



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



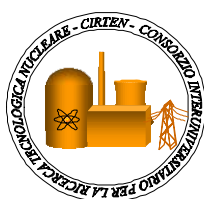
*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

*Documento SIET 016 01 RT10*

### Specifica degli interventi sugli impianti SIET

*G. Cattadori, A. Achilli, S. Gandolfi, M. Rigamonti*



SPECIFICA DEGLI INTERVENTI SUGLI IMPIANTI SIET

G. Cattadori SIET, A. Achilli SIET, S. Gandolfi SIET, M. Rigamonti SIET

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

**Titolo**
**Specifica degli interventi sugli impianti sperimentali della SIET**
**Ente emittente: SIET**

# PAGINA DI GUARDIA

**Descrittori**

**Tipologia del documento:** Rapporto tecnico/Technical Report  
**Collocazione contrattuale:** Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca “Nuovo nucleare da fissione”  
**Argomenti trattati:** Reattori ad acqua leggera/Light Water Reactors

**Sommario**

Questo rapporto è stato emesso nell’ambito del secondo PAR dell’accordo di programma ENEA-MSE e costituisce uno dei deliverable dell’obiettivo C “Preparazione del programma di qualifica sperimentale” della linea progettuale LP5 “Supporto all’Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, anche al fine di elevare il grado di accettazione dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche” del tema di ricerca “Nuovo Nucleare da Fissione”.

Il documento descrive con un sufficiente grado di dettaglio gli impianti sperimentali esistenti presso l’area sperimentale della SIET che rientrano, per caratteristiche e potenzialità, tra quelli impiegabili per programmi di qualificazione sperimentale di componenti e sistemi di impianti nucleari del tipo LWR.



Il documento elenca, inoltre, per ogni impianto sperimentale, incluso i sistemi ausiliari necessari per il suo funzionamento, i principali interventi manutentivi che si rendono necessari sia per un ripristino delle normali condizioni di operabilità, sia per un eventuale adeguamento tecnologico.

**Note**
**Copia n.**
**In carico a:**

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	15.9.2010	NOME	F. Bianchi		S. Monti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	CONVALIDA	VISTO	APPROVAZIONE	

**EMITTENTE***issued by***Unità di Produzione***Production Unit***Laboratorio Prova Grandi Impianti****CLIENTE: ENEA**  
*client***COMMESSA: 1PN000FA90245**  
*job***DISCO:**  
*disk***PAGINA: 1 DI: 110**  
*page of***IDENTIFICATIVO: 01602ST10**  
*document***Classe Ris.:**  
*confidentiality***Allegati:**  
*enclosures***TITOLO: SPECIFICA DEGLI INTERVENTI SUGLI IMPIANTI SPERIMENTALI DELLA SIET**  
*title***REDATTORI: Cattadori, Achilli, Gandolfi, Rigamonti**  
*prepared by***LISTA DI DISTRIBUZIONE**  
*distribution list*

R. Tinti (ENEA)  
F. Bianchi (ENEA)  
A. Luce  
G. Cattadori  
A. Achilli  
R. Ferri  
S. Gandolfi  
M. Greco  
R. Maiocchi  
M. Rigamonti  
G. Tortora

0	30/06/2010	Prima Emissione	G. Cattadori 	G. Cattadori 
<b>REV</b> <i>rev</i>	<b>DATA</b> <i>date</i>	<b>DESCRIZIONE</b> <i>description</i>	<b>REDAZIONE</b> <i>prepared by</i>	<b>APPROVAZIONE</b> <i>approved by</i>

Informazioni strettamente riservate di proprietà SIET SpA - Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui sono state fornite.  
*Confidential information property of SIET SpA - Not to be used for any purpose other than those for which it is supplied.*

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	8
<b>2</b>	<b>SCOPO</b> .....	9
<b>3</b>	<b>I GRANDI IMPIANTI SPERIMENTALI DELLA SIET ED IL SITO</b> .....	10
3.1	I Grandi Impianti Sperimentali .....	10
3.2	Il sito .....	10
<b>4</b>	<b>IMPIANTO SPES</b> .....	14
4.1	Descrizione e generalità .....	14
4.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	16
4.2.1	Circuito Primario .....	17
4.2.2	Circuito Secondario .....	23
4.2.3	Sistemi di Sicurezza .....	24
4.2.4	Strumentazione .....	25
4.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	26
4.4	Specifica degli interventi necessari .....	27
4.4.1	Manutenzione straordinaria macchine e centraline associate .....	27
4.4.2	Ripristino coibentazioni .....	27
4.4.3	Manutenzione straordinaria valvole .....	28
4.4.4	Interventi sulla struttura .....	28
4.4.5	Ristrutturazione pannello di controllo .....	28
4.4.6	Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche .....	28
4.4.7	Smontaggio e sistemazione canale di potenza .....	28
4.4.8	Sostituzione guarnizioni degli accoppiamenti flangiati .....	29
4.4.9	Attività inerenti la sicurezza .....	29
4.4.10	Sistema di acquisizione ed elaborazione dati .....	29
<b>5</b>	<b>IMPIANTO GEST</b> .....	30
5.1	Descrizione e generalità .....	30
5.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	31
5.2.1	Impianto GEST- GEN .....	31
5.2.1.1	La sezione di prova .....	33
5.2.1.2	Il circuito primario .....	34
5.2.1.3	Il circuito secondario .....	37
5.2.2	Impianto GEST- SEP .....	38
5.2.2.1	Il Vessel .....	39
5.2.2.2	Il circuito del liquido .....	41
5.2.2.3	Il circuito del vapore .....	42
5.2.2.4	Altri componenti e sistemi .....	44
5.2.3	Impianto PANTHERS .....	44
5.2.3.1	PANTHERS – PCC .....	44
5.2.3.2	PANTHERS - IC .....	48
5.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	52
5.4	Specifica degli interventi necessari .....	53
5.4.1	Manutenzione straordinaria macchine .....	53
5.4.2	Ripristino coibentazioni .....	53
5.4.3	Manutenzione straordinaria valvole .....	53
5.4.4	Interventi sulla struttura .....	53
5.4.5	Ristrutturazione pannello di controllo .....	53
5.4.6	Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche .....	53

5.4.7	Aggiustaggio tenuta vessel.....	54
5.4.8	Sostituzione guarnizioni.....	54
5.4.9	Ripristino tenuta piscine PANTHERS.....	54
5.4.10	Attività inerenti la sicurezza .....	54
<b>6</b>	<b>IMPIANTO IETI .....</b>	<b>55</b>
6.1	Descrizione e generalità.....	55
6.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	55
6.2.1	Impianto IETI-1 .....	55
6.2.2	Impianto IETI-4 .....	57
6.3	Utilizzo passato e stato attuale.....	59
6.4	Specifica degli interventi necessari .....	59
6.4.1	Manutenzione straordinaria macchine .....	59
6.4.2	Ripristino coibentazioni .....	59
6.4.3	Manutenzione straordinaria valvole.....	59
6.4.4	Interventi sulla struttura .....	59
6.4.5	Ristrutturazione pannello di controllo.....	60
6.4.6	Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche ...	60
6.4.7	Sostituzione guarnizioni.....	60
6.4.8	Attività inerenti la sicurezza .....	60
<b>7</b>	<b>SISTEMI AUSILIARI .....</b>	<b>61</b>
7.1	Sistema alimentazione elettrica AC.....	61
7.1.1	Descrizione e generalità.....	61
7.1.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	62
7.1.2.1	Cabina 130 kV .....	62
7.1.2.2	Cabina 3 kV .....	67
7.1.2.3	Cabina 380 V, centrale Emilia .....	69
7.1.2.4	Cabina 3kV/380 V, GEST .....	70
7.1.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	72
7.1.4	Specifica degli interventi necessari.....	72
7.1.4.1	Sostituzione trasformatore .....	72
7.1.4.2	Sostituzione linea in media tensione.....	72
7.1.4.3	Sostituzione interruttori 3 kV in Cabina “Centrale Emilia” e Cabina “GEST” .....	72
7.1.4.4	Realizzazione di un'alimentazione di riserva .....	73
7.1.4.5	Rifacimento parziale cabina in bassa tensione “Centrale Emilia” .....	73
7.1.4.6	Sostituzione quadri elettrici a campo .....	73
7.1.4.7	Interventi sull'illuminazione .....	73
7.2	Sistema alimentazione elettrica DC.....	73
7.2.1	Sistemi alimentazione DC di potenza .....	74
7.2.1.1	Descrizione e generalità.....	74
7.2.1.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	74
7.2.1.3	Utilizzo passato .....	77
7.2.1.4	Specifica degli interventi necessari.....	77
7.2.1.4.1	Interventi su gruppo di potenza 8 MW .....	77
7.2.1.4.2	Interventi su gruppo di potenza 4 MW .....	78
7.2.2	Sistemi alimentazione DC ausiliari.....	78
7.2.2.1	Descrizione e generalità.....	78
7.2.2.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	78
7.2.2.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	81
7.2.2.4	Specifica degli interventi necessari.....	81

7.3	Sistema vapore surriscaldato .....	81
7.3.1	Descrizione e specifiche tecniche .....	81
7.3.2	Utilizzo passato e stato attuale .....	84
7.3.3	Specifica degli interventi necessari e relative priorità .....	84
7.4	Sistema acqua .....	85
7.4.1	Impianto acqua industriale .....	85
7.4.2	Impianto acqua demineralizzata.....	87
7.4.3	Impianto acqua servizi .....	89
7.4.4	Impianto antincendio.....	91
7.4.5	Utilizzo passato .....	92
7.4.6	Specifica degli interventi necessari.....	92
7.4.6.1	Impianto acqua industriale .....	92
7.4.6.2	Impianto acqua demineralizzata.....	92
7.4.6.3	Impianto acqua servizi .....	93
7.4.6.4	Impianto antincendio.....	93
7.5	Sistema aria.....	93
7.5.1	Impianto aria a bassa pressione.....	93
7.5.2	Impianto aria ad alta pressione.....	95
7.5.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	96
7.5.4	Specifica degli interventi necessari.....	96
7.5.4.1	Impianto aria bassa pressione .....	96
7.5.4.2	Impianto aria alta pressione .....	96
7.6	Sistema controllo e supervisione ausiliari .....	96
7.6.1	Descrizione e generalità.....	96
7.6.2	Specifiche tecniche di dettaglio .....	97
7.6.3	Utilizzo passato e stato attuale .....	99
7.6.4	Specifica degli interventi necessari.....	100
7.6.4.1	Sostituzione con un nuovo sistema .....	100
7.6.4.2	Manutenzione consolle operativa sala controllo SPES-IETI-CPB .....	101
7.6.4.3	Manutenzione consolle operativa sala controllo GEST.....	101
<b>8</b>	<b>INFRASTRUTTURE E SERVIZI.....</b>	<b>103</b>
8.1	Officina Meccanica.....	103
8.2	Laboratorio Metrologico.....	105
8.3	Servizio Manutenzione .....	108
8.4	Servizio Prevenzione e Protezione .....	108
<b>9</b>	<b>PRIORITA' DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>109</b>
9.1	Criteri di Priorità.....	109
9.2	Priorità .....	109

**TABELLE**

- Tabella n. 1 - Dati del Canale di Potenza SPES-2*
- Tabella n. 2 - Dati del Fascio di Barre del Canale di Potenza SPES-2*
- Tabella n. 3 - Dati del Pressurizzatore SPES-2*
- Tabella n. 4 - Dati delle Pompe Primarie SPES-2*
- Tabella n. 5 - Dati del fascio tubiero dei GV SPES-2*
- Tabella n. 6 - Misure e Strumentazione Impianto SPES-2*
- Tabella n. 7 - Prove effettuate su impianto SPES*
- Tabella n. 8 - Confronto dati impianti SPES e SPES-2*
- Tabella n. 9 - Principali dati della facility GEST-GEN*
- Tabella n. 10 - Dati principali pompa impianto GEST*
- Tabella n. 11 - Dati principali compressore di vapore GEST*
- Tabella n. 12 - Caratteristiche dei Gruppi di Potenza*
- Tabella n. 13 - Componenti Impianto Adduzione Vapore Surriscaldato*
- Tabella n. 14 - Elenco utenze principali impianti sperimentali SIET*
- Tabella n. 15 - Configurazione sottostazioni PLC*
- Tabella n. 16 - Elenco sottostazioni PLC*
- Tabella n. 17 - Priorità degli interventi su impianti sperimentali SIET*

**FIGURE**

- Figura n. 1 - Mappa del sito*
- Figura n. 2 - La centrale Emilia*
- Figura n. 3 - Centrale Emilia - Planimetria 1° piano*
- Figura n. 4 - Impianto SPES, Lay-out semplificato*
- Figura n. 5 - Impianto SPES-2, schema di flusso semplificato*
- Figura n. 6 - Vista parziale dell'impianto SPES-2 (lato Nord-Ovest)*
- Figura n. 7 - Vista parziale dell'impianto SPES-2 (lato Nord)*
- Figura n. 8 - SPES-2, Canale di Potenza*
- Figura n. 9 - SPES: Fascio di Barre del Canale di Potenza con Termocoppie*
- Figura n. 10 - Pompa Primaria Impianto SPES-2*
- Figura n. 11 - SPES-2: Hot Leg / Cold Leg, connessioni al Canale di Potenza*
- Figura n. 12 - Sala Controllo Impianto SPES*
- Figura n. 13 - Sala Manovra Impianto GEST*
- Figura n. 14 - Schema di Flusso semplificato della facility GEST-GEN*
- Figura n. 15 - Caldaia Elettrica Impianto GEST-GEN: vista dall'alto*
- Figura n. 16 - Impianto GEST-GEN: Pompe Primarie*
- Figura n. 17 - Impianto GEST-GEN: Pressurizzatore Circuito Primario*
- Figura n. 18 - Schema di Flusso semplificato della facility GEST- SEP*
- Figura n. 19 - Vessel Impianto GEST-SEP: vista dall'alto*
- Figura n. 20 - Separatore in fase di installazione nel Vessel dell' impianto GEST-SEP*
- Figura n. 21 - Impianto GEST: Elettro-Pompa Primaria*
- Figura n. 22 - Impianto GEST-SEP: compressore di vapore*
- Figura n. 23 - Schema funzionale del sistema SBWR-PCCS*
- Figura n. 24 - Schema della facility PANTHERS-PCC*
- Figura n. 25 - Facility PANTHERS: Passive Containment Condenser*
- Figura n. 26 - Schema funzionale del sistema SBWR-ICS*
- Figura n. 27 - Schema della facility PANTHERS - IC*
- Figura n. 28 - Facility PANTHERS: Isolation Condenser*
- Figura n. 29 - Schema Impianto Sperimentale IETI-1*
- Figura n. 30 - Schema Impianto Sperimentale IETI-4*
- Figura n. 31 - Preriscaldatori Acqua impianto IETI-4*
- Figura n. 32 - Schema semplificato alimentazione elettrica AC SIET*
- Figura n. 33 - Trasformatore 130 / 3 kV (CEM-2)*
- Figura n. 34 - Quadro comando interruttore AT*
- Figura n. 35 - Nuovi Interruttori e Sezionatori 130 kV*
- Figura n. 36 - SIET: Sala 3000 V*
- Figura n. 37 - Trasformatore TSP*
- Figura n. 38 - SIET: Sala 380 V*
- Figura n. 39 - Cabina GEST: Trasformatori 3000 / 380V (TR-1 e TR-2)*
- Figura n. 40 - Gruppo di potenza 4MW*
- Figura n. 41 - Gruppo di potenza 8MW*
- Figura n. 42 - Armadio a Tiristori Gruppo di Potenza 4 MW*
- Figura n. 43 - Armadio a Diodi Gruppo di Potenza 8 MW*
- Figura n. 44 - Sala Batterie 110 V*
- Figura n. 45 - Sala Batterie 220 V*
- Figura n. 46 - Schema semplificato linee adduzione vapore a GI SIET*
- Figura n. 47 - Linea 5" Vapore Surriscaldato da Centrale Edipower*
- Figura n. 48 - Schema semplificato impianto acqua industriale*
- Figura n. 49 - Pompa acqua industriale*

- Figura n. 50 - Schema impianto acqua demineralizzata*
- Figura n. 51 - Serbatoio Acqua Demineralizzata*
- Figura n. 52 - Gruppo Condensazione Vapore*
- Figura n. 53 - Schema impianto acqua servizi*
- Figura n. 54 - Pompe "acqua servizi" per Grandi Impianti Sperimentali SIET*
- Figura n. 55 - Tubazioni antincendio sottostanti serbatoio pensile*
- Figura n. 56 - Compressore aria servizi bassa pressione (7 bar)*
- Figura n. 57 - Compressore aria servizi alta pressione (240 bar)*
- Figura n. 58 - Officina meccanica SIET*
- Figura n. 59 - Officina meccanica SIET - Tornio*
- Figura n. 60 - Officina meccanica SIET – Carro-ponte da 5000 kg*
- Figura n. 61 - Laboratorio Metrologico SIET: sala pressioni*
- Figura n. 62 - Laboratorio Metrologico SIET: Banco Taratura Misuratori di Pressione*
- Figura n. 63 - Laboratorio Metrologico SIET: Forni Taratura Misuratori di Temperatura*

## **1 INTRODUZIONE**

Nelle diverse dichiarazioni pubbliche che si sono succedute, il Governo ha chiaramente puntualizzato che, per la riapertura dell'opzione nucleare in Italia, intende affidarsi, a breve-medio termine, a tecnologie nucleari che hanno raggiunto una concreta maturità tecnologica, accompagnandole peraltro con rilevanti piani di R&S sulle tecnologie più avanzate, da portare avanti, con orizzontale temporale di medio - lungo termine, a livello internazionale e comunitario.

Dal punto di vista del sistema nucleare per la produzione di energia, la tecnologia a cui ci si riferisce è quella dei reattori che nella "Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems" vengono classificati come reattori di generazione III e III+, ovvero reattori raffreddati ad acqua leggera in pressione (cosiddetti LWR) di grossa taglia come l'EPR (1600 MWe) della franco-tedesca AREVA e l'AP1000 (1100 MWe) di Toshiba-Westinghouse, già in corso di realizzazione altrove nel mondo (Finlandia, Francia e Cina) e sui quali molto verosimilmente si orienterà la scelta nazionale a breve-medio termine.

La società SIET SpA di Piacenza è l'unica realtà nazionale che possiede impianti sperimentali di grande taglia in grado di simulare il comportamento termofluidodinamico di componenti e sistemi di reattori LWR, in particolare di generazione III e III+.

La SIET possiede dunque attrezzature che intercettano sia l'attuale tecnologia dei reattori di III generazione già in fase di commercializzazione, sia la tecnologia subito successiva che dovrebbe entrare in fase di commercializzazione nel prossimo decennio.

Pertanto SIET, in integrazione e sinergia con ENEA, è in grado di fornire un contributo fondamentale ed unico al soddisfacimento dell'atto di indirizzo del Governo che chiede ad ENEA di contribuire allo sviluppo rapido delle competenze e delle infrastrutture tecniche e scientifiche necessarie.

## 2 SCOPO

In un ambito industriale indirizzato alla realizzazione e gestione di impianti nucleari di produzione dell'energia elettrica, gli impianti sperimentali della SIET costituiscono uno strumento di grande efficacia a supporto sia dell'Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, sia dell'industria nazionale per lo sviluppo e qualificazione dei prodotti venduti in Italia e all'estero. Alcune facility potrebbero inoltre essere impiegate per attività di training del personale tecnico delle Utilities e per la formazione a livello universitario, come peraltro già avvenuto in passato.

Certamente, in considerazione dell'ormai lontana data di entrata in servizio, gli impianti sperimentali ed i relativi servizi ausiliari che ne consentono il funzionamento, necessitano di interventi necessari a garantire la loro operabilità per le esigenze sopra esposte.

Il presente documento si prefigge lo scopo di descrivere con un sufficiente grado di dettaglio gli impianti sperimentali della SIET che rientrano, per caratteristiche e potenzialità, tra quelli impiegabili per programmi di qualificazione sperimentale di componenti e sistemi di impianti nucleari del tipo LWR. Successivamente sarà considerato lo stato attuale di tali impianti, elencando i principali interventi manutentivi che si rendono necessari sia per un ripristino delle normali condizioni di operabilità, sia per un eventuale adeguamento tecnologico.

La descrizione e l'analisi dello stato attuale riguarderà le singole facility e tutti i sistemi ausiliari che rendono possibile il loro funzionamento. Tali sistemi ausiliari sono, nella maggior parte dei casi, comuni a tutte le facility descritte.

### **3 I GRANDI IMPIANTI SPERIMENTALI DELLA SIET ED IL SITO**

#### **3.1 I Grandi Impianti Sperimentali**

SIET S.p.A. nasce nel 1983 da un accordo tra ENEA e CISE con lo scopo primario di effettuare test per la sicurezza di componenti e sistemi destinati ad impianti nucleari per la produzione di energia elettrica. L'azienda è dotata di strutture sperimentali in grado di simulare, a piena scala o in scala ridotta, i principali circuiti termoidraulici delle centrali nucleari esistenti o di nuova generazione. Queste strutture sperimentali sono nel seguito definite "Grandi Impianti Sperimentali" e saranno oggetto di descrizione ed analisi come prospettato nel capitolo precedente. Alcuni di questi impianti sono stati realizzati negli anni '70 dal CISE, quindi quando ancora SIET non era costituita, mentre altri sono stati realizzati successivamente nel corso degli anni '80 e '90. Le attività sperimentali su questi impianti costituiscono il "core business" della SIET e rappresentano, in media, circa il 50% del fatturato della Società.

Nonostante gli effetti dell'incidente di Chernobyl (1986) e dell'esito del referendum del 1987 avessero ridotto al minimo l'impegno italiano sul nucleare, alcuni dei grandi impianti della SIET hanno funzionato con una frequenza relativamente elevata, grazie soprattutto alle commesse provenienti dall'estero ed alla partecipazione ai programmi quadro della Commissione Europea. Altri impianti, al contrario, hanno funzionato per brevi periodi e sono fermi da diversi anni. Nei capitoli successivi, oltre alla descrizione dell'impianto ed al suo stato, saranno fornite informazioni anche sui periodi di funzionamento.

I Grandi Impianti Sperimentali della SIET sono tre:

- impianto SPES, per le prove di sistemi PWR;
- impianto GEST, per le prove su i Generatori di Vapore PWR, Separatori acqua-vapore LWR e Sistemi di Rimozione del Calore;
- impianto IETI, per prove varie di termo-fluidodinamica su componenti di impianti nucleari.

Nei capitoli successivi sono reperibili tutte le informazioni sui Grandi Impianti della SIET. Nel seguito si riportano alcune informazioni relative al sito, in quanto le facility in oggetto, per ragioni di dimensioni e di necessità di infrastrutture e servizi esterni, sono strettamente dipendenti dalle "condizioni al contorno".

#### **3.2 Il sito**

Fin dalla sua fondazione la sede della società è ubicata nell'area della centrale termoelettrica di Piacenza, attualmente di proprietà Edipower, situata sulle rive del Po. L'edificio che ospita la Società è un magnifico esempio di architettura industriale degli anni venti, progettato dall'insigne architetto Piero Portaluppi: trattasi di un'ex centrale termoelettrica denominata "centrale Emilia".

Questo impianto di produzione (140 MWe) funzionò fino all'inizio degli anni ottanta, allorché Enel (allora proprietaria dell'impianto) decise di dismetterlo per ragioni economiche: per ragioni di inquinamento ambientale avrebbe dovuto eseguire opere e adattamenti particolarmente onerosi (conversione a gas naturale, innalzamento dei camini, ecc.). Nel 1987 maturarono pertanto le condizioni per la sottoscrizione di una convenzione ENEL-

SIET che prevede la concessione in uso della centrale Emilia (edificio ed impianti) a SIET fino al 2030 per utilizzi nel campo della termoidraulica sperimentale, in cambio dell'impegno SIET di provvedere alla manutenzione.

La centrale Emilia ospita la maggior parte degli impianti della SIET. Essa è inserita in un'area molto vasta che ospita una nuova centrale termoelettrica (centrale Piacenza Levante) a ciclo combinato gas-vapore da 850 MWe, attualmente in esercizio.



Figura n. 1 - Mappa del sito

La particolare localizzazione della SIET all'interno di una centrale termoelettrica in esercizio, consente lo sfruttamento, per le attività sperimentali, dei fluidi utilizzati nel ciclo di produzione dell'energia elettrica, in particolare vapore surriscaldato ed acqua demineralizzata. Questa caratteristica fa di SIET un centro di termoidraulica sperimentale che, per potenzialità energetiche e fluidi per gli esperimenti, ha certamente pochi concorrenti al mondo.

I valori di queste potenzialità sono reperibili al capitolo dedicato ai sistemi ausiliari. Qui sotto si riportano alcune informazioni e dati specifici del sito.

La centrale termoelettrica di Piacenza è ubicata a circa un chilometro a nord-est del centro storico della città, in prossimità della sponda meridionale del fiume Po, in un tratto in cui il corso d'acqua costituisce il confine regionale tra Emilia Romagna e Lombardia.

Il sito Edipower si estende, complessivamente, su un'area di circa 275.000 m<sup>2</sup>, di cui circa 10.000 m<sup>2</sup> concessi in uso alla SIET. Circa la metà dell'area destinata alla SIET è occupata dall'edificio della centrale Emilia, mentre l'altra metà costituisce un'area esterna, parzialmente occupata da altre strutture (impianti sperimentali, trasformatori elettrici di potenza ed officina meccanica).



*Figura n. 2 - La centrale Emilia*

L'edificio in cemento armato della Centrale Emilia è costituito da cinque piani, di cui uno interrato, comunicanti attraverso un vano centrale passante su ogni soletta e varie aperture grigliate calpestabili. I cinque piani sono collegati tra loro attraverso scale in cemento e in ferro, un montacarichi, ed un ascensore. Le dimensioni in pianta dell'edificio sono circa (80 X 60) m<sup>2</sup>, l'altezza massima a partire dal piano campagna è di circa 40 m, il volume complessivo (piano interrato incluso), è di circa 200.000 m<sup>3</sup>.

All'interno della centrale sono presenti ancora tutti i componenti dell'impianto di produzione dismesso (caldaie, camini, condotti aria, tubazioni, scambiatori, pompe, ventilatori, serbatoi, ecc.), ad eccezione dei due gruppi turbo-alternatore da 70 MWe, smontati da SIET e restituiti ad ENEL nel 1989, per predisporre l'area di installazione dell'impianto "Turbina Sperimentale". Alcuni dei Grandi Impianti della SIET sono installati all'interno dell'edificio (SPES, IETI e parte del GEST, parte dei sistemi ausiliari), altri all'esterno (parte principale del GEST, parte dei sistemi ausiliari).

Nella figura sotto riportata è rappresentata la pianta del primo piano dell'edificio della centrale Emilia: in essa sono evidenziate in grigio le aree occupate dai Grandi Impianti installati all'interno della centrale. In particolare, l'area SPES si estende dal primo piano alla sommità dell'edificio (circa 30 m in elevazione), l'area GEST Panthers dal piano seminterrato fino al quinto piano (circa 25 m in elevazione), l'area IETI dal piano terra al quinto piano (circa 20 m in elevazione). L'impianto GEST base è invece installato in apposita struttura esterna, in zona compresa tra il lato ovest della parete sud della centrale Emilia ed il viadotto autostradale BS-PC-TO. L'area esterna di specifica competenza dell'impianto GEST è di circa 500 m<sup>2</sup> con un'elevazione di circa 25 m.

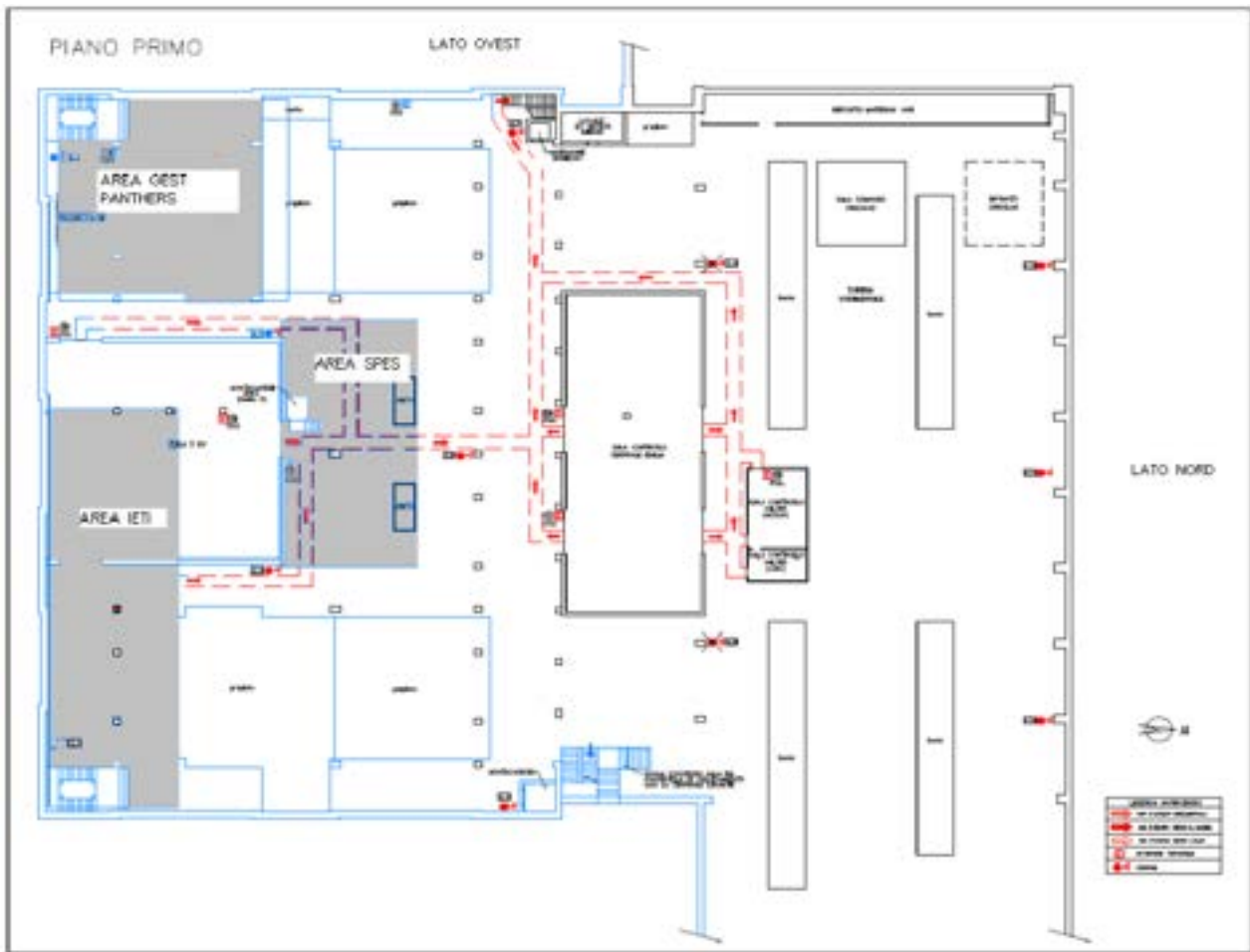


Figura n. 3 - Centrale Emilia - Planimetria 1° piano

## 4 IMPIANTO SPES

### 4.1 Descrizione e generalità

L'impianto sperimentale SPES (Simulatore Pressurizzato per Esperienze di Sicurezza) venne messo in funzione nella seconda metà degli anni '80 nell'ambito del piano nazionale di ricerca sui reattori ad acqua leggera. Questa facility sperimentale può essere considerata, per dimensioni e potenza erogata, unica a livello mondiale ed è stata oggetto, negli anni ed in diverse configurazioni, di programmi sperimentali in collaborazione con prestigiose organizzazioni internazionali. L'impianto è dotato dei componenti e della strumentazione necessari per simulare e studiare, nelle reali condizioni operative, il comportamento di una centrale nucleare PWR in situazioni critiche o di incidente. L'impianto è ubicato nell'area sperimentale SIET all'interno della Centrale Emilia (Zona Sud-Est) e si sviluppa su un'area di circa 250 m<sup>2</sup> per un'altezza di circa 30 m.

Nella sua prima configurazione l'impianto SPES è stato utilizzato per l'effettuazione di test inerenti alla verifica del funzionamento del reattore PWR W312 (Progetto Unificato Nazionale). Sono stati effettuate test sperimentali quali : prove di circolazione naturale, piccoli rotture nel circuito primario, perdita dell'acqua alimento o guasti ai sistemi ausiliari. I risultati di tale campagna sono stati utilizzati anche per la messa a punto di codici numerici di sicurezza quali RELAP e TRAC.

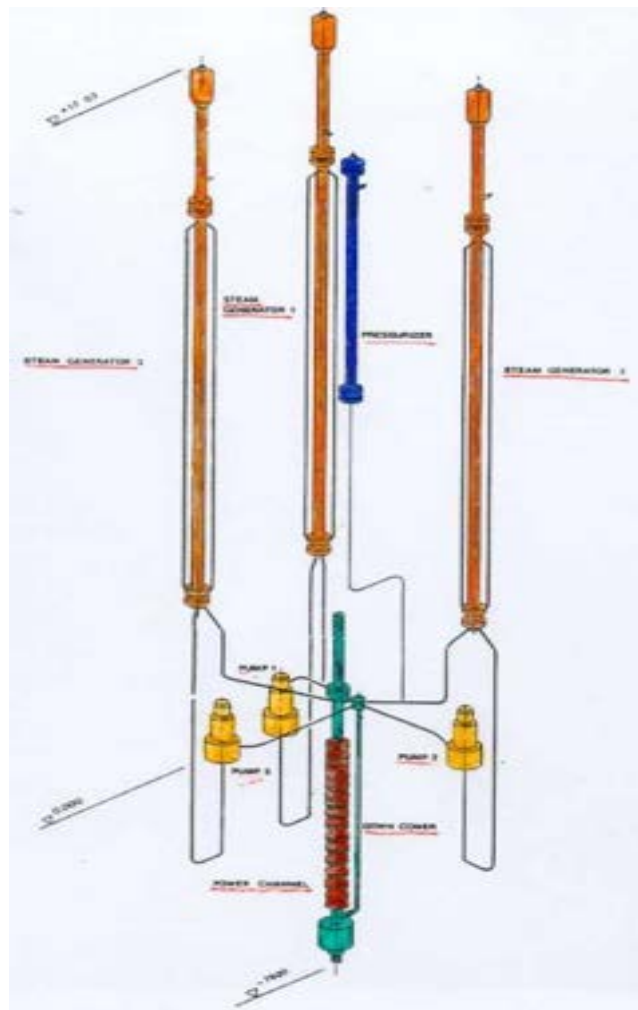


Figura n. 4 - Impianto SPES, Lay-out semplificato

L'impianto SPES fu in seguito modificato per permettere la realizzazione di un programma sperimentale particolarmente articolato commissionato da ENEA ed ENEL nell'ambito di un accordo di collaborazione con Westinghouse a supporto della certificazione di un impianto nucleare per la produzione di energia, denominato AP600, e caratterizzato da soluzioni tecniche innovative quali l'introduzione di sistemi di sicurezza di tipo passivo. Tale campagna sperimentale, 15 tests, venne condotta da SIET nel periodo '93-94 e costituì la base per la certificazione dell'impianto AP600.

Nel 1999 un test di media rottura sul circuito primario venne effettuato su una nuova configurazione dell'impianto (senza sistemi di sicurezza passivi), denominato SPES 99.

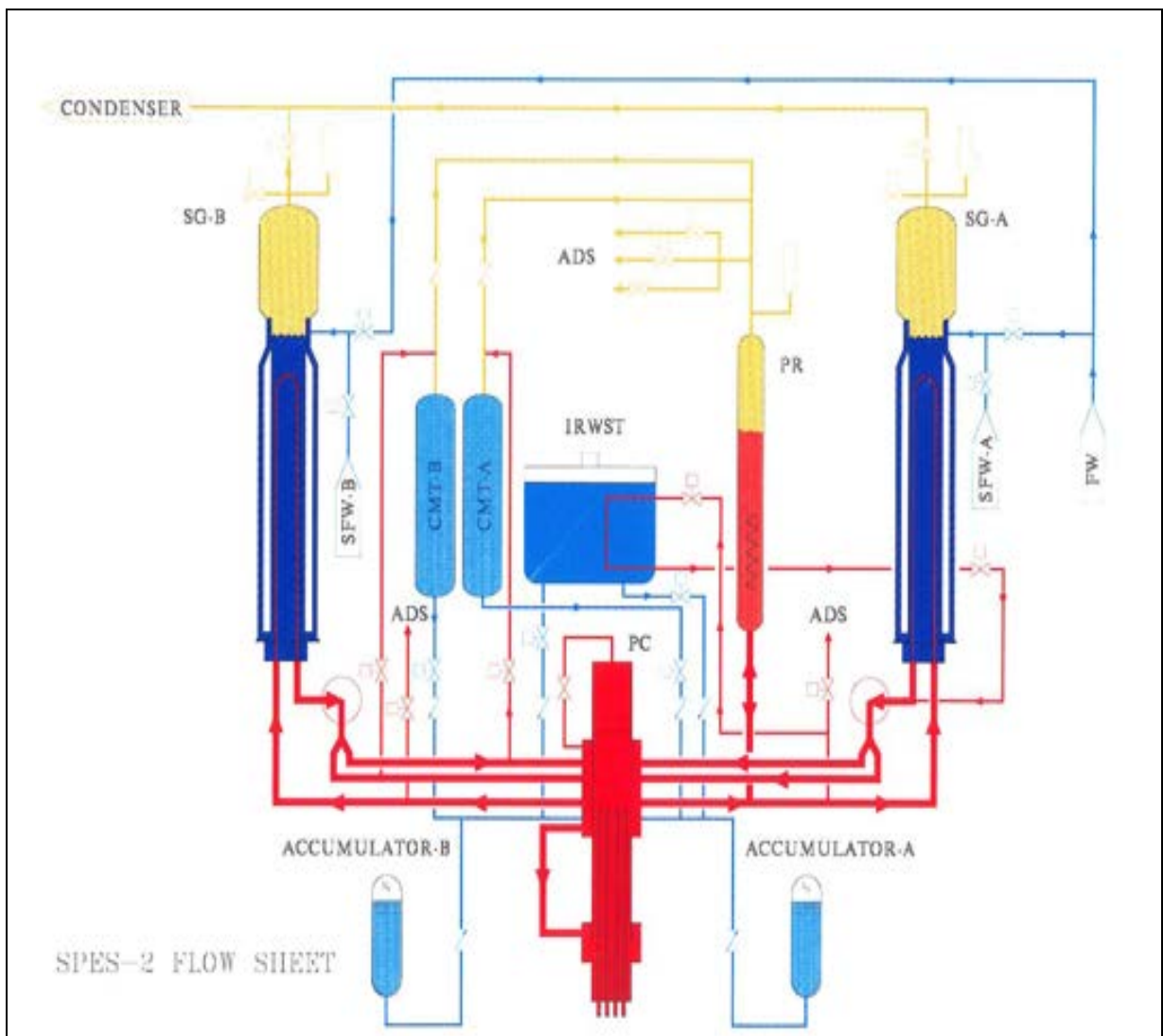


Figura n. 5 - Impianto SPES-2, schema di flusso semplificato

## 4.2 Specifiche tecniche di dettaglio

L'impianto SPES nelle sue diverse configurazioni riproduce, in scala significativa (1/400 circa) il circuito termoidraulico primario, parte del secondario e tutti i sistemi di emergenza di una centrale nucleare di tipo pressurizzato. Lo SPES opera con gli stessi fluidi ed alle stesse condizioni termodinamiche del reattore. La potenza termica generata nel combustibile è simulata sfruttando l'effetto Joule di un'elevatissima corrente elettrica (fino a 70.000 A) passante nel fascio del canale di potenza, contenente 97 barre che riproducono la matrice 17x17 del reattore di riferimento con la stessa geometria (passo e diametro delle barre).



*Figura n. 6 - Vista parziale dell'impianto SPES-2 (lato Nord-Ovest)*

L'impianto SPES è progettato per simulare:

- Il circuito primario nella sua totalità;
- Il circuito secondario limitatamente a:
  - o generatore di vapore;
  - o circuito acqua alimento fino alla valvola di isolamento;
  - o linee vapore fino alla valvola di stop turbina;
- i più significativi sistemi ausiliari:
  - o circuito di riempimento/svuotamento

- sistemi di sicurezza attivi/passivi
- steam dump al condensatore.

I criteri generali di scalatura dell'impianto prevedono la conservazione dei seguenti parametri rispetto all'impianto di riferimento:

- Condizioni termodinamiche del fluido (pressione ed entalpia)
- Rapporto potenza/volume
- Rapporto potenza /portata
- Tempo di transito del fluido
- Flusso termico



*Figura n. 7 - Vista parziale dell'impianto SPES-2 (lato Nord)*

Le caratteristiche salienti dei principali componenti dell'impianto nella configurazione attuale (SPES-2), sono descritte nel seguito.

#### **4.2.1 Circuito Primario**

##### **Canale di potenza**

Il canale di potenza simula il vessel e gli interni del reattore nucleare ed è suddiviso in quattro parti principali.

- *Lower Plenum*

Si estende dal fondo canale fino all'ingresso del downcomer tubolare. Esso contiene il sistema di tenuta per la parte terminale del fascio di barre, che si estende al di fuori del canale di potenza.

- *Riser*

Si estende dall'ugello di ingresso del downcomer tubolare fino alla piastra superiore del rod bundle. La porzione di vessel che contiene la parte riscaldata del fascio di barre ha una sezione interna ottagonale ed è costituito da un insieme di 11 flange. L'isolamento elettrico e la tenuta sono effettuate tramite anelli di klingerit 400.

- *Upper Plenum*

Si estende dalla piastra del fascio tubiero fino alla piastra di supporto superiore. Esso contiene i due ugelli di efflusso delle hot leg, i quattro ugelli di ingresso delle cold leg e l'ingresso del sistema di sicurezza passivo DVI.

- *Upper Head*

Si estende dalla piastra di supporto superiore al top del canale di potenza.

PRESSIONE, MPa nominale / progetto	15.5 / 20.0
TEMPERATURA, °C ingresso core	276.1
uscita core	312.4
progetto	364.9
PORTATA, kg/s	12.6
LUNGHEZZA, m	10.45
VOLUME NETTO, dm <sup>3</sup>	218.8
MATERIALE	AISI 316

Tabella n. 1 - Dati del Canale di Potenza SPES-2

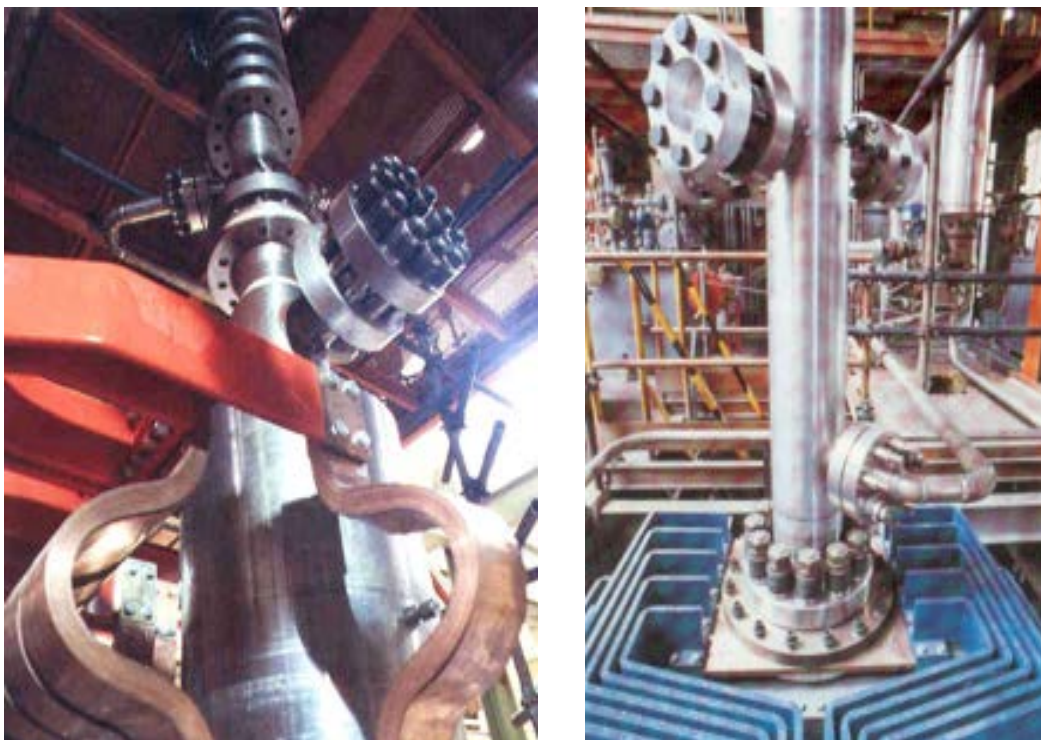


Figura n. 8 - SPES-2, Canale di Potenza

### **Fascio di barre**

Il fascio di barre dell'impianto SPES è posizionato all'interno del riser del canale di potenza ed è composto da 97 barre cave che hanno la stessa lunghezza e la stessa geometria del reattore di riferimento. Le barre sono avvitate alla piastra superiore di supporto che agisce anche da connessione di potenza. Undici griglie spaziatrici sono dislocate lungo lo sviluppo assiale del fascio al fine di mantenere correttamente distanziate le barre fra loro. In origine 20 barre erano strumentate con un totale di 80 termocoppie brasate sulla parete interna e poste a diverse quote lungo lo sviluppo assiale delle barre stesse.

Numero barre	97
Pressione / temp. progetto, MPA / °C	20/450 16/650
Diametro interno/esterno,mm	7.9/9.5
Passo, mm	12.6
Lunghezza, mm totale/ riscaldata	6467/3663
Potenza, kW nominale / massima	4894/9000
Massima corrente, kA	70
Distribuzione assiale flusso	uniforme

Tabella n. 2 - Dati del Fascio di Barre del Canale di Potenza SPES-2



*Figura n. 9 - SPES: Fascio di Barre del Canale di Potenza con Termocoppie*

### **Pressurizzatore**

Il pressurizzatore controlla la pressione primaria durante il normale funzionamento e durante i transitori operazionali. Esso consiste in un vessel cilindrico con terminali flangiati; all'interno sono posizionati riscaldatori elettrici ad immersione con potenza massima di 16 kW. Una tubazione da 2" connette il top del pressurizzatore con i primi tre stadi del sistema di depressurizzazione automatico ADS che interviene scaricando vapore su segnale di alta pressione. La surge line (1 1/2") collega il sistema primario con il fondo del pressurizzatore e permette l'espansione / contrazione del fluido primario. Le dispersioni termiche del componente sono compensate dalla presenza di sei riscaldatori elettrici on/off.

FLUIDO	acqua saturo e vapore
LIVELLO NOMINALE, m	3.78
PRESSIONE, MPa progetto / nominale	20/15.5
TEMPERATURA, °C progetto / nominale	365/354
RISCALDATORI INTERNI / ESTERNI numero	3/6
potenza massima cad., kW	16/3.8
VOLUME, dm <sup>3</sup>	95.4
LUNGHEZZA, m	6.8

*Tabella n. 3 - Dati del Pressurizzatore SPES-2*

### **Pompe Primarie**

Due pompe centrifughe, mono-stadio ad asse orizzontale (una per loop) spingono il fluido primario lungo il canale di potenza per rimuovere il calore generato all'interno del fascio di barre. La linea d'aspirazione è orizzontale mentre la mandata è diretta verso il basso e scarica in un tubo verticale da 3" che si divide nelle due cold legs. Un volano provvede a fornire un'inerzia vicina a quella del reattore di riferimento, la velocità di rotazione può essere controllata nel range +/- 190%. Le pompe forniscono la corretta prevalenza e portata per il raggiungimento delle condizioni nominali di riferimento prima dell'inizio del transitorio incidentale. Il coastdown conseguente alla fermata delle pompe avviene in modo simile a quello del reattore di riferimento.



*Figura n. 10 - Pompa Primaria Impianto SPES-2*

TIPO	centrifugo / monostadio
PRESSIONE, MPa progetto / nominale	20/15.3
TEMPERATURA, °C Progetto / nominale	365/276
PREVALENZA, m	100
PORTATA, kg/s	12.6
POTENZA, kW	20
NPSHr, m	2.6
VELOCITA' DI ROTAZIONE	2950 rpm

*Tabella n. 4 - Dati delle Pompe Primarie SPES-2*

### **Generatore di vapore (fascio tubiero)**

Il fluido primario fluisce all'interno del generatore di vapore attraverso tredici tubi ad U in Inconel 600 assemblati con matrice quadrata, saldati ad una piastra di supporto posta sul fondo del generatore e correttamente spazati da sette griglie distanziatrici. Il materiale e la geometria dei tubi è la stessa del reattore di riferimento ma il numero di tubi e la lunghezza media è inferiore a quella dell'AP600, come conseguenza la superficie di scambio termico risulta anch'essa inferiore a quella di riferimento di circa un 30%. Strumentazione di pressione e temperatura è posta all'interno dei tubi ad U.

PRESSIONE , MPa progetto/ nominale	20/4.9
TEMPERATURA, °C progetto	365
TUBI AD U, numero	13
lunghezza media, m	16.7
ALTEZZA TOTALE, m	15.59
VOLUME SECONDARIO, dm <sup>3</sup>	388

*Tabella n. 5 - Dati del fascio tubiero dei GV SPES-2*

## Piping

I due loop dell'impianto comprendono le seguenti linee principali:

- hot legs (3" sch. 80), collegano l'uscita del canale di potenza con il generatore di vapore;
- cold legs, la mandata delle pompe di ricircolo è costituita da un singolo tubo (3" sch. 160) diretto verso il basso che si divide in due linee (2 ½" sch. 160) che entrano nel canale di potenza attraverso due differenti bocchelli;
- pump suction, collegano gli outlet piena del generatore con l'aspirazione della pompa, la sezione è di 3" sch 160 con una sezione centrale di 8" sch 160.



*Figura n. 11 - SPES-2: Hot Leg / Cold Leg, connessioni al Canale di Potenza*

### 4.2.2 Circuito Secondario

#### Generatore di vapore

L'impianto SPES-2 è dotato di due generatori di vapore che permettono il trasferimento della potenza termica dal circuito primario a quello secondario. Il lato secondario dei generatori è costituito da un pressure vessel suddiviso in tre diverse sezioni. Una sezione inferiore con i bocchelli di ingresso e uscita del fluido primario ed i relativi plena di collegamento con i tubi ad U. Una sezione cilindrica intermedia, flangiata a quella inferiore, ospita i tubi ad U ed è collegata alla sezione superiore tramite due tubazioni esterne da 2" (downcomer) che fanno confluire l'acqua d'alimento nel tratto iniziale dei tubi ad U. La sezione superiore è costituita da un corpo cilindrico con un duomo sulla sommità e ospita il bocchello dell'acqua alimento e quello della linea vapore in uscita dal generatore stesso. La sezione superiore contiene inoltre:

- separatore di vapore a ciclone;
- essiccatori;
- anello toroidale di distribuzione dell'acqua alimento con "j-nozzles" ;
- altri internals.

## **Piping**

Il circuito secondario comprende le seguenti tubazioni:

- due linee vapore ( main steam lines) in uscita dai generatori ciascuna dotata di valvola di sicurezza, valvola di depressurizzazione (PORV) e valvola di isolamento;
- collettore delle linee vapore (main steam header) con valvola di controllo della pressione e valvola di isolamento;
- linea di preriscaldamento acqua d'alimento (preheater line);
- due linee d'alimento (main feedwater lines) ciascuna con valvola di controllo e isolamento.

### **4.2.3 Sistemi di Sicurezza**

I sistemi di sicurezza dell'impianto SPES-2 sono i seguenti:

#### **Core make-up tanks**

Le core make-up tanks (CMT) sono due serbatoi metallici cilindrici con fondi emisferici che iniettano acqua direttamente nel canale di potenza attraverso linee separate (DVI). Le CMT sono collegate (balance lines) anche ad una delle cold legs e con il pressurizzatore. Al fine di minimizzare le masse metalliche delle CMT esse sono contenute in un serbatoio secondario pressurizzato a 70 bar in modo da ridurre a 80/90 bar la differenza di pressione che le pareti delle CMT stesse devono sopportare.

#### **PRHR**

Il PRHR costituisce il sistema di rimozione del calore residuo tipico del reattore AP600. Nella configurazione di riferimento comprende due scambiatori di calore, immersi nella piscina IRWST, con le linee di ingresso ed iniezione nel circuito primario. Un solo sistema è simulato nello SPES-2. Lo scambiatore prevede due tubi per il trasferimento del calore residuo primario verso l'acqua contenuta nella piscina della IRWST. Un terzo tubo può entrare in funzione per simulare il funzionamento contemporaneo di entrambi gli scambiatori dell'AP600.

#### **Accumulatori**

Lo SPES-2 prevede l'utilizzo di due accumulatori cilindrici con fondi emisferici che mantengono lo stesso volume scalato di quelli del reattore di riferimento. Gli accumulatori sono pressurizzati all'interno con aria; il livello di acqua contenuto è tale da mantenere lo stesso rapporto di volumi gas/liquido del riferimento. Un riscaldatore elettrico è previsto all'interno di ciascun accumulatore al fine di mantenere costante la temperatura dell'acqua prima del transitorio. Ciascun accumulatore inietta acqua nel circuito primario attraverso una linea (injection line) direttamente collegata al canale di potenza.

#### **Incontainment Refuelling Water Storage Tank**

L'acqua a bassa pressione proveniente dai serbatoi IRWST viene scaricata direttamente nel canale di potenza attraverso la DVI line. Il volume ed il livello dell'acqua, in riferimento all'AP600 sono stati mantenuti, l'elevazione del fondo del serbatoio è la stessa del reattore di riferimento.

#### **Automatic Depressurization System**

L'impianto SPES-2 prevede l'utilizzo di quattro stadi di depressurizzazione automatica del circuito primario che sono attuati sul livello dell'acqua nelle CMT.

#### 4.2.4 Strumentazione

I test sull'impianto SPES sono eseguiti con l'impiego di un numero molto elevato di strumenti, circa 600 nella configurazione a tre loop, per la misurazione delle grandezze termodinamiche ed i parametri di controllo dell'impianto.



*Figura n. 12 - Sala Controllo Impianto SPES*

Il monitoraggio, l'elaborazione e la registrazione di tutte le grandezze fisiche direttamente misurate o calcolate durante l'intera durata del test è gestito da un sistema di acquisizione dati costituito da dispositivi hardware appositamente progettati e da software dedicato. Tale sistema non è più funzionante ed è da considerarsi, comunque, obsoleto. Potevano essere acquisiti i segnali derivati dai seguenti strumenti:

GRANDEZZA	STRUMENTO	NUMERO
pressione	trasmettitore di pressione	10
differenza di pressione	trasmettitore di pressione differenziale	71
Temperatura di fluido	termocoppie/termoresistenze	89
Temperatura di parete	termocoppie	106
livello	trasmettitore differenziale di pressione	7
densità	gamma densitometri	2
velocità	turbine	2
portata	turbine, orifici, tubi di Venturi	14
potenza elettrica	cadute di tensione, shunt	15
Status valvole	finecorsa	64

*Tabella n. 6 - Misure e Strumentazione Impianto SPES-2*

### 4.3 Utilizzo passato e stato attuale

Nella configurazione originaria (a tre loop) la facility SPES ha operato nel periodo 1989–1991, effettuando nove esperimenti per la validazione di codici di calcolo termoidraulici in ambito ICAP (International Code Assessment Program) per la verifica del funzionamento del reattore PWR W312 (Progetto Unificato Nucleare). Tra questi esperimenti si segnala, in particolare, il transitorio “Loss of main feed-water with EFW delayed”, oggetto di un International Standard Problem (ISP-22). Altri due transitori, “SBLOCA 6” with decay power” e “SBLOCA 6” at full power” vanno segnalati in quanto oggetto di un confronto di dati sperimentali (counterpart test program) tra facility internazionali analoghe a SPES: il LOBI dell’Euratom (Ispra), il Bethsy (CEA-Grenoble) e il LSTF (Giappone). Le prime due sono state dismesse mentre la terza, da informazioni reperibili in bibliografia, sembrerebbe ancora disponibile.

Le prove eseguite sull’impianto SPES nella configurazione originaria sono qui sotto riportate:

PROVA	ANNO
Circolazione naturale monofase, 1÷5 %	1989
Circolazione naturale bifase, 1% potenza	1989
Circolazione naturale bifase, 3 % potenza	1989
Circolazione naturale bifase, 5 % potenza	1989
Loss of main feedwater EFW delayed	1988
Station blackout PORV bleed	1989
Loss of feedwater with bleed and feed	1991
Small break 6”, decay power	1991
Small break 6”, full power	1991

*Tabella n. 7 - Prove effettuate su impianto SPES*

Completata la matrice sperimentale dello SPES nella versione simulante il PUN W 312, ENEA propose a SIET di progettare le modifiche necessarie per trasformare l’impianto esistente in una nuova facility, SPES-2, simulante l’AP600, reattore di tipo avanzato progettato da Westinghouse per incrementare la sicurezza dei precedenti impianti. Questo reattore utilizza solo sistemi di sicurezza di tipo passivo che si basano esclusivamente sulla forza di gravità e sulla circolazione naturale. Il circuito primario dell’esistente impianto SPES venne sostanzialmente modificato per simulare i due loop dell’AP600 ciascun formato da: una hot leg, due cold legs, due pompe di ricircolo (una sola simulata) ed un generatore di vapore. Alla facility furono inoltre aggiunti i sistemi di sicurezza passivi previsti dal nuovo reattore: due core make up tanks (CMT), una in-containment refueling water storage tank (IRWST) ed un sistema passivo di rimozione del calore (PRHR) posto all’interno della IRWST; due valvole di sicurezza poste sulla hot leg e sul pressurizzatore costituiscono il sistema di depressurizzazione automatico (ADS).

La tabella sotto riportata evidenzia il confronto tra i dati principali degli impianti SPES e SPES-2.

	<b>SPES</b>	<b>SPES-2</b>
FLUIDO	acqua	acqua
NUMERO CIRCUITI	3	2
PRESSIONE PROGETTO	20	20
TEMPERATURA PROGETTO	365	310
POTENZA NOMINALE (MW)	6.5	4.9
POTENZA MASSIMA (MW)	9	9
FATTORE DI SCALA,	1:1	1:1
FATTORE DI SCALA,	1:427	1:395

*Tabella n. 8 - Confronto dati impianti SPES e SPES-2*

La matrice sperimentale dell'impianto SPES-2 fu completata nel novembre 1994, quindici test furono eseguiti con successo al fine di verificare la risposta dei sistemi di sicurezza passivi nei seguenti transitori incidentali,

- N. 11 test di SBLOCA's (perdita di refrigerante primario in seguito a piccole rotture) su cold leg, DVI, CL/CMT balance lines;
- N. 3 test di SGTR (rottura su un singolo tubo ad U del generatore di vapore);
- N. 1 test di MSLB (rottura sulla linea vapore).

Nel 1999 lo SPES-2 fu impiegato per la realizzazione di un unico test (Intermediate Break LOCA da 10") nell'ambito di un contratto di ricerca sottoscritto da ENEA. La configurazione dell'impianto, denominato SPES-99, rimase invariata rispetto a SPES-2 ad eccezione dei sistemi di sicurezza passivi che vennero esclusi in questa prova.

L'impianto SPES risulta attualmente in fase di stand-by e da circa dieci anni non viene più utilizzato per l'effettuazione di test sperimentali. Tutti i componenti e le linee sono rimasti nella medesima configurazione SPES-2. Parte della strumentazione è stata asportata per l'effettuazione di prove su altri impianti SIET e gran parte delle termocoppie di parete del canale di potenza non risulta essere funzionante. La coibentazione, in un numero limitato di punti, risulta deteriorata.

#### **4.4 Specifica degli interventi necessari**

##### **4.4.1 Manutenzione straordinaria macchine e centraline associate**

Sull'impianto SPES sono presenti diverse macchine ed attrezzature, in particolare le pompe primarie con le relative centraline di lubrificazione e flussaggio tenute, le valvole a sfera con attuatore per simulazione di rotture e valvole di depressurizzazione. Queste attrezzature richiedono operazioni di manutenzione straordinaria con la sostituzione di quei componenti che degradano anche per invecchiamento senza uso: filtri, guarnizioni, fluidi, ecc.

##### **4.4.2 Ripristino coibentazioni**

Le coibentazioni dell'impianto sono realizzate in parte in lana di roccia ed in parte in fibra ceramica; in alcune zone i lamierini di alluminio che le racchiudono si presentano

disconnessi o mancanti; è necessario ripristinare ovunque i lamierini di protezione assicurando la tenuta.

#### **4.4.3 Manutenzione straordinaria valvole**

Le valvole manuali necessitano interventi manutentivi che contemplano la sostituzione delle baderne di tenuta e delle guarnizioni del corpo, probabilmente in amianto, e comunque prive della necessaria elasticità. Le valvole pneumatiche devono essere sottoposte ad un intervento di pulizia, lubrificazione e taratura degli attuatori con i relativi convertitori e posizionatori.

#### **4.4.4 Interventi sulla struttura**

La struttura in ferro che supporta l'impianto deve essere sottoposta a piccoli interventi meccanici, quali installazione di alcuni fermapiedi mancanti vicino a fori per transito tubazioni, installazione di fermi per evitare lo spostamento accidentale dei grigliati. Oltre agli interventi meccanici devono essere realizzati interventi locali di pitturazione su parti arrugginite o annerite da operazioni di taglio ossiacetilenico.

#### **4.4.5 Ristrutturazione pannello di controllo**

L'impianto è dotato di un pannello di controllo che include componenti obsoleti e dei quali non sono più disponibili parti di ricambio quali, ad esempio, i regolatori o il video sinottico. E' pertanto necessario ristrutturare la consolle installando strumenti di controllo ed interfacce con gli operatori conformi agli standard attuali e delle quali siano disponibili parti di ricambio.

#### **4.4.6 Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche**

Nei box che alloggiavano la strumentazione mancano numerosi strumenti che nel corso degli anni sono stati asportati per essere utilizzati su altri impianti e che sono successivamente stati dismessi perché non più affidabili. E' necessario provvedere ad acquistare, tarare ed installare un adeguato numero di strumenti per la rilevazione dei parametri di processo e di prova. Oltre all'installazione di nuovi strumenti è necessario intervenire su alcune parti delle linee manometriche per sostituire raccordi ossidati o migliorare il fissaggio ai supporti.

#### **4.4.7 Smontaggio e sistemazione canale di potenza**

Il canale di potenza SPES-2 contiene barrette scaldanti a riscaldamento diretto inserite in una shell composta da sezioni elettricamente isolate unite con flange e bulloni dotati di molle a tazza. I problemi attuali sono legati al non funzionamento della quasi totalità delle termocoppie, che rivelano la crisi termica, e alla rottura di un elevato numero di molle a tazza; inoltre, le guarnizioni che dividono le sezioni sono a base di amianto. Il canale dovrà essere disassemblato, le barrette dovranno essere ristrumentate con termocoppie e gli accoppiamenti tra le sezioni della shell rifatti con nuove molle a tazza e nuove guarnizioni.

#### **4.4.8 Sostituzione guarnizioni degli accoppiamenti flangiati**

La quasi totalità delle guarnizioni piane tra le flange che uniscono i componenti alle linee sono realizzate con spirale in lamierino metallico ed amianto. In previsione di una ripresa dell'operatività è necessario provvedere ad una loro sostituzione.

#### **4.4.9 Attività inerenti la sicurezza**

Per adeguare l'impianto alle norme più recenti in materia di sicurezza dovranno essere installate alcune protezioni per le parti in tensione e dovranno essere installati i sensori sugli accessi alle zone critiche. Anche gli impianti di monitoraggio ed intercomunicazione (telecamere ed interfoni) dovranno essere aggiornati allo stato dell'arte ed alle norme.

#### **4.4.10 Sistema di acquisizione ed elaborazione dati**

L'impianto non è attualmente provvisto di sistema di acquisizione dati. Il reintegro di tale dispositivo deve prevedere il recupero parziale o il rifacimento delle morsettiere dei segnali dislocate nei box in prossimità degli strumenti, la revisione dei cablaggi, l'adozione di dispositivi hardware di acquisizione conformi a standard consolidati e la predisposizione di un sistema di monitoraggio e di gestione delle misure in sala controllo.

## 5 IMPIANTO GEST

### 5.1 Descrizione e generalità

L'impianto sperimentale GEST (GEnerator – Separator Tests) è stato progettato e realizzato per eseguire prove di ricerca e sviluppo o di qualificazione sperimentale di generatori di vapore PWR in condizioni operative reali (miscela acqua-vapore ad alta pressione). L'impianto è installato nell'area esterna dei laboratori SIET, in zona compresa tra la parete sud della centrale Emilia ed il viadotto autostradale BS-PC-TO. L'area di specifica competenza dell'impianto GEST è di circa 500 m<sup>2</sup>; l'elevazione della struttura è di circa 27 m.

L'impianto GEST costituisce un'area sperimentale che include due facility distinte: GEST-GEN e GEST-SEP. Per ragioni di ottimizzazione impiantistica esse condividono alcuni sotto-sistemi di impianto.

L'impianto sperimentale **GEST-GEN** consente di eseguire prove sul componente Generatore di Vapore (GV) nella sua complessità ed, in particolare, sullo scambio termico, globale e locale, tra i fluidi primario e secondario tramite il fascio tubiero.

L'impianto sperimentale **GEST-SEP** è invece progettato per lo studio sperimentale del fenomeno della separazione acqua-vapore. Mediante vari componenti interni del GV, installati tra la chioma del fascio tubiero ed il bocchello di uscita, il titolo del vapore passa da circa il 15% a circa il 100%. Le prestazioni dei separatori sono identificate attraverso la misurazione dell'efficienza di separazione dei vari stadi e delle perdite di carico del fluido che penalizzano il rendimento del ciclo vapore corrispondente.

Entrambi gli impianti GEST-GEN e GEST-SEP, pur essendo stati concepiti originariamente per test su GV PWR, in effetti sono stati impiegati in passato anche per prove su altri componenti/sistemi di impianti per la produzione di energia, sempre alle condizioni reali di esercizio. Nel seguito si riportano alcuni esempi:

- Prove di Generatori di Vapore di diversa tipologia rispetto a quello a tubi ad U di concezione Westinghouse.
- Prove su Separatori Acqua Vapore del reattore bollente, oltre a quelli del generatore di vapore del reattore pressurizzato.
- Prove su valvole di non ritorno di linee spillamento vapore di impianti a ciclo combinato.
- Prove su valvole di sicurezza in vapore.
- Prove di silenziatori allo scarico di valvole di sicurezza su circuiti vapore.
- Prove di sistemi di sicurezza passivi per impianti nucleari.
- Prove di sistemi per la rimozione del calore residuo di reattori, sia ad alta pressione (circuiti primario) sia a bassa pressione (contenimento). Per tale impiego, l'impianto sperimentale base GEST è stato integrato, negli anni '90, da una nuova facility sperimentale denominata **PANTHERS** (PPerformance, ANAnalyses and TTesting of HEat

**Removal System**). Questa facility, di cui saranno fornite le specifiche al capitolo 5.2, è stata utilizzata per le campagne sperimentali per la certificazione dei sistemi **Isolation Condenser System (ICS)** e **Passive Containment Condenser System (PCCS)** del reattore **SBWR (Simplified Boiling Water Reactor)** della General Electric.

Gli impianti **GEST-GEN**, **GEST-SEP** e **GEST-PANTHERS** condividono la sala manovra, che occupa un'area di circa 40 m<sup>2</sup>; in essa sono posizionati i banchi con i dispositivi di controllo dei parametri di processo dell'impianto e delle macchine e sono disponibili ampi spazi per i sistemi di acquisizione dati delle prove.



*Figura n. 13 - Sala Manovra Impianto GEST*

## 5.2 Specifiche tecniche di dettaglio

### 5.2.1 Impianto **GEST- GEN**

L'impianto **GEST-GEN**, il cui schema di flusso semplificato è rappresentato nella figura sotto riportata, è una facility sperimentale a larga scala (fattori di scala 1:1 in elevazione, 1:50 in potenza e volume rispetto al prototipo di riferimento), progettata per l'effettuazione di test termoidraulici su sistemi di generatori di vapore **PWR** sia in condizioni stazionarie, sia in condizioni transitorie.

L'impianto è costituito da:

- a) **La Sezione di Prova**
- b) **Il Circuito Primario**
- c) **Il Circuito Secondario**

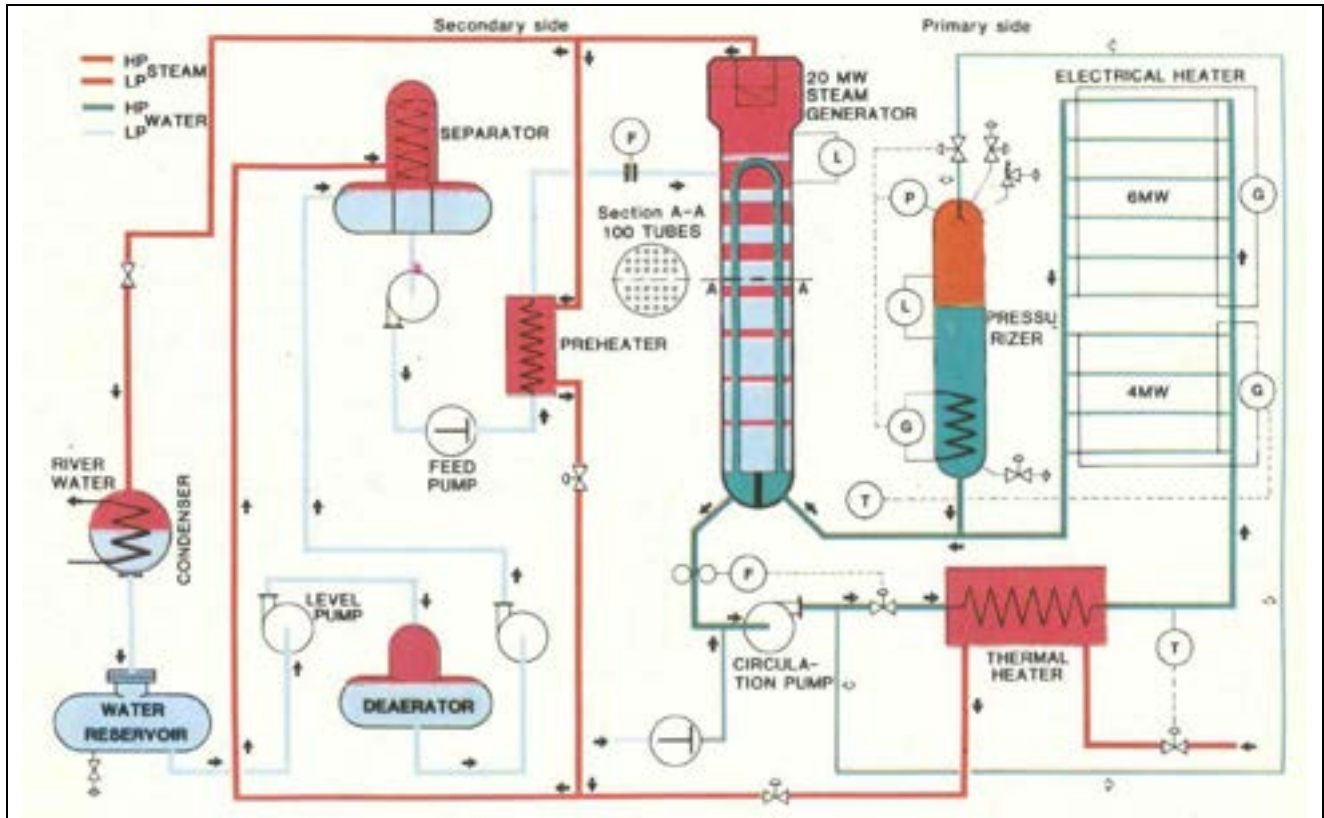


Figura n. 14 - Schema di Flusso semplificato della facility GEST-GEN

**Impianto**

Fluido (primario e secondario)	acqua demineralizzata
Massima pressione fluido primario	17.2 MPa
Massima portata fluido primario	105 kg/s
Massima pressione fluido secondario	10.0 MPa
Pressione di esercizio fluido secondario	6.8 MPa
Portata di vapore prodotto	11.2 kg/s
Massima temperatura (fluido primario e secondario)	saturazione
Potenza termica del generatore di vapore	20 MW

**Generatore di Vapore**

Altezza	16 m
Diametro shell inferiore	0.52 m
Diametro shell superiore	0.62 m

**Fascio tubiero del Generatore di Vapore**

Numero di tubi ad U	98
Materiale dei tubi	Inconel-600
Lunghezza media dei tubi	16.44 m
Diametro dei tubi	0.75"
Spessore dei tubi	1.15 mm
Passo dei tubi	27

Tabella n. 9 - Principali dati della facility GEST-GEN

### **5.2.1.1 La sezione di prova**

La sezione di prova originale dell'impianto GEST-GEN riproduce tutti i componenti fondamentali di un GV PWR. E' alta 16,08 m e presenta diametri di 0,56 / 0,72 m per le shell inferiore / superiore, rispettivamente. La sezione di prova è dunque un GV costituito da:

- il fascio tubiero;
- il separatore primario a ciclone;
- il separatore secondario;
- il downcomer;
- la shell esterna.

#### **Il fascio tubiero**

Il fascio tubiero è costituito da 98 tubi ad U in Inconel 600 con diametro esterno di 19,05 mm e spessore di 1,15 mm. I tubi sono montati in reticolo quadrato con rapporto passo/diametro pari a 1,42. La lunghezza media del singolo tubo è di 16,44 m, mentre la superficie totale di scambio ammonta a 96,42 m<sup>2</sup>. Il fascio tubiero è provvisto di n. 8 griglie di stanziatrici e da piastre per la distribuzione del flusso.

#### **Il separatore primario**

Il separatore primario del GV è un separatore a ciclone avente diametro interno di 247,8 mm ed progettato per elaborare una portata di 38 kg/s di fluido alle condizioni nominali di esercizio, con una perdita di carico di 18 kPa.

#### **Il separatore secondario**

All'uscita del separatore primario, la miscela bifase è sottoposta ad un processo di separazione naturale per gravità, dopodiché entra nel separatore secondario (dryers) che lavora secondo il principio della coalescenza delle gocce. Il dryers è progettato per ridurre il valore di Moisture Carry Over (MCO) al di sotto del 0,25% in tutte le condizioni operative previste per il GV.

#### **Il downcomer**

Il downcomer anulare ha un'ampiezza di 23 mm e garantisce il passaggio dell'acqua alimento unitamente al fluido ricircolato al fascio tubiero. La portata di acqua alimento è distribuita mediante uno sparger toroidale dotato di n. 20 J-nozzles aventi diametro di 11,1 mm. Nel distributore anulare sono inseriti due orifici calibrati che ripartiscono la portata di acqua alimento per il 30% nella cold leg e per il 60% nella hot leg del GV con lo scopo di alzare l'elevazione della "boiling boundary" nella hot leg.

#### **La shell esterna**

La shell esterna del GV (pressione/temperatura di progetto: 100 bar / 311 °C) è divisa in n. 5 sezioni: la testata inferiore di profilo sferico con i bocchelli di ingresso/uscita del fluido primario, la shell inferiore, il cono di transizione, la shell superiore e la testata superiore di profilo ellittico. I bocchelli del fluido primario hanno un diametro di 114 mm, mentre il bocchello di uscita vapore collocato nella testata ellittica ha un diametro di 108 mm. Il diametri delle shell inferiore e superiore sono, rispettivamente, 0,559 e 0,717 mm.

### 5.2.1.2 Il circuito primario

Il circuito primario ha la funzione di fornire al fluido primario la potenza termica necessaria perché entri nel GV alle condizioni nominali di 155 bar e 325 °C.

I principali componenti sono:

- lo scambiatore di calore;
- la caldaia elettrica;
- le pompe di ricircolo;
- il pressurizzatore;
- i dispositivi per il controllo di processo.

#### Lo scambiatore di calore

Lo scambiatore di calore, potenza 10 MW, ha la funzione di riscaldare l'acqua primaria da 291 a 311 °C, mediante vapore surriscaldato di spillamento dalla centrale termoelettrica Edipower alle condizioni di 110 bar e 480 °C. Trattasi di scambiatore del tipo a fascio tubiero, alto 5,4 m e del diametro di 1 m in acciaio al carbonio. I tubi sono 407, hanno diametro esterno e interno di 19,05 e 14,83 mm, rispettivamente. La superficie di scambio termico totale è pari a 172,94 m<sup>2</sup>.

#### La caldaia elettrica

La caldaia elettrica è costituita da un fascio 200 di tubi riscaldati direttamente per effetto Joule. La potenza nominale è pari a 10 MW e la tensione di funzionamento è pari a 143 V. La sua funzione consiste nel riscaldare il fluido primario fino ad una temperatura massima di 331 °C, oltre che provvedere alla regolazione fine di tale temperatura.



*Figura n. 15 - Caldaia Elettrica Impianto GEST-GEN: vista dall'alto*

### Le pompe di ricircolo

Il ricircolo del fluido primario nel generatore di vapore è garantito dalla presenza di due pompe centrifughe ad asse verticale, funzionanti in parallelo, equipaggiate da motore elettrico da 200 kW e velocità di rotazione di 1480 RPM. Ciascuna pompa elabora una portata di 92 kg/s di acqua con prevalenza di 6,68 bar e rendimento pari al 70%. Il pregio di queste macchine consiste nella possibilità di funzionamento con elevatissima pressione in aspirazione (circa 150 bar).



*Figura n. 16 - Impianto GEST-GEN: Pompe Primarie*

### Il pressurizzatore

Il pressurizzatore consiste in un vessel del diametro di 700 mm, altezza 5 m e volume di circa 1,5 m<sup>3</sup>. La sua funzione è di consentire il controllo della pressione del fluido primario e di assorbire le variazioni di volume dello stesso fluido, imputabili alle variazioni di densità. Il pressurizzatore è dotato di riscaldatori elettrici (80 kW), sistema di spray, valvole di sfioro e sicurezza. Il componente è progettato a 180 bar e 345 °C.



*Figura n. 17 - Impianto GEST-GEN: Pressurizzatore Circuito Primario*

### **I dispositivi per il controllo di processo.**

La regolazione del circuito primario è effettuata mediante il controllo di portata, temperatura, pressione e livello nel pressurizzatore.

La portata del fluido primario è regolata mediante valvola a globo da 8" con attuatore pneumatico, disposta sulla mandata delle pompe di ricircolo.

La temperatura è regolata mediante valvola a globo da 4" con attuatore pneumatico, disposta su linea di by-pass dello scambiatore di calore.

La pressione nel pressurizzatore è regolata mediante valvola di spray (2", a globo), valvola di sfioro di tipo on-off con soglia di intervento a 162 bar e n. 6 riscaldatori elettrici.

Il livello nel pressurizzatore è regolato da una valvola di drenaggio (1", a globo) e mediante un gruppo di alimento costituito da una pompa volumetrica con linea di by-pass provvista di valvola di regolazione portata.

### **5.2.1.3 Il circuito secondario**

Il circuito secondario dell'impianto GEST-GEN ha la funzione di ricevere il vapore prodotto dalla sezione di prova, condensarlo e provvedere all'alimento della stessa con acqua. Una frazione del vapore prodotto nella sezione di prova viene utilizzata per pre-riscaldare l'acqua alimento. I componenti principali del circuito secondario sono:

- il condensatore;
- le pompe alimento;
- il preriscaldatore;
- i dispositivi per il controllo di processo.

#### **Il condensatore**

Il condensatore è uno scambiatore del tipo shell & tube funzionante con vapore lato tubi e acqua lato mantello. La potenzialità del condensatore è di 31 MW.

#### **Le pompe alimento**

Il gruppo pompe alimento è costituito da due pompe volumetriche a pistoncini, operanti in parallelo, ciascuna equipaggiata con motore elettrico da 354 kW e velocità di rotazione di 1450 RPM. Tra motore e pompa è inserito un demoltiplicatore ad ingranaggi con rapporto di trasmissione 1/10. Ciascuna pompa garantisce una portata di 25 m<sup>3</sup>/h con prevalenza di 255 bar con NPSH richiesto di 1 bar; pertanto tali pompe sono alimentate da apposita pompa booster. Le massime condizioni operative del fluido alla pompa alimento sono 216 bar e 160 °C.

#### **Il preriscaldatore**

L'acqua alimento è preriscaldata in uno scambiatore di calore da 6.6 MW per condensazione di una parte del vapore prodotto nella sezione di prova. Alle condizioni nominali, una portata di acqua alimento di 10 kg/s è riscaldata da 100 a 227 °C. Lo scambiatore è del tipo shell & tubes (n. 84 tubi), è installato verticalmente, è alto 3,5 m, ha diametro di 500 mm. Pressione e temperatura di progetto sono 100 bar e 311 °C sia lato tubi, sia lato mantello.

#### **I dispositivi per il controllo di processo**

Diverse valvole di regolazione ad attuazione pneumatica sono utilizzate per controllare i seguenti parametri termodraulici del circuito secondario:

- il livello di liquido nella sezione di prova, mediante regolazione della portata acqua alimento;
- temperatura acqua alimento, mediante regolazione della portata di vapore al preriscaldatore;
- pressione del vapore, mediante regolazione di portata sulla linea principale del vapore in uscita dal generatore di vapore.

### 5.2.2 Impianto GEST- SEP

L'impianto sperimentale GEST-SEP è progettato per attività di Ricerca & Sviluppo e qualificazione sperimentale di separatori acqua-vapore per impianti nucleari LWR, siano essi da utilizzarsi nel reattore bollente (BWR) oppure nel generatore di vapore del pressurizzato (PWR). La figura sotto riportata illustra lo schema di flusso semplificato dell'impianto sperimentale è costituito da:

- a) Il Vessel
- b) Il circuito del liquido
- c) Il circuito del vapore
- d) Altri componenti e sistemi

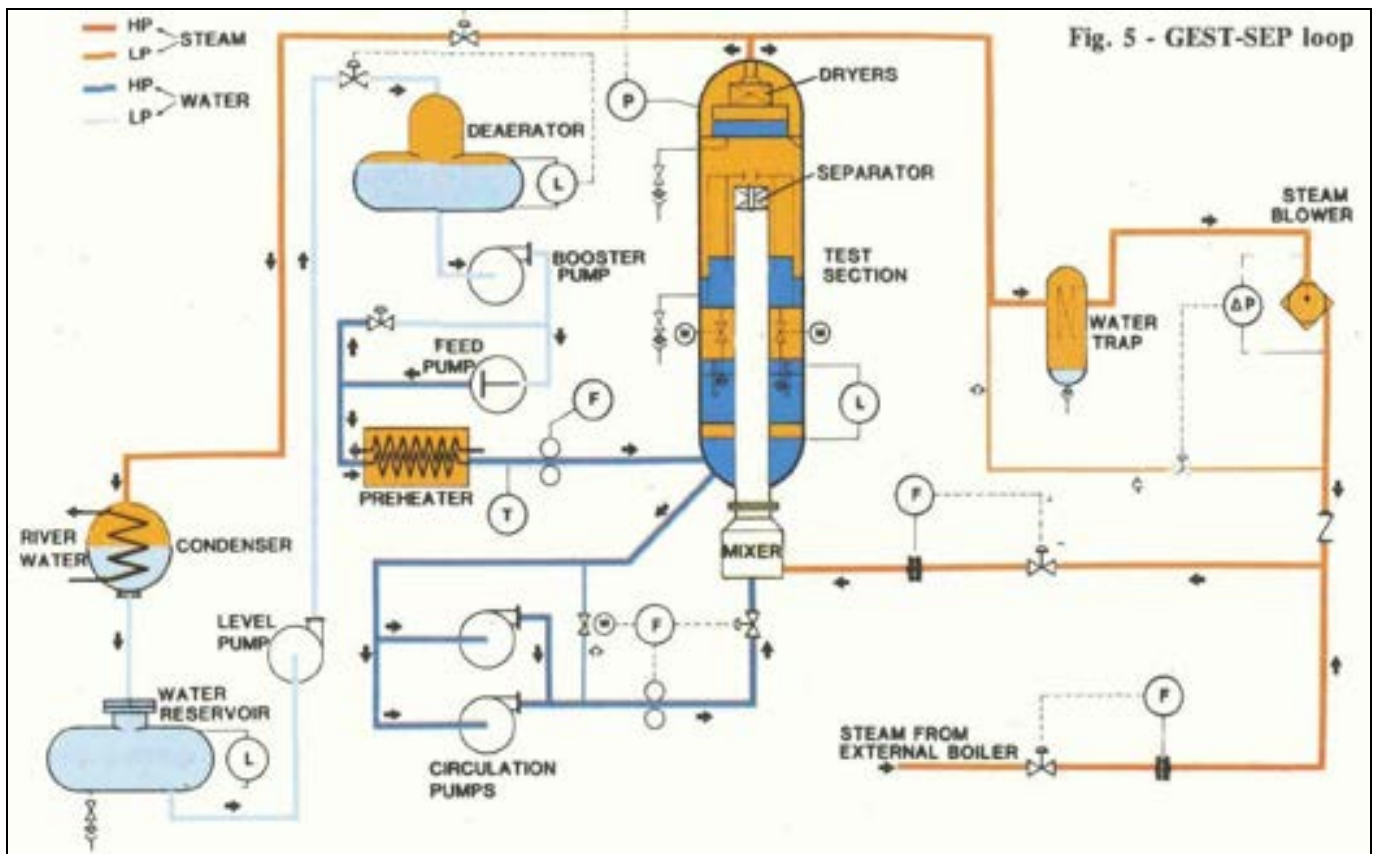


Figura n. 18 - Schema di Flusso semplificato della facility GEST- SEP

### 5.2.2.1 Il Vessel

Il Vessel ospita la sezione di prova ed i relativi componenti. E' costituito da tre parti cilindriche più una cupola di chiusura interconnesse con speciali flange di rapida operabilità denominate "finger pin". Il Vessel è realizzato in acciaio al carbonio ed ha pressione e temperatura di progetto pari a 100 bar e 311 °C. Il vessel ha forma cilindrica con diametro interno di 2100 mm ed ingombro totale in altezza di 14460 mm; la capacità interna è di circa 43 m<sup>3</sup>, mentre la massa a vuoto è pari a 59100 kg.



*Figura n. 19 - Vessel Impianto GEST-SEP: vista dall'alto*

Il Vessel ospita la sezione di prova vera e propria, cioè l'insieme costituito, oltre che dal separatore in prova, dai componenti necessari per la simulazione delle condizioni termoidrauliche reali e quelli utilizzati per la misura dei parametri di interesse. Tali componenti sono:

- Tubo convogliatore della miscela bifase
- Separatore in prova
- Vasche di raccolta del liquido
- Pacchi lamellari di essiccazione
- Sonda isocinetica.

### **Il tubo convogliatore della miscela bifase (riser)**

Ha la funzione di addurre la miscela bifase al separatore in prova nelle condizioni richieste. E' costituito da un tubo verticale (diametro: 20") posto sull'asse del vessel ed è collegato, inferiormente, al miscelatore acqua-vapore (esterno al vessel) e, superiormente, al separatore in prova. Vi si possono alloggiare due griglie per migliorare l'omogeneizzazione della miscela addotta al ciclone.

### **Il separatore in prova**

E' posizionato alla sommità del riser e costituisce il primo stadio di separazione. Comprende: a) il vorticolatore (ciclone) formato da pale inclinate, posizionate nella parte alta del separatore, aventi lo scopo di indurre un moto rotatorio nella miscela bifase; b) il downcomer anulare che convoglia verso il basso l'acqua separata; c) l'orifizio del vapore disposto in asse con il separatore, consente il deflusso della miscela verso la zona di separazione gravitazionale.



*Figura n. 20 - Separatore in fase di installazione nel Vessel dell' impianto GEST-SEP*

### **Le vasche di raccolta del liquido**

Le vasche hanno la funzione di raccogliere il liquido separato dal separatore e provvedere alla misurazione della relativa portata. Occorre distinguere la vasca di “primo stadio” da quella di “secondo stadio”.

Nella vasca di primo stadio il liquido defluisce attraverso due tubazioni in due contenitori utilizzati per la misura della portata mediante la tecnica delle “luci a stramazzo”. In ognuna delle tubazioni è inserita una valvola a sfera per intercettazione e regolazione della portata e del livello del liquido. Dagli stramazzi il liquido scende nella parte inferiore del vessel e rientra nell’anello di ricircolo.

La vasca di secondo stadio è delimitata dalla parete del vessel e dalla camicia comune alla vasca di primo stadio. Il liquido che si separa nella zona di gravità viene raccolto in questa vasca e convogliato, attraverso un bocchello di estrazione, in una linea esterna (dotata di valvola di intercettazione-regolazione) per la misura della portata tramite turbine o, per le portate più basse, tramite misura di livello in appositi serbatoi di raccolta.

### **I pacchi lamellari di essiccazione**

Il terzo stadio di separazione è garantito da pacchi lamellari di essiccazione (dryer), in cui il vapore umido è costretto a passare e depositare, quasi interamente, le gocce residue. Il dryer è dotato di vasca di raccolta del liquido, definita vasca di terzo stadio. Il liquido separato viene convogliato attraverso un bocchello di estrazione ad una linea esterna configurata in modo analogo a quella già descritta per le vasche di raccolta di primo e secondo stadio.

### **La sonda isocinetica**

L’umidità residua nel vapore uscente dal vessel viene misurata mediante campionamento di vapore in condizioni isocinetiche mediante sonda appositamente realizzata.

#### **5.2.2.2 Il circuito del liquido**

L’acqua separata dal vapore viene estratta nella parte inferiore del vessel e ricircolata per mezzo di due pompe centrifughe monostadio, disposte in parallelo, utilizzate, in alternativa sul circuito GEST-GEN. La tabella riporta i dati salienti della pompa e del relativo motore elettrico. Il circuito del liquido è completo di componenti di regolazione e misura dei parametri del fluido inviato alla sezione di prova.

#### *Pompa*

COSTRUTTORE:	Byron_Jackson. Etten-Leur (Olanda)
TIPO:	12 X 14 X 22 – DFSS ad albero verticale
GIRANTE:	centrifuga monostadio
PRESSIONE IN ASPIRAZIONE:	fino a 150 bar
TEMPERATURA:	fino a 340 °C
PREVALENZA::	90 m
PORTATA NOMINALE:	520 m <sup>3</sup> /h
NPSH richiesto:	3 m

#### *Motore Elettrico*

COSTRUTTORE / TIPO:	Ercole Marelli NV 315L4
POTENZA / TENSIONE / VELOCITA':	200 kW, 380 V, 1480 RPM
TENUTE:	tenuta meccanica a due stadi
GRUPPO REGGISPINTE:	N. 3 cuscinetti a rulli

*Tabella n. 10 - Dati principali pompa impianto GEST*



*Figura n. 21 - Impianto GEST: Elettro-Pompa Primaria*

### 5.2.2.3 Il circuito del vapore

Il vapore estratto alla sommità del Vessel viene ricircolato tramite un compressore centrifugo monostadio, le cui caratteristiche sono riportate in tabella.

Compressore
-------------

COSTRUTTORE:	Franco Tosi SpA, Legnano
TIPO:	Centrifugo-monostadio-albero orizz.
PRESSIONE IN ASPIRAZIONE:	70 bar
PRESSIONE IN MANDATA:	76 bar
PORTATA NOMINALE (MAX):	30 (35) kg/s
TEMPERATURA IN ASPIRAZIONE:	286 °C
TEMPERATURA IN MANDATA:	298 °C
VELOCITA' DI ROTAZIONE NOMINALE (MAX):	10.450 (10.800) rpm
TENUTE:	a labirinti metallici

*Motore Elettrico*

COSTRUTTORE / TIPO:	ASGEN N 40022
POTENZA / TENSIONE / VELOCITA' :	1250 kW, 3000 V, 2970 RPM
CUSCINETTI PORTANTI E DI SPINTA:	Kingsbury 3"/JJ9
MOLTIPLICATORE DI GIRI:	Pomini Farrel tipo Philadelphia Gear Corp.
GIUNTO OLEODINAMICO:	Isotta Fraschini tipo GSTB 52

*Tabella n. 11 - Dati principali compressore di vapore GEST*

Sul by-pass del compressore è prevista una stazione di de surriscaldamento tramite acqua alimento. Sulla tubazione di aspirazione della macchina è presente un essiccatore di sicurezza a pacchi lamellari, per eliminare l'eventuale umidità residua (o accidentale) del vapore in ingresso. Il circuito del vapore è dotato di sistemi di misura e regolazione dei parametri termoidraulici.



*Figura n. 22 - Impianto GEST-SEP: compressore di vapore*

#### 5.2.2.4 Altri componenti e sistemi

I due circuiti di ricircolo del liquido e del vapore confluiscono in un miscelatore installato all'ingresso del Vessel, ottenendo quindi la miscela bifase con titolo determinato tramite bilancio entalpico. Il miscelatore è costituito da cilindri forati ad area regolabile mediante valvola manuale.

L'impianto GEST-SEP è inoltre dotato delle seguenti linee ausiliarie.

- Linea di alimentazione acqua per il mantenimento del livello di liquido nel vessel e per de surriscaldamento del vapore di reintegro, dotata di pompa volumetrica a pistoncini.
- Linea per reintegro vapore, collegata tramite una stazione di riduzione ad un collettore di vapore surriscaldato della centrale termoelettrica Edipower di Piacenza. La portata di vapore compensa le perdite dalle tenute del compressore e dalla valvola di regolazione pressione del vessel, oltre alle perdite per condensazione dovute alle dispersioni termiche.
- Linea di scarico ai condensatori che convoglia il vapore scaricato dalla valvola di regolazione della pressione e l'acqua scaricata dalla valvola di regolazione del livello nel vessel, verso un gruppo di condensazione raffreddato con acqua di pozzo.
- Linea di estrazione del vapore uscente dalle tenute a labirinto del compressore; il vapore viene risucchiato tramite un eiettore alimentato ad aria compressa e, successivamente convogliato ad un camino di scarico all'atmosfera.

Completano l'impianto i servizi generali: rete pneumatica, circuiti di raffreddamento, rete di alimentazione elettrica (forza motrice e strumentazione).

#### 5.2.3 Impianto PANTHERS

L'impianto sperimentale PANTHERS (**P**erformance, **A**nalyses and **T**esting of **H**eat **R**emoval **S**ystems) è stato progettato per effettuare prove di sistemi per la rimozione del calore residuo di reattori operanti sia a bassa pressione sia ad alta pressione.

A questo scopo, l'impianto utilizza alcuni componenti della facility GEST a cui sono stati aggiunti componenti e apparati strumentali specifici che identificano due distinte facility:

- la facility PANTHERS – PCC
- la facility PANTHERS – IC

##### 5.2.3.1 PANTHERS – PCC

La facility PANTHERS – PCC consente di eseguire test su componenti e sistemi per la rimozione del calore residuo di decadimento dal contenimento di reattori nucleari LWR.

La configurazione originale dell'impianto (che coincide con quella attuale) fa riferimento al sistema progettato per il reattore ad acqua bollente della GE, denominato SBWR-PCCS (Simplified Boiling Water Reactor-Passive Containment Condenser System).

Nelle figure sotto riportati sono illustrati gli schemi semplificati del sistema SBWR-PCCS e della facility PANTHERS – PCC, rispettivamente.

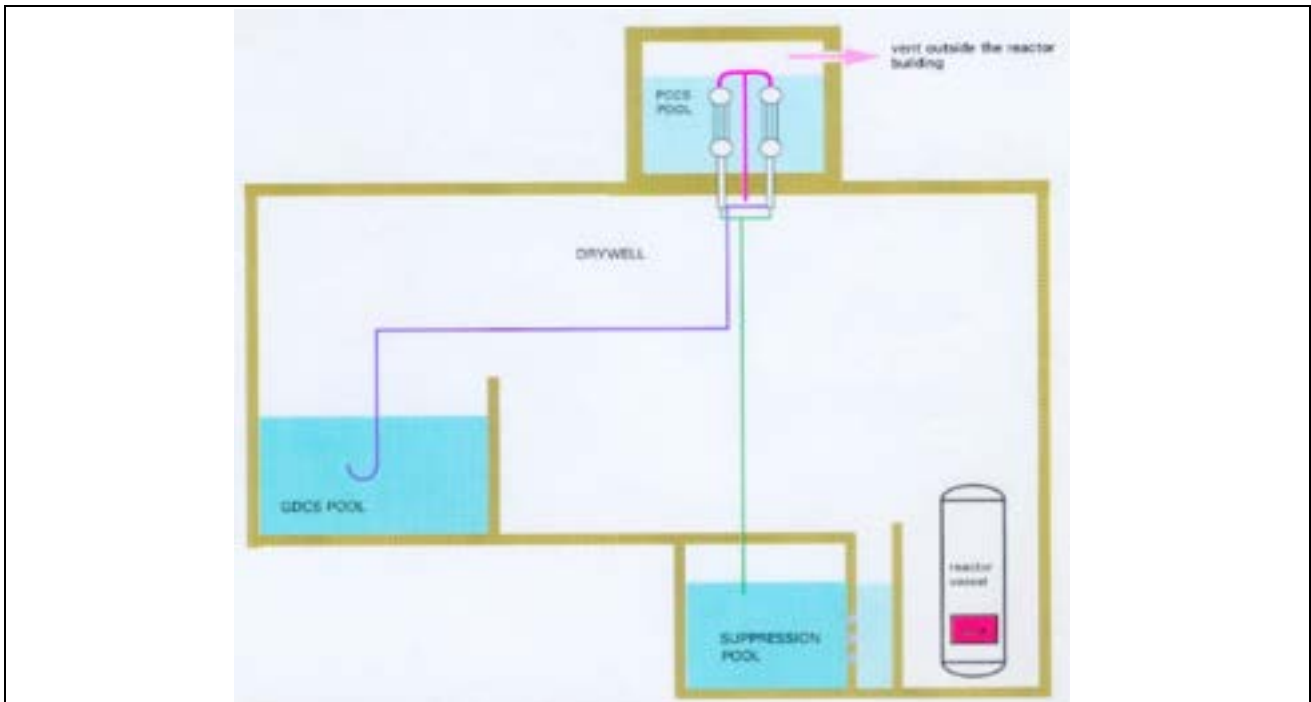


Figura n. 23 - Schema funzionale del sistema SBWR-PCCS

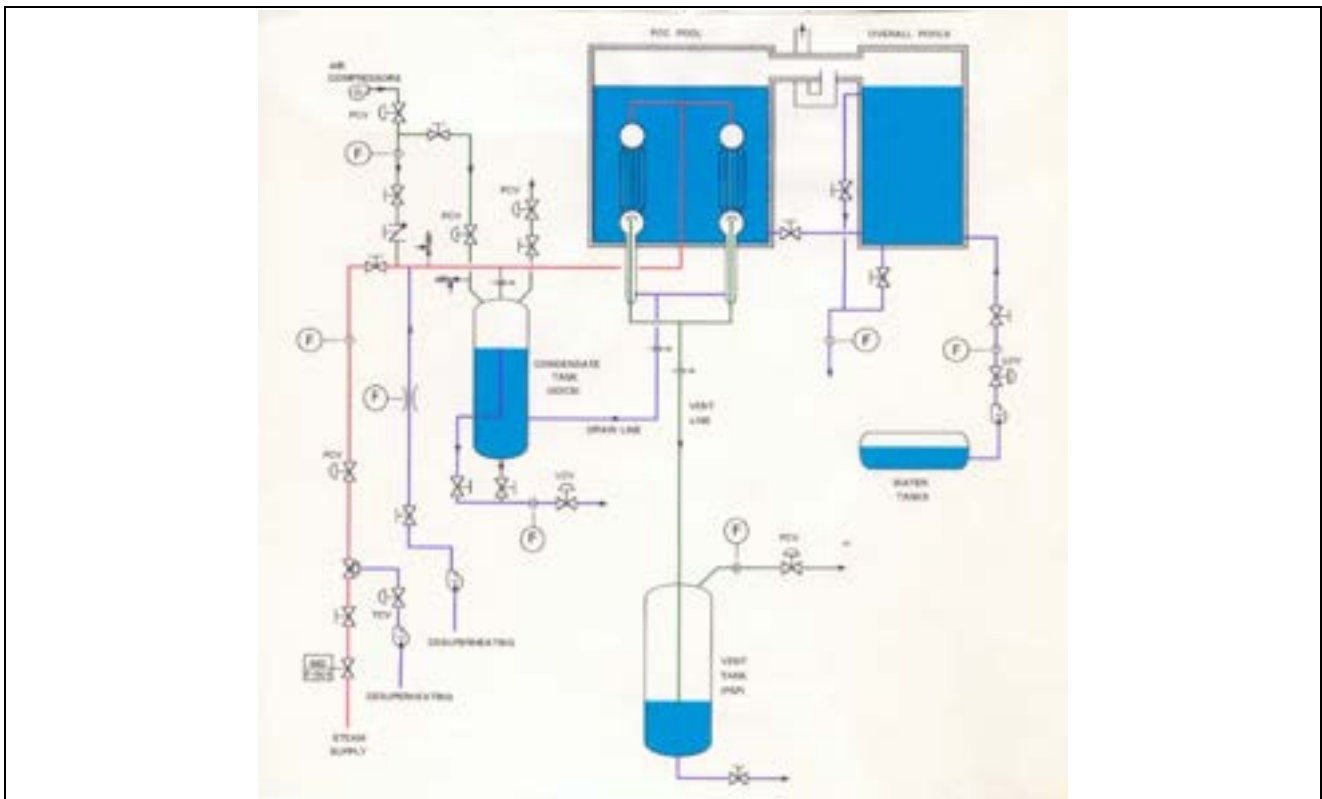


Figura n. 24 - Schema della facility PANTHERS-PCC

Il sistema PCCS rimuove il calore residuo del reattore in seguito ad incidente di tipo LOCA, trasferendolo all'ambiente esterno sotto forma di vapore a pressione atmosferica. Come si evince dallo schema funzionale, ciò è attuato mediante una tubazione a presa diretta sul contenimento che aspira la miscela di aria e vapore uscente dal circuito primario del reattore; il fluido confluisce in uno scambiatore di calore immerso in piscina con acqua fredda. In tali condizioni il vapore condensa all'interno dei tubi dello scambiatore, il liquido viene accumulato in apposito serbatoio, mentre vapore residuo e aria confluiscono alla piscina di soppressione. L'acqua della piscina si scalda fino a 100 °C e, successivamente, evapora a pressione atmosferica ed il vapore prodotto è scaricato all'ambiente. Con tale processo, la pressione nel contenimento è mantenuta a bassi valori, nonostante gli effetti del LOCA.

Nella facility sperimentale tutti i componenti del sistema PCCS sono simulati a piena scala e le condizioni dei fluidi sono le stesse di quelle del reattore di riferimento.

La facility include una piscina all'interno della quale è installato un modulo prototipico del condensatore PCC. Il condensatore può essere alimentato con vapore, miscela aria-vapore o miscela elio-vapore a seconda dei test programmati (l'elio simula la presenza di idrogeno nel reattore). Il fluido condensato raggiunge per gravità un serbatoio (condensate tank) mantenuto alla stessa pressione del fluido in ingresso al condensatore. I gas non condensabili, insieme con il vapore intrattenuto dal liquido, sono accumulati in un serbatoio (vent tank) e successivamente scaricati all'atmosfera mediante una valvola di controllo della pressione. Le elevazioni dei vari componenti corrispondono, in scala 1:1 a quelle del reattore SBWR.

La potenza termica necessaria alle prove è ottenuta da vapore surriscaldato proveniente dalla centrale termoelettrica Edipower, di cui è possibile controllare portata, pressione e temperatura.

La piscina funziona a pressione atmosferica ed ha le stesse dimensioni di quella del reattore. Un apposito sotto-sistema consente il reintegro di acqua alla piscina in seguito alla perdita di massa per evaporazione.

La facility era originariamente attrezzata con circa 350 strumenti per misure termoidrauliche e meccaniche. Le misure meccaniche riguardano la valutazione delle deformazioni di parti critiche del PCC e vibrazioni, le misure termoidrauliche consentono di avere informazioni sullo scambio termico sia globale (potenza termica) sia locale (coefficiente di scambio) del condensatore PCC.

Per quanto concerne le tipologie di prove, la facility in oggetto consente l'esecuzione di test in condizioni sia stazionarie sia transitorie. I test stazionari hanno lo scopo principale di misurare le prestazioni termoidrauliche del condensatore in un ampio range di condizioni dei fluidi in ingresso. I test in transitorio sono finalizzati a determinare la risposta del sistema a situazioni di incidente LOCA e a studiare l'effetto sulle prestazioni dovuto alla variazione del livello dell'acqua in piscina e all'accumulo di incondensabili all'interno del PCC.

Nel seguito si riportano le specifiche tecniche dei componenti principali della facility.

### **Condensatore PCC**

La figura sotto riportata mostra il PCC installato all'interno della piscina, in fase di costruzione. Il vapore entra nel condensatore dall'alto tramite una tubazione verticale da 10". Lo scambiatore è costituito da due moduli simmetrici con tubi verticali connessi a collettori cilindrici all'ingresso e all'uscita dei tubi.



Figura n. 25 - Facility PANTHERS: Passive Containment Condenser

Dati:

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| - Materiale:                 | acciaio inox ASTM SA 213 TP 304L |
| - potenza nominale:          | 10 MW                            |
| - pressione di progetto:     | 759 kPa (pressione relativa)     |
| - temperatura di progetto:   | 171 °C                           |
| - diametro esterno dei tubi: | 50.8 mm                          |
| - lunghezza dei tubi:        | 1.8 m                            |

### **Piscina PCC**

Dati:

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| - Materiali strutturali:     | vetroresina e acciaio al carbonio |
| - forma geometrica:          | parallelepipedo rettangolo        |
| - volume totale:             | 173 m <sup>3</sup>                |
| - dimensioni in pianta:      | (5.47 x 5.47) m <sup>2</sup>      |
| - altezza:                   | 5.80 m                            |
| - capacità acqua:            | 131 m <sup>3</sup>                |
| - area condotto di boil-off: | 2 m <sup>2</sup>                  |
| - livello nominale acqua:    | 4.4 m                             |

### **Serbatoio del condensato**

Dati:

- materiale:	acciaio inox ASTM SA 240 TP 304
- forma geometrica:	cilindro a fondi ellittici
- diametro interno:	1.055 m
- spessore:	7 mm
- altezza totale:	4.62 m
- volume:	3.9 m

### **Serbatoio di scarico aria (Vent Tank)**

Dati:

- materiale:	acciaio inox ASTM SA 240 TP 304
- forma geometrica:	cilindro a fondi ellittici
- diametro interno:	1.7 m
- spessore:	12 mm
- altezza totale:	6.68 m
- volume:	15 m <sup>3</sup>

#### **5.2.3.2 PANTHERS - IC**

La facility PANTHERS – IC consente di eseguire test su componenti e sistemi per la rimozione del calore residuo di decadimento dal reattore BWR.

La configurazione originale dell'impianto (che coincide con quella attuale) fa riferimento al sistema progettato per il reattore ad acqua bollente della GE, denominato SBWR-ICS (Simplified Boiling Water Reactor- Isolation Condenser System).

Nelle figure sotto riportate sono illustrati, rispettivamente, gli schemi semplificati del sistema SBWR-PCCS e della facility PANTHERS – PCC, rispettivamente.

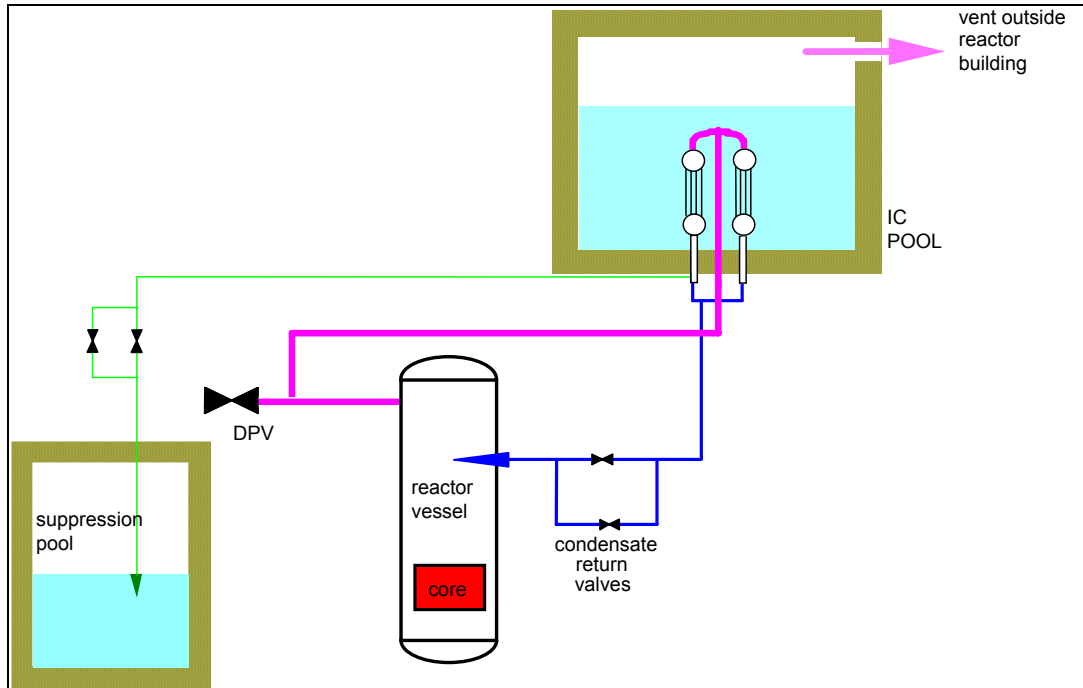


Figura n. 26 - Schema funzionale del sistema SBWR-ICS

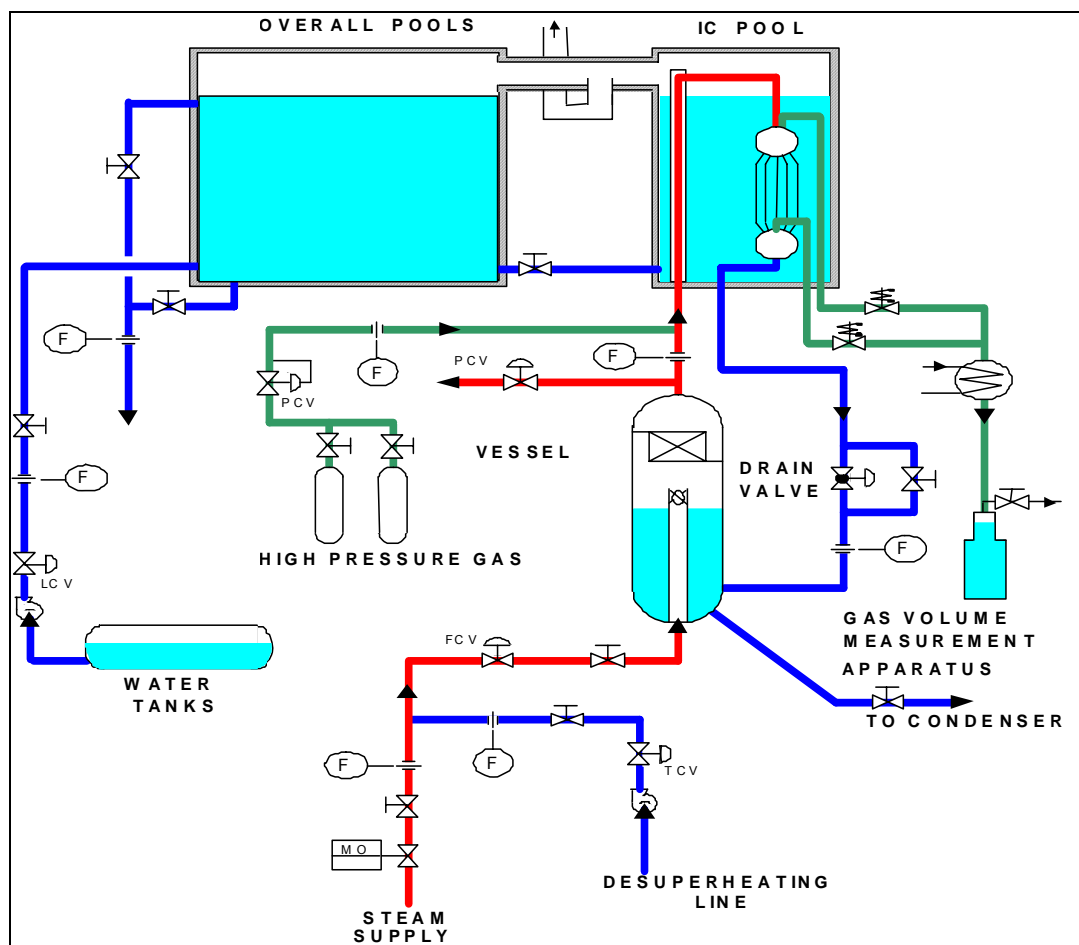


Figura n. 27 - Schema della facility PANTHERS - IC

Il sistema ICS (Isolation Condenser System), figura x, è progettato per rimuovere potenza termica dal reattore riducendo la pressione del circuito primario in situazioni operative normali o incidentali. Il sistema è costituito da un circuito chiuso direttamente connesso al pressure vessel del reattore, che include uno scambiatore di calore immerso in piscina d'acqua a pressione atmosferica. In condizioni di reattore in potenza a regime stazionario la valvola disposta sulla linea di ritorno al vessel è chiusa ed i tubi dello scambiatore sono pieni di acqua a bassa temperatura. Quando la suddetta valvola viene aperta, i tubi dello scambiatore sono drenati, vapore proveniente dal vessel fluisce dall'alto nello scambiatore condensando sulle pareti fredde dei tubi. Si innesca pertanto un processo di circolazione naturale tra il reattore e lo scambiatore che consente di trasferire il calore all'acqua della piscina che, raggiunta la temperatura di 100 °C, evapora e viene scaricata all'ambiente.

Nella facility sperimentale tutti i componenti del sistema ICS sono simulati a piena scala e le condizioni dei fluidi sono le stesse di quelle del reattore di riferimento.

La facility include una piscina all'interno della quale è installato un semi-modulo prototipico del condensatore IC. La potenza termica richiesta per i test è garantita da vapore surriscaldato ad elevata pressione e temperatura prelevato dalla centrale termoelettrica Edipower.

E' prevista l'iniezione diretta sullo scambiatore di calore di miscele di gas (azoto ed elio) per verificare la capacità del sistema di venting.

La facility era originariamente attrezzata con circa 250 strumenti per misure termoidrauliche e meccaniche. Le misure meccaniche riguardano la valutazione delle deformazioni di parti critiche del IC e vibrazioni, le misure termoidrauliche consentono di avere informazioni sullo scambio termico sia globale (potenza termica) sia locale (coefficiente di scambio) del condensatore IC.

Per quanto concerne le tipologie di prove, la facility in oggetto consente l'esecuzione di test in condizioni sia stazionarie sia transitorie. I test stazionari hanno lo scopo principale di misurare le prestazioni termoidrauliche del condensatore in un ampio intervallo di condizioni dei fluidi in ingresso. I test in transitorio sono finalizzati a determinare le prestazioni del IC in caso di accumulo di gas in condensabili, di riduzione del livello di acqua in piscina e la tenuta strutturale del componente sottoposto a cicli di pressione e temperatura ripetuti.

Nel seguito si riportano le specifiche tecniche dei componenti principali della facility.

### **Pressure Vessel**

Il pressure vessel è lo stesso componente descritto al § 5.2.2.1 ( volume di 43 m<sup>3</sup>) e utilizzato nella facility GEST-SEP.

### **Scambiatore di Calore IC**

La geometria è simile al condensatore PCC (vedi paragrafo precedente).

Dati:

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| - Materiale:             | Inconel 600                   |
| - potenza nominale:      | 15 MW                         |
| - pressione di progetto: | 8.62 MPa (pressione assoluta) |

- temperatura di progetto: 302 °C
- diametro esterno dei tubi: 50.8 mm
- lunghezza dei tubi: 1.8 m



Figura n. 28 - Facility PANTHERS: Isolation Condenser

### **Piscina IC**

Dati:

- Materiali strutturali: vetroresina e acciaio al carbonio
- forma geometrica: parallelepipedo rettangolo
- volume totale: 98 m<sup>3</sup>
- dimensioni in pianta: (4.83 x 3.5) m<sup>2</sup>
- altezza: 5.80 m
- capacità acqua: 74.4 m<sup>3</sup>
- area condotto di boil-off: 1 m<sup>2</sup>
- livello nominale acqua: 4.4 m

### 5.3 Utilizzo passato e stato attuale

L'impianto GEST è, tra i grandi impianti SIET, quello maggiormente utilizzato, soprattutto nella configurazione GEST-SEP.

L'impianto GEST-GEN fu commissionato nel 1989. Le prove sperimentali programmate sul generatore di vapore a tubi ad U tipo Westinghouse, adottato nel Progetto PWR-PUN, non sono mai state effettuate a causa dei noti eventi post Chernobyl. L'impianto è stato utilizzato per saltuarie campagne sperimentali svolte negli anni '90, tra cui le principali sono:

- prove su un sistema di iniezione passivo per LWR ideato da Ansaldo Nucleare, denominato PIDS (Passive Injection Depressurization System);
- prove su un sistema di iniezione passivo per LWR ideato da SIET, denominato SIP (Sistema Iniezione Passiva);
- prove prestazionali su generatore di vapore a tubi elicoidali da 20 MW per il reattore ISIS di Ansaldo Nucleare.

L'impianto risulta attualmente in fase di stand-by e da circa tredici anni non viene più utilizzato per l'effettuazione di test sperimentali. La strumentazione è stata asportata in parte per l'effettuazione di prove su altri impianti SIET ed in parte è stata dismessa perché non più funzionante. Tutti i componenti dell'impianto potrebbero essere rimessi in esercizio previa manutenzione straordinaria. La coibentazione di componenti e tubazioni è danneggiata o mancante in varie zone. La vernice della struttura portante mostra varie zone di degrado.

L'impianto GEST-SEP è stato impiegato nella seconda metà degli anni '80 per prove su separatori Ansaldo e Westinghouse. Dopo un periodo di inattività imposto dagli eventi post Chernobyl ha ripreso l'esercizio con un fattore di utilizzo molto elevato per un impianto sperimentale. Dal 1995 al 2007 sono state effettuate oltre 20 campagne sperimentali per lo sviluppo di nuovi separatori di vapore per reattori ad acqua bollente e per generatori di vapore di reattori pressurizzati. Le campagne sono state tutte commissionate dall'estero (Westinghouse, Mitsubishi, Toshiba, Doosan). Dal 2006 al 2008, l'impianto è stato impiegato anche per prove di R&S su misuratori di portata ad ultrasuoni per il cliente General Electric-Hitachi. Per lo stato dell'impianto valgono considerazioni analoghe a quelle sopra riportate per il GEST-GEN, ad eccezione dell'apparato strumentale che per il GEST-SEP, essendo stata utilizzata recentemente, si trova in miglior stato di efficienza.

L'impianto GEST-PANTHERS è rimasto in esercizio nel periodo 1993-1995 per prove di qualificazione dei prototipi di PCC e IC del reattore SBWR della GE. Dopo uno stop di oltre sei anni, l'impianto ha funzionato dal 2002 al 2003 per prove sul sistema innovativo di rimozione del calore residuo PERSEO, ideato da SIET, nell'ambito di un programma di ricerca finanziato da ENEA ed UE. Da allora l'impianto è fermo. I componenti si trovano in buono stato ad eccezione delle piscine in vetroresina che necessitano di manutenzione straordinaria per garantire la tenuta verso l'esterno. La strumentazione è stata dismessa o utilizzata su altri impianti.

## **5.4 Specifica degli interventi necessari**

### **5.4.1 Manutenzione straordinaria macchine**

Sull'impianto GEST sono presenti macchine di elevata complessità e potenza quali le pompe di circolazione ed il compressore di vapore. Queste attrezzature richiedono operazioni di manutenzione straordinaria con la sostituzione di quei componenti che degradano anche per invecchiamento senza uso: filtri, guarnizioni, fluidi, ecc..

### **5.4.2 Ripristino coibentazioni**

Le coibentazioni dell'impianto sono realizzate in lana di roccia; in varie zone i lamierini di alluminio che le racchiudono si presentano disconnessi o mancanti; è necessario ripristinare ovunque i lamierini di protezione assicurando la tenuta.

### **5.4.3 Manutenzione straordinaria valvole**

Le valvole manuali necessitano interventi manutentivi che contemplano la sostituzione delle baderne di tenuta e delle guarnizioni del corpo, probabilmente in amianto, e comunque prive della necessaria elasticità. Le valvole pneumatiche devono essere sottoposte ad un intervento di pulizia, lubrificazione e taratura degli attuatori con i relativi convertitori e posizionatori.

### **5.4.4 Interventi sulla struttura**

La struttura in ferro che supporta l'impianto deve essere sottoposta a piccoli interventi meccanici. Oltre ad essi è necessario verniciare estese parti della struttura che, essendo collocata all'esterno, è soggetta ad ossidazione.

### **5.4.5 Ristrutturazione pannello di controllo**

L'impianto è dotato di un pannello di controllo che include componenti obsoleti e dei quali non sono più disponibili parti di ricambio quali, ad esempio, i regolatori o il video sinottico. E' pertanto necessario ristrutturare la consolle installando strumenti di controllo ed interfacce con gli operatori conformi agli standard attuali e delle quali siano disponibili parti di ricambio.

### **5.4.6 Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche**

La strumentazione a campo è relativamente recente e completa solo nelle aree GEST-SEP (parte dell'impianto che è stata in esercizio fino a tempi recenti). Sono comunque necessari limitati interventi di riparazione, sostituzione oltre alla taratura di tutti gli strumenti. Nelle aree GEST-GEN e GEST-PANTHERS, inutilizzate da oltre dieci anni. La strumentazione deve essere ripristinata e tarata.

#### **5.4.7 Aggiustaggio tenuta vessel**

il vessel da 45 m3 dell'impianto GEST-SEP è dotato di un sistema di tenuta con una guarnizione metallica rivestita di nastro in grafite e fibra di vetro. L'anello metallico ha acquistato, rispetto alla sede, un gioco eccessivo. E' pertanto necessario eseguire un'operazione di aggiustaggio della sede per ripristinare la completa funzionalità della tenuta.

#### **5.4.8 Sostituzione guarnizioni**

La quasi totalità delle guarnizioni piane tra le flange che uniscono i componenti alle linee sono realizzate con spirale in lamierino metallico ed amianto. In previsione di una ripresa dell'operatività è necessario provvedere ad una loro sostituzione. Sull'impianto GEST quest'attività è particolarmente onerosa a causa dell'elevato diametro delle tubazioni coinvolte.

#### **5.4.9 Ripristino tenuta piscine PANTHERS**

Le due piscine dell'impianto PANTHERS (175 e 100 m3) sono costruite in vetroresina con nervature di rinforzo in ferro. In seguito alle ripetute prove in condizioni di transitori termici, in alcune zone delle pareti in vetroresina si sono generate cricche che compromettono la tenuta delle piscine, causando eccessive perdite di acqua. E' pertanto necessario un intervento di ripristino per limitare la perdita entro i limiti di progetto.

#### **5.4.10 Attività inerenti la sicurezza**

Per adeguare l'impianto alle norme più recenti in materia di sicurezza dovranno essere installate alcune protezioni anticaduta vicino al vessel. Anche gli impianti di monitoraggio ed intercomunicazione (telecamere ed interfon) dovranno essere aggiornati allo stato dell'arte ed alle norme.

## 6 IMPIANTO IETI

### 6.1 Descrizione e generalità

L'impianto **IETI** (Impianto per Esperienze di Termo-Idrauliche) è una facility del tipo *multi-purpose* progettata per effettuare prove di Ricerca/Sviluppo e qualificazione su componenti vari di impianti di potenza, alle reali condizioni di esercizio. L'impianto è installato all'interno della Centrale *Emilia*, di cui occupa la zona sud-est, dal secondo al quinto piano.

L'impianto IETI costituisce un'area sperimentale che include due facility distinte (per potenzialità) che condividono alcuni sistemi ausiliari e la sala manovra di circa 50 m<sup>2</sup> : una facility per basse potenzialità, denominata **IETI-1** ed una facility per potenzialità medio-alte, denominata **IETI-4**.

Entrambe le facility, sono state impiegate per un'ampia gamma di attività sperimentali, di cui nel seguito si riportano alcuni esempi tipici.

- Prove di scambio termico su sezioni di prova tubolari ed anulari riproducenti sotto-canali di reattori LWR;
- Prove di scambio termico su fasci di barre riproducenti elementi di combustibile di reattori LWR;
- Prove di scambio termico su fasci tubieri tipici di generatori di vapore PWR;
- Prove di funzionalità di pressurizzatori PWR e relative valvole di sicurezza;
- Prove di crisi ad elevatissimi flussi termici per applicazioni nel campo dei reattori a fusione;
- Prove di base su particolari fenomenologie termoidrauliche per applicazioni su componenti LWR (es.: *flooding* pressurizzatore PWR, *Reflux Condensation* nei tubi dei GV PWR);
- Prove di dispositivi passivi per i circuiti di emergenza LWR (es.: Steam Injectors).

### 6.2 Specifiche tecniche di dettaglio

#### 6.2.1 Impianto IETI-1

L'impianto IETI -1 consente prove termoidrauliche su componenti vari, ad elevate pressioni e temperatura, con valori di portata di fluido relativamente bassi. L'impianto, configurato a circuito aperto, è rappresentato schematicamente nella figura seguente. Il fluido utilizzato (acqua demineralizzata) è prelevato a bassa temperatura da un serbatoio di accumulo e pressurizzato per mezzo di due pompe volumetriche operanti in parallelo. Il valore desiderato di entalpia del fluido all'ingresso della sezione di prova è ottenuto mediante una caldaia a riscaldamento elettrico. Il fluido allo scarico della sezione di prova viene depressurizzato, inviato ad un separatore acqua-vapore e successivamente condensato e recuperato.

Le pompe alimento sono del tipo a pistoni (n. 5 per ciascuna pompa); la portata è regolabile variando la corsa dei pistoni, mentre le oscillazioni di portata vengono ridotte entro il 2% tramite smorzatori a membrana installati sulla linea di mandata.

La regolazione di pressione alla sezione di prova avviene mediante valvola di regolazione pneumatica installata all'uscita della sezione di prova.

La regolazione di temperatura del fluido si realizza variando la potenza della caldaia elettrica, di tipo monotubolare con potenza massima di 750 kW. La caldaia elettrica è progettata per un flusso termico massimo di 22 W/cm<sup>2</sup>.

La sezione di prova può essere a sua volta riscaldata elettricamente per effetto Joule, mediante gruppo di n. 12 saldatrici in parallelo con potenza massima globale di 300 kW.

Le prestazioni della facility IETI-1 sono riportate nel seguito.

- massima pressione:	250 bar
- massima portata di acqua	0.8 kg/s
- massima portata di vapore	0.5 kg/s
- massima temperatura del fluido	430 °C
- massima potenza alla sezione di prova	300 kW
- massima elevazione per la sezione di prova	15 m

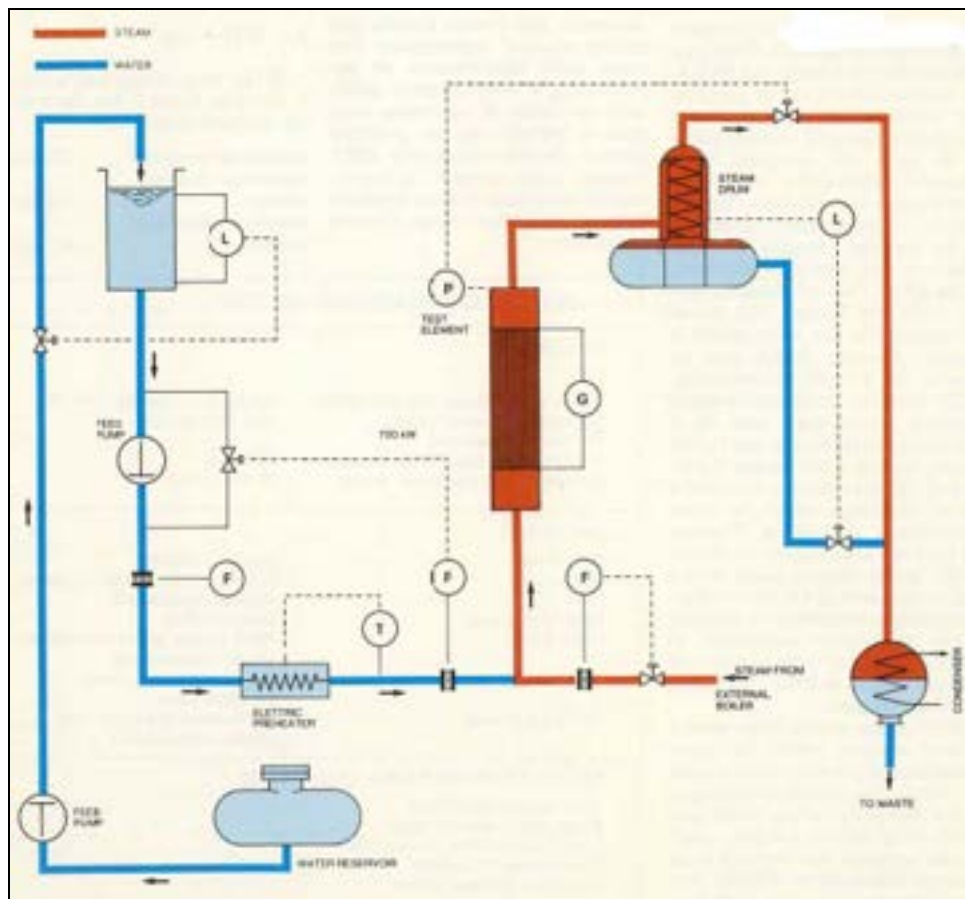


Figura n. 29 - Schema Impianto Sperimentale IETI-1

## 6.2.2 Impianto IETI-4

L'impianto IETI - 4 consente prove termoidrauliche su componenti vari, ad elevate pressioni e temperatura, con valori di portata di fluido medio-alti.

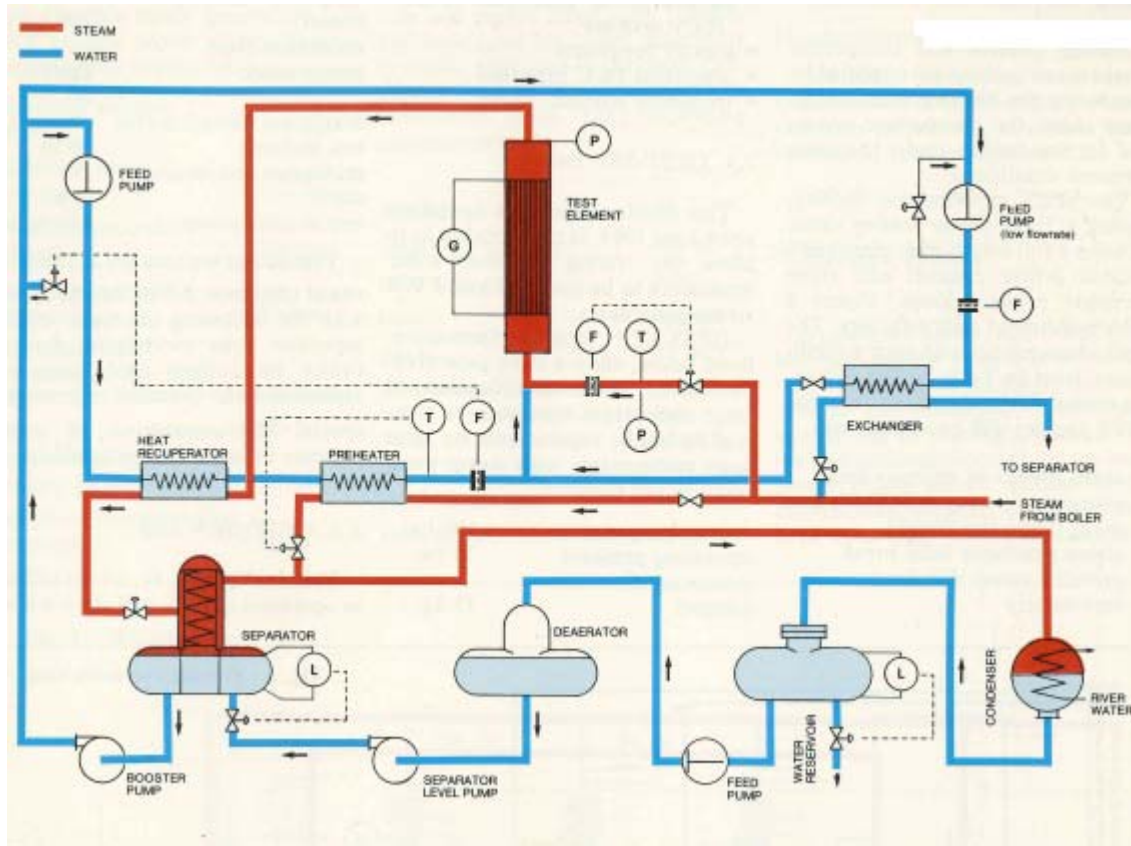


Figura n. 30 - Schema Impianto Sperimentale IETI-4

Il fluido di prova (acqua demineralizzata) viene prelevata dal separatore ad una temperatura di circa 105 °C ed inviato, attraverso una pompa booster, alla pompa alimento che porta il fluido alla pressione di esercizio. La regolazione di portata viene effettuata per mezzo di by-pass alla pompa. L'acqua entra quindi negli scambiatori recuperatori e riceve calore del fluido uscito dalla sezione di prova (ad esempio: cluster di barre riscaldate per prove su elemento di combustibile di reattore nucleare) fino a raggiungere una temperatura di poco inferiore al valore di saturazione. Un ulteriore aumento di temperatura può avvenire in un secondo preriscaldatore grazie all'energia fornita da vapore surriscaldato prelevato dalla vicina centrale termoelettrica di Edipower. La regolazione di temperatura dell'acqua si può effettuare agendo sulle valvole di by-pass degli scambiatori di calore e/o regolando la portata del vapore surriscaldato. A pressioni di prova inferiori a 100 bar è anche possibile iniettare vapore surriscaldato direttamente all'ingresso della sezione di prova. Il fluido all'uscita della sezione di prova cede calore al fluido in ingresso e viene quindi depressurizzato a pressione leggermente superiore al valore atmosferico mediante valvola di regolazione della pressione. La miscela bifase prodotta entra nel separatore dove il liquido è aspirato dalla pompa booster, mentre il vapore raggiunge il gruppo di condensazione. Il condensato viene recuperato in un serbatoio di accumulo da cui una

pompa lo ri-invia al separatore, eventualmente dopo aver subito un processo di degasazione.

I principali valori di prestazione dell'impianto IETI-4 sono riportati nel seguito.

- massima pressione:	250 bar
- massima portata di acqua	15 kg/s
- massima portata di vapore	3 kg/s
- massima temperatura del fluido	430 °C
- massima potenza alla sezione di prova	7 MW
- massima elevazione per la sezione di prova	15 m



*Figura n. 31 - Preriscaldatori Acqua impianto IETI-4*

### **6.3 Utilizzo passato e stato attuale**

L'impianto IETI è entrato in funzione nella seconda metà degli anni '70 ed è stato in esercizio saltuario fino al 2008. Le ultime campagne sperimentali effettuate sullo IETI sono:

- prove di trasmissione del calore ad elevatissimi flussi termici sul divertore del tokamak per conto del NET team di Garching (1990-1991);
- prove di R&S su Steam Injector per sistemi di sicurezza LWR per conto del CISE (1993-1994);
- prove in transitorio su Steam Injector per ALWR per conto di ENEL, CISE, Siemens (1997);
- prove funzionali di uno Steam Injector per PWR progettato da CEA (2001-2003);
- prove su pompa a getto multistadio per ABWR Toshiba (2005-2007);
- prove di scambio termico su tubi elicoidali del GV-IRIS per POLIMI (2004-2008).

L'impianto è tuttora in buono stato ma necessita di una serie di interventi, di cui i principali sono elencati al successivo paragrafo.

### **6.4 Specifica degli interventi necessari**

#### **6.4.1 Manutenzione straordinaria macchine**

L'impianto IETI è dotato di pompe volumetriche a pistoncini di elevata potenza; sono necessarie operazioni di manutenzione straordinaria con la sostituzione di quei componenti che degradano anche per invecchiamento senza uso: filtri, guarnizioni, fluidi, oltre alla verifica delle valvole e degli scambiatori di calore per il raffreddamento.

#### **6.4.2 Ripristino coibentazioni**

Le coibentazioni dell'impianto sono realizzate in lana di roccia; in varie zone i lamierini di alluminio che le racchiudono si presentano disconnessi o mancanti; è necessario ripristinare ovunque i lamierini di protezione assicurando la tenuta. Sono presenti alcuni brevi tratti di tubazione coibentati in treccia d'amianto rivestita con composto polimerico per incapsulamenti. Nell'ipotesi di un esercizio in temperatura di lunga durata sarà necessario che tali coibentazioni vengano rimosse e sostituite con materiali biocompatibili.

#### **6.4.3 Manutenzione straordinaria valvole**

Le valvole manuali necessitano interventi manutentivi che contemplano la sostituzione delle baderne di tenuta e delle guarnizioni del corpo, probabilmente in amianto, e comunque prive della necessaria elasticità. Le valvole pneumatiche devono essere sottoposte ad un intervento di pulizia, lubrificazione e taratura degli attuatori con i relativi convertitori e posizionatori.

#### **6.4.4 Interventi sulla struttura**

La struttura in ferro che supporta l'impianto necessita di piccoli interventi meccanici e di limitati interventi di pittura.

#### **6.4.5 Ristrutturazione pannello di controllo**

L'impianto è dotato di un pannello di controllo che include componenti obsoleti e dei quali non sono più disponibili parti di ricambio quali, ad esempio, i regolatori o il video sinottico. E' pertanto necessario ristrutturare la consolle installando strumenti di controllo ed interfacce con gli operatori conformi agli standard attuali e delle quali siano disponibili parti di ricambio.

#### **6.4.6 Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche**

La strumentazione dell'impianto IETI è composta da un numero limitato di strumenti, che sono comunque, al momento, in parte mancanti ed in parte non funzionanti. Pertanto occorre prevedere, per futuri utilizzi, acquisto, taratura e installazione di tali strumenti.

#### **6.4.7 Sostituzione guarnizioni**

La quasi totalità delle guarnizioni piane tra le flange che uniscono i componenti alle linee sono realizzate con spirale in lamierino metallico ed amianto. In previsione di una ripresa dell'operatività sarà necessario provvedere ad una loro sostituzione.

#### **6.4.8 Attività inerenti la sicurezza**

Per adeguare l'impianto alle norme più recenti in materia di sicurezza dovranno essere installate alcune protezioni contro le ustioni e dovranno essere integrate le protezioni delle parti in movimento delle pompe. Anche gli impianti di monitoraggio ed intercomunicazione (telecamere ed interfoni) dovranno essere aggiornati allo stato dell'arte ed alle norme.

## 7 SISTEMI AUSILIARI

### 7.1 Sistema alimentazione elettrica AC

#### 7.1.1 Descrizione e generalità

L'alimentazione elettrica di tutte le utenze SIET trae origine dalla sbarra centrale della stazione 130 kV appartenente alla rete ENEL (ora TERNA). Due trasformatori in parallelo T1-GA (CEM1) e T2-GA (CEM2) riducono la tensione di rete a 3kV e alimentano un sistema di sbarre connesso ad una serie di trasformatori 3000/380 V. Ad esclusione di alcune utenze alimentate direttamente dalle sbarre a 3kV, tutte le alimentazioni SIET provengono da sbarre a 380V connesse ai secondari dei suddetti trasformatori. I sezionatori posti a valle dell'interruttore sono manovrabili solo manualmente e localmente; la loro posizione è segnalata in sala manovra Centrale Emilia. Il seguente sketch mostra il lay-out semplificato dell'impianto di alimentazione elettrica AC della SIET.

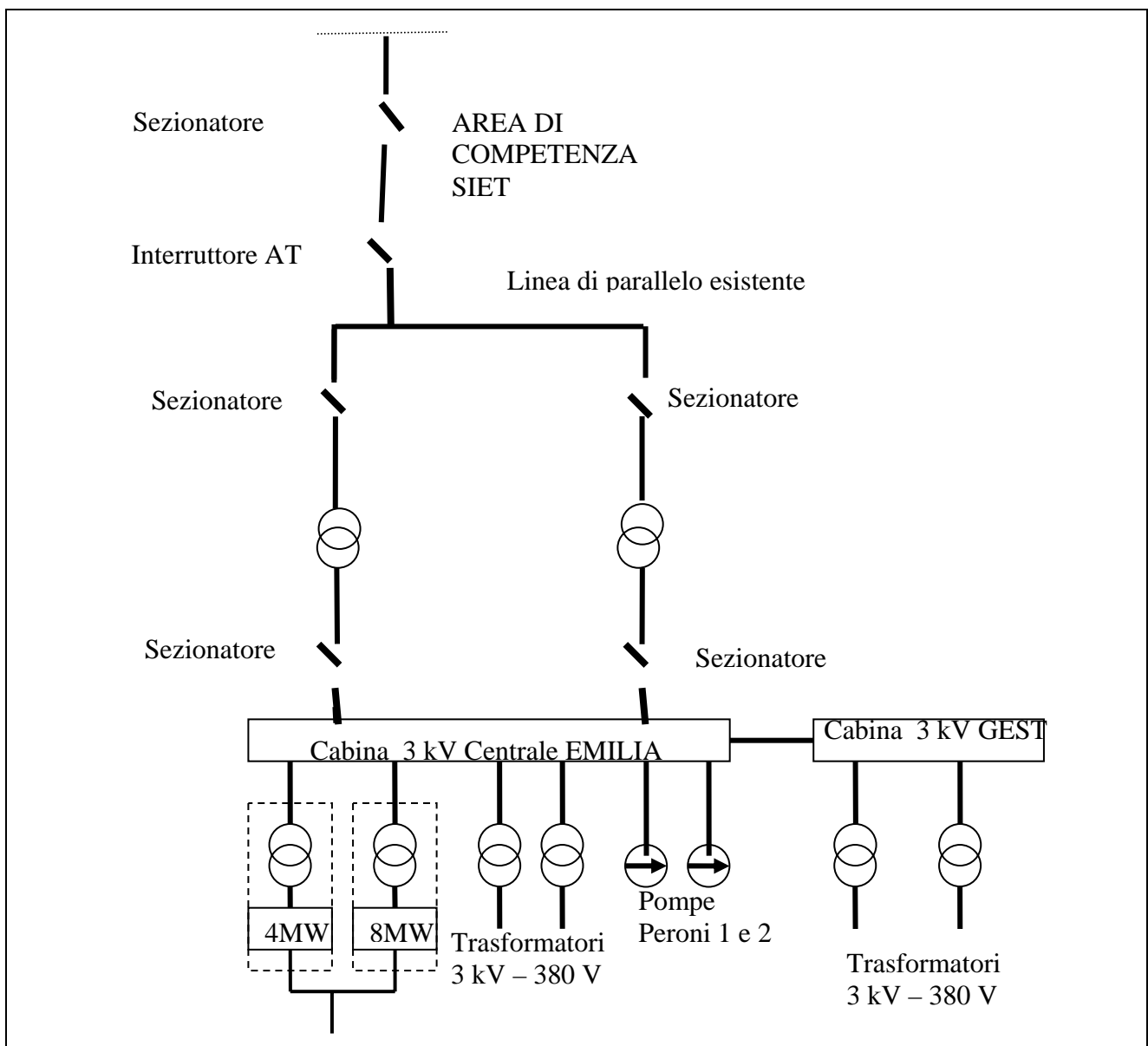


Figura n. 32 - Schema semplificato alimentazione elettrica AC SIET

## 7.1.2 Specifiche tecniche di dettaglio

### 7.1.2.1 Cabina 130 kV

I trasformatori T1-GA (attualmente non più funzionante) e T2-GA riducono la tensione da 130kV a 3 kV ed alimentano tutte le utenze SIET (impianti, officina, uffici). Sono muniti di variatore di tensione sotto carico, ad 11 posizioni, manovrabile manualmente in loco oppure da sala manovra Emilia mediante comando a distanza in corrente continua (220 V). Ogni trasformatore è raffreddato mediante circolazione forzata di olio dielettrico in due batterie indipendenti di radiatori aria/olio azionati da un segnale di temperatura. Il corretto livello di olio nella cassa dei trasformatori è garantito da un serbatoio (conservatore) posizionato sulla parte superiore di ogni macchina. Tale serbatoio compensa le variazioni di volume dell'olio causate sia dalla stagionalità sia dal ciclo di funzionamento della macchina.

Le principali caratteristiche dei trasformatori sono le seguenti:

- Marca	CEM (Costruzioni Elettromeccaniche Milano)
- Tipo	30ESF/C
- Anno di costruzione	1956 (CEM-1) ; 1959 CEM-2
- Potenza nominale	10000 kVA
- Rapporto di trasformazione	127000/3210
- Corrente nominale	45.5/1798.6 A
- Tensione di corto circuito	14.34 %
- Perdite a vuoto	21 kW
- Corrente a vuoto	2.5%
- Perdite di corto circuito	93 kW
- Olio	15000 kg



*Figura n. 33 - Trasformatore 130 / 3 kV (CEM-2)*

Con la recente sostituzione dell'interruttore 130 kV e dei sezionatori posti a monte del trasformatore, la logica di sicurezza del trasformatore ed i circuiti per il comando del variatore di rapporto sono stati completamente sostituiti anche se non è stato possibile sostituire i sensori ed i componenti a bordo macchina.

La nuova logica di sicurezza è stata inserita nel quadro di comando dell'interruttore, aggiungendo alcune funzioni prima non previste. I circuiti di comando del variatore sono stati realizzati all'interno del quadro ausiliari del medesimo interruttore.

Nella figura seguente è riprodotto il quadro comando interruttore si notano da sinistra a destra e dall'alto al basso rispettivamente:

- il relè elettronico di protezione contro le sovracorrenti in ingresso al trasformatore,
- il relè di protezione contro la mancanza di tensione nei circuiti ausiliari,

- l'allarmiera elettronica a 20 ingressi che raccoglie gli allarmi che non determinano l'apertura dell'interruttore,
- il sinottico che mostra la posizione di sezionatori ed interruttore,
- i relè a cartellino che raccolgono gli allarmi che determinano l'apertura dell'interruttore,
- il manipolatore a tre posizioni con ritorno automatico sulla posizione centrale neutra che consente il comando in apertura o in chiusura dell'interruttore,
- il commutatore per l'abilitazione del comando interruttore tramite PLC.
- Il commutatore per resettare l'intervento del relè di blocco in seguito ad anomalie dell'interruttore.



Figura n. 34 - Quadro comando interruttore AT

L'alimentazione 380 V ai servizi dei trasformatori è derivata da due interruttori posti in sala cavi nel locale accesso cunicoli cabina 130 kV.

L'interruttore AT ha le seguenti caratteristiche

- Marca ABB
- Anno di costruzione 2009
- Tipo LTB145
  
- Tensione nominale 130 kV
- Tensione massima servizio 140 kV
- Tensione tenuta impulso 650 kV
- Frequenza 50 Hz
- Corrente nominale 1250 A
- p.d.i. nominale 31,5 kA
- Ciclo O-0,3s-CO-3'-CO
- Comando a molle BLK222
- Tensione motore e ausiliari 110 Vcc

I sezionatori a monte dell'interruttore hanno le seguenti caratteristiche:

- Marca NUOVA ROCCHI
- Anno di costruzione 2009
- Modello SDIT17/2-by 17/2
- Tensione nominale 145 kV;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Corrente nominale 1250 A;
- Contatti di messa a terra SI

Tre trasformatori amperometrici sono utilizzati per protezione dalle sovracorrenti e hanno le seguenti caratteristiche elettriche

- Marca: ABB
- Tipo: TG145
- Rapporti 100/5 - 200/5 (scelto:200/5)
- Corrente max: 240A
- Corrente per: 31,5kA
- Corrente din: 80kA
- 1° nucleo: 30/0,5VA
- 2° nucleo: 30/5P30VA



*Figura n. 35 - Nuovi Interruttori e Sezionatori 130 kV*

### 7.1.2.2 Cabina 3 kV

L'energia proveniente dai trasformatori 130/3 kV arriva, tramite gli interruttori 1GA2 e 2GA4, a due sistemi di sbarre denominate 1GA e 2GA. L'interruttore BT1GA-2GA permette il parallelo tra le due sbarre. Le sbarre 1A e 2A sono collegate rispettivamente alla 1GA e 2GA tramite gli interruttori 1A12 e 2A12. I comandi dei suddetti interruttori sono posti sul banco elettrico della sala controllo Emilia. Le utenze attualmente collegate a queste sbarre sono:

- sbarra 1A
  - o cabina GEST
- sbarra 2A
  - o pompa VALFRE
- sbarra 1GA
  - o gruppo di potenza a corrente continua 4 MW (Tamini)
  - o gruppo di potenza a corrente continua 8 MW (CGE)
  - o pompe Peroni 1, 2
- sbarra 2GA
  - o trasformatore TSP
  - o trasformatore T2G-1

Tutti gli interruttori a 3 kV sono in aria, a celle Deion, a soffio magnetico. Essi sono alloggiati in appositi quadri corazzati con voltmetri per visualizzare eventuali fughe verso terra. I circuiti di comando sono realizzati in corrente continua protetti da fusibili.

Le caratteristiche salienti di questi interruttori sono:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| - Tipo                              | 60 DH       |
| - Tensione massima                  | 4160 V      |
| - Tensione d'esercizio              | 3200 V      |
| - Corrente d'esercizio              | 1200/2000 A |
| - Capacità di rottura               | 138000 A    |
| - Max valore istantaneo di corrente | 40000 A     |
| - Max valore di corrente per 4"     | 25000 A     |

non c'è nessun riferimento nel testo alla figura seguente. Se ciò è vero, togliere la figura



*Figura n. 36 - SIET: Sala 3000 V*

Gli interruttori dei gruppi 4 e 8 MW, pompe Peroni, cabina GEST (IG-1, IG-2, IG-3) sono di modello più recente ma con caratteristiche simili a quelle sopra riportate.

Tutti gli interruttori a 3kV sono del tipo estraibile tramite manovelle o leve poste in cabina.

Le caratteristiche dei trasformatori TSP e T2G-1 (riserva del TSP) che alimentano tutte le sbarre 380V sono:

- |                               |          |
|-------------------------------|----------|
| - Potenza nominale            | 800 kVA  |
| - Rapporto di trasformazione  | 3200/400 |
| - Corrente nominale           | 1155 A   |
| - Tensione di corto circuito  | 7.5 %    |
| - Massima corrente istantanea | 5 In     |
| - Massima corrente (3')       | 1200 A   |



Figura n. 37 - Trasformatore TSP

### 7.1.2.3 Cabina 380 V, centrale Emilia

I trasformatori TSP e T2G-1 alimentano le sbarre 380 V, alloggiati in quadri corazzati, tramite appositi interruttori in aria, a celle Deion, con soffio magnetico dell'arco. Le caratteristiche degli interruttori 1G1-1, 2G1-1, 2G1-10 (di tipo estraibile) sono:

- Tipo DB 50
- Tensione massima 600 V
- Tensione d'esercizio 380 V
- Corrente d'esercizio 1600 A
- Capacità di rottura 50000 A

Per gli interruttori 1-1-1, 1-1-2, 2-1-2 e 2-1-1 sono:

- Tipo DB 25
- Tensione massima 600 V
- Tensione d'esercizio 380 V
- Corrente d'esercizio 600 A
- Capacità di rottura 25000 A

I circuiti di comando sono a corrente continua (110 V) protetti da fusibili, i comandi sono posti in sala manovra Emilia. Dalle sbarre 380 V si derivano le varie utenze dei servizi ausiliari, sezionabili mediante interruttori con comando manuale locale.



*Figura n. 38 - SIET: Sala 380 V*

#### **7.1.2.4 Cabina 3kV/380 V, GEST**

Dalla sbarra 1A a 3kV, si deriva attraverso l'interruttore 1A-11, la cabina GEST, situata in area esterna nei pressi dell'officina meccanica. Il cavo di alimentazione è posato in cunicolo fino all'ingresso della cabina, dove si appoggia ad un sistema di sbarre dalle quali di derivano tre interruttori (IG-1, IG-2, IG-3) a 3kV di alimentazione alle varie utenze. L'interruttore IG-3 alimenta il compressore di vapore dell'impianto GEST, IG-1 e IG-2 alimentano rispettivamente i trasformatori 3000/380 V: TR-1 da 800 kVA e TR-2 da 1000 kVA. I comandi dell'IG-3 sono posti in sala manovra GEST mentre quelli dell'IG-1 e IG-2 sono in cabina.

Le utenze alimentate dai trasformatori delle cabina GEST sono:

## TR1

- Palazzina uffici
- Servizi ausiliari

## TR2

- Palazzina uffici
- Servizi ausiliari
- Impianto disconnettori
- GEST

Le utenze comuni ai due trasformatori vengono alimentate attraverso due quadri denominati 380V/2 e 380V/3. Il TR-1 alimenta i succitati quadri attraverso l'interruttore SG1, mentre il TR-2 attraverso l'interruttore SG-2. Il gruppo di commutazione SG1/SG2, con dispositivo di interblocco che evita la chiusura contemporanea dei due interruttori, è posto in cabina GEST accanto al quadro 380V/3 che alimenta:

- Officina
- Sala manovra GEST
- Carroponte GEST
- Illuminazione e f.m. GEST

Il quadro 380V/2 è sito in sala 380V ed alimenta le utenze privilegiate che devono essere sempre presenti indipendentemente dal funzionamento degli impianti, tra queste:

- Illuminazione Centrale Emilia
- Carica batterie
- Montacarichi SPES e Centrale Emilia
- Palazzina uffici
- Prese 220 V Centrale Emilia
- Compressore Atlas Copco
- Servizi trasformatori 130 kV



Figura n. 39 - Cabina GEST: Trasformatori 3000 / 380V (TR-1 e TR-2)

### 7.1.3 Utilizzo passato e stato attuale

Il sistema di alimentazione elettrica dei grandi impianti sperimentali SIET è in esercizio dagli anni '70, quando nel sito erano operativi i laboratori di termoidraulica del CISE, successivamente confluiti in SIET nel 1983. Alcuni componenti (ad esempio: i due trasformatori da 10 MVA 130-3 kV) furono installati a metà degli anni '50, quando divenne operativa la centrale termoelettrica Emilia. Anche se lo stato dei vari componenti è ancora sufficiente a garantirne il funzionamento in sicurezza, è evidente come il livello di affidabilità di una parte di essi sia relativamente basso e richieda pertanto l'attuazione di un programma di sostituzione / manutenzione pluriennale. Tale programma è già stato intrapreso a partire dal 2008 con interventi di sostituzione dell'interruttore 130 kV e relativi sistemi accessori (vedi § 7.1.2.1).

### 7.1.4 Specifica degli interventi necessari

#### 7.1.4.1 Sostituzione trasformatore

I due trasformatori T1 GA e T2-GA (il T1 GA è attualmente fuori servizio per un guasto alla linea di uscita) risalgono alla metà degli anni '50 e presentano alcuni problemi di trafileamento d'olio e sono maggiormente a rischio di danni gravi dovuti al degrado degli isolamenti. L'unica soluzione che può riportare l'affidabilità del sistema a livelli adeguati è la sostituzione di almeno un trasformatore.

#### 7.1.4.2 Sostituzione linea in media tensione

L'evento di corto circuito verificatosi sulla linea del trasformatore T1-GA è stato causato da invecchiamento del rivestimento in gomma dei cavi, fenomeno che interessa anche l'altra linea in servizio; ciò rende evidente che anche quest'ultima linea necessita di essere sostituita. La configurazione finale che assicura una adeguata affidabilità del sistema è costituita infatti da un nuovo trasformatore con una nuova linea.

#### 7.1.4.3 Sostituzione interruttori 3 kV in Cabina "Centrale Emilia" e Cabina "GEST"

La cabina 3 kV della centrale Emilia ha interruttori con circa 50 anni di servizio: l'aspetto tecnico più critico è rappresentato dalle protezioni di massima corrente che sono di tipo elettromeccanico e per le quali non sono disponibili parti di ricambio e personale tecnico in grado di effettuare manutenzione e controllo delle tarature. Non tutti gli interruttori servono al funzionamento degli impianti SIET, quindi i tre quadri esistenti potranno essere sostituiti da un unico quadro con un interruttore in ingresso ed una decina di interruttori in uscita. Ciascun interruttore sarà dotato di protezioni elettroniche e di dispositivi per il comando remoto. In cabina "GEST" sono installati tre interruttori in media tensione che necessitano di sostituzione; inoltre è necessario sostituire il quadro che contiene la logica elettromeccanica di comando.

#### 7.1.4.4 Realizzazione di un'alimentazione di riserva

Per aumentare l'affidabilità degli impianti e per poter realizzare prove a bassa potenza senza attivare la linea ad alta tensione, è necessario realizzare un collegamento alla rete pubblica in media tensione (15 kV) attivando un contratto di soccorso e predisponendo una cabina dotata di un trasformatore con una potenza di 400 kW e secondario alla tensione di 400 Vac. L'uscita di questa cabina potrà essere connessa direttamente alla rete in bassa tensione di SIET.

#### 7.1.4.5 Rifacimento parziale cabina in bassa tensione "Centrale Emilia"

Buona parte delle utenze in bassa tensione presenti in SIET sono alimentate da quadri relativamente recenti e conformi alle norme applicabili. Tuttavia alcune utenze sono ancora alimentate da interruttori risalenti agli anni '50 per cui valgono le stesse considerazioni relativamente ad affidabilità e sicurezza espresse al punto 7.1.4.3. Sarà quindi necessario realizzare un nuovo quadro elettrico di dimensioni ridotte rispetto al quadro esistente in grado di alloggiare i nuovi interruttori.

#### 7.1.4.6 Sostituzione quadri elettrici a campo

Tra le macchine che servono alla gestione dei servizi generali vi sono alcuni gruppi di pompe per le quali è necessario sostituire il quadro elettrico locale, risalente agli anni '50. In particolare, per le cinque elettro-pompe utilizzate per il raffreddamento delle varie macchine degli impianti sperimentali dovranno essere installati due nuovi quadri elettrici.

#### 7.1.4.7 Interventi sull'illuminazione

Per adeguare il livello di illuminazione ambientale agli standard di sicurezza è necessario ristrutturare l'impianto esistente recuperando i diffusori d'epoca e dotandoli di lampade a basso consumo (un elevato numero di punti luce è già stato convertito). E' poi necessario sostituire ed integrare parte delle linee di distribuzione e parte dei quadri di comando luci. Per l'illuminazione d'emergenza è opportuno prevedere un gruppo di continuità in grado di alimentare le luci per l'intervallo temporale stabilito dalle norme.

## 7.2 Sistema alimentazione elettrica DC

Per i sistemi di alimentazione elettrica DC occorre distinguere tra:

- i sistemi alimentazione DC di potenza che forniscono corrente continua alle sezioni di prova scopo riscaldamento elettrico (esempio: prove di simulazione di elementi di combustibile di reattori nucleari);
- i sistemi alimentazione DC ausiliari per comandi, protezione, allarmi delle varie apparecchiature degli impianti.

## 7.2.1 Sistemi alimentazione DC di potenza

### 7.2.1.1 Descrizione e generalità

L'erogazione di corrente continua per il riscaldamento dei canali di potenza dei Grandi Impianti SIET avviene attraverso l'utilizzo di due gruppi di potenza denominati: "Gruppo 8 MW" oppure CGE, "Gruppo 4 MW" oppure TAMINI. I due gruppi sono ubicati nell'area esterna in prossimità della parete sud della Centrale Emilia.

### 7.2.1.2 Specifiche tecniche di dettaglio

Le principali caratteristiche dei gruppi sono riportate nella tabella seguente.

	servizio continuo	sovraccarico per 15'
<b>GRUPPO 8 MW</b>		
<i>connessione parallelo</i>		
tensione , V	155	160
corrente, kA	48	50
potenza, MW	7.44	8
carico ottimale, mΩ	3.23	3.20
<i>connessione serie</i>		
tensione , V	310	320
corrente, kA	24	25
potenza, MW	7.44	8
carico ottimale, mΩ	12.92	12.80
<b>GRUPPO 4 MW</b>		
<i>connessione parallelo</i>		
tensione , V	155	160
corrente, kA	24	25
potenza, MW	3.72	4
carico ottimale, mΩ	6.46	6.4
<i>connessione serie</i>		
tensione , V	565	565
corrente, kA	8	8.33
potenza, MW	2.48	2.66
carico ottimale, mΩ	38.75	38.42
<b>GRUPPO 8 MW + 4 MW IN PARALLELO</b>		
<i>singole unità in parallelo</i>		
tensione , V	145	150
corrente, kA	72	75
potenza, MW	10.44	11.25
carico ottimale, mΩ	2.01	2
<i>singole unità in serie</i>		
tensione , V	310	320
corrente, kA	32	32.33
potenza, MW	9.92	10.34
carico ottimale, mΩ	9.69	9.90

Tabella n. 12 - Caratteristiche dei Gruppi di Potenza

## GRUPPO 8 MW

La potenza d'ingresso è prelevata dal secondario del trasformatore CEM attraverso un interruttore automatico (apre in 55 ms) che serve per lo sgancio di potenza del gruppo.

La sezione di trasformazione è costituita da un trasformatore a variazione di rapporto sotto carico e da due trasformatori in serie ad esso a rapporto di trasformazione costante. Questi trasformatori sono costituiti da un avvolgimento primario trifase (uno collegato a stella, l'altro a triangolo) e da un avvolgimento secondario esafase a doppia stella.

Ciascun secondario è collegato in modo tale che le sei linee monofase uscenti da esse sono sfasate tra loro di 60° con collegamento a stella.

In serie a questi trasformatori sono inseriti due trasformatori booster che consentono di aumentare la tensione da 120 V a 170 V (picco). La corrente di ciascuna fase viene raddrizzata attraverso una batteria di diodi al silicio. Le due unità convertitrici possono essere collegate in serie o in parallelo in dipendenza della resistenza elettrica della sezione riscaldata.

Il controllo della tensione delle unità convertitrici è realizzato nel seguente modo:

- a gradino mediante il trasformatore a rapporto variabile che fornisce 60 gradini di tensione uguale. L'ampiezza di ciascun gradino è di 1,8 V e la massima velocità di 18 gradini/min.
- In modo continuo variando la corrente di saturazione dei reattori saturabili.

## GRUPPO 4 MW

Il gruppo è costituito da tre unità ciascuna delle quali comprende un trasformatore (3000 V/136V, 1550 kVA) e un sistema a diodi controllati di raddrizzamento; il trasformatore di ogni unità è collegato a triangolo semplice sul primario e a doppio triangolo sul secondario, quest'ultimo alimenta il ponte a tiristori trifase che costituisce il sistema di raddrizzamento di ciascuna unità. La potenza è pilotabile in modo continuo su tutto il carico mediante un circuito di controllo del tempo di accensione dei diodi. Le tre unità possono essere collegate in serie o in parallelo secondo le esigenze del carico.

## CONNESSIONE DEI GRUPPI

I gruppi di potenza possono essere utilizzati simultaneamente in modo da fornire al canale la piena potenza complessiva. In accordo col carico elettrico della sezione di prova possono essere effettuati tipi di connessioni tra le unità dello stesso gruppo e fra gli stessi gruppi. Le possibili combinazioni con i rispettivi valori massimi in corrente-tensione ed i rispettivi carichi resistivi per cui si ha la massima potenza sono indicati nella tabella precedente.



Figura n. 40 - Gruppo di potenza 4MW



Figura n. 41 - Gruppo di potenza 8MW



Figura n. 42  
Armadio a Tiristori Gruppo di Potenza 4 MW



Figura n. 43  
Armadio a Diodi Gruppo di Potenza 8 MW

### 7.2.1.3 Utilizzo passato

Entrambi i gruppi di potenza risalgono agli anni '70 ed hanno avuto un impiego saltuario limitato a brevi periodi. Il gruppo da 8 MW è fermo dal 1999 (data corrispondente all'ultima prova SPES), mentre il gruppo da 4 MW è stato utilizzato anche negli ultimi anni per le prove di scambio termico sui tubi del generatore di vapore IRIS.

### 7.2.1.4 Specifica degli interventi necessari

#### 7.2.1.4.1 Interventi su gruppo di potenza 8 MW

##### **Bonifica e sostituzione olio**

Il trasformatore principale risulta lievemente contaminato da policlorobifenile PCB. E' necessario provvedere all'eliminazione dell'olio attualmente inserito nel trasformatore principale, alla bonifica dell'involucro ed al successivo riempimento con olio minerale nuovo.

##### **Adattamento del bacino di raccolta**

Il bacino che raccoglie l'olio disperso in caso d'incendio deve essere impermeabilizzato e riempito con pietre aventi funzione antifiamma; il serbatoio finale in cui si accumula l'olio deve essere anch'esso impermeabilizzato e deve essere coperto superiormente.

##### **Sostituzione della copertura**

I trasformatori principali ed i booster ausiliari sono protetti dalle intemperie da una copertura metallica con lastre in lamiera. E' necessario sostituire le lastre che sono ormai forate e riverniciare il telaio.

##### **Manutenzione isolatori passanti**

E' necessario ripristinare la tenuta di alcuni isolatori passanti smontandoli e sostituendo le tenute.

##### **Verniciatura trasformatore**

E' necessario provvedere alla verniciatura di alcune parti metalliche dei trasformatori soggette ad arrugginimento.

##### **Rifacimento quadro di controllo e sicurezze**

Un quadro di controllo di tipo elettromeccanico provvede alla regolazione principale di tensione mediante la movimentazione del sistema di commutazione a scalini ed al pilotaggio di reattori saturabili che eseguono il controllo fine di tensione, inoltre gestisce le sicurezze di macchina. Questo quadro deve essere sottoposto ad operazioni di manutenzione straordinaria che ne richiederanno il rifacimento pressoché integrale.

##### **Manutenzione straordinaria e bilanciamento gruppo diodi**

I diodi di potenza dovranno essere totalmente smontati e sottoposti individualmente a test per la verifica delle caratteristiche elettriche. Parte di essi dovrà essere sostituita ed infine tutti dovranno essere riposizionati tra le sbarre di connessione dopo aver rimosso ogni traccia di ossidazione sulle aree di contatto. I fusibili di protezione dovranno essere smontati e verificati individualmente. La loro sede dovrà essere pulita da tracce di ossidazione.

#### **7.2.1.4.2 Interventi su gruppo di potenza 4 MW**

##### **Trattamento olio**

L'olio del trasformatore non risulta contaminato da PCB tuttavia è necessario provvedere ad un trattamento dell'olio comprendente filtrazione e rimozione di gas ed umidità, allo scopo di ripristinarne le caratteristiche di rigidità dielettrica.

##### **Verniciatura del bacino di raccolta**

Il bacino, in questo caso metallico che raccoglie l'olio disperso in caso d'incendio deve essere pulito e verniciato.

##### **Sostituzione della copertura**

Il trasformatore è protetto dalle intemperie grazie a una copertura metallica con lastre in lamiera. E' necessario sostituire le lastre che sono ormai forate e riverniciare il telaio.

##### **Verniciatura trasformatore**

E' necessario provvedere alla verniciatura di alcune parti metalliche dei trasformatori soggette ad arrugginimento.

##### **Manutenzione straordinaria e bilanciamento gruppo diodi**

I diodi controllati di potenza dovranno essere totalmente smontati e sottoposti individualmente a test per la verifica delle caratteristiche elettriche. Parte di essi dovrà essere sostituita ed infine tutti dovranno essere riposizionati tra le sbarre di connessione dopo aver rimosso ogni traccia di ossidazione sulle aree di contatto. I fusibili di protezione dovranno essere smontati e verificati individualmente. La loro sede dovrà essere pulita da tracce di ossidazione.

#### **7.2.2 Sistemi alimentazione DC ausiliari**

##### **7.2.2.1 Descrizione e generalità**

Le segnalazioni, i comandi, le protezioni e gli allarmi dei principali componenti macchinari SIET sono alimentati in corrente continua, in questo modo le suddette utenze rimangono attive anche in caso di mancanza dell'alimentazione dalla rete. In Centrale Emilia sono presenti due gruppi di alimentazione uno a 220 V, per il variatore dei trasformatori e per l'illuminazione d'emergenza, e uno a 110 V per i dispositivi di segnalazione, comando e protezione.

##### **7.2.2.2 Specifiche tecniche di dettaglio**

Le caratteristiche delle batterie sono:

- 110 V

- Numero di elementi 54
- Tipo al piombo 4RMZo
- Capacità 220 A/h
- Massima corrente scarica 30 A

- 220 V

- Numero di elementi 180
- Tipo al Piombo
- Capacità 220 A/h
- Massima corrente scarica 44 A

Le caratteristiche dei raddrizzatori sono:

- 110 V

- Tensione d'alimentazione 130 V ac
- Massima tensione d'uscita 130 V dc
- Massima corrente d'uscita 40 A
- Tipo diodi controllati

- 220 V

- Tensione d'alimentazione 220 V ac
- Massima tensione d'uscita 260 V dc
- Massima corrente d'uscita 30 A
- Tipo diodi controllati



*Figura n. 44 - Sala Batterie 110 V*



*Figura n. 45 - Sala Batterie 220 V*

### 7.2.2.3 Utilizzo passato e stato attuale

I sistemi ausiliari di alimentazione DC sono stati ereditati da ENEL nel 1987. Le batterie da 110 V sono state sostituite recentemente (Marzo 2010), mentre le batterie 220 V furono sostituite a metà degli anni '90.

### 7.2.2.4 Specifica degli interventi necessari

#### **Sostituzione batterie**

Le batterie che garantiscono la tensione ausiliaria di 220 Vdc sono ormai degradate e non assicurano la minima durata della carica in assenza di alimentazione. E' necessario provvedere alla loro sostituzione.

#### **Ristrutturazione quadro e linee**

Le linee ed i quadri di distribuzione sono obsoleti ed alcuni interruttori non manovrano correttamente. E' necessaria la parziale sostituzione delle linee ed il totale rifacimento del quadro di distribuzione.

## 7.3 Sistema vapore surriscaldato

Tutti i Grandi Impianti della SIET possono essere alimentati con vapore surriscaldato ad alta temperatura e alta pressione. Ciò grazie ad un apposito impianto progettato per spillare vapore dal collettore principale della centrale termoelettrica Edipower. L'impianto, essenzialmente costituito da tubazioni e relativi organi di intercettazione/regolazione, consente di disporre delle necessarie portate di vapore in tempi rapidissimi, aprendo semplicemente alcune valvole e senza dover mettere in esercizio generatori di vapore ad hoc. Il vapore derivato dalla centrale Edipower può essere utilizzato, previo condizionamento, direttamente come fluido di prova sull'impianto sperimentale, oppure come fluido di servizio per pre-riscaldare altri fluidi o, comunque, per garantire il funzionamento a caldo del circuito di prova.

Nell'impianto SPES il vapore viene utilizzato come fluido di servizio per preriscaldare l'acqua di alimento dei generatori di vapore in appositi scambiatori di calore acqua-vapore.

Nell'impianto GEST il vapore viene utilizzato per la fase di riscaldamento dell'impianto (in particolare, il Vessel) ed il suo mantenimento alle condizioni di regime bilanciando le dispersioni termiche, oppure per pre-riscaldare l'acqua del circuito secondario del generatore di vapore in apposito scambiatore di calore.

Nell'impianto IETI viene utilizzato, a seconda della prova, per pre-riscaldare acqua, oppure direttamente sulla sezione di prova: ad esempio, nelle prove prestazionali degli steam injector, costituisce il fluido motore del dispositivo in prova.

### 7.3.1 Descrizione e specifiche tecniche

L'impianto di adduzione vapore da centrale Edipower a Laboratori SIET è schematicamente rappresentato nel seguente sketch. Esso è costituito da due tubazioni principali da 3" e 5" della lunghezza di 350 m e 320 m, rispettivamente. Nella figura sotto i punti 1 e 2 costituiscono l'interfaccia con la centrale Edipower, mentre i punti 14 e 15

l'interfaccia con l'area operativa SIET. Oltre questi punti, le linee si ramificano in numerose tubazioni di diametro inferiore per raggiungere i singoli impianti sperimentali.

Tutte le tubazioni sono coibentate con lana di roccia e lamierino di copertura in alluminio.

La fornitura di vapore a SIET è regolata da un contratto sottoscritto con Edipower, che prevede un pagamento di un corrispettivo da parte SIET proporzionale alla massa di vapore ceduta, che pertanto deve essere misurata con strumentazione adeguata.

L'attuale contratto di fornitura di vapore tra Edipower e SIET prevede il prelievo di una portata massima di 42 t/h (11,67 kg/s), valore elevatissimo se si considera l'utilizzo su impianti sperimentali. Questo valore corrisponde al 5% del vapore utilizzato per la produzione de energia elettrica mediante ciclo vapore nell'impianto Edipower.

In realtà, la portata massima prelevabile dalle linee SIET è stimata in circa 8 kg/s. Ciò perché le linee erano state progettate per operare con il precedente impianto Edipower, un ciclo a vapore funzionante a 170 bar, mentre l'attuale ciclo combinato funziona a pressione inferiore (110 bar).

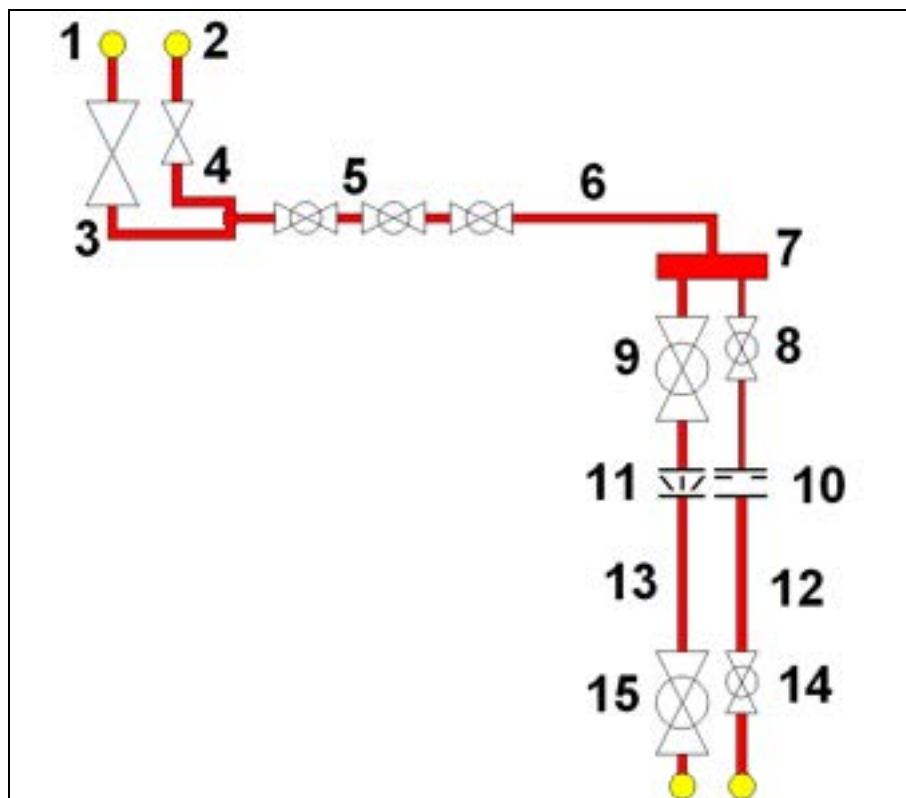


Figura n. 46 - Schema semplificato linee adduzione vapore a GI SIET

Nella tabella sotto riportata sono riportati i componenti principali dell'impianto, con riferimento alla numerazione della figura n. 46.

N	DESCRIZIONE	DATI
1	Punto di presa 1 su collettore Edipower	
2	Punto di presa 2 su collettore Edipower	
3	Linea di radice 1	Lunghezza: ~ 12 m Diametro interno: 100 mm
4	Linea di radice 2	Lunghezza: ~ 15 m Diametro interno: 100 mm
5	Gruppo di valvole di presa	Numero Valvole: 3 Tipo valvola: a globo Diametro nominale: 3"
6	Linea comune	Lunghezza: ~ 50 m Diametro interno: 66 mm
7	Collettore	
8	Valvola di radice linea 3"	Tipo valvola: a globo ad Y Diametro nominale: 3" Rating: ANSI 2500
9	Valvola di radice linea 5"	Tipo valvola: a globo ad Y Diametro nominale: 5" Rating: ANSI 2500
10	Misuratore di portata linea 3"	Tipo: diaframma con prese agli angoli Diametro tubazione: 57,6 mm Diametro foro: 45,02 mm
11	Misuratore di portata linea 5"	Tipo: boccaglio Diametro tubazione: 91,3 mm Diametro foro: 71,44 mm
12	Linea 3"	Lunghezza: ~ 350 m Diametro esterno: 88,9 mm Spessore: 15,24 mm Materiale: Acciaio legato ASTM SA 335 P22
13	Linea 5"	Lunghezza: ~ 320 m Diametro esterno: 141,3 mm Diametro interno: 25,0 mm Materiale: Acciaio legato ASTM SA 335 P22
14	Valvola di arrivo linea 3"	Tipo valvola: a globo ad Y Diametro nominale: 3" Rating: ANSI 2500
15	Valvola di arrivo linea 5"	Tipo valvola: a globo ad Y Diametro nominale: 5" Rating: ANSI 2500

*Tabella n. 13 - Componenti Impianto Adduzione Vapore Surriscaldato*

Il vapore proveniente dalla centrale Edipower può essere desurriscaldato prima dell'utilizzo finale. Ciò avviene su tutti i grandi impianti per iniezione diretta di portate regolabili di acqua fredda proveniente dalla linea di mandata di una pompa alternativa ad altissima prevalenza. Generalmente per tale funzione viene impiegata una delle pompe ad alta pressione dell'impianto IETI-4 (vedi § 6.2.2).



*Figura n. 47 - Linea 5" Vapore Surriscaldato da Centrale Edipower*

### **7.3.2 Utilizzo passato e stato attuale**

La linea vapore da 3" risale agli anni '70, mentre quella da 5" fu installata all'inizio degli anni '90 in occasione della campagna sperimentale sugli scambiatori del reattore SBWR-GE. Entrambe le linee sono state utilizzate saltuariamente per brevi periodi fino all'inizio del 2008. Lo stato dell'impianto si può considerare accettabile.

### **7.3.3 Specifica degli interventi necessari e relative priorità**

#### **Manutenzione straordinaria valvole**

Le valvole manuali dovranno essere sottoposte ad interventi manutentivi che contemplino la sostituzione delle baderne di tenuta e delle guarnizioni del corpo, probabilmente in amianto e, comunque, prive della necessaria elasticità. Le valvole motorizzate dovranno essere sottoposte anche ad un intervento di pulizia, lubrificazione e taratura degli attuatori con i relativi convertitori e posizionatori.

#### **Remotizzazione della manovra**

Le valvole motorizzate posizionate nella centrale termoelettrica "Piacenza Levante" sono manovrabili solo localmente; un tempo ci si recava fisicamente con cadenza giornaliera a manovrare le valvole e a rilevare i consumi. Attualmente il transito diretto verso la centrale è impedito dai nuovi regolamenti sugli accessi stabiliti da Edipower, pertanto è necessario installare un PLC che consenta di comandare le valvole direttamente dagli impianti SIET che replichi le indicazioni di consumo fornite dai contatori.

## 7.4 Sistema acqua

Il sistema che assicura la fornitura di acqua ai Grandi Impianti della SIET è suddiviso in tre impianti principali:

- impianto acqua industriale, rifornisce i servizi igienici, il sistema antincendio e fornisce acqua di raffreddamento agli scambiatori di calore adibiti alla rimozione del calore dagli impianti sperimentali;
- impianto acqua demineralizzata, alimenta direttamente gli impianti sperimentali;
- impianto acqua servizi, fornisce il liquido di raffreddamento per le macchine utilizzate sugli impianti sperimentali;
- impianto antincendio, protegge dall'incendio impianti sperimentali ed ausiliari.

### 7.4.1 Impianto acqua industriale

L'acqua industriale viene fornita da una pompa centrifuga installata nel cosiddetto "Pozzo vecchio" situato in un locale adiacente alla Centrale Emilia. La pompa aspira direttamente dalla falda idrica sotterranea ed è posizionata a 46.6 m.s.l.m., alla medesima quota quindi del piano interrato della Centrale Emilia. La tubazione di aspirazione pesca a - 6.5 m rispetto alla quota succitata e viene mantenuta piena tramite una valvola di non ritorno che evita il disinnescamento della pompa. Nella figura di pagina successiva è riportato uno schema semplificato dell'impianto.

La pompa ha le seguenti caratteristiche:

Marca e modello:	ROBUSCHI RN 65/200°
Prevalenza	57 m
Portata	50 m <sup>3</sup> /h
Potenza	22 kW
Tensione d'alimentazione	380 V
Velocità di rotazione	2900 rpm.

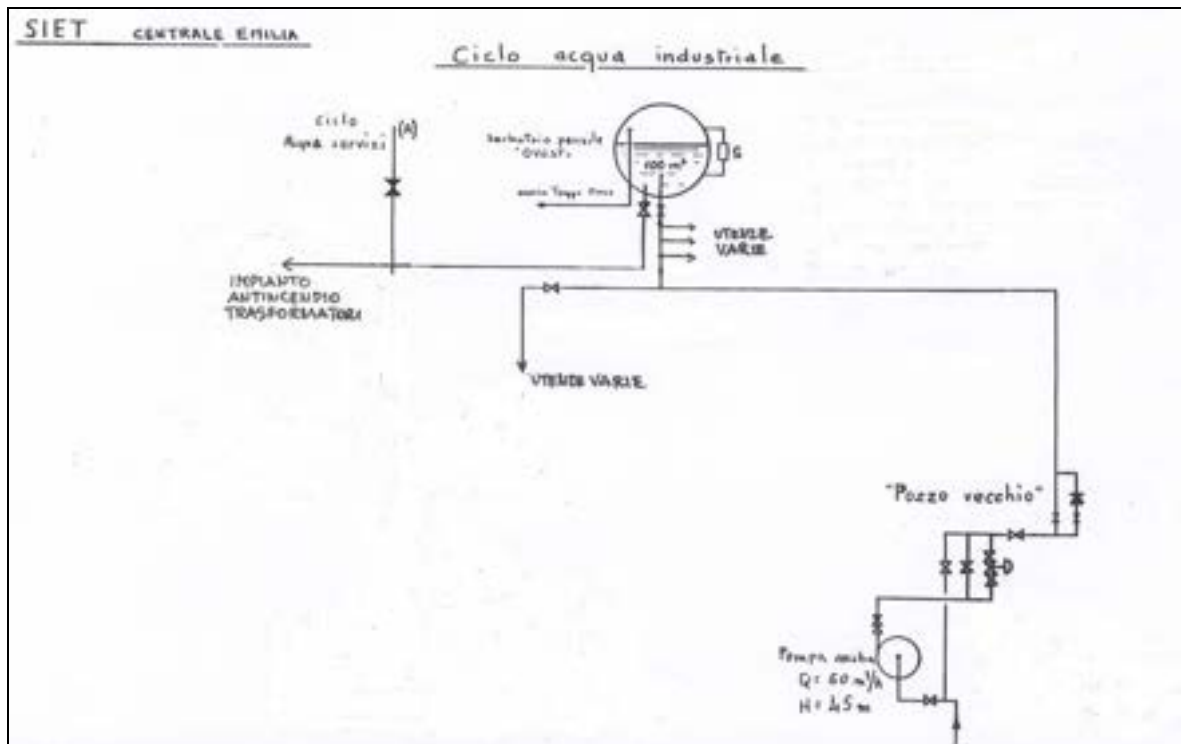


Figura n. 48 - Schema semplificato impianto acqua industriale

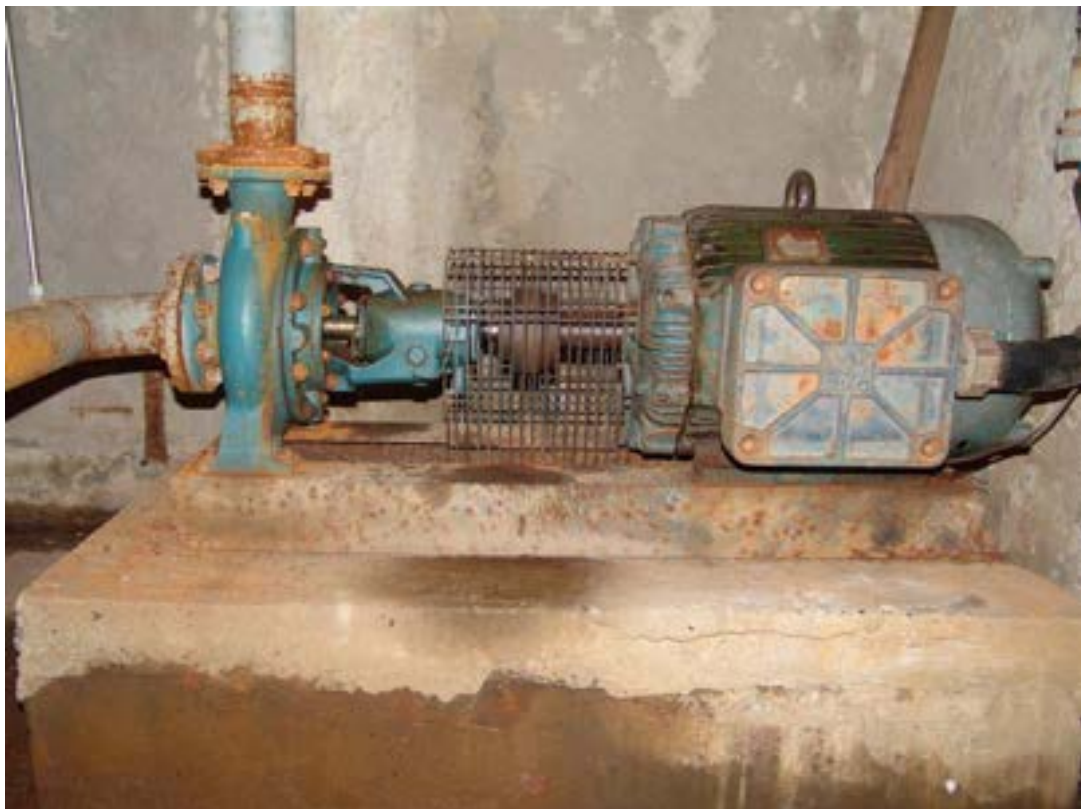


Figura n. 49 - Pompa acqua industriale

La suddetta pompa invia l'acqua ad un serbatoio posto a quota 79.5 m.s.l.m. della capacità di 100 m<sup>3</sup>. Tale serbatoio è posto sulle terrazze superiori della Centrale Emilia ed è denominato comunemente "serbatoio pensile". All'interno del pensile due livelli a galleggiante (alto e medio) determinano il funzionamento della pompa di riempimento, un terzo galleggiante (basso) invia un segnale d'allarme per "basso livello pensile". Sono presenti due valvole di comunicazione col ciclo acqua servizi, esse sono normalmente tenute chiuse per evitare inquinamenti dello stesso.

L'acqua industriale è utilizzata per tutti i servizi sanitari di impianti ed uffici e come mezzo di rimozione del calore dagli impianti sperimentali. Per quest'ultima funzione è disponibile una portata di acqua fino a 60 m<sup>3</sup>/h a circa 15 °C che consente di asportare calore (mediante scambiatore) fino a potenze di 2 MW.

Il ciclo dell'acqua industriale è completato dalle pompe di sentina che aspirano l'acqua proveniente dalla rete di scarico situata al piano interrato e la convogliano verso la rete fognaria. Si tratta di n. 7 pompe centrifughe ad asse verticale con girante immersa e motore esterno. Le pompe sono collocate in quattro pozzetti in muratura ricavati sotto il livello del pavimento, in tre pozzetti sono installate due pompe nel quarto una sola pompa. Il funzionamento è automatico, ogni pompa ha un proprio galleggiante che comanda accensione e spegnimento sulla base del livello dell'acqua nel pozzetto.

#### **7.4.2 Impianto acqua demineralizzata**

L'acqua necessaria al funzionamento di tutti i Grandi Impianti SIET deve risultare perfettamente demineralizzata in quanto, funzionando di norma a temperature e pressioni elevate, è necessario evitare la formazione di incrostazioni di calcare all'interno delle linee e dei componenti.

Con riferimento allo schema della figura sotto riportata, l'acqua demineralizzata viene prelevata dalla Centrale Edipower, il consumo viene conteggiato da un totalizzatore fiscale di portata. L'acqua può essere inviata, tramite opportune valvole, a due serbatoi:

Pozzo Caldo 2 (PC-2), capacità di 90 m<sup>3</sup>;  
Serbatoio Riserva Condensato 2 (SRC-2), capacità di 75 m<sup>3</sup>.

I suddetti serbatoi sono in parallelo, rispettivamente, con altri due serbatoi di dimensioni analoghe: PC-1, SRC-1. La "Pompa Pozzo Caldo 2" invia l'acqua allo SRC-2 o in alternativa alle vecchie utenze della Centrale Emilia.

Il vapore prodotto durante il funzionamento degli impianti sperimentali può essere condensato in scambiatori di calore interfacciati con impianto acqua industriale; il fluido condensato non deve essere restituito ad Edipower, pertanto esso viene recuperato per accumulo nei serbatoi sopra citati.

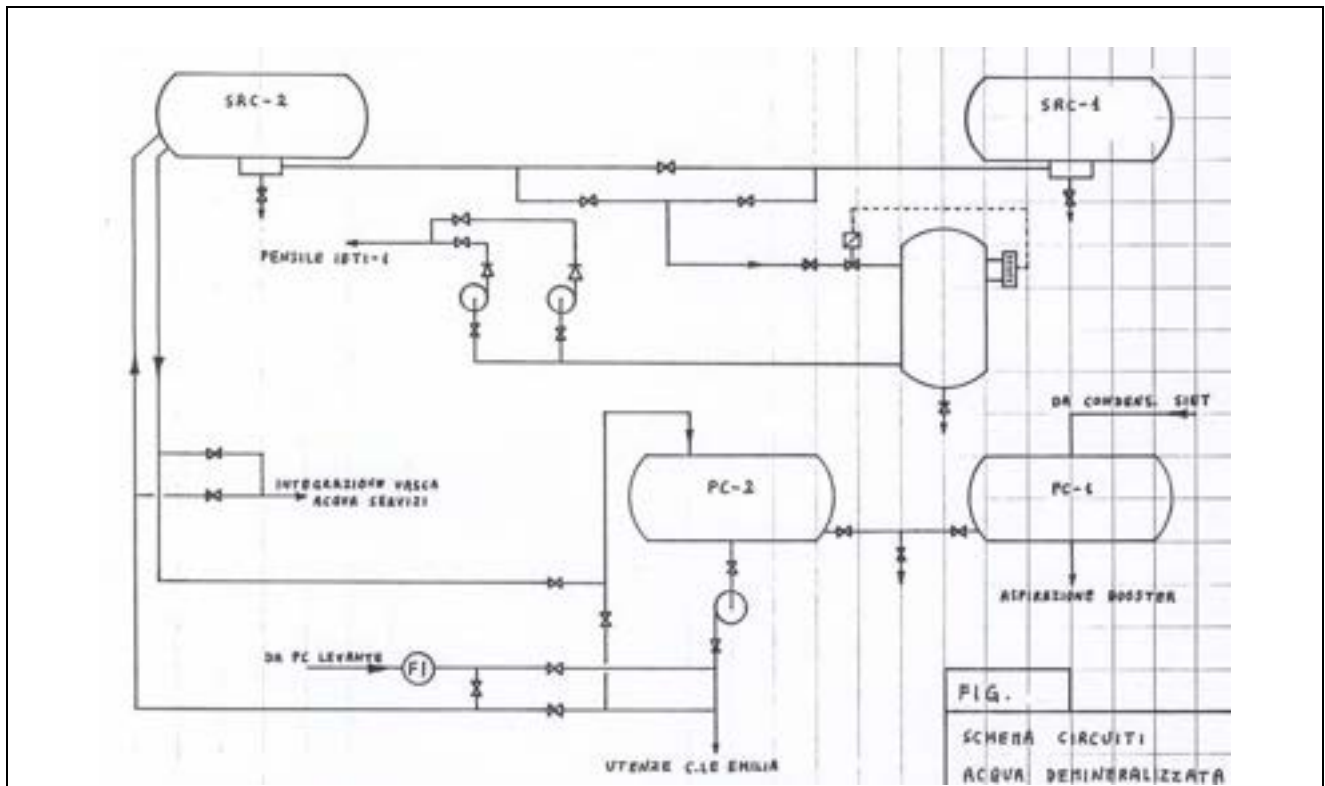


Figura n. 50 - Schema impianto acqua demineralizzata



Figura n. 51 - Serbatoio Acqua Demineralizzata



*Figura n. 52 - Gruppo Condensazione Vapore*

### 7.4.3 Impianto acqua servizi

L'acqua servizi viene utilizzata per la refrigerazione di tutte le utenze degli impianti SIET e proviene da una vasca, con capacità di circa 30 m<sup>3</sup> posta sotto il pavimento del piano interrato della centrale Emilia. L'integrazione del livello è automatica ed è realizzata tramite un galleggiante ed un'elettrovalvola. Dalla vasca aspirano due "Pompe Acqua Servizi" ad asse verticale con le seguenti caratteristiche:

- Marca WORTHINGTON
- Prevalenza 57 m
- Potenza motore 70 Kw
- Tensione alimentazione 380 V
- Velocità di rotazione 1400 rpm.

Una terza pompa si è danneggiata in modo irreversibile oltre una decina di anni fa ed è stata rimossa.

Il basso livello della vasca provoca l'arresto delle pompe ed è verificabile su un indicatore visivo. Le pompe inviano l'acqua ad una coppia di refrigeranti (RS 1/2) la cui uscita è diretta alle vecchie utenze della C. Emilia e serve da booster alle pompe degli altri impianti SIET (P1, P2, P4).

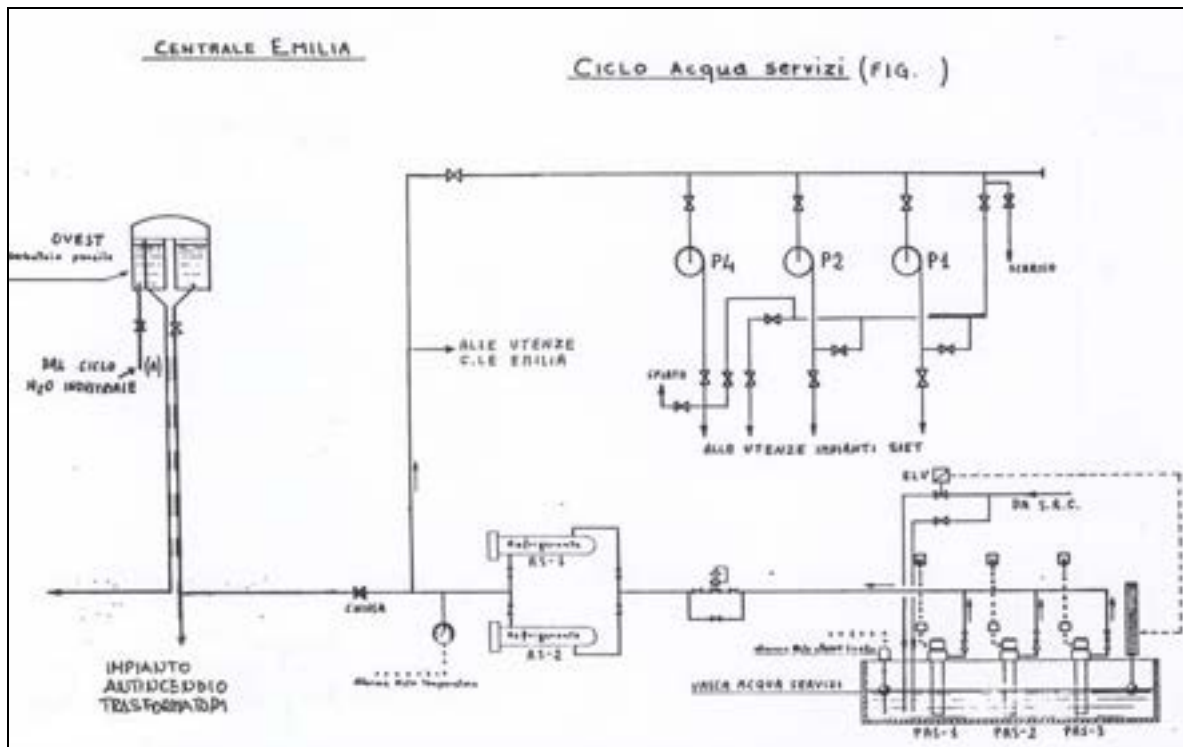


Figura n. 53 - Schema impianto acqua servizi



Figura n. 54 - Pompe "acqua servizi" per Grandi Impianti Sperimentali SIET

#### 7.4.4 Impianto antincendio

Gli impianti sperimentali e relativi ausiliari presenti in SIET ed, in particolare, i Grandi Impianti sono dotati di sistemi antincendio a “diluvio” per la protezione dei trasformatori di potenza. L’azione raffreddante ed estinguente è svolta da acqua nebulizzata su tutti i lati del trasformatore da numerosi ugelli a getto conico alimentati da un sistema di tubazioni che circonda il trasformatore.

La sorgente idrica è rappresentata da un serbatoio pensile alimentato da un pozzo della capacità di circa 100 m<sup>3</sup>. Questo serbatoio è utilizzato anche per i servizi generali che però prelevano acqua tramite una linea posta nel serbatoio ad una profondità intermedia. In tal modo si garantisce che un adeguato volume d’acqua sia sempre presente per gli impianti antincendio.

Gi impianti per i trasformatori di maggior potenza sono ad intervento automatico. La loro attivazione avviene in seguito al riscaldamento di sensori ad ampollina posti attorno al trasformatore da proteggere. L’intervento dei sensori mediante un comando pneumatico determina l’apertura della valvola a diluvio corrispondente. L’attivazione dell’impianto antincendio comanda l’apertura degli interruttori d’alimentazione del trasformatore interessato dall’incendio.

Altri trasformatori di minor potenza ed utilizzati unicamente per l’esercizio di impianti presidiati da personale, sono dotati di impianti a diluvio ad attivazione manuale.

La protezione antincendio è completata da un congruo numero di estintori a CO<sub>2</sub> per lo spegnimento di incendi di apparecchiature elettriche da salvaguardare e di estintori a polvere per lo spegnimento di incendi che interessano materiali combustibili solidi.



*Figura n. 55 - Tubazioni antincendio sottostanti serbatoio pensile*

#### 7.4.5 Utilizzo passato

Tutti gli impianti del “sistema acqua” sono stati acquisiti da SIET nel 1987 in seguito alla stipula della convenzione Enel-SIET per la concessione in uso della centrale Emilia. L'utilizzo dell'impianto acqua industriale è stato continuo perché esso alimenta, oltre agli impianti sperimentali, anche i servizi igienici SIET. Gli altri impianti (acqua demi, acqua servizi, antincendio) hanno avuto un funzionamento saltuario in dipendenza dell'esercizio delle facility sperimentali.

#### 7.4.6 Specifica degli interventi necessari

##### 7.4.6.1 Impianto acqua industriale

###### **Installazione pompa di riserva**

Per portare ad un livello adeguato l'affidabilità del sistema di gestione dell'acqua industriale è necessario installare una pompa di riserva alla pompa principale posta nel pozzo.

###### **Rifacimento quadro elettrico**

Il quadro elettrico che controlla la pompa esistente deve essere sostituito perché obsoleto e fuori norma; il nuovo quadro gestirà anche la pompa di riserva citata al punto precedente.

###### **Sostituzione pompe di sentina e convogliamento acque**

Le quattro pompe attualmente installate presentano un elevato livello di usura sulle parti in movimento e pertanto devono essere sostituite con pompe nuove. Le acque in uscita dalle pompe devono essere raccolte con nuove tubazioni per essere convogliate ad un unico punto di raccolta.

##### 7.4.6.2 Impianto acqua demineralizzata

###### **Installazione di un sistema di gestione/monitoraggio dei livelli dei serbatoi**

I serbatoi denominati “riserva condensato” e “pozzi caldi” richiedono l'installazione di un sistema per la misura del livello e per la gestione delle operazioni di travaso; questo consentirà l'esercizio degli impianti per i transitori molto lunghi che sono richiesti dall'attività SPES-3 con un numero limitato di addetti.

###### **Sostituzione delle valvole di radice e smistamento acqua da Edipower**

I serbatoi denominati “riserva condensato” e “pozzi caldi” sono alimentati mediante un sistema di valvole manuali di radice che vengono manovrate per intercettare o smistare l'acqua proveniente dall'impianto di produzione di Edipower verso i serbatoi. La sostituzione con valvole a sfera o elettrovalvole, strumentate con finecorsa, consentirà di eseguire le manovre di smistamento rapidamente e conoscere in ogni momento la condizione di questi dispositivi.

###### **Rifacimento scarico esterno vapore**

Attualmente il vapore a bassa pressione prodotto dagli impianti viene scaricato attraverso uno dei camini della centrale Emilia in cui sono collocati gli impianti SIET. La condensazione prodotta determina delle problematiche sulle strutture; è quindi necessario realizzare un condotto di scarico alternativo terminante all'esterno.

### 7.4.6.3 Impianto acqua servizi

#### **Installazione di un nuovo sistema di raffreddamento**

Attualmente l'acqua servizi che viene utilizzata per raffreddare le macchine è a sua volta raffreddata mediante uno scambiatore molto vecchio e probabilmente forato. E' necessario installare un nuovo scambiatore a piastre ed integrare l'azione raffreddante attualmente svolta da acqua di pozzo con una torre di raffreddamento che consentirà di aumentare la potenzialità e di ridurre il consumo di acqua di falda.

#### **Nuovi quadri elettrici**

Vedi precedente punto 7.1.4.6.

### 7.4.6.4 Impianto antincendio

#### **Nuovi estintori**

Per consentire l'esercizio dei grandi impianti sperimentali e' necessario potenziare il numero degli estintori collocati in vicinanza delle apparecchiature elettriche di maggiori dimensioni. Alcuni di questi estintori saranno carrellati.

#### **Sensori di rilevamento**

Il funzionamento degli impianti nel corso di test che durano molte ore con un limitato numero di persone aumenta il rischio che principi di incendio nelle macchine elettriche non siano rilevati tempestivamente; è necessario pertanto installare sensori per il rilievo di fumo e calore sulle macchine elettriche principali.

## 7.5 Sistema aria

I Grandi Impianti sperimentali della SIET necessitano per il loro funzionamento di un sistema che fornisca aria compressa a bassa pressione per l'azionamento delle valvole di regolazione, dei servomotori pneumatici, dei convertitori E/P, come fluido motore dei dispositivi d'emergenza oltre al normale uso per soffiature di pulizia od altro.

Per gli stessi impianti può essere richiesta la disponibilità di aria ad alta pressione da utilizzare direttamente come fluido di prova.

Pertanto i sistemi ausiliari possono essere suddivisi in:

- impianto aria a bassa pressione
- impianto aria ad alta pressione

### 7.5.1 Impianto aria a bassa pressione

Le alimentazioni pneumatiche alle varie utenze degli impianti sperimentali sono di norma fornite da un compressore aria, posto al piano interrato della Centrale Emilia, avente le seguenti caratteristiche principali:

- Marca e modello: ATLAS COPCO GA355
- Tipo: monostadio a vite
- Tensione d'alimentazione: 380V

- Potenza 55 kW
- Velocità di rotazione 2955 rpm
- Pressione massima 7.5 bar
- Pressione d'esercizio 6.5/7 bar
- Portata 558 Nm<sup>3</sup>/h
- Raffreddamento aria forzata



*Figura n. 56 - Compressore aria servizi bassa pressione (7 bar)*

L'aria in uscita dal compressore viene inviata in un serbatoio polmone (serbatoio aria servizi) della capacità di 7.5 m<sup>3</sup> da cui si dirama una tubazione verso le varie utenze asservite. Il serbatoio è munito di una valvola di sicurezza, tarata ad 8 bar, e di una valvola di drenaggio, posta sul fondo, per evitare accumuli di condensa che potrebbero dare origine a trascinalenti di acqua nei circuiti.

L'aria servizi viene distribuita capillarmente su tutti gli impianti ed in officina; sulla linea in uscita dal serbatoio aria servizi è presente una derivazione per l'aria strumenti che prima di arrivare agli utilizzatori (valvole, convertitori, servomotori, ecc.) deve essere privata di eventuale: acqua, olio, polvere. A questo proposito l'aria viene fatta fluire attraverso una batteria formata da:

filtro disoleatore;  
 essiccatore;

filtro antipolvere.

Le caratteristiche salienti dell'essiccatore sono le seguenti:

- Marca e modello MTA DE 07
- Tipo cicli frigorifero
- Capacità (T<sub>in</sub> 30 °C) 402 N m<sup>3</sup>/h
- Tensione d'alimentazione 220 V
- Potenza elettrica 1.2 kW
- Pressione massima 16 bar

All'uscita del complesso di essiccazione è ubicata una stazione di riduzione che serve le varie utenze degli impianti sperimentali alimentate, di norma, a 7 bar.

### 7.5.2 Impianto aria ad alta pressione

Nel caso sia necessario utilizzare aria a pressioni più elevate, in genere per iniezione diretta sugli impianti sperimentali, si può utilizzare un compressore, posto al terzo piano della Centrale Emilia presso l'impianto IET-1, le cui caratteristiche sono:

- Marca INGERSOLL RAND
- Tipo alternativo a pistoni
- Trasmissione a cinghie
- Tensione d'alimentazione 380V
- Potenza 15 kW
- Velocità di rotazione 1455 rpm
- Pressione massima 240 bar
- Portata 25 Nm<sup>3</sup>/h
- Raffreddamento aria forzata



Figura n. 57 - Compressore aria servizi alta pressione (240 bar)

Questo compressore è abbinato ad un serbatoio polmone della capacità di 0.01 m<sup>3</sup> munito di valvola di sicurezza tarata a circa 110 bar, tale polmone è escludibile nel caso si necessiti di pressione superiore.

### 7.5.3 Utilizzo passato e stato attuale

Sia il compressore a bassa pressione, sia quello ad alta pressione furono installati a metà degli anni '80. Mentre il primo ha avuto un funzionamento quasi continuo, il secondo è stato utilizzato in rare occasioni.

### 7.5.4 Specifica degli interventi necessari

#### 7.5.4.1 Impianto aria bassa pressione

##### **Sostituzione compressore**

Il compressore aria servizi ha ampiamente raggiunto il numero di ore di servizio che richiede la sostituzione del gruppo pompante; è necessario quindi provvedere alla sua sostituzione. In alternativa sarà valutata anche la convenienza di sostituire integralmente il compressore. Questa manutenzione dovrà comunque prevedere la possibilità di remotizzazione dei comandi e delle segnalazioni sia per un rapido svolgimento e delle operazioni sia per il monitoraggio dei parametri di funzionamento.

##### **Sostituzione centralina di essiccazione**

La centralina che rimuove l'umidità dall'aria destinata all'attuazione di valvole è fuori servizio; è necessario quindi sostituirla con una nuova.

#### 7.5.4.2 Impianto aria alta pressione

##### **Manutenzione straordinaria compressore**

Il compressore ad alta pressione deve essere sottoposto ad una manutenzione straordinaria con sostituzione dell'olio, dei filtri e controllo dello stato delle valvole e degli organi di trasmissione.

## 7.6 Sistema controllo e supervisione ausiliari

### 7.6.1 Descrizione e generalità

Il sistema di controllo automatizzato delle macchine e degli impianti di SIET è stato realizzato in una prima versione all'inizio degli anni 80 per l'esecuzione dell'attività sperimentale prevista per gli impianti SPES e IETI. Lo scopo di tale progetto era di raggruppare in un unico sistema di controllo tutte le macchine in uso agli impianti per uniformarne la gestione e fornire maggiore flessibilità e velocità in fase di eventuale modifica funzionale. In precedenza ogni impianto era dotato singoli sistemi di controllo a logica cablata, di progettazione e realizzazione eterogenea, che interagivano su macchine di uso comune in modo arbitrario.

Inizialmente venne installato un controllore logico programmabile (PLC) per permettere l'utilizzo degli impianti IETI1 e IETI4 durante la costruzione dell'impianto SPES. Successivamente fu installato un secondo PLC interamente dedicato all'impianto SPES. Con il completamento della campagna sperimentale SPES e durante la successiva modifica di tale impianto in SPES2 i due PLC vennero sostituiti con un sistema singolo con sottostazioni distribuite.

## 7.6.2 Specifiche tecniche di dettaglio

La disposizione topografica delle macchine e degli impianti è concentrata prevalentemente nell'edificio dell'ex centrale di produzione elettrica ENEL, denominata Emilia. All'interno di questa struttura sono installate, su quasi tutti i piani, pompe, serbatoi, compressori, valvole e generatori di corrente elettrica il cui uso è condiviso tra gli impianti IETI, SPES e GEST, oltre ad altri impianti SIET. Alcune macchine sono invece installate presso l'impianto GEST ed in altri locali esterni all'edificio della centrale Emilia.

Elenco utenze principali

Utenza	Ubicazione	Funzione
Pompa fluviale (in fase di dismissione)	Locale opera di presa	Cessione del Calore da impianti sperimentali a ambiente esterno
Pompa raffreddamenti 1	Impianto acqua servizi / Edificio EMILIA- piano sotterraneo- zona nord ovest	Raffreddamento macchine
Pompa pozzo caldo	Impianto acqua demi Edificio EMILIA- piano sotterraneo- zona sud	Make-up acqua grandi impianti
Pompa booster 2	Impianto acqua demi Edificio EMILIA- piano sotterraneo- zona sud	Pressurizzazione aspirazione pompe alternative IETI-4
Pompa booster 3	Impianto acqua demi Edificio EMILIA- piano sotterraneo- zona sud	Pressurizzazione aspirazione pompe alternative IETI-4
Pompa Peroni 1	Impianto IETI-4 Edificio EMILIA- 5° piano - zona sud	Alimento IETI-4/SPES/GEST
Pompa Peroni 2	Impianto IETI-4 Edificio EMILIA- 5° piano - zona sud	Alimento IETI-4/SPES/GEST
Pompa Peroni 3	Edificio EMILIA- 5° piano - zona sud	Alimento IETI-4/SPES/GEST Desurriscaldamento IETI-4/SPES/GEST
Valvola motorizzata Vapore da Edipower Linea 3"	Centrale Edipower Edificio Turbina Vapore	Vapore surriscaldato per impianti SIET
Valvola motorizzata Vapore da Edipower Linea 5"	Centrale Edipower Edificio Turbina Vapore	Vapore surriscaldato per impianti SIET
Generatore di corrente Tamini	Edificio EMILIA- 3° piano – zona sud	Alimentazione CC per canali di potenza SPES e IETI
Generatore di tensione CGE	Edificio EMILIA- 2° piano – zona sud ovest (il componente si estende anche alla parte esterna dell'edificio)	Alimentazione CC per canali di potenza SPES e IETI

Pompa Gallaratese 1	Edificio EMILIA- 3° piano – zona sud est	Alimento impianto IETI-1
Pompa Gallaratese 2	Edificio EMILIA- 3° piano – zona sud est	Alimento impianto IETI-1
Pompa n.1 riempimento pensile IETI	Edificio EMILIA- 2° piano – zona sud est	Make-up impianto IETI-1
Pompa n.2 riempimento pensile IETI	Edificio EMILIA- 2° piano – zona sud est	Make-up impianto IETI-1
Pompa circolazione Worthington n.1	Edificio EMILIA- 5° piano – zona centrale	Circolazione fluido primario impianto SPES
Pompa circolazione Worthington n.2	Edificio EMILIA- 5° piano – zona centrale	Circolazione fluido primario impianto SPES
Valvole ON/OFF impianto SPES-2	Edificio EMILIA Impianto SPES-2	Funzioni varie per esercizio SPES-2 (valvole PORV, ADS, ecc.)
Candele pressurizzatore SPES-2	Edificio EMILIA Impianto SPES-2	Controllo pressione circuito primario SPES
Pompa IMAMI	Edificio EMILIA Impianto SPES-2	Controllo livello pressurizzatore circuito SPES
Compressore vapore GEST	Area GEST	Circolazione vapore impianto GEST-SEP
Pompa Byron Jackson n.1	Area GEST	Circolazione acqua impianto GEST-SEP e fluido primario impianto GEST-GEN
Pompa Byron Jackson n.2	Area GEST	Circolazione acqua impianto GEST-SEP e fluido primario impianto GEST-GEN

*Tabella n. 14 - Elenco utenze principali impianti sperimentali SIET*

Una dorsale elettrica, realizzata durante la costruzione dell'impianto SPES, raccoglie i segnali e i comandi delle macchine installati ai piani più bassi dell'edificio. Tale dorsale converge in prossimità dell'attuale sala controllo SPES-2 dove è installato il modulo principale del PLC. Per evitare la realizzazione di ulteriori dorsali elettriche sono state installate unità decentralizzate del PLC nelle immediate vicinanze dei punti di raccolta principali dei segnali e dei comandi. In totale il PLC comprende quattro differenti sottostazioni. Ogni sottostazione è collegata alle altre mediante un bus elettrico ad alta velocità. Le attività di diagnostica, verifica della funzionalità e modifica del programma applicativo è eseguita dalla sala controllo SPES-2.

PLC: Configurazione sottostazioni

Sottostazione	Impianti asserviti	Numero di segnali
Sala controllo SPES2	SPES-2, ausiliari servizi generali, altri laboratori SIET (VALFRE, DISCOLAB)	384
Pompe primarie SPES-2	SPES-2	96
Sala controllo IETI	IETI	128
Sala controllo GEST	GEST	128

*Tabella n. 15 - Configurazione sottostazioni PLC*

Il PLC, di produzione Telemecanique, è della classe TSX sviluppata all'inizio degli anni 90. Tutto il sistema è strutturato intorno alla CPU TSX6740 che comunica con i moduli di ingresso e di uscita digitali sia direttamente, sia attraverso propri dispositivi di collegamento remoto.

I dispositivi di ingresso e di uscita, con le rispettive morsettiere, hanno la modularità di trentadue canali disposti su due indirizzi fisici differenti.

Le unità decentralizzate sono collegate mediante dispositivi di comunicazione su bus proprietario ad alta velocità conforme alle direttive del protocollo UNI-TELWAY.

Le sottostazioni IETI e GEST sono dotate di un terminale operativo di interfaccia utente per la visualizzazione delle condizioni di funzionamento delle macchine.

La programmazione del PLC è eseguita mediante linguaggio Telemecanique PL7-3 rilasciato per funzionare su personal computer dotati di sistema operativo IBM OS2.

Il programma applicativo è stato realizzato interamente da SIET che provvede anche alla sua modifica e manutenzione.

La logica cablata dei quadri elettrici di potenza delle macchine è alimentata a 110Vdc (nel corso del tempo la corretta tensione 125Vdc, peraltro presente in sala batterie, è stata distorta in 110Vdc) in quanto i contattori elettromeccanici hanno bobine da 125Vdc di vecchia derivazione ENEL-Westinghouse.

I segnali in ingresso ed in uscita dal PLC sono a 24Vdc: sono state inserite morsettiere con resistori di caduta di tensione da 15k $\Omega$  che interfacciano i segnali provenienti da campo con gli ingressi mentre le uscite pilotano dei cluster di relè a una via con bobina a 24Vdc.

### **7.6.3 Utilizzo passato e stato attuale**

In generale il PLC è in condizioni critiche a causa di guasti hardware che si sono succeduti nel tempo: il modulo di comunicazione remota della sottostazione IETI è guasto probabilmente a causa di uno sbalzo di tensione di alimentazione, il personal computer originale, danneggiatosi durante un temporale, è stato sostituito con un modello di recupero relativamente più recente rispetto al primo, ma comunque obsoleto.

La CPU è stata riparata artigianalmente da SIET alla fine del 2007 a seguito di un cortocircuito della batteria tampone che ha danneggiato le piste del circuito stampato. La batteria originale è stata sostituita con un cluster di singoli elementi in serie realizzato da SIET.

A causa sia degli sbalzi di tensione dei circuiti ausiliari (110Vdc), sia per l'invecchiamento dei componenti e per il loro funzionamento al limite delle caratteristiche di potenza dissipata alcuni resistori sono danneggiati ed esiste sempre la possibilità che altri possano danneggiarsi durante l'esercizio degli impianti.

I contatti di alcuni relè di interfaccia mostrano evidenti tracce di arco voltaico, mentre altri sono stati sostituiti perché trovati con le bobine bruciate o con i contatti incollati.

Tutti i dispositivi con cui è realizzato il sistema di controllo a PLC sono fuori produzione da almeno dieci anni e fino a cinque anni fa era ancora possibile reperire alcuni moduli nei magazzini in Europa, ma ora non si trova niente.

L'assistenza tecnica, fornita su chiamata da una ditta esterna, si limita esclusivamente alla sostituzione di componenti eventualmente disponibili, ma senza alcuna garanzia in quanto materiale recuperato da precedenti dismissioni.

## 7.6.4 Specifica degli interventi necessari

### 7.6.4.1 Sostituzione con un nuovo sistema

Il sistema attualmente installato, che risale agli anni 80, non è più in produzione da circa 20 anni ed è basato su un sistema operativo non più in produzione (OS2 della IBM). Questo fatto unito a problemi evidenziati da diverse schede richiede la sostituzione con un sistema di nuova generazione che consenta anche l'espandibilità che attualmente non è possibile.

La soluzione individuata per la sostituzione di questo sistema prevede una configurazione modulare, collegata in rete locale, in grado di integrare anche i preesistenti sistemi di controllo di singoli impianti come il DISCOLAB e quella relativa alla gestione A.T. 130kV. Questo sistema prevede che ogni sottostazione sia dedicata ad una specifica funzione. La configurazione del tipo e del numero di ingressi e di uscite di ogni singola sottostazione è legata alla funzione svolta.

Ogni sottostazione è costituita da almeno una unità di controllo (PLC) singolarmente programmata. In questo modo è possibile garantire il funzionamento anche in caso di avaria grave o di fuori servizio per modifica degli altri PLC collegati in rete.

All'interno della sala controllo SPES-IETI-CPB (Circuito Prova Barre) è alloggiato il sistema di supervisione costituito da una consolle operatore e da un pannello sinottico programmabile.

All'interno della sala controllo GEST e nella sala cavi (o in altro ambiente idoneo) è previsto un sinottico per la visualizzazione delle condizioni operative generali e specifiche delle macchine in uso.

Ogni sottostazione è dotata di terminale indicatore per la visualizzazione delle condizioni operative specifiche delle macchine da essa gestite.

Lo scambio dei dati tra ogni PLC consente al sistema di supervisione la completa gestione del sistema di controllo.

N	Sottostazione	Descrizione
1	A.T. 130kV	Gestione diagnostica linea elettrica A.T. e servizi antincendio
2	Impianto DISCOLAB	Impianto di prova disconnettori idraulici
3	Servizi generali – IETI4	Macchine e impianto multi-funzione di uso comune a più sale controllo
4	Impianto SPES2	Pertinenza esclusiva dell'impianto SPES2
5	Impianto GEST	Pertinenza esclusiva degli impianti GEST-GEN e GEST-SEP
6	Circuito Prova Barre	Impianto per il collaudo di dispositivi per SPES3
7	Valvole vapore PC Levante	Sottostazione remota dislocata presso la sala turbine della centrale elettrica EDIPOWER
8	Gruppi di potenza D.C. TAMINI e CGE	Macchine di pertinenza esclusiva
9	Impianto SPES3	Pertinenza esclusiva dell'impianto SPES2
10	Sala 3kV	Gestione interruttori 3kV e sicurezze di linea
11	Laboratori piano terra	Impianti di climatizzazione

Tabella n. 16 - Elenco sottostazioni PLC

La riorganizzazione del sistema di controllo prevede anche la riorganizzazione delle consolle operative delle sale controllo SPES-IETI-CPB e GEST.

#### 7.6.4.2 **Manutenzione consolle operativa sala controllo SPES-IETI-CPB**

Il quadro di comando rappresentato dalla consolle presente in sala SPES-IETI-CPB è costituito cinque pulpiti realizzati in ottima carpenteria parzialmente dotati di pannelli rimovibili verticali e da piani orizzontali fissi.

Nel corso di un ventennio, su queste carpenterie sono stati installati i dispositivi necessari al funzionamento degli impianti SPES1, SPES2, IETI (Steam Injector), IETI (IRIS) e IETI (PNR) oltre ai comandi dedicati all'uso dei servizi generali. Analogamente sono state eseguite modifiche, al sistema di regolazione e di controllo.

Attualmente la consolle operativa ed il sistema di regolazione e controllo si trovano in condizioni critiche per i seguenti motivi:

- obsolescenza della pulsantiera e dei dispositivi di regolazione e controllo;
- disposizione non armonizzata della pulsantiera e dei dispositivi di segnalazione;
- grave avaria di parecchi dispositivi di regolazione.

La attuale disposizione dei comandi e delle apparecchiature di visualizzazione e regolazione non consente di recuperare lo spazio per l'inserimento di nuovi dispositivi senza prima razionalizzare la configurazione e separare fisicamente le differenti funzioni presenti già oggi sulla consolle.

La suddivisione a pannelli della consolle permette di ridistribuire in modo organico le seguenti funzioni di controllo e comando:

- interruttori 3kV;
- Circuito Prova Barre;
- Gruppi di potenza Tamini e CGE;
- IETI4 - Servizi generali SIET;
- SPES3;
- SPES2.

Il funzionamento dell'impianto IETI (IRIS) per prove su tubi elicoidali del generatore di vapore IRIS verrebbe garantito dalla funzionalità dei servizi generali e dei gruppi di potenza.

#### 7.6.4.3 **Manutenzione consolle operativa sala controllo GEST**

Il quadro di comando rappresentato dalla consolle presente in sala GEST è costituito quattro pulpiti realizzati in ottima carpenteria parzialmente dotati di pannelli rimovibili verticali e da piani orizzontali fissi.

Nel corso di un ventennio su queste carpenterie sono stati installati i dispositivi necessari al funzionamento degli impianti GEST-GEN, GEST-SEP, gest (GE-UdF), prove valvole VANESSA, SIP1, PERSEO, PANTHERS oltre ai comandi dedicati all'uso dei servizi generali. Analogamente sono state eseguite modifiche, al sistema di regolazione e di controllo.

Attualmente la consolle operativa ed il sistema di regolazione e controllo si trovano in condizioni critiche per i seguenti motivi:

- obsolescenza della pulsantiera e dei dispositivi di regolazione e controllo;
- disposizione non armonizzata della pulsantiera e dei dispositivi di segnalazione;
- grave avaria di parecchi dispositivi di regolazione.

La attuale disposizione dei comandi e delle apparecchiature di visualizzazione e regolazione non consente di recuperare lo spazio per l'inserimento di nuovi dispositivi

senza prima razionalizzare la configurazione e separare fisicamente le differenti funzioni presenti già oggi sulla consolle.

La suddivisione a pannelli della consolle permette di ridistribuire in modo organico le seguenti funzioni di controllo e comando:

- Compressore di vapore;
- Pompe Byron Jackson;
- Circuito GEST-SEP;
- Circuito GEST-GEN;
- Servizi generali.

## 8 **INFRASTRUTTURE E SERVIZI**

### 8.1 **Officina Meccanica**

SIET dispone di un'officina meccanica per l'esecuzione di lavori di realizzazione e manutenzione di impianti sperimentali, in particolare, dei Grandi Impianti.

L'officina occupa un'area di circa 300 m<sup>2</sup> interamente servita da un carroponete con portata di 5000 kg.

L'officina dispone delle seguenti attrezzature:

- un tornio,
- due trapani a colonna,
- una sega a nastro per metalli,
- un seghetto alternativo per metalli,
- due mole da banco,
- una smerigliatrice da banco a nastro abrasivo,
- due saldatrici elettroniche per TIG e elettrodo,
- due carrelli bombole per saldature e taglio ossiacetilenico,
- due paranchi manuali con portata 1000 kg con accessori,
- un paranco manuale con portata 500 kg con accessori,
- utensili manuali di diversa tipologia.

Esternamente all'officina vi sono due magazzini coperti con un'area complessiva di circa 300 m<sup>2</sup> per lo stoccaggio di profilati metallici, flange, valvole ed altri materiali.



*Figura n. 58 - Officina meccanica SIET*



*Figura n. 59 - Officina meccanica SIET - Tornio*



*Figura n. 60 - Officina meccanica SIET – Carro-ponte da 5000 kg*

## 8.2 Laboratorio Metrologico

Le attività sperimentali della SIET ed, in particolare quelle sui Grandi Impianti, si avvalgono della presenza, presso SIET, di un Laboratorio Metrologico che consente di tarare e verificare la gran parte della strumentazione utilizzata nel corso delle prove.

Il laboratorio metrologico di SIET si sviluppa su una superficie di circa 80 m<sup>2</sup> in un'area adiacente agli uffici. Il laboratorio è centro SIT per Temperatura e Pressione (n° di centro 096), ma è in grado di effettuare tarature con emissione di rapporto di riferibilità ai campioni nazionali anche per i seguenti strumenti:

- misuratori di portata di fluidi,
- calibri di diverse tipologie,
- multimetri per misure elettriche,
- celle di carico,
- bilance,
- fonometri,

➤ anemometri.

Per eseguire queste diverse tipologie di taratura globalmente il laboratorio dispone di circa 70 strumenti campione. Le dotazioni principali delle diverse aree metrologiche sono descritte nei seguenti paragrafi

#### Temperatura

il laboratorio SIET dispone di tre bagni di taratura (uno ad acqua/glicole, uno ad olio diatermico ed uno a sali fusi) e di un forno orizzontale. L'insieme di questi strumenti con l'opportuna dotazione di termometri a resistenza e termocoppie campione, consente di effettuare tarature nel campo che va da -40 a +1100 °C.

La strumentazione per le temperature comprende anche due calibratori per catene termometriche e tre fornelli portatili, si tratta di strumenti utilizzati prevalentemente per tarature eseguite direttamente sugli impianti.

#### Pressione

La sezione per la pressione è invece dotata di quattro banchi manometrici a pesi, due utilizzano come fluido di pressurizzazione gas (azoto) e coprono il range da 1 kPa fino a 3 MPa. gli altri due utilizzano olio ed arrivano alla pressione di 70 MPa. La sezione per le pressioni è completata da alcuni calibratori elettronici che vengono utilizzati come campioni di seconda linea o per tarature su impianti.

#### Grandezze dimensionali

La sezione delle misure dimensionali è dotata di una macchina di misura per lunghezze ad asse orizzontale, un misuratore di lunghezze verticali con un piano di riscontro in diabase di circa 1x0.8 m. Le due apparecchiature sono completate da alcuni set di blocchetti piani paralleli e supporti con comparatori millesimali.

#### Grandezze elettriche

Per le misure elettriche si utilizzano principalmente un calibratore multifunzione ed un multimetro di prima linea, la dotazione è poi completata da una serie di campioni secondari quali multimetri, cassette di resistori, pinze amperometriche, frequenzimetri. Queste attrezzature consentono di tarare strumentazione industriale nei seguenti campi: tensione dal microvolt fino a 5 kVac, corrente fino a 1000 A

#### Portata di fluido

SIET dispone di n. 4 strumenti primari per la misura di portata di fluido. Si tratta di flussometri magnetici di varie dimensioni, che coprono un range di portate volumetriche da 0,001 a 0,333 m<sup>3</sup>/s.



*Figura n. 61 - Laboratorio Metrologico SIET: sala pressioni*



*Figura n. 62 - Laboratorio Metrologico SIET  
Banco Taratura Misuratori di Pressione*



*Figura n. 63 - Laboratorio Metrologico SIET  
Forni Taratura Misuratori di Temperatura*

### **8.3 Servizio Manutenzione**

L'organizzazione di SIET include il Servizio Manutenzione dedicato agli impianti sperimentali ed alle infrastrutture. Il responsabile della manutenzione programma gli interventi avvalendosi sia di personale interno sia di personale di ditte esterne qualificate. Per gli interventi di manutenzione meccanica, viene fatto largo uso dell'officina meccanica della SIET (vedi sezione 8.1).

### **8.4 Servizio Prevenzione e Protezione**

Le attività relative alla sicurezza e protezione sono svolte nel rispetto del DLg. 81 del 2008 a cura del responsabile manutenzione, che si avvale della consulenza di un professionista esterno. Quest'ultimo riveste la funzione di RSPP (Responsabile Sicurezza Protezione Prevenzione) della SIET.

## 9 PRIORITA' DEGLI INTERVENTI

### 9.1 Criteri di Priorità

I criteri per stabilire la priorità degli interventi sono i seguenti (Priorità 1= massima):

**Priorità 1:** intervento indispensabile per l'esercizio di più impianti sperimentali; intervento su un componente/sistema il cui guasto potrebbe provocare la fermata per tempi medio-lunghi di più di uno o tutti gli impianti sperimentali della SIET; intervento su un componente/sistema per la sicurezza.

**Priorità 2:** intervento indispensabile per l'esercizio di un impianto sperimentale; intervento su un componente/sistema il cui guasto potrebbe provocare la fermata per tempi medio-lunghi (3 mesi ÷ 6 mesi) di un solo impianto sperimentale della SIET.

**Priorità 3:** intervento su un componente/sistema il cui guasto potrebbe provocare fermate tecniche per tempi brevi (< 3 mesi).

### 9.2 Priorità

Viene di seguito stabilita in via preliminare la priorità di ciascun intervento individuato. La priorità potrà cambiare in dipendenza dei futuri programmi operativi.

INTERVENTI	PRIORITA'		
	1	2	3
<b>IMPIANTO SPES</b>			
Manutenzione straordinaria macchine e centraline associate			X
Ripristino coibentazioni	X		
Manutenzione straordinaria valvole			X
Interventi sulla struttura			X
Ristrutturazione pannello di controllo	X		
Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche			X
Smontaggio e sistemazione canale di potenza		X	
Sostituzione guarnizioni degli accoppiamenti flangiati		X	
Attività inerenti la sicurezza	X		
<b>IMPIANTO GEST</b>			
Manutenzione straordinaria macchine			X
Ripristino coibentazioni		X	
Manutenzione straordinaria valvole			X
Interventi sulla struttura			X
Ristrutturazione pannello di controllo		X	
Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche			X
Aggiustaggio tenuta vessel			X
Sostituzione guarnizioni			X
Ripristino tenuta piscine PANTHERS			X
Attività inerenti la sicurezza	X		
<b>IMPIANTO IETI</b>			
Manutenzione straordinaria macchine			X
Ripristino coibentazioni		X	
Manutenzione straordinaria valvole			X

Interventi sulla struttura			<b>X</b>
Ristrutturazione pannello di controllo		<b>X</b>	
Installazione di nuovi strumenti a campo ed interventi sulle linee manometriche			<b>X</b>
Sostituzione guarnizioni			<b>X</b>
Attività inerenti la sicurezza	<b>X</b>		
<b>SISTEMI AUSILIARI</b>			
<b>Sistema alimentazione elettrica AC</b>			
Sostituzione trasformatore	<b>X</b>		
Sostituzione linea in media tensione	<b>X</b>		
Sostituzione interruttori 3 kV in Cabina "Centrale Emilia" e Cabina "GEST"	<b>X</b>		
Realizzazione di un'alimentazione di riserva	<b>X</b>		
Rifacimento parziale cabina in bassa tensione "Centrale Emilia"		<b>X</b>	
Sostituzione quadri elettrici a campo		<b>X</b>	
Interventi sull'illuminazione		<b>X</b>	
<b>Sistema alimentazione elettrica DC</b>			
Interventi su gruppo di potenza 8 MW	<b>X</b>		
Interventi su gruppo di potenza 4 MW	<b>X</b>		
<b>Sistemi alimentazione DC ausiliari</b>			
Sostituzione batterie		<b>X</b>	
Ristrutturazione quadro e linee		<b>X</b>	
<b>Sistema vapore surriscaldato</b>			
Manutenzione straordinaria valvole			<b>X</b>
Remotizzazione della manovra			<b>X</b>
<b>SISTEMA ACQUA</b>			
<b>Sistema acqua industriale</b>			
Installazione pompa di riserva		<b>X</b>	
Rifacimento quadro elettrico		<b>X</b>	
Sostituzione pompe di sentina e convogliamento acque			<b>X</b>
<b>Sistema acqua demineralizzata</b>			
Installazione di un sistema di gestione/monitoraggio dei livelli dei serbatoi			<b>X</b>
Sostituzione delle valvole di radice e smistamento acqua da Edipower			<b>X</b>
Rifacimento scarico esterno vapore			<b>X</b>
<b>Sistema acqua servizi</b>			
Installazione di un nuovo sistema di raffreddamento		<b>X</b>	
Nuovi quadri elettrici		<b>X</b>	
<b>Sistema antincendio</b>			
Nuovi estintori	<b>X</b>		
Sensori di rilevamento	<b>X</b>		
<b>SISTEMA ARIA</b>			
<b>Impianto aria bassa pressione</b>			
Sostituzione compressore	<b>X</b>		
Sostituzione centralina di essiccazione		<b>X</b>	
<b>Impianto aria alta pressione</b>			
Manutenzione straordinaria compressore			<b>X</b>
<b>SISTEMA CONTROLLO E SUPERVISIONE AUSILIARI</b>			
Sostituzione con un nuovo sistema	<b>X</b>		
Manutenzione consolle operativa sala controllo SPES-IETI-CPB	<b>X</b>		
Manutenzione consolle operativa sala controllo GEST		<b>X</b>	
Attività inerenti la sicurezza	<b>X</b>		

Tabella n. 17 - Priorità degli interventi su impianti sperimentali SIET