usato (anno di costruzione 1969), non è corredato di manuali o specifiche tecniche. Il costruttore, Sissons Ltd., non risulta più in attività.

Prima di procedere al dimensionamento dell'impianto a vapore, si è resa necessaria una attività di ricognizione delle caratteristiche del turbogeneratore, in particolare per quanto riguarda la micro-turbina, in modo tale da determinare con sufficiente approssimazione le condizioni richieste alle flange della macchina.



Figura 10: Targa del turbogeneratore Sissons&Co. Ltd. - N. C24353/S

#### 5.1.1 Micro-turbina

La micro-turbina a vapore è di produzione inglese (Turney Turbines Ltd). La Figura 11 mostra la targa della macchina, che non riporta specifiche sulle condizioni di funzionamento.

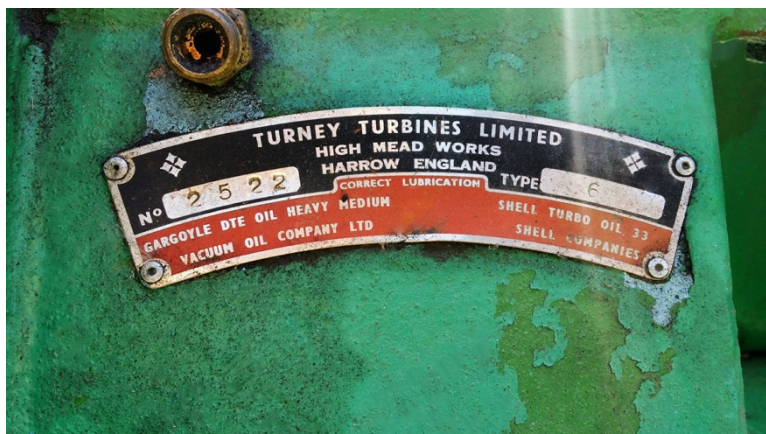
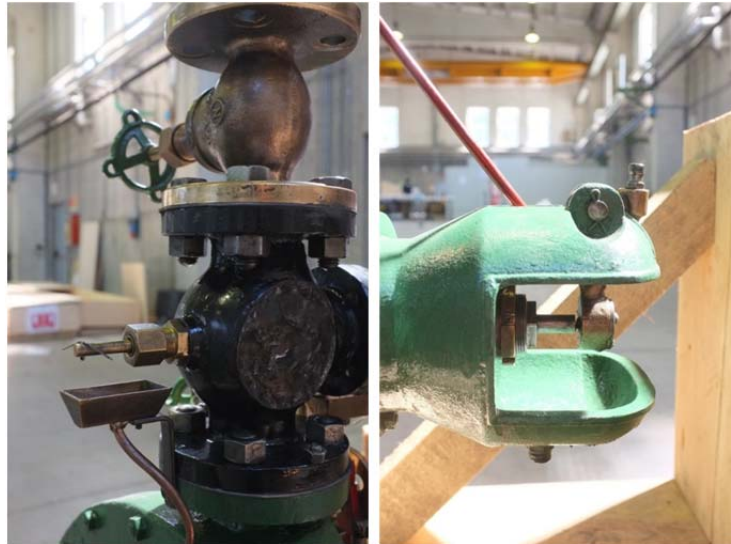


Figura 11: Targa della turbina a vapore Turney - N.2522 Type 6

La turbina è dotata di un regolatore automatico di velocità (di costruzione Pickering U.S.A.) e di una valvola di sicurezza (overspeed trip valve) che chiude l'ammissione in caso di sgancio accidentale del carico. Il regolatore agisce sulla valvola di regolazione a monte dell'ugello (Figura 12, sinistra) tramite un'asta di rinvio, azionata da un meccanismo punteria-bilanciere-asta (Figura 12, destra).



**Figura 12: valvola controllata dal regolatore di giri, sinistra; punteria comando valvola di regolazione, destra.**

La valvola di overspeed è del tipo rotante con chiusura a scatto e riarmo manuale. La valvola viene armata in condizioni di apertura prima dell'avviamento macchina. In caso di velocità eccessiva una massa soggetta ad azione centrifuga provoca il rilascio del fermo valvola provocando il sezionamento istantaneo dell'ammissione vapore, a valle del regolatore (Figura 13).



**Figura 13: meccanismo di comando dell'overspeed trip valve a massa centrifuga con riarmo manuale, sinistra; particolare del volantino valvola con molla elicoidale, destra**

5.1.2 Caratteristiche della microturbina

La turbina è del tipo a tre salti di velocità su singola ruota con flusso rientrante in direzione assiale. Sulla base dei rilievi fotografici sulla cassa della turbina, l'angolo di iniezione del vapore  $\alpha_1$  è stato valutato in  $25^\circ$ .

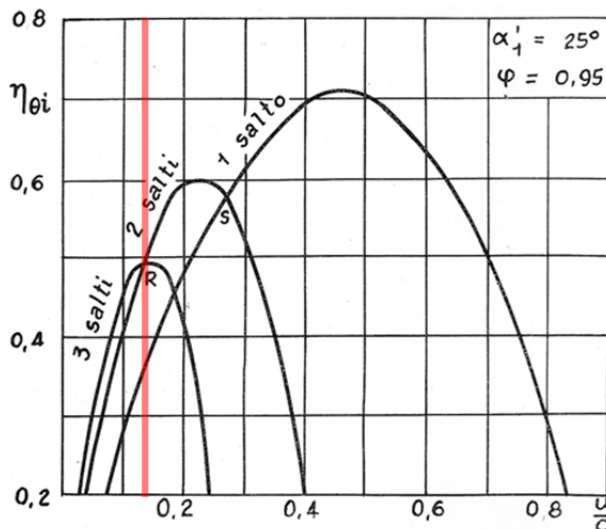


Figura 14: Rendimenti delle turbine a salti di velocità, con angolo di iniezione  $\alpha_1 = 25^\circ$  e coefficiente di perdita nell'ugello  $\phi = 0,95$

La Figura 14 riporta gli andamenti tipici del rendimento di una turbina a vapore ad azione, al variare del numero dei salti di velocità. Nel diagramma, oltre all'angolo di iniezione del vapore (25 gradi), è stato assunto pari a 0,95 il coefficiente di perdita nell'ugello. Secondo gli andamenti della figura, ci si attende che la turbina lavori in condizioni di massimo rendimento quando il rapporto  $u/c$  si mantenga nell'intorno del valore evidenziato con la linea rossa (ove con  $u$  è indicata la velocità periferica delle pale e con  $c$  la velocità isentropica del vapore).

La Figura 15 mostra il particolare di una macchina di simile tipologia, in cui sono visibili l'ugello (Nozzle), la ruota (Wheel) e un raddrizzatore assiale (Reversing Chamber).

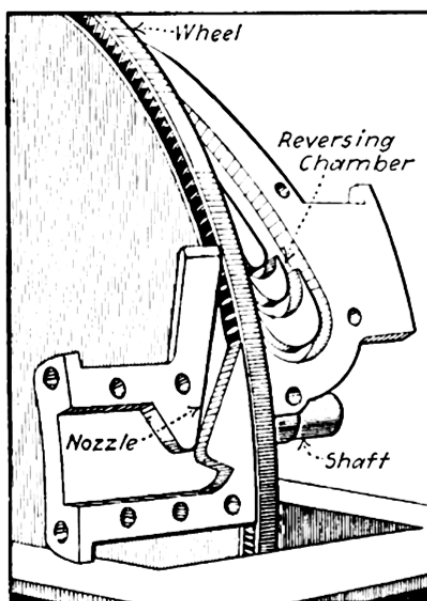


Figura 15: Ugello e raddrizzatore assiale di turbina a salti di velocità su ruota singola

### 5.1.3 Generatore elettrico

Il generatore elettrico è una macchina in corrente continua, con tensione nominale 220V. L'albero della macchina, del tipo passante a doppia estremità, è sospeso al basamento su supporti oscillanti; la cassa è vincolata al basamento mediante un'asta dinamometrica, che consente il rilievo della forza di reazione alla coppia all'albero. L'equipaggio rotante è completo di contagiri meccanico, con fondo scala a 4000 RPM (Figura 16).



**Figura 16: Turbogeneratore Sissons Ltd. - particolare del generatore elettrico, sinistra; targa del generatore elettrico 220 V CC, destra (prima della revisione)**

### 5.1.4 Generatore di vapore a “bassa” temperatura

E' in corso di realizzazione un generatore di vapore a sali fusi sperimentale di piccola taglia. Il generatore è stato progettato per essere integrato nel serbatoio di accumulo sali dell'impianto PCS di ENEA Casaccia, utilizzando una connessione flangiata preesistente. L'apparecchiatura sarà in grado di produrre 60 kg/ora di vapore alla temperatura di 200 gradi centigradi a 12 bar, e sarà predisposta per alimentare il turbogeneratore Sissons con microturbina.

### 5.1.5 Schema impianto con microturbina a vapore

Vista la taglia ridotta del turbogeneratore preso in considerazione, è stato possibile realizzare un impianto semplificato, basato su una linea vapore a connessioni rapide, e con grado di automazione ridotto al minimo. Si riporta in allegato il diagramma P&I<sup>10</sup> relativo all'installazione della turbina, per la quale è stato previsto il funzionamento senza l'impiego di PLC.

<sup>10</sup> Allegato A2

## 6 Conclusioni

E' stato effettuato uno studio per definire le caratteristiche di un impianto con turbina a vapore in assetto cogenerativo, da alimentare con sistemi di accumulo a sali fusi di impianti solari a concentrazione.

Le attività svolte hanno visto una iniziale ricognizione delle caratteristiche del generatore di vapore integrato nel serbatoio di accumulo sali installato presso il PCS di ENEA Casaccia.

In una prima fase è stata completata l'attività di progettazione e di ricerca dei componenti per la realizzazione di un impianto in grado di produrre energia elettrica nella fascia di potenza 10-20 kW, avviata durante il primo anno del progetto.

Dal punto di vista tecnico, sono state stabilite le caratteristiche funzionali dell'impianto, è stato definito il diagramma P&I e sono state effettuate le indagini di mercato per l'approvvigionamento dei principali componenti.

Dal punto di vista economico, è stato messo in luce l'elevato costo di investimento per la realizzazione di un impianto a vapore che vede l'impiego di turbine di tipo industriale pesante e della relativa componentistica.

Completata la prima fase di attività, si è ritenuto conveniente, e con più interessanti ricadute sulla possibili applicazioni, rivolgere l'attenzione al progetto di un impianto a vapore basato su microturbina a vapore. Una ulteriore indagine di mercato ha consentito di individuare macchine di piccola taglia (< 2kW) a costi contenuti, adatte alla realizzazione di un impianto dimostratore da alimentare con generatori di vapore integrati nei serbatoi di accumulo dei sali. Poiché le micro-turbine richiedono condizioni meno spinte di quelle tipiche degli impianti motori e più vicine a quelle tipiche degli impieghi tecnologici del vapore (pressione massima 12 bar, temperatura massima 191°C), parallelamente alle attività descritte in questo report, è stata avviata la progettazione di un piccolo generatore di vapore in grado di produrre vapore a temperatura inferiore a quella di congelamento della miscela di sali fusi binaria.

E' stata individuato e acquistato un turbogeneratore con micro-turbina a vapore utile alla realizzazione dell'impianto dimostratore. E' stato effettuato il rilievo delle caratteristiche della turbina, sulla base delle quali sono state stimate le condizioni di esercizio nominali per il generatore di vapore. E' stata quindi definita una configurazione di impianto (P&ID) semplificata in ragione della piccola potenza del sistema.



## 7 Allegati

**ALLEGATO 1**

**Gasparotto Massimiliano**  
 Via duca del mare ,40 04100 Latina  
 Tel. 0773 47 15 34  
 Cell.335 82 74 454 e-mail [massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it](mailto:massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it)

**Agente SIEMENS spa**  
 AUTOMATION & DRIVES  
 Filiale di Roma via laurentina 455 00142 Roma

Offerta n° 14009

Latina li 16 settembre 2014

Spettabile:  
 Università degli Studi "Roma Tre"  
 Dipartimento di Ingegneria  
 Sez. Meccanica e Industriale  
 Via della Vasca Navale, 79  
 00146 Roma  
 Italia

**OGGETTO: OFFERTA SISTEMA CON SIMATIC S120**

c.a. Ing. F. Palmieri

Telefono +39 06 57333493  
 Mobile +39 3460846482  
 e-mail [fulvio.palmieri@uniroma3.it](mailto:fulvio.palmieri@uniroma3.it)

A seguito Vostra richiesta , Vi sottoponiamo nostra migliore offerta per:

CODICE ORDINAZIONE	Q.TA'	DESCRIZIONE	Prezzo netto cadauno	Totale Riga
6SL3040-1MA01-0AA0	1	SINAMICS CONTROL UNIT CU320-2 PN SENZA COMPACTFLASH CARD	483,84	483,84
6SL3054-0EF00-1BA0	1	SINAMICS S120 COMPACTFLASH CARD SENZA AMPLIAMENTO PERFORMANCE COMPRENSIVO DI LICENZA (CERTIFICATE OF LICENCE) V4.05	68,34	68,34
6SL3055-0AA00-2TA0	1	SINAMICS / SIMOTION BOARD TB30 PER CONTROL UNIT CU320-X E SIMOTION D4x5-X	288,88	288,88

Pagina 1 di 4

Revisione 1.0 del 06/10/03

**Gasparotto Massimiliano**  
 Via duca del mare ,40 04100 Latina  
 Tel. 0773 47 15 34  
 Cell.335 82 74 454 e-mail [massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it](mailto:massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it)

**Agente SIEMENS spa**  
 AUTOMATION & DRIVES  
 Filiale di Roma via laurentina 455 00142 Roma

6SL3055-0AA00-4BA0	1	SINAMICS S120 PANNELLO OPERATIVO BOP20 PER COMANDI ELETTRONICI 2 LINEE, 6 TASTI PER PARAMETRIZZAZIONE E DIAGNOSTICA. ADATTO PER CONTROL UNIT CU305, CU310, CU320	26,90	26,90
6SL3060-4AU00-0AA0	2	SINAMICS CAVO DRIVE-CLIQ IP20/IP20 LUNGHEZZA: 0,60M	17,30	34,61
6EP1333-3BA00	1	SITOP MODULAR 5 ALIMENTATORE STABILIZZATO INGRESSO: AC 120/230- 500 V USCITA: DC 24 V/5 A	130,46	130,46
6SL3162-1AF00-0AA1	1	SINAMICS LAMIERA COLLEGAMENTO SCHERMO 150MM LINE/MOTOR MODULE RAFFREDDAMENTO INTERNO AD ARIA	13,52	13,52
6SL3163-1AF00-0AA0	1	SINAMICS S120 LAMIERA COLLEGAMENTO SCHERMO ACTIVE INTERFACE MODULE 36 kW	14,82	14,82
6SL3130-7TE23-6AA3	1	SINAMICS S120 ACTIVE LINE MODULE INGRESSO: 3AC 380-480V, 50/60HZ USCITA: DC 600V, 60A, 36KW FORMA COSTRUTTIVA: BOOKSIZE RAFFREDDAMENTO INTERNO INCLUSO CAVO DRIVE-CLIQ	2.009,14	2.009,14
6SL3000-0BE23-6DA1	1	SINAMICS S120 BASIC LINE FILTER ADATTO PER 36 KW SMART LINE MODULE 36 KW ACTIVE LINE MODULE 40 KW BASIC LINE MODULE ENTRATA: 3AC 380-480V, 50/60HZ	192,58	192,58

Pagina 2 di 4

Revisione 1.0 del 06/10/03

**Gasparotto Massimiliano**  
Via duca del mare ,40 04100 Latina  
Tel. 0773 47 15 34  
Cell.335 82 74 454 e-mail [massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it](mailto:massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it)

**Agente SIEMENS spa**  
AUTOMATION & DRIVES  
Filiale di Roma via laurentina 455-00142 Roma

6SL3100-0BE23-6A80	1	SINAMICS S120 ACTIVE INTERFACE MODULE PER 36KW ACTIVE LINE MODULE INGRESSO: 3AC 380-480V, 50/60HZ FORMA COSTRUTTIVA BOOKSIZE	1.031,42	1.031,42
6SL3120-1TE24-5AA3	1	SINAMICS S120 SINGLE MOTOR MODULE ENTRATA: DC 600V USCITA: 3AC 400V, 45A F. COSTR.: BOOKSIZE RAFFREDDAMENTO INTERNO AD ARIA SEQUENZA IMPULSI OTTIMIZZATA E SUPPORTO DELLE FUNZIONI EXTENDED SAFETY INTEGRATED INCL. CAVO DRIVE- CLIQ	2.194,32	2.194,32
6FX5008-1B851-1BA0	1	CAVO DI POTENZA A METRI 4 X 10 C UL/CSA, DESINA MOTION-CONNECT 500 FORMA DI SPEDIZIONE: ROTOLO FINO A 49 M BOBINA DA 50 M DMAX=20.0 MM, LUNGHEZZA (M)=0+ 10+ 0+ 0	98,47	98,47
6FX5002-2DC10-1BA0	1	CAVO SEGNALI CONFEZIONATO (SINAMICS DRIVE CLIQ) CONNETTORE IP20/IP67, CON 24 V MOTION-CONNECT 500 LUNGHEZZA (M) =0+ 10+ 0+ 0	76,18	76,18

Pagina 3 di 4

Revisione 1.0 del 06/10/03

**Gasparotto Massimiliano**  
Via duca del mare ,40 04100 Latina  
Tel. 0773 47 15 34  
Cell.335 82 74 454 e-mail [massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it](mailto:massimiliano.gasparotto@fastwebnet.it)

**Agente SIEMENS spa**  
AUTOMATION & DRIVES  
Filiale di Roma via laurentina 455-00142 Roma

1PH8133-1DF00-1BA1	1	SIMOTICS M MOTORE COMPATTO ASINCRONO 1500RPM, 15KW, 96NM, 34A, 342V 1750RPM, 17,5KW, 96NM, 34A, 392V 2000RPM, 20KW, 96NM, 34A, 445V VENTILAZIONE FORZATA DIREZIONE DEL FLUSSO DELL'ARIA DAL LATO A VERSO LATO B INDICE DI PROTEZIONE IP55TRASSDUTTORE INCREMENTA	2.196,30	2.196,30
--------------------	---	--	----------	----------

**Totale: 8.859,78**

**Condizioni di fornitura:**

Luogo di consegna della merce: Vs. sede  
Spedizione a mezzo: nostro corriere  
Imballo: ns solito  
Resa: f.co vs. sede

Modalità di pagamento: da concordare  
Tempi di consegna: 6 settimane  
Validità dell'offerta: 30 gg  
Note: I prezzi riportati si intendono al netto dell'Iva

Restiamo a Vs. completa disposizione per qualsiasi chiarimento si rendesse necessario.

Con i migliori saluti,

**Gasparotto Massimiliano**

Pagina 4 di 4

Revisione 1.0 del 06/10/03

## ALLEGATO 2

**Oggetto:** Re: offer request

**Mittente:** Magda Post <m.post@greenturbine.eu>

**Data:** 01/05/2014 15:50

**A:** <fulvio.palmieri@uniroma3.it>

Dear Mr Palmieri,

Thank you for your email and showing interest in our products.

Our turbines have integrated generators and runs on some 20 to 40 C superheated and very dry (99.5%) steam. They work in a condensing mode with a vacuum in a closed loop system with the steam generator. Unfortunately, we do not supply steam generators.

It is very important that dry and slight superheated steam is used, because wet steam damages the turbine quickly.

Our 1.2 kW turbine model is already for sale. The price is 4500 Euro, EXW the Netherlands, excl. VAT. The updated version of this model is capable of generating 1.4 kWe.

Delivery time is accordance with our suppliers and can run currently into the 15 weeks.

The estimated overall efficiency of the cycle of the 1.2 kW is 96 % (electrical efficiency is 10 %, thermal efficiency is 86%).

I have enclosed the technical specs of the turbine. You will also find attached the total estimated cost of the turbine including components such as an inverter.

The largest output turbine that we are currently developing is the 15 kW. We expect to have this model market ready by Q3 of 2014. We are momentarily in the development phase of this model. Due to problems in creating a stable test environment, we experience some delays in our test program. Fixing these issues takes a while, as the procurement of new equipment confronts us with considerable delivery times.

The price of the turbine is not yet known, but will be an estimated 1 Euro per Watt, so about 15.000 Euro per unit (excluding surrounding components). Attached you will find the estimated technical specs of this model. You'll need a boiler of 144 kg/h to produce the required steam for the turbine.

The estimated overall efficiency of the 15 kW is 96 % (electrical efficiency is 14 %, thermal efficiency between 80 - 82 %).

With our 15 kW it is possible to modulate to vary the output. Each nozzle is 2.5 kW. You can also range the pressure between 1 and 10 bar abs.

Please let us know if you have any more questions.

Vriendelijke groet / Kind regards,

Magda Post  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

Re: offer request

— Allegati: —

1.2 kW EN.pdf	3,0 MB
15 kW EN.pdf	2,5 MB
Estimated total costs 1.2 kW.pdf	72,8 KB

ALLEGATO 3

# GREEN TURBINE



*The world's smallest micro steam turbine*

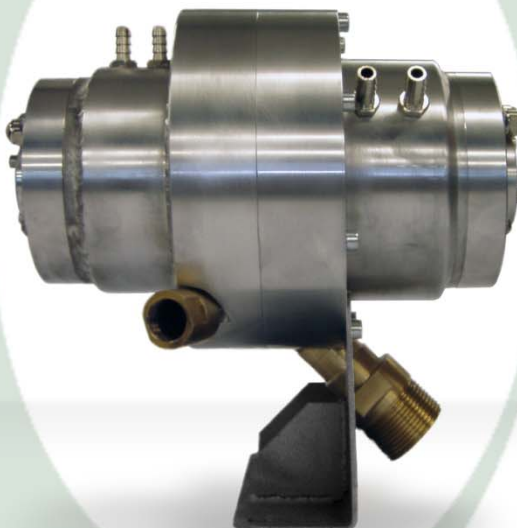
## Green Turbine 1.2 kW

GREEN TURBINE™ is a small turbo generator that converts heat into electricity. This makes it very suitable for applications that require both heat and electricity.

GREEN TURBINE™ can be driven by several fuel types including: biogas, fossil fuels, solar concentrated power, fuel cells and biomass.

### GREEN TURBINE™ key benefits:

- ⊙ Utilizes waste heat
- ⊙ Silent operation
- ⊙ Operates with temperatures as low as 130° C (266° F)
- ⊙ Low vibration
- ⊙ Practical design
- ⊙ Long service intervals and durability
- ⊙ Cost-reducing
- ⊙ High power to weight ratio
- ⊙ Very flexible electrical power type:  
AC (with inverter), 50 or 60 Hz or DC.



Green Turbine BV  
email: [info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

# GREEN TURBINE

*The world's smallest micro steam turbine*

Green Turbine BV  
[info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

## GREEN TURBINE™ can be used in a number of different applications:

**Concentrated Solar Power (CSP)** In combination with solar dishes, parabolic trough, fresnel reflectors and solar collectors.

**Biomass.** All fuel types are suitable for GREEN TURBINE™. For instance, wood, solar photovoltaic, fossil fuels, fuel cell and biogas.

**Waste heat** Our product uses relatively low temperatures (from 130° C/266° F onwards ). The use of organic fluids is also possible.

**Heating units** Micro CHP (Micro Combined Heat and Power) for households or small businesses

**Shipping industry** Small vessels with GREEN TURBINE™ can significantly reduce their emissions

**Hybrid vehicle technology** Hybrid cars with GREEN TURBINE™ can achieve a 20 - 40% fuel efficiency improvement . The heat from the engine is converted into electricity.

### Technical description Green Turbine 1.2 kW

Dimensions:	28 x 18 cm (11 x 7.1 in)
Weight:	9 kg (317 oz)
Inlet conditions:	Superheated steam 5.2 bar abs. Temp. 200°C (392° F)
Outlet conditions:	0.1 bar abs. 40° C (104° F)
Steam consumption for 1.2 kW	0,005 kg/sec
Basic steam rate:	14.5 kg/kWh (steam to electricity after rectification)
Power output:	Max 1.4 kW after rectification to DC, at 5.2 bar abs. steam pressure and 70 mbar condenser pressure.
Design speed:	30.000 rpm
Speed of steam after nozzle:	> 1000 m/sec
Temperature of turbine housing:	45°C (113°F)

## ALLEGATO 4

# GREEN TURBINE



*The world's smallest micro steam turbine*

### Green Turbine 15 kW

The Green Turbine is a small turbo generator that converts heat into electricity. This makes it very suitable for applications that require both heat and electricity.

Green Turbine technology works with steam. System integrators using the turbine are free to work with different kinds of fuels for steam generation, such as; biogas, fossil fuels, solar concentrated power, fuel cells and biomass. This makes the Green Turbine a very flexible option.

#### Key benefits:

- ⊙ Utilizes Waste heat
- ⊙ Silent operation
- ⊙ Operates with temperatures as low as 150 ° C (302° F)
- ⊙ Low vibration
- ⊙ Practical design
- ⊙ Long service intervals and durability
- ⊙ Cost -reducing
- ⊙ High power to weight ratio
- ⊙ Very flexible in electrical power type; AC, DC, 1 or 3 phase, voltage frequency, depending on type of inverter.
- ⊙ Output can be modulated from 2.5 kW to 15 kW



Green Turbine BV  
email: [info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)





Green Turbine BV  
[info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

**Green Turbine™ can be used in a number of different applications:**

**Concentrated Solar Power (CSP)** In combination with solar dishes, parabolic trough fresnel lenses and solar collectors.

**Biomass** All fuel types are suitable for GREEN TURBINE™. For example biogas, biograss, wood waste, manure, corn or rapeseed. Green Turbine is well suited to be used in the agricultural sector.

**Waste Heat** Our product uses relatively low temperatures (from 150° C/302° F onwards ). Using organic fluids is also possible. In combined cycle applications GREEN TURBINE™ can be used together with diesel engines, gas turbines and fuel cells to increase overall efficiency.

**Shipping industry** Small vessels with GREEN TURBINE™ can both reduce their emissions and save significantly on fuel costs.

Technical Description	Green Turbine 15 kW
Dimensions:	length: 37 cm, width: 26 cm (14.6 x 10 in)
Weight:	25 kg (882 oz)
Inlet conditions:	Superheated Steam 10 - 12 bar abs. Temp. 200-220°C (392-428°F)
Outlet conditions:	0,1 bar abs. 45° C (113 °F)
Steam consumption for 15 kW	0,04 kg/sec
Basic steam rate:	9,8 kg/kWh (steam to electricity after rectification)
Power output:	3 phase AC 1000 Hz, after rectification: DC. Voltage depends upon type of generator. Default is 500 V
Design speed:	26.000 rpm
Speed of steam after nozzle:	> 1000 m/sec
Temperature of turbine housing:	45°C (113 °F)

## ALLEGATO 5



Dutch patent # 1034458  
international pat. pending # PCT/NL2008/050631  
trademark # 77585831

### QUOTATION

Item	Quantity	Description	Price
1	1	1.2 kW Green Turbine	€ 4,500
1	1	Condenser	€ 550
1	1	Vacuum pump	€ 400
1	1	Inverter	€ 1,400
1	1	Speed control	€ 290.50
1	1	Steam Valve	€ 265.50
1	2	Rectifier	€ 83
		<b>Total</b>	<b>€ 7,489</b>

Included is consultancy based on email and telephone for a maximum of 4 hrs.  
Everything in excess will be charged for € 50/hr.

All prices are F.O.B. the Netherlands and exclusive of VAT

Note:

- Parties understand that the Green Turbine will be used in an experimental application, therefore Green Turbine BV cannot be held responsible for defects and errors that occur using the Green Turbine. Green Turbine BV cannot be held responsible for defects that might occur if the Green Turbine is not installed and operated according to the installation manual. Green Turbine BV can provide consultancy in these situations. The costs for these consultancy hours are being provided in the quotation above.

Kerkdwarslaan 2b  
3731 EM de Bilt

[info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)

VAT: NL 8058.15.545. B.01  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

**Payment**

50% Down payment is required at ordering, 50% before delivery.  
The customer is welcome to inspect the turbine at the test bench.

**Terms and Conditions**

The offer made in this quote is subject to the conditions cited on this form and Green Turbine's Terms and Conditions. Quotation is valid for 30 days.

Kerkdwarlaan 2b  
3731 EM de Bilt

[info@greenturbine.eu](mailto:info@greenturbine.eu)

**VAT:** NL 8058.15.545. B.01  
[www.greenturbine.eu](http://www.greenturbine.eu)

## ALLEGATO 6



1/7

		<b>Spett. Dipartimento di Ingegneria Università degli Studi Roma Tre Via Vito Volterra 62 00146 Roma</b>
Ns. Contatto	Ing. Marco Calcopietro	C. Att. Ing. Fulvio Palmieri
Ns. Rif.	14007	Vs. Rif. Accordo Verbale
Prot.	U-087-14	Data 07/04/2014

**Oggetto: Offerta per la fornitura di una turbina a vapore completa di generatore sincrono e skid di supporto**

Gentile Ing. Palmieri,

*In riferimento agli accordi intercorsi, come da Vs. gentile richiesta, inviamo l'offerta per la fornitura in oggetto e le relative condizioni di vendita.  
Ringraziandola per l'interesse dimostrato, rimaniamo a disposizione per fornire chiarimenti e cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.*

Dati di progetto:

<b>Vapore:</b>	<b>surriscaldato</b>
<b>Portata massima vapore disponibile:</b>	<b>420 kg/h</b>
<b>Pressione massima vapore disponibile:</b>	<b>45 barg</b>
<b>Temperatura massima vapore disponibile:</b>	<b>520 °C</b>
<b>Pressione allo scarico:</b>	<b>atmosferica</b>
<b>Regolazione:</b>	<b>idraulica-meccanica</b>

## 1 Descrizione generale della fornitura

La presente offerta è relativa alla fornitura di:

1. Una turbina a vapore, usata e revisionata;
2. un alternatore accoppiato tramite giunto alla turbina;
3. uno *skid* di supporto del gruppo turbina-generatore elettrico.

## 2 Turbina a vapore

La turbina fornita ha pochissime ore di funzionamento e comprende molti componenti principali completamente nuovi, tra cui: servocomando completo, albero e girante completo di cuscinetti, kit completo di guarnizioni. Pertanto la macchina può definirsi in condizioni pari al nuovo.

DATI DI TARGA TURBINA A VAPORE	
Applicazione turbina:	Accoppiamento con alternatore
Marca:	KK&K
Modello:	BF4/80
Tipo regolatore di giri:	idrodinamico-meccanico
Marca e modello:	integrato KK&K
Portata vapore nominale:	1500 kg/h
Potenza nominale:	51 kWm
Potenza massima:	57 kWm
Velocità:	2900 giri/min
Chiusura rapida:	3340 giri/min
Pressione vapore in ingresso:	17.6 barg
Pressione vapore di scarico:	0.18 barg
Temperatura max vapore in ingresso:	350 °C
Senso di rotazione:	antiorario

La turbina fornita ha ampi margini di utilizzo, in quanto permette una portata di vapore in ingresso variabile fino a circa 1500 kg/h e fornendo una potenza meccanica superiore a 50kWm.

Per il tipo di applicazione richiesto è possibile utilizzarla, al limite, con la portata di vapore disponibile di 420-450 kg/h, ad una pressione massima di 23 barg, fornendo in questo caso una potenza meccanica di circa 10kWm.

Per le dimensioni ed i pesi si veda la tavola allegata.

## 3 Alternatore

Il generatore elettrico fornito è un generatore sincrono, avente una potenza nominale di 16kW ed in grado di funzionare in isola.

CARATTERISTICHE GENERALI ALTERNATORE	
Marca:	Mecc Alte
Modello:	BTP3-2L/2

Potenza nominale:	16 kW
cosφ:	0.8
Numero di poli:	2
Numero di giri nominali:	3000 giri/min
Numero di giri massimo:	3600 giri/min
Classe d'isolamento:	H

#### 4 Skid

Il gruppo turbina a vapore e generatore elettrico è fornito già montato ed accoppiato su *skid*, realizzato in profilati di acciaio d'elevato spessore per garantire la rigidità necessaria al mantenimento dell'allineamento turbina-generatore.

#### 5 Marcatura CE

Tutti i componenti forniti sono marcati CE.

#### 6 Prezzo della fornitura

A seguire riportiamo la nostra migliore offerta:

Materiali punti 1.÷3.	68.500,00 €
<b>TOTALE IVA ESCLUSA</b>	<b>68.500,00 €</b>

#### 7 Condizioni di pagamento

Da definirsi.

#### 8 Garanzia

L'esecuzione della revisione della turbina a vapore è eseguita a perfetta regola d'arte, con l'utilizzo di ricambi originali KKK. La garanzia prevista per i vizi del materiale è valida nella presente offerta per un totale di 12 (dodici) mesi nel caso di funzionamento della macchina secondo i dati di targa. Non è coperto da garanzia qualsiasi difetto di funzionamento legato ad un utilizzo della macchina al di fuori delle condizioni di esercizio di targa. Aster Energetica può tuttavia offrire un servizio di assistenza presso l'impianto del cliente, riparazione della macchina presso la propria sede e la fornitura di ricambi originali.

Il vapore e l'acqua di raffreddamento dovranno rispettare i requisiti definiti in fase di progetto, pena la non applicabilità delle condizioni di garanzia.

#### 9 Esclusioni

Sono escluse dalla presente offerta le seguenti voci:

- Condensatore e gruppo di raffreddamento condensatore.

## ASTER energetica

4/7

- Valvole di sicurezza, tubazioni di collegamento del vapore, del condensato e dell'olio di lubrificazione.
- Cablaggi elettrici, strumentazione e quadro di regolazione e controllo della linea vapore e della generazione elettrica.
- Scarico merce.
- Montaggi ed avviamento.
- Tutti quanti i materiali e componenti non espressamente riportati nell'offerta.

### 10 Consegna

- Da definirsi, indicativamente 4 mesi dalla data ordine.
- Franco vs. stabilimento ENEA-Casaccia.

### 11 Dettagli offerta

- I prezzi si intendono IVA esclusa.
- La presente offerta ha validità di 15 gg dal ricevimento; tuttavia, essendo materiali usati, l'effettiva disponibilità dei componenti sarà verificata in fase di conferma d'ordine.

### 12 Allegati

- Allegato A: scheda generale turbina BF4/80

Luogo,

Data,



Aster Energetica Srl  
(Fornitore)

Per accettazione – Timbro e Firma  
(Acquirente)

## CONDIZIONI GENERALI DI VENDITA

### 1. Definizioni

Nei rapporti disciplinati dalle presenti condizioni generali di vendita si intenderanno "Acquirente" la persona, ditta o società che acquisterà beni e/o servizi dal "Fornitore", "Fornitore" la società Aster Energetica Srl, con sede in Roma, Via Luigi Chiala 125, P.IVA 11928701009, che fornirà/venderà all'Acquirente beni e/o servizi. "Parti": l'Acquirente ed il Fornitore. "Prodotto": il bene o servizio rispettivamente venduto/fornito dal Fornitore e acquistato/ricevuto dall'Acquirente. "Imballaggio": ogni genere di confezionamento del prodotto. "Ordine di Acquisto" (OdA): il documento emesso dall'Acquirente (o la presente offerta controfirmata valevole insieme alle condizioni generali di vendita come contratto di fornitura) contenente le condizioni di fornitura espresse nell'offerta del Fornitore e riportante l'accettazione delle presenti condizioni generali di vendita. "Conferma d'Ordine" (CdO): il documento emesso dal Fornitore con l'impegno di fornire il Prodotto indicato nell'OdA alle condizioni ivi stabilite e conformemente alle presenti condizioni generali di vendita.

### 2. Premessa

Le presenti Condizioni Generali si applicano alla vendita dei prodotti ed alla prestazione dei servizi da parte del Fornitore nei confronti di qualsiasi persona, ditta o società ("Acquirente") e si applicheranno indipendentemente dalle condizioni di vendita - contrastanti, aggiuntive o contrarie - contenute in qualsiasi ordine d'acquisto o altra comunicazione scritta proveniente dal Acquirente e indirizzati al Fornitore. Queste condizioni sostituiscono ogni precedente Condizione Generale di vendita del Fornitore. L'invalidità di ogni singola clausola della relazione descrittiva del progetto definitivo che si presenterà per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni per la realizzazione dell'impianto. Il Fornitore erogherà i servizi di progettazione, realizzazione ed installazione dell'impianto in conformità a tutte le normative vigenti applicabili a questa tipologia di impianti. Eventuali variazioni dei materiali dovute a difficoltà di reperimento degli stessi saranno preventivamente concordate tra le parti.

### 3. Caratteristiche della fornitura

L'acquirente dichiara di aver accertato che i prodotti e/o servizi soddisfano le proprie esigenze e che per ciascun prodotto e/o servizio ha ricevuto una preventiva e completa descrizione delle caratteristiche e funzionalità. La fornitura avverrà con i materiali presenti nell'offerta accettata, salvo diversamente richiesto dall'acquirente, e risulteranno nella relazione descrittiva del progetto definitivo che si presenterà per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni per la realizzazione dell'impianto. Il Fornitore erogherà i servizi di progettazione, realizzazione ed installazione dell'impianto in conformità a tutte le normative vigenti applicabili a questa tipologia di impianti. Eventuali variazioni dei materiali dovute a difficoltà di reperimento degli stessi saranno preventivamente concordate tra le parti.

### 4. Consegna

L'Acquirente riconosce ed accetta che le date di consegna indicate nell'ordine e/o nell'offerta dal Fornitore sono solo indicative e che pertanto il Fornitore non sarà responsabile per la mancata consegna dei prodotti all'Acquirente entro le summenzionate date. Se, in qualsivoglia momento, il Fornitore non fosse in grado di adempiere a qualunque obbligazione contrattuale, o se qualsiasi perdita, danno, incidente o ritardo nella consegna fossero determinati da cause non imputabili al Fornitore quali, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, reati, scarsità di prodotti, incidenti, scioperi o serrate, eventi naturali, azioni od omissioni dell'Acquirente, o qualsivoglia restrizione imposta da qualunque autorità locale, comunale o governativa (comprese le Autorità Doganali), sia italiana che straniera, il tempo per l'adempimento delle anzidette obbligazioni rimarrà sospeso per tutto il periodo di durata delle summenzionate cause impeditive oppure il Fornitore potrà, a Sua discrezione, con preavviso all'Acquirente, cancellare qualsiasi ordine o parte rimanente dello stesso, senza che ciò implichi alcuna responsabilità da parte del Fornitore stesso.

Qualora sia prevista la presentazione di una pratica autorizzativa i lavori saranno avviati al momento del rilascio dell'autorizzazione da parte dell'ente competente ovvero i termini di consegna saranno validi a partire da tale data. Il Fornitore non è responsabile per ritardi dovuti alla fornitura dei materiali da parte dei distributori dei materiali dell'impianto. Per dimostrare il ritardo nella consegna del materiale, su richiesta dell'Acquirente, il Fornitore dimostrerà la data di ordine e di arrivo della merce. Qualora previsto dal tipo di fornitura, i tempi di allaccio, non dipendenti dal Fornitore, saranno esclusi dai tempi di fornitura; tuttavia questi si adopererà per condurre a buona fine l'operazione di allacciamento alla rete in armonia con la società di gestione della rete pubblica nei tempi stabiliti dalle normative e, in ogni caso, nei tempi più brevi possibili.

### 5. Prezzo e modalità di pagamento

Salvo che sia diversamente stabilito i prezzi si intendono al netto di qualsiasi imposta o tassa, al netto delle spese di trasporto, imballaggio e assicurazione, al netto delle spese per le pratiche doganali ove previsto. Il Fornitore si riserva il diritto di applicare all'Acquirente i relativi addebiti. I prezzi e le modalità di pagamento saranno quelli indicati dal Fornitore nell'offerta, e resteranno in vigore per il periodo specificato nella stessa. Se non è indicato alcun periodo, i prezzi resteranno in vigore per (30) giorni.



Salvo quanto sopra previsto, i prezzi potranno essere aumentati dal Fornitore in caso di avvenimenti straordinari ed imprevedibili o per altre circostanze comunque non imputabili al Fornitore.

I pagamenti dovranno avvenire entro i termini pattuiti indipendentemente da eventuali anomalie intervenute durante il periodo di garanzia, da necessità di eventuali collaudi, da installazioni e/o altri servizi connessi ai prodotti venduti, ed esclusivamente tramite bonifico bancario direttamente al Fornitore o assegno bancario.

Nel caso di pagamento dilazionato, in caso di mancato pagamento alla scadenza stabilita, anche di una sola rata, l'Acquirente decadrà dal beneficio del termine ai sensi e per gli effetti dell'art. 1186 c.c. e, conseguentemente il Fornitore ha diritto di sospendere ogni ulteriore fornitura e di risolvere i contratti ai quali non è stata data esecuzione, fermo restando:

- a) l'immediato pagamento di quelle già evase;
- b) il risarcimento del danno conseguente all'interruzione delle forniture;
- c) la risoluzione del contratto relativo alla fornitura insoluta ai sensi dell'art. 1456 del C.C.

Eventuali contestazioni relative alle fatture devono pervenire mediante lettera raccomandata A/R alla sede del Fornitore entro 10 gg. dalla data di ricezione della merce e/o l'erogazione del servizio, diversamente non saranno prese in considerazione e le forniture effettuate si intenderanno accettate senza alcuna riserva.

#### **6. Garanzie ed esclusioni**

Il Fornitore garantisce che le forniture sono esenti da vizi del materiale e nella fabbricazione, rilasciando all'Acquirente l'esatta ed identica garanzia a sua volta ricevuta dai produttori originali. Il Fornitore si impegna ad essere unico interlocutore verso l'Acquirente, provvedendo ai contatti con i singoli distributori e/o costruttori delle parti, solo per quanto concerne le garanzie delle stesse. Il Fornitore, a collaudo eseguito, consegnerà all'Acquirente un elenco dettagliato delle parti componenti l'impianto, nonché copia delle garanzie relative. Il Fornitore garantisce altresì la corretta esecuzione dell'impianto secondo le vigenti normative di riferimento. L'Acquirente in caso di riscontrate anomalie di funzionamento o rottura di componenti dell'impianto dovrà dare comunicazione scritta entro 8 giorni via e-mail/fax al Fornitore che si impegna ad intervenire per garantire il ripristino del funzionamento o la sostituzione delle parti difettose entro il più breve tempo possibile. La garanzia offerta dal Fornitore si limita in ogni caso alla copertura di comprovati difetti di installazione ed esclude i danneggiamenti derivanti da manomissioni, vandalismi o eventi atmosferici, deficienze e difetti dovuti ad errato uso dell'apparecchiatura, inadeguata manutenzione, modifiche fatte senza l'accordo del fornitore, normale usura.

Viene esclusa dal presente contratto la manutenzione ordinaria dell'impianto da parte del Fornitore salvo la successiva predisposizione di apposito accordo tra le parti.

Gli obblighi derivanti dalla garanzia non autorizzano sospensioni dei pagamenti concordati. La morosità nei pagamenti fa decadere qualsiasi diritto alla garanzia.

Salvo quanto diversamente stabilito nelle presenti Condizioni Generali, e salvi i casi di dolo o colpa grave, è esclusa ogni responsabilità del Fornitore in relazione ai prodotti. Salvi i casi di dolo o colpa grave, il danno risarcibile all'Acquirente da parte del Fornitore per qualsivoglia richiesta dello stesso nei confronti del Fornitore, non potrà essere superiore al prezzo d'acquisto dei prodotti oggetto della richiesta, indipendentemente dalla natura, contrattuale, extracontrattuale, di garanzia o di altro tipo, della richiesta stessa.

#### **7. Restituzione dei prodotti**

In caso di restituzione l'Acquirente dovrà inoltrare al Fornitore la richiesta per la restituzione dei prodotti entro 10 giorni dalla data di consegna dei prodotti al Cliente. I prodotti restituiti dovranno essere chiusi nelle scatole di spedizione originali del produttore, complete di tutto il materiale di imballaggio. Tutti i prodotti dovranno essere restituiti con le spese di trasporto già pagate. I prodotti considerati difettosi dovranno essere restituiti unitamente ad una descrizione completa della natura dei difetti lamentati. Nel caso di autorizzazione alla restituzione dei prodotti da parte del Fornitore, gli oneri connessi alla restituzione o alla cancellazione degli ordini saranno determinati dal Fornitore stesso. In nessun caso saranno accettati prodotti manomessi e/o danneggiati o non conformi alle specifiche costruttive indicate dal produttore e gli stessi saranno rispediti all'Acquirente a sue spese.

#### **8. Risoluzione e foro competente**

Il Fornitore e l'Acquirente potranno risolvere il contratto qualora una o più clausole dello stesso non vengano del tutto o in parte rispettate da una delle due parti, previa comunicazione scritta a mezzo raccomandata A/R.

Il Fornitore potrà altresì risolvere il presente contratto, con preavviso scritto all'Acquirente, senza pregiudizio per le eventuali pretese o diritti che il Fornitore potrà vantare o esercitare qualora venga presentata istanza di fallimento nei confronti dell'Acquirente e/o l'Acquirente sia soggetto a liquidazione coatta amministrativa e/o sia dichiarato fallito e/o abbia proposto ai creditori un concordato preventivo e/o sia stato nominato un custode o amministratore per i beni dell'Acquirente, e/o sia in corso il pignoramento di qualsivoglia proprietà mobiliare o immobiliare del Acquirente.

Qualsiasi controversia dovesse insorgere fra le parti aventi ad oggetto il contenuto del presente contratto, ovvero la sua esecuzione e/o risoluzione, sarà di esclusiva competenza del Tribunale di Roma.



**INFORMATIVA E RICHIESTA DI CONSENSO  
AL TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI  
(Ai sensi dell'Art.13 D.Lgs. n.196 30/06/2003)**

Sig./Sig.ra	
Società (Ragione Sociale)	
Indirizzo	
P.IVA/Codice Fiscale	

**Informativa al trattamento dei dati personali**

Ai sensi dell'art. 13 del Decreto Legislativo 196/2003 con riferimento ai dati comuni e sensibili da voi forniti che si intendono fare oggetto di trattamento, Vi informiamo che tale trattamento ha le seguenti finalità:

- adempimento di rapporti commerciali e contrattuali in essere o futuri;
- adempimenti amministrativi o contabili;
- adempimento agli obblighi di legge;
- informazioni commerciali;
- informazioni tecnico-scientifiche;

Il conferimento dei dati per il trattamento predetto è obbligatorio, altrimenti non è possibile provvedere all'esecuzione degli obblighi derivanti dalla legge o dal contratto. Il trattamento dei dati avviene mediante l'utilizzo di strumenti e procedure idonei a garantire la sicurezza e la riservatezza e potrà essere effettuato sia mediante supporti cartacei, sia con l'ausilio di mezzi informatici. I dati potranno essere comunicati:

- a soggetti, pubblici e privati, che possono accedere ai dati a forza di disposizione di legge, di regolamento o di normativa comunitaria, nei limiti previsti da tali norme;
- a soggetti che hanno necessità di accedere ai Suoi dati per finalità ausiliare al rapporto che intercorre tra Lei e noi, nei limiti strettamente necessari per svolgere compiti ausiliari
- a soggetti nostri consulenti, nei limiti necessari per svolgere il loro incarico.

Potranno venire a conoscenza dei dati anche i responsabili del trattamento, nonché gli incaricati del trattamento; gli incaricati alla manutenzione degli elaboratori elettronici.

Titolare del trattamento è la Società Aster Energetica Srl con sede in Roma, Via Luigi Chiala 125, nella persona responsabile di Raffaele Mancini.

**Consenso al trattamento.**

Il sottoscritto \_\_\_\_\_ dichiara di avere ricevuto completa informativa ai sensi dell'art. 13 D.L.gs. 196/2003 e di avere preso atto dei diritti di cui all'art. 7 del D.L.gs medesimo "Diritto di accesso ai dati personali ed altri diritti", ed esprime il proprio consenso al trattamento ed alla comunicazione dei propri dati qualificati come personali e sensibili, per le finalità e per la durata precisati nell'informativa.

Luogo, \_\_\_\_\_, data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma leggibile



## ALLEGATO 7



1/3

		<b>Spett. ENEA CASACCIA UTRINN/STD Via Anguillarese 301 00123 Santa Maria di Galeria - ROMA</b>
Ns. Contatto	Ing. Marco Calcopietro	C. Att. Ing. Pietro Tarquini
Ns. Rif.	14007	Vs. Rif. Accordo Verbale
Prot.	U-103-14	Data 29/04/2014

**Oggetto: Offerta per la fornitura di una turbina a vapore usata completa di generatore elettrico**

*Gentile Ing. Tarquini,*

*In riferimento agli accordi intercorsi, come da Vs. gentile richiesta, inviamo l'offerta per la fornitura in oggetto e le relative condizioni di vendita.  
RingraziandoLa per l'interesse dimostrato, rimaniamo a disposizione per fornire chiarimenti e cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.*

## 1 Descrizione generale della fornitura

La presente offerta è relativa alla fornitura dei seguenti materiali:

- una turbina a vapore, usata;
- un generatore elettrico accoppiato alla turbina, usato;

### 1.1 Turbina a vapore e generatore elettrico

Il turbogeneratore fornito è una macchina di fabbricazione inglese e realizzato nel 1969. E' completo di: servocomando, completo di controllo "overspeed", girante e generatore elettrico. Di seguito sono riportati i dati salienti della macchina:

DATI DI TARGA TURBO GENERATORE A VAPORE	
Applicazione turbina:	Accoppiamento con generatore
Marca turbina:	Turney Turbines Ltd
Modello turbina :	Tipo 6
Tipo turbina:	Turbina a singolo stadio
Generatore elettrico:	Corrente Continua
Potenza elettrica:	1.5 kWe
Costruttore turbogeneratore:	Sissons & Co. Ltd
Anno di costruzione:	1969
Dimensioni (Lunghezza x Larghezza x Altezza):	1.45 x 1.00 x 0.70
Peso:	circa 350 kg

### 1.2 Marcatura CE

Tutte le attrezzature oggetto della presente fornitura sono state realizzate prima del 31/12/1996, pertanto rientrano nel caso di attrezzature antecedenti all'obbligo di marcatura CE.

Le attrezzature offerte saranno comunque provviste dell'Attestazione di conformità secondo quanto previsto dall'art. 72, comma 1 del D. Lgs. 81/08 per le attrezzature non marcate "CE".

## 2 Prezzo e condizioni di pagamento

A seguire riportiamo la nostra migliore offerta:

<b>FORNITURA</b>	Materiali e Servizi
IMPORTO A CORPO	€ 5.000,00
<b>TOTALE IVA ESCLUSA</b>	<b>€ 5.000,00</b>

Per il pagamento si convengono le seguenti modalità:

<b>MODALITÀ DI PAGAMENTO</b>	
Alla firma dell'ordine:	Anticipo 70%
Alla consegna:	Saldo 30%

### 3 Esclusioni

Sono escluse dalla presente offerta le seguenti voci:

- Condensatore e gruppo di raffreddamento condensatore.
- Valvole di sicurezza, tubazioni di collegamento del vapore, del condensato e dell'olio di lubrificazione.
- Cablaggi elettrici, strumentazione e quadro di regolazione e controllo della linea vapore e della generazione elettrica.
- Scarico merce.
- Montaggi ed avviamento.
- Revisione completa della turbina e del generatore.
- Tutti quanti i materiali, componenti e servizi non espressamente riportati nell'offerta.

### 4 Consegna

- Tempi di consegna da definirsi.
- Costi di trasporto inclusi, franco vs. stabilimento ENEA-Casaccia.

### 5 Dettagli offerta

- I prezzi si intendono IVA esclusa.
- La presente offerta ha validità di 15 gg dal ricevimento.
- La fornitura è relativa a materiali usati da revisionare; si consiglia tale revisione in quanto necessaria per l'eventuale ripristino del funzionamento di tutti gli elementi costitutivi.

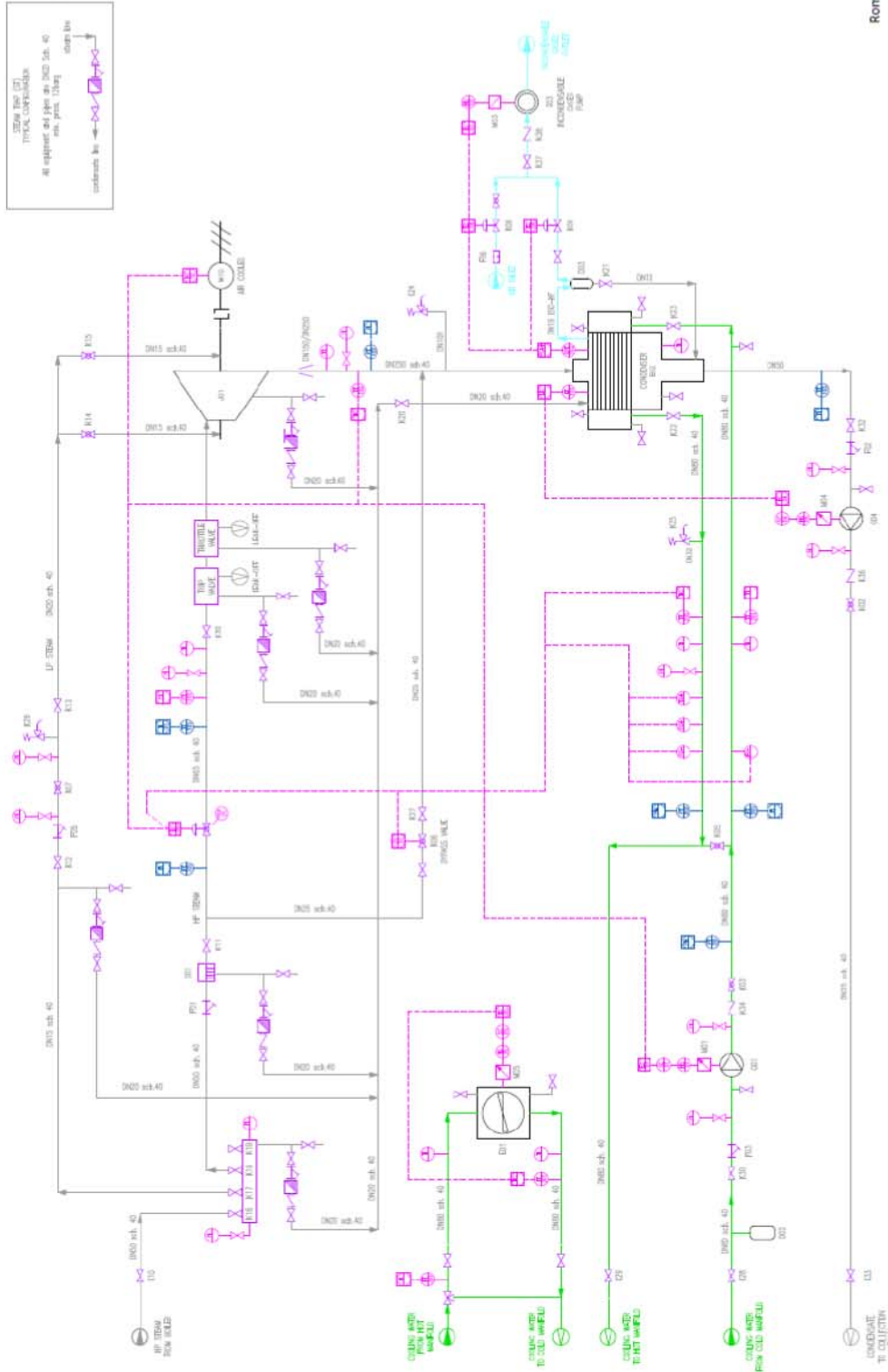
### 6 Servizi aggiuntivi

Revisione completa della turbina e del generatore elettrico e rilascio della garanzia relativa alle parti revisionate valida 12 mesi; quotazione su richiesta.



\_\_\_\_\_  
Aster Energetica Srl

**ALLEGATO A1**



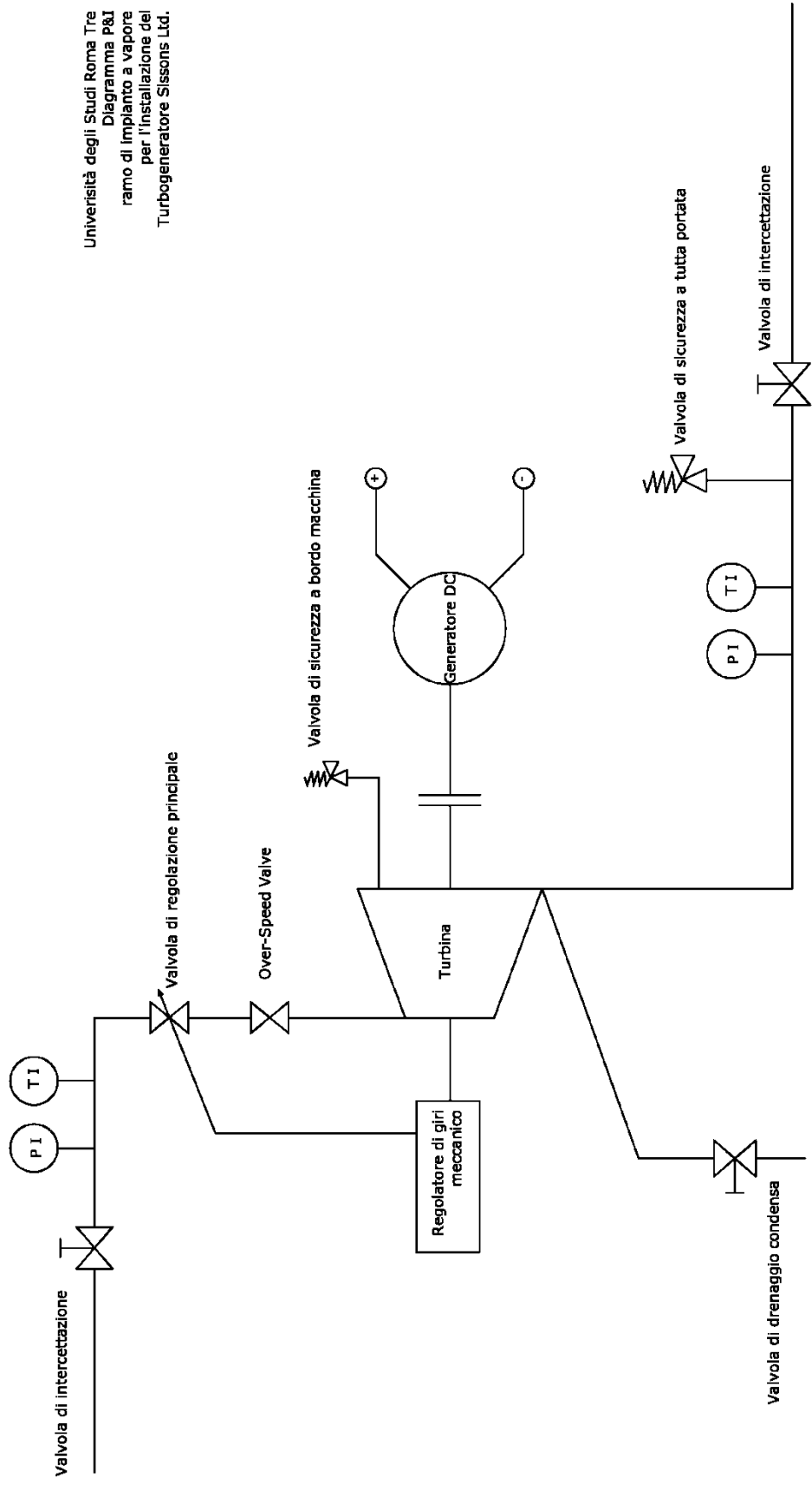
Roma TRE – ENEA

STUDIO E PROGETTAZIONE DI IMPIANTI DI COGENERAZIONE INNOVATIVI DI PICCOLA TAGLIA ALIMENTATI DA SISTEMI DI ACCUMULO TERMICO A SALI FUSI DI IMPIANTI SOLARI A CONCENTRAZIONE

Impianto motore a vapore a condensazione in assetto cogenerativo

REV. B\_01

ALLEGATO A2



Università degli Studi Roma Tre  
Diagramma P&I  
ramo di impianto a vapore  
per l'installazione del  
Turbogeneratore Sissons Ltd.