

## Applicazione pratica della conduzione discontinua di generatori di vapore di media e grande potenzialità mediante controllo remoto.

Dott. Ing. Iuri Mazzarelli\* – Dott. Ing. Ivan Mazzarelli\*\*

\*INAIL Dipartimento di Milano – \*\*INAIL Dipartimento di Napoli

### 1 – Introduzione

Il Decreto Ministeriale 329/04, di recepimento dell'art.19 della D.Lgs 93/00, non abrogando alcuna disposizione pregressa, ha generato notevoli dubbi riguardo l'installazione dei generatori di vapore ed il regime di conduzione degli stessi. In particolare la materia è regolata dal R.D. 12/5/1927 nr. 824 e dal D.M. 21.05.1974 in materia di esoneri, fermo restando l'applicazione dei requisiti richiesti al personale "patentato" secondo le disposizioni del D.M. 01.03 1974. Ciò che desta maggior interesse da parte delle Aziende è la corretta applicazione dei suddetti regolamenti, nel caso particolare di generatori per i quali i fabbricanti ne hanno dichiarato la conformità alla PED ed oltremodo ne hanno indicato nel manuale d'uso la possibilità di "conduzione discontinua". Nella memoria si illustrerà il quadro normativo di riferimento, condensato da alcune interpretazioni, che, seppur autorevoli, non sono completamente risolutive del caso in esame, ma principalmente verrà evidenziato, con un caso estremamente applicativo, l'esame di rispondenza di un'applicazione reale agli standard che sia la Direttiva PED sia le norme nazionali tentano di proporre. L'applicazione discussa è riconducibile alla quasi totalità dei generatori a fuoco diretto di media taglia, anche se le tematiche affrontate sono del tutto applicabili, e le soluzioni replicabili, ai generatori di taglia superiore presenti ad esempio in centrali di potenza.

### 2 – Il quadro giuridico di riferimento

L'art. 27 del R.D. 824/1927 impone l'obbligo della conduzione dei generatori di vapore con assistenza "continua" di persona in possesso del certificato di abilitazione per il tipo di generatore, secondo le producibilità in t/h di vapore indicate nel D.M. 01.03.1974. Sono esonerati da tale conduzione i generatori di capacità totale non superiore a cinque litri ed i generatori aventi pressione massima effettiva di funzionamento non superiore a 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> e producibilità non superiore a 50 Kg/h (DPR 13/02/81 n.341 e circ. ANCC 16355 del 27/04/82 e circ. ISPESL n.1 del 11/01/1988). Ulteriormente sono esonerati i generatori di vapore con pressione massima effettiva di funzionamento non superiore a 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> e producibilità superiore a 50 kg/h purché siano sottoposti, sul luogo di primo o nuovo impianto, alla verifica dei dispositivi di sicurezza. Ulteriori disposizioni riguardo l'esonero dalla conduzione erano state disposte dal D.M. 21.05.1974 (si veda tabella 1), alle condizioni dettate dalla raccolta E, che vennero estese attraverso il D.M. 01.12.1975 anche ai generatori di acqua surriscaldata.

| Art. D.M. 21.05.1974 | Tipo di generatore di vapore  | Tipo di esonero           |
|----------------------|---|---------------------------|
| 28                   | Generatori con $PS \cdot V \leq 300 \text{ bar} \cdot \text{l}$ e $PS \leq 10 \text{ bar}$  | Dalla conduzione          |
| 29                   | Generatori attraversamento meccanico con $PS \cdot V \leq 2940 \text{ bar} \cdot \text{l}$ e $PS \leq 11.76 \text{ bar}$  | Dalla conduzione          |
| 39                   | Generatori con $PS \leq 0.98 \text{ bar}$ , $S \leq 100 \text{ m}^2$ e $P \leq 2 \text{ t/h}$   | Dalla conduzione          |
| 41                   | Generatori di vapore a sorgente termica diversa dal fuoco compresi gli elettrici  | Dalla conduzione          |
| 43                   | Generatori di vapore a funzionamento automatico (eccetto quelli con combustibili solidi non polverizzati) con $PS \leq 14.7 \text{ bar}$ e $P \leq 3 \text{ t/h}$ | Dalla conduzione continua |

Tabella 1 - Esoneri dal conduttore patentato o dalla presenza continua

La Direttiva 97/23/CE, recepita con D.Lgs 93/00, all'art.4 consente la commercializzazione e la messa in servizio di attrezzature ed insiemi alle condizioni fissate dal fabbricante, implicitamente quindi la PED, come anche chiarito dalle linee guida 9/20 ed 8/15, consente la conduzione discontinua secondo dettate condizioni normative, ad esempio quelle richiamate dalla EN 12952 ed EN 12953, rimuovendo di fatto i limiti di PS e producibilità indicati dall'art.43 del D.M. 21.05.1974. Fermo restando l'impossibilità per gli Stati Membri di imporre requisiti aggiuntivi alle attrezzature/insiemi, ai sensi del trattato CE (in particolare degli articoli 28 e 30), gli stessi possono tuttavia mantenere o adottare disposizioni nazionali aggiuntive in materia di messa in servizio, installazione o uso, al fine di proteggere i lavoratori o gli altri utilizzatori o altri prodotti. Il D.M. 329/04 ha demandato all'attuazione dell'art.3 l'emanazione delle specifiche tecniche che avrebbero consentito di adeguarsi alla PED ed alle tecnologie correnti, tale percorso ha prodotto la specifica tecnica UNI/TS 11325-3, che per poter avere forza di legge, dovrà essere recepita analogamente alle altre sezioni della 11325, in seno al percorso di attuazione citato. Le differenti posizioni sui disposti giuridici manifestate dai Ministeri competenti inducono a pensare alla necessità di una rapida attuazione di questo percorso, sia per risolvere l'impasse interpretativo, ma ancor di più per assecondare logicamente lo stato dell'arte tecnologico a distanza di quasi 10 anni dall'attuazione della Direttiva PED, anche per completare l'iter dettato dall'art.19 del D.Lgs 93/00 volto ad "adeguare le vigenti prescrizioni tecniche in materia di utilizzazione".

### 3 – I contenuti normativi

La conduzione discontinua si fonda principalmente su alcuni presupposti evidenziati in parte nella guideline 9/20: il generatore sia un insieme (si veda anche guideline 3/4), il fabbricante dell'insieme dichiara la possibilità di conduzione discontinua nel manuale d'uso (vedere anche guideline 8/15), l'insieme sia dotato di tutti quegli accessori di sicurezza e/o dispositivi di protezione atti a soddisfare i RES pertinenti della Direttiva (osservazioni preliminari 3 e 4, 1.1, 2.1, 2.6, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 3.4, 5), vi sia una regolazione automatica ed eventualmente vi sia conformità ad uno standard normativo "consolidato", possibilmente armonizzato alla PED per avvalersi della presunzione di conformità.

Il RES 2.10 impone infatti al fabbricante la scelta di dispositivi di protezione adeguati, scelti in funzione delle peculiarità dell'insieme e delle sue condizioni di funzionamento, non viene indicata la quantità ed il tipo di dispositivi da adottare, tuttavia è chiarito che tali dispositivi di protezione comprendono anche i dispositivi di controllo che consentono di mantenere l'attrezzatura sotto pressione entro i limiti ammissibili in modo automatico. Anche il RES 2.11 detta regole molto generali che richiamano i principi di adattabilità, affidabilità, indipendenza, adeguatezza (fail-safe, ridondanza, diversità, autocontrollo). Più esplicito è il RES 5 che, riguardo il rischio di surriscaldamento, prescrive in particolare la limitazione di parametri di funzionamento quali l'immissione e lo smaltimento del calore e, se del caso, il livello del fluido, la disponibilità di punti di prelievo per il controllo del fluido, il trattamento dell'acqua, la dissipazione di energie per "inerzia termica", le precauzioni per evitare miscele infiammabili o un ritorno di fiamma. La scelta finale non dovrebbe essere soggettiva, ma basata su un'accurata analisi dei rischi specifica e su una progettazione che rispondano alle osservazioni preliminari dell'allegato I ed ai RES 1.1 e 2.1; da ciò la necessità d'impiego di standard armonizzati atti ad evitare arbitarietà nella scelta dei dispositivi di protezione. La stessa linea guida 9/20 traccia un percorso giuridico per i regolamenti di utilizzo nello Stato Membro, laddove indica che i requisiti nazionali potrebbero obbligare l'utilizzatore a controllare la funzione del sistema di sicurezza periodicamente e tali requisiti dovrebbero essere basati su un criterio tecnico di progettazione del sistema di sicurezza al fine di garantire un principio di applicabilità

comune a tutti i sistemi di sicurezza simili. Alcuni requisiti sono meglio chiariti nelle guideline 8/15, la quale richiede che il sistema di riscaldamento possa operare solo se tutto il sistema di sicurezza sia operativo, che il generatore sia provvisto di accessori di sicurezza contro il superamento dei limiti di pressione, temperatura e livello acqua, di un monitoraggio capace di mantenere automaticamente il generatore entro i limiti ammissibili (regolazione automatica), di indicatori e allarmi che vengono attivati all'origine di un'anomalia, di una funzione di blocco per assenza di energia a parti del generatore (esempio alimentazione acqua), una protezione riguardo parametri della qualità dell'acqua la cui rapida variazione porterebbe a situazioni pericolose nel periodo di mancata vigilanza del generatore. La conduzione discontinua non deve essere possibile se è previsto che il generatore funzioni per certe operazioni con alcuni accessori di sicurezza neutralizzati, al generatore non deve essere consentito di ripartire automaticamente al rientro nei limiti di un parametro/anomalia, il calore residuo in condizioni di blocco deve essere smaltito automaticamente, il riarmo del sistema di riscaldamento deve essere manuale. In ultimo le istruzioni operative devono indicare come e quando provare gli accessori di sicurezza, le modalità di ripartenza del generatore dopo ogni condizione di fermata, i requisiti del sistema di alimentazione dell'acqua. La guideline 8/15 indica che la supervisione può essere permessa in modalità discontinua nelle 24 ore se vengono condotti test funzionali dei dispositivi limitatori periodicamente ad intervalli regolari, che includono anche la prova della valvola di blocco del bruciatore e/o del sistema di carico dei combustibili solidi, il controllo della qualità dell'acqua; ulteriori controlli specifici possono essere richiesti dai regolamenti nazionali per permettere durate di supervisione discontinua maggiori di 24 ore.

La specifica tecnica UNI/TS 11325-3 applicabile ai generatori di vapore ed acqua surriscaldata a focolare (intesi come insieme) e ricadenti nel D.M. 329/04, prevede che la sorveglianza degli stessi possa avvenire in maniera discontinua dalla centrale termica o dalla sala controllo, a condizione che sia garantita la qualità dell'acqua conformemente al manuale d'uso o alle norme armonizzate EN 12952/EN 12953 (la norma UNI 7550 è stata ritirata), e che le stesse non possano inquinarsi, sia elaborato un manuale operativo a corredo del manuale d'uso del fabbricante con l'indicazione del numero minimo di persone addette alla conduzione (derogando di fatto l'art. 28 del R.D. 824/27), sia tenuto un registro della sorveglianza (punto 6.3 regola E.2.E.3. della Raccolta E), mentre per ciò che attiene le istruzioni operative la specifica ricalca i dettami della guideline 8/15. Forte elemento di discordanza si evidenzia nella lettura del punto 6.1.3 laddove si ammette il funzionamento con assistenza continua in caso di *"guasto dei dispositivi di regolazione e controllo"*, sulla base di una procedura di emergenza definita nel manuale d'uso e manutenzione, ciò mutuando erroneamente il punto ESR 2.11.1 della guideline 8/15, che consente tale eventualità nel caso di neutralizzazione di *"definiti"* accessori di sicurezza, evidentemente consentendone una conduzione continua avendo disponibili la regolazione ed il controllo della caldaia. Questo orientamento della specifica nazionale si rifà all'allegato C della EN 12953 che ammette tale modalità di funzionamento in caso di guasto dei regolatori o dei dispositivi di sicurezza automatici (eccezion fatta per il dispositivo di controllo fiamma), solo se è previsto che la caldaia possa essere messa in sicurezza con controllo manuale. E' necessario sottolineare che nella specifica non è espressamente previsto che la conduzione discontinua è ammessa solo per i generatori a funzionamento automatico come indicato nel punto ESR 1.1 della guideline 8/15. Il punto 6.3 della specifica individua infine i controlli e le prove da effettuare per un'assistenza discontinua con un massimo di 24 ore e 72 ore, elemento di novità è costituito dalla richiesta di un dispositivo affidabile che aziona il blocco del generatore se i controlli e le prove richieste non sono stati effettuati, nell'applicazione pratica si illustrerà la soluzione scelta atta ad evitare l'imposizione di RES aggiuntivi al generatore. E' fondamentale

rilevare che la specifica lascia all'utilizzatore la scelta della reperibilità del conduttore, tra un sopralluogo ed il successivo, subordinandola ad una valutazione in funzione della necessità di esercizio dell'impianto; l'obbligo tassativo è quello che ogni avviamento o riavviamento (a caldo o a freddo) sia del tipo manuale e che sia controllato il funzionamento del generatore entro un'ora da essi, oltre ad un controllo ogni 24 ore o 72 ore a seconda del tipo di sorveglianza discontinua, ovviamente tenendo conto delle frequenze di controllo dettate dal fabbricante se più restrittive.

Alla luce dei contenuti fin qui espressi appare evidente al lettore il carattere di genericità nella definizione dei requisiti con cui la Direttiva e le linee guida approcciano al problema della scelta del sistema di sicurezza finalizzato all'ammissibilità della sorveglianza discontinua, è palese che le norme nazionali non potranno imporre standard specifici; assumono quindi rilevante importanza, prima della fase di fabbricazione, gli step di analisi dei rischi e progettazione di tali sistemi, auspicando che lo standard tecnologico si armonizzi verso i requisiti delle EN 12952 o EN 12953 rispettivamente per le caldaie a tubi d'acqua o da fumo, nelle quali sono prescritti il numero ed il tipo dei dispositivi di protezione ed il relativo dimensionamento. In tabella 2 sono indicate le sezioni rilevanti per l'argomento trattato.

| Argomento                             | EN 12952   | EN 12953  |
|---------------------------------------|--|---|
| Impianti di combustione della caldaia | Part 8 – Requirements for firing systems for liquid and gaseous fuels                            | Part 7 - Requirements for firing systems for liquid and gaseous fuels for the boilers |
|                                       | Part 9 - Requirements for firing systems for pulverized solid fuels                              |   |
|                                       | Part 16: Requirements for grate and fluidized bed firing systems for solid fuels for the boiler. | Part 12 - Requirements for grate firing systems for solid fuels for the boiler        |
| Apparecchiature della caldaia         | Part 7 - Requirements for equipment for the boiler   | Part 6 - Requirements for equipment for the boiler                                    |
| Protezione da sovrappressione         | Part 10 - Requirements for safeguards against excessive pressure.                                | Part 8 - Requirements for safeguards against excessive pressure                       |
| Dispositivi limitatori ed accessori   | Part 11 - Requirements for limiting devices of the boiler and accessories                        | Part 9 - Requirements for limiting devices of the boiler and accessories              |
| Qualità dell'acqua                    | Part 12 - Requirements for boiler feedwater and boiler water quality.                            | Part 10 - Requirements for feedwater and boiler water quality                         |

Tabella 2 – Sezioni della EN 12952 ed EN 12953 pertinenti i sistemi di sicurezza e la conduzione

Nell'annesso C della EN 12953 parte 6 (informativo) sono trattati aspetti pertinenti la manutenzione dei regolatori e dei dispositivi di sicurezza, la prova del dispositivo automatico di arresto del combustibile previsto dal punto 4.3 parte 7 EN 12953 e punto 4.4 parte 8 EN 12952, la presenza durante l'avviamento a freddo, i valori della qualità dell'acqua di alimentazione e di caldaia e le frequenze di controllo giornaliere per i generatori di vapore ed almeno mensili per generatori di acqua surriscaldata, con apposita registrazione dei dati di funzionamento. La parte 6 della EN 12953 prescrive il numero di accessori di osservazione e protezione per le caldaie a vapore, indicando requisiti semplificati per caldaie a bassa pressione (temperatura di saturazione massima 120°C) e di piccole dimensioni (inferiori a 32 bar o con PxV inferiore a 200 bar l). La tabella 3 illustra il numero minimo dei dispositivi da garantire nel caso di caldaie a vapore dotate di economizzatore (ECO) isolabile e senza surriscaldatori. La EN 12953 parte 7, per alimentazioni a gas metano, prevede anche che la linea di mandata del combustibile sia dotata di dispositivo a scatto per l'alimentazione principale (azionata manualmente, mediante telecomando o interruttore di emergenza), di dispositivi di controllo e di sicurezza automatici per sovrappressione consistenti in una valvola di intercettazione di sicurezza più una valvola di sovrappressione, le quali svolgano automaticamente anche le

funzioni di sicurezza nelle fasi di avviamento ed esercizio (mancato tiraggio, assenza o basso ricircolo gas scarico, assenza consenso o intervento limitatori), è specificata la funzione di arresto e blocco all'intervento di ogni limitatore o regolatore.

| Dispositivo                                    | Numero di dispositivi di protezione |                    |                 |
|--|-------------------------------------|--------------------|-----------------|
|  | Grandi dimensioni                   | Piccole dimensioni | Bassa pressione |
| Indicatori di livello                          | 2                                   | 1                  | 1               |
| Manometro                                      | 1                                   | 1                  | 1               |
| Termometro                                     | na                                  | na                 | na              |
| Dispositivo alto livello acqua (limitatore)    | 1                                   | na                 | na              |
| Dispositivo basso livello (limitatore)         | 2                                   | 1                  | 1               |
| Arresto bruciatore per arresto pompe           | 1                                   | 1                  | 1               |
| Dispositivo alta pressione vapore (limitatore) | 1                                   | 1                  | 1               |
| Valvola di sicurezza EN 4126                   | 1                                   | 1                  | 1               |
| Manometro ECO                                  | 1                                   | 1                  | na              |
| Termometro ECO                                 | 1                                   | 1                  | na              |
| Valvola di sicurezza ECO                       | 1                                   | 1                  | na              |

Tutte le caldaie devono essere dotate di valvola di arresto sulla mandata vapore e valvola di arresto e di non ritorno sul tubo di alimentazione a monte di eventuali economizzatori, con regolazione automatica del livello ed il controllo automatico della pressione attraverso la regolazione della portata termica

*Tabella 3 – Numero minimo di dispositivi di protezione per tipologia di azione*

Tutti i limitatori devono essere progettati in conformità alla EN 12953-9, in particolare devono possedere i requisiti indicati nel RES 2.11. I circuiti elettrici di sicurezza devono essere in conformità alla EN 50156-1 e tutti i dispositivi costituenti i limitatori devono avere grado di protezione minimo IP54 di cui alla EN 60529. Se un limitatore interviene, deve essere generato un segnale che indichi le ragioni del malfunzionamento della caldaia/del generatore. Dopo il blocco, deve essere possibile riavviare la caldaia/il generatore solo manualmente dalla centrale caldaie. I livellostati ed i pressostati di regolazione (non sono definiti limitatori nella norma), essi generano lo spegnimento del bruciatore con riavviamento automatico che non è considerato un avviamento ai fini del concetto di conduzione discontinua. E' importante sottolineare che la norma prescrive di effettuare una valutazione dei guasti mediante un'analisi condotta secondo la EN IEC 61508-3, i cui risultati detteranno le condizioni di progettazione e fabbricazione dei limitatori; in particolare riguardo la progettazione del software occorre determinare il livello SIL secondo EN 61508 mediante un'analisi condotta in conformità alla EN 50156-1.

#### 4 – Caso applicativo: sorveglianza discontinua in remoto implementata in un sistema gestionale

##### *4.1 – Descrizione dell'insieme installato e modalità operative del manuale d'uso*

Il generatore di vapore in esame installato presso la Società Egidio Galbani S.P.A. del gruppo Lactalis, stabilimento di Certosa (PV), è un generatore a tubi da fumo costituito da un corpo caldaia e da un economizzatore tra loro intercettabili, progettati per i rispettivi limiti ammissibili PS 21 e 35 bar, TS 218 e 130°C, aventi una producibilità complessiva di 16.38 t/h. I rischi individuati rispetto anche all'esercizio delle attrezzature ricevitrici sono: sovrappressione, mancanza di acqua, eccesso di acqua, surriscaldamento, combustione insicura, smaltimento del calore dopo shut-down, qualità dell'acqua. Il generatore è fabbricato in accordo al codice VSG e pertanto la scelta dei dispositivi di sicurezza non è basata sull'impiego di una norma armonizzata. Dalla figura 1 si possono notare i dispositivi di protezione installati, precisando che sono presenti due valvole di sicurezza sul boyler ed una sull'economizzatore dimensionate per il carico massimo continuo.

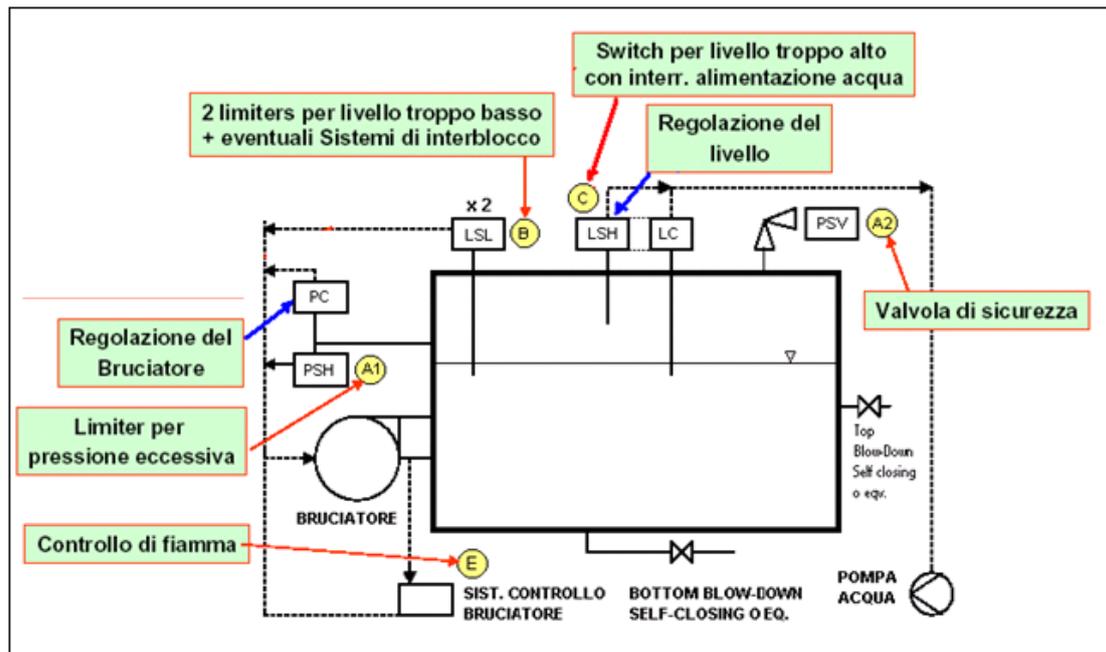


Figura 1 – Sistemi di protezione generatore di vapore

Il generatore è dotato di un sistema di controllo fiamma con fotocellula a verifica continua, due valvole elettromagnetiche di arresto gas con verifica della tenuta, un pressostato di regolazione ed uno di sicurezza per massima pressione gas. I dispositivi attivi di protezione del livello, della pressione del generatore e del gas (metano), del controllo fiamma, della conducibilità e della durezza dell'acqua sono autocontrollati e fail-safe, tutti generano il blocco con riarmo manuale del generatore, così come l'assenza energia ad uno dei dispositivi di protezione citati. Il generatore è dotato di un sistema di regolazione della portata gas e dell'aria comburente a mezzo di inverter sul ventilatore di aspirazione (combustione modulante). Ulteriore regolazione automatica avviene sul livello d'acqua a mezzo di due pompe correttamente dimensionate, sulla pressione del vapore, sul contenuto di ossigeno per l'ottimizzazione della combustione e sul ricircolo fumi per contenere le emissioni di agenti inquinanti; l'acqua è opportunamente trattata con un sistema ad osmosi inversa ed i parametri di alimento e di esercizio sono verificati in accordo alle norme nazionali (pH, durezza, conducibilità, alcalinità, temperatura, cloruri, silice, solfiti, ossigeno, ferro, rame, sostanze oleose, fosfati). Il sistema complessivo di alimentazione dell'acqua è composto dal sistema di trattamento acqua grezza, dal degasatore termofisico, da un impianto di ritorno condense dagli utilizzi termici, dalla centralina di dosaggio prodotti chimici e dallo scarico di fondo e spurgo superficiale di caldaia (automatizzato per l'esonero a 72 ore). Lo spurgo superficiale è composto da una sonda di rilevamento della conducibilità inserita nel fianco del generatore, da un regolatore posizionato sul fronte del quadro del generatore e da una valvola motorizzata di scarico. Il regolatore, al superamento della soglia di conducibilità impostata, comanda l'apertura della valvola motorizzata consentendo l'eliminazione dell'acqua inquinata. Su questa valvola è posizionato anche un rubinetto di prelievo campione per la verifica dei parametri dell'acqua del generatore. Ad integrazione dei sistemi presenti sul generatore di vapore si è reso necessario dotare l'impianto di un dispositivo automatico di sorveglianza dell'acqua di alimento in grado di effettuare misure in continuo di conducibilità e durezza e che provvede ad arrestare il generatore in caso di superamento dei limiti ammissibili, ciò per ottemperare al punto 6.3.3.4 della UNI/TS 11325-3. Analogo provvedimento di blocco è stato attuato riguardo il superamento dei valori limite di inquinanti sul ritorno condense. I sistemi di controllo livello, limitazione di pressione, verifica qualità dell'acqua (conducibilità)

e controllo fiamma sono stati certificati dal fabbricante come loop di sicurezza. La gestione del processo è affidata ad un sistema elettronico di controllo (PLC1) appositamente studiato dal fabbricante (figura 2) dotato di pannello di controllo e quadro alimentazione ed allarmi, dove si può notare un selettore modale di conduzione con presenta continua o discontinua, dal software si può impostare la modalità 24 o 72 ore. Il generatore è stato commercializzato completo delle istruzioni operative, dei manuali relativi al software e del manuale di controllo aggiuntivo per l'esonero fino a 72 ore.

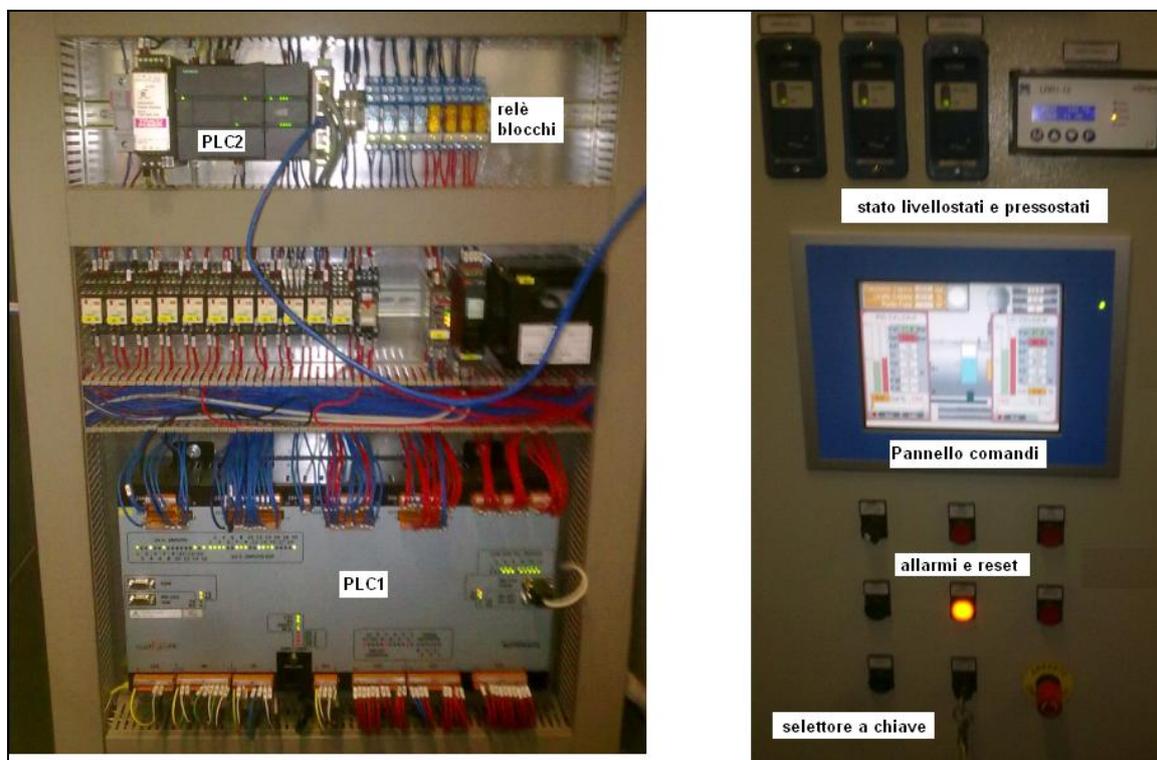


Figura 2 – Interno ed esterno quadro controllo e protezione

L'interfaccia operatore (alcune pagine video sono riportate in figura 3) consente il settaggio di tutti i parametri limite e/o di regolazione individuati (combustione, pressione, livello, portate, regolazioni automatiche, emissioni, temperatura fumi, etc.), una visualizzazione generale "stato caldaia" di tali valori, i trend dinamici di tutti i parametri fondamentali di esercizio ed emissivi, consente la gestione delle valvole automatiche di spurgo e carico e della quantità di recupero condense desiderata, oltre ai dati storici di esercizio e la visualizzazione degli allarmi correnti e dello storico allarmi. Una sezione importante del software è quella relativa all'esecuzione dei test, come previsti dai punti 6.3.2 e 6.3.3 della UNI/TS 11325-3, con la differenza che il test pressostato di massima è eseguito sempre entro le 24 o 72 ore. Infatti il processore richiede l'esecuzione del test in tali intervalli, qualora questi siano superati attiva un contatore impostato a 24 o 72 ore inteso come tempo massimo di conduzione discontinua; 30 minuti prima dello scadere di tale tempo avvisa riguardo la necessità di rieseguire i test. La mancata esecuzione dei test alle scadenze settate o il non superamento degli stessi attiva il blocco della caldaia attraverso le valvole gas ed il riavviamento è consentito solo in modalità "conduttore presente" dopo aver eseguito i test richiesti.

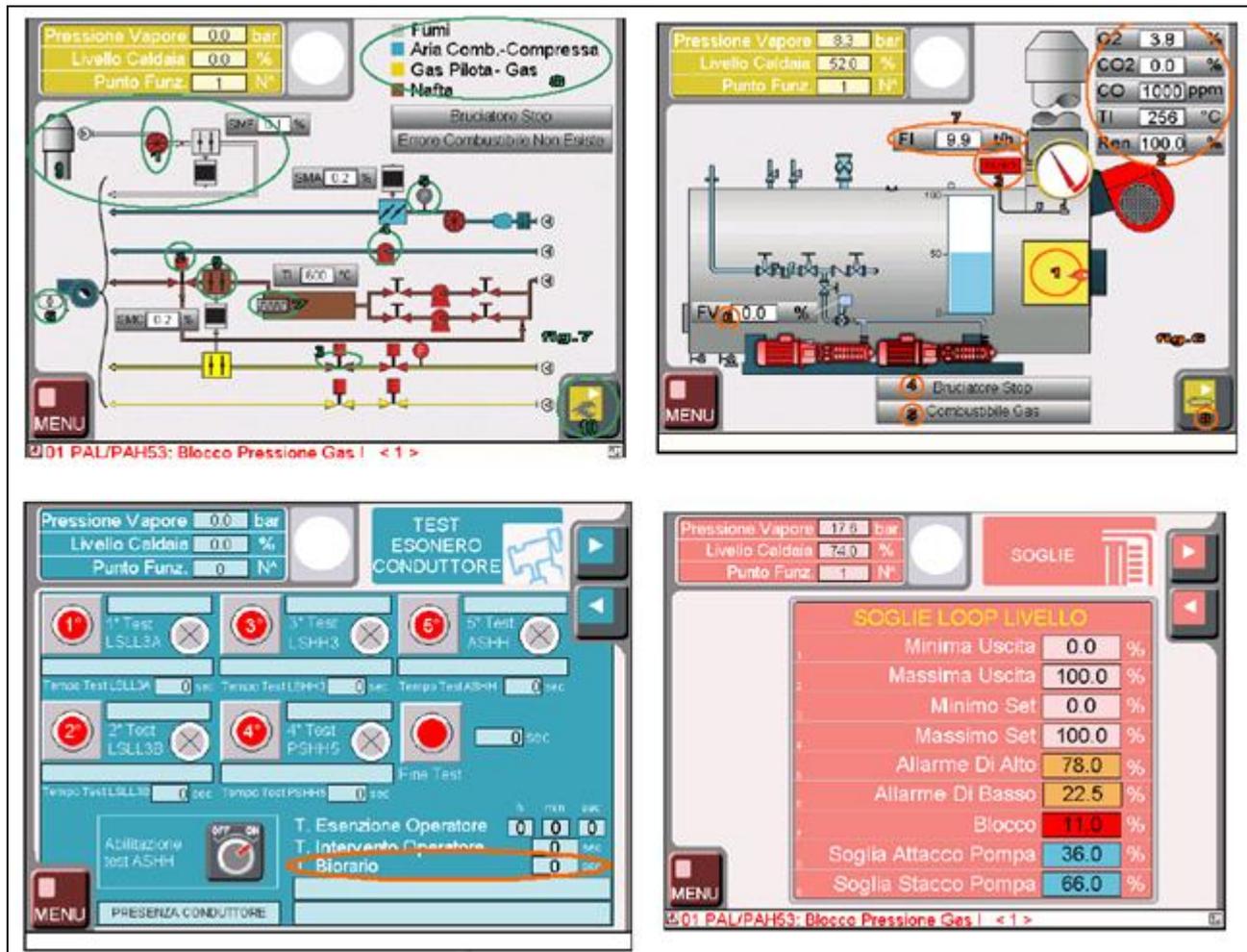


Figura 3 - Pagine video dell'interfaccia operatore

#### 4.2 – Implementazione del sistema di controllo e gestione operativa (manuale operativo) secondo la Specifica Tecnica UNI/TS 11325-3

Si è detto che la specifica tecnica UNI/TS 11325-3 stabilisce le modalità di sorveglianza continua e discontinua, dalla centrale termica o dalla sala controllo, per generatori di vapore e/o acqua surriscaldata, allineandosi nelle definizioni principali alle UNI EN 12952 e 12953, introducendo altresì la definizione di manuale operativo redatto dall'utilizzatore, in cui si descrivono le procedure operative adottate nella conduzione. La sorveglianza discontinua è basata sulla presenza saltuaria in centrale o in sala controllo della persona addetta, finalizzata all'attuazione delle procedure di avviamento e riavviamento oltre ai controlli previsti dal manuale d'uso e quelli aggiuntivi della specifica stessa. “La reperibilità della persona addetta, tra un sopralluogo ed il successivo, è subordinata alla valutazione dell'utilizzatore in funzione della necessità di esercizio dell'impianto che utilizza il vapore”.

Si vuole illustrare la realizzazione di procedure operative basate sull'adozione di un sistema di controllo in remoto e di una gestione implementata con sistemi di comunicazione, che discriminano gli eventi ed i relativi adempimenti, in funzione del grado di tempestività di intervento necessario, atte a soddisfare i requisiti generici di reperibilità indicati nella UNI/TS 11325-3. Il sistema di gestione in remoto è stato attuato mediante un DCS dedicato collegato alla porta seriale RS 422/485, già disponibile nel sistema predisposto dal fabbricante; il vantaggio sostanziale di tale configurazione è costituito dall'integrazione del “controllo fabbricante” a mezzo delle pagine video descritte in 4.1, con la regolazione del sistema di trattamento ed alimentazione acqua, del recupero condense, delle altre centrali presenti in stabilimento (centrali frigorifere), attuato con un software dedicato, in maniera simultanea e coordinata. Si ha quindi la possibilità di rendere

biunivoca la gestione di generazione del vapore con quella programmata di utilizzazione in maniera coordinata di tutti i parametri evidenziati dalle norme in materia. Sono stati predisposti due punti di sala controllo, uno in modalità esecuzione nell'ufficio tecnico (sala controllo) ed uno in modalità visualizzazione presso il RSPP. Le procedure di sicurezza contenute nel manuale operativo sono state strutturate partendo da alcuni principi base: la definizione del numero minimo di addetti per area e le relative competenze ed autorizzazioni, i requisiti del sistema di comunicazione tra le aree e tra gli addetti, la gravità degli eventi e la priorità degli interventi, i controlli da attuare e la tempistica. Per motivi di sintesi si illustrano le caratteristiche del sistema finale adottato sottolineandone l'adeguatezza alla specifica tecnica UNI/TS 11325-3. Il PLC1 del fabbricante non consente, in quanto non richiesto dalla normativa adottata dal medesimo, una discriminazione degli eventi e degli allarmi, è stato necessario quindi implementare un secondo PLC2 dedicato con azioni comandate da relè (figura 2), con il notevole vantaggio di ridondare il controllo e le azioni sui segnali I/O, in maniera tale da soddisfare anche i requisiti della EN 13849-1. Con riferimento alla figura 4, al PLC2 che si autocontrolla vicendevolmente con PLC1, è stato connesso un PC con tecnologia DCS in conformità alla EN 50156-1, EN 62061 ed IEC 61000 serie, con SIL pari ai relativi blocchi come analizzato nel successivo paragrafo 4.3, inoltre è stato installato un sistema di allarme e messaggi nella portineria di ingresso stabilimento. E' stata realizzata una sezione del DCS dedicata all'impianto di generazione del vapore ed ai relativi controlli e messaggi, nella quale è possibile visualizzare lo stato della centrale termica, della portineria, di PLC1 e PLC2, del modem che invia i messaggi mediante sistema GSM contemporaneamente a tre telefoni cellulari in dotazione rispettivamente al conduttore patentato in turno e due persone addette debitamente formate ai sensi del D.Lgs 81/08. La reperibilità dei suddetti è stabilita all'interno del perimetro di stabilimento, di lato massimo circa 500 m, e la gestione della caldaia è in modalità bioraria, il gruppo di continuità installato garantisce un'autonomia di due ore. Il PLC2 consente, con le funzioni di autocontrollo in routine, di inibire la modalità di sorveglianza discontinua nel caso di assenza di almeno uno dei consensi "rivisitati" nella nuova configurazione. Tali consensi sono relativi al corretto funzionamento del PLC1, del modem per blocco hardware o assenza segnale, di uno degli 8 relè (aggiunti e dedicati) pertinenti i limitatori che generano il blocco caldaia (i relè ricevono l'uscita positiva della funzione di autocontrollo del PLC1 sui limitatori), del pannello portineria, attivando l'allarme acustico e visivo. Si può notare che è stato implementato un ulteriore blocco caldaia per arresto delle pompe di circolazione per le quali è stata realizzata l'indipendenza della fonte di energia con quadro elettrico dedicato, ai sensi dell'art. 43 del D.M. 21.05.1974 e raccolta E ISPEL. La corretta esecuzione test di cui alla EN12953 è affidata al PLC1 del fabbricante e l'uscita positiva è inviata direttamente a PLC2 per il consenso alla modalità sorveglianza discontinua. Durante il funzionamento l'assenza di uno dei consensi al PLC2 attiva il blocco caldaia. Il sistema complessivo è in accordo all'analisi dei guasti condotta secondo la EN 61140. La sezione del software "gestione messaggi ed allarmi" installato sul DCS (figura 5) consente di discriminare il tipo di messaggio ed i relativi ritardi (*delay D*) di "rinnovo sms", sulla base della gravità di evento, dei tempi di intervento influenzati dal perimetro aziendale, dei tempi di risoluzione del guasto, dei test pratici eseguiti. Quando si genera uno degli eventi alta pressione, alto livello, basso e bassissimo livello, viene trasferito un messaggio di anomalia generatore di vapore alla portineria senza discriminazione, analogo messaggio di tipo discriminato per evento giunge ai tre cellulari settati, la portineria contatta prioritariamente il conduttore e gli operatori per la soluzione del caso. Per gli eventi citati è settato un delay che ripete gli sms ogni tre minuti; medesimo procedimento avviene per assenza tensione quadro generatore, assenza circolazione pompe alimentazione dove il delay è settato a 5 minuti. L'anomalia del sistema di gestione allarmi può avvenire per

assenza modem, assenza segnale GSM o mancata ricezione telefoni, nel qual caso l'allarme portineria e di tipo discriminato dagli allarmi generici caldaia, la stessa attiva gli avvisi alla sala controllo, oppure per assenza quadro portineria nel qual caso si genera l'allarme ottico/visivo caldaia e il conduttore è obbligato alla sorveglianza continua fino al ripristino quadro. L'assenza del DCS genera il blocco caldaia e l'attivazione del sistema messaggi da portineria e diretti sui telefoni. Il sistema è in grado di controllare lo stato telefoni, e qualora riceve uno stato negativo di accensione del telefono conduttore obbliga alla conduzione in continuo, mentre l'assenza segnale del medesimo telefono attiva l'allarme "sistema gestione allarmi in avaria" e la comunicazione alla sala controllo.

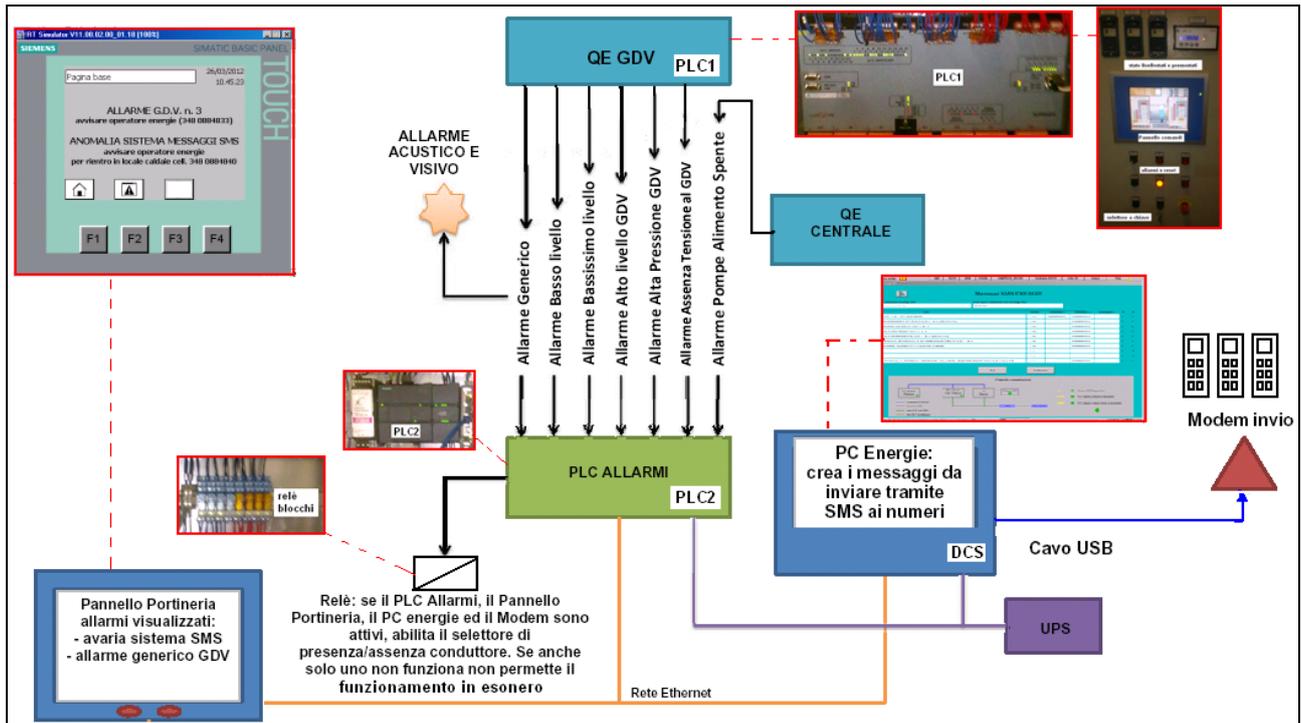


Figura 4 – Schema a blocchi e relative sezioni reali del sistema di gestione

| Testo   | Ritardo | Destinatario 1 | Destinatario 2 | Destinatario 3 | R. | D   |
|---|---------|----------------|----------------|----------------|----|-----|
| G.D.V. n. 3 IN ALLARME  | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 110 |
| BASSISSIMO LIVELLO G.D.V. n. 3 (BLOCCO)                         | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 131 |
| BASSO LIVELLO G.D.V. n. 3                                       | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 118 |
| ALTO LIVELLO G.D.V. n. 3  | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 0   |
| ALTA PRESSIONE G.D.V. n. 3 (BLOCCO)                             | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 0   |
| MANCA TENSIONA A QUADRO ELETTRICO G.D.V. n. 3                   | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 0   |
| POMPE ALIMENTO CALDAIE FERME                                    | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 0   |
| ANOMALIA SISTEMA GESTIONE ALLARMI - RIENTRARE IN LOCALE CALDAIE | 1 sec.  | 3480884840     | 3480884833     | 3480884841     | 0  | 110 |

Figura 5 – Pagina video eventi/allarmi e script di programmazione

Tutti gli ulteriori allarmi previsti dal fabbricante generano sempre l'allarme generico in portineria ed un allarme generico ai telefonini per i quali si è previsto un delay di 10 minuti, eccetto per la conducibilità dell'acqua per il quale il delay è di tre minuti, essendo in tal caso previsto il blocco caldaia secondo il punto 6.3.3.4 della UNI/TS 11325-3. Il sistema

concepito permette di allertare con accuratezza il conduttore, informandolo fin da subito sul tipo di evento e sul grado di gravità, consentendogli di attivarsi immediatamente conoscendo a distanza le probabili cause, in modo da indirizzarsi rapidamente sui macchinari che presumibilmente hanno generato l'evento stesso (pompe, mandate, scarichi, ecc.); inoltre permette funzioni di autocontrollo vicendevole degli attori delle procedure di sicurezza pertinenti la gestione degli impianti e delle emergenze, obbliga ad una reperibilità non aleatoria ma basata sull'analisi dei rischi e sulla continuità dei servizi di stabilimento.

#### 4.3 – Verifica del SIL del sistema di gestione in accordo alle EN 61508 e EN 61511

Un sistema relativo alla sicurezza, in accordo alla Norma EN 61508, è designato per svolgere le funzioni di sicurezza atte a far permanere le apparecchiature sotto controllo nello stato sicuro con una probabilità prefissata di attuazione senza guasti e/o malfunzionamenti, ovvero con un livello di integrità della sicurezza funzionale predeterminato. Il Sistema Strumentato di Sicurezza (SIS), in accordo alla Norma EN 61511, è un sistema strumentato usato per implementare una o più funzioni di sicurezza (SIF), composto da una combinazione di sensori, risolutori logici ed elementi finali. La Norma EN 61508 in particolare introduce il Livello di Integrità di Sicurezza (SIL) allo scopo di poter fissare, per ciascuna SIF, che il sistema di sicurezza deve attuare, la probabilità di mancata o errata risposta su domanda di intervento, alle condizioni ed entro un tempo prestabiliti. I valori discreti dei SIL sono fissati in corrispondenza di campi di probabilità media di guasto su domanda  $PFD_{avg}$ . La EN 61508 fornisce un metodo per lo sviluppo della specifica dei requisiti di sicurezza (SRS) delle SIF (che devono essere attuate dai sistemi di sicurezza, mentre la EN 61511 fornisce gli obiettivi ed i requisiti per specificare, progettare, installare, operare, testare e mantenere i Sistemi di Sicurezza (SIS). Si definiscono: "guasto pericoloso rilevato" un guasto in grado di pregiudicare la sicurezza funzionale del SIS (individuato dalla diagnostica di sistema), "guasto sicuro non rilevato" un guasto non in grado di pregiudicare la sicurezza funzionale del SIS (non rilevato dalla diagnostica), "guasto sicuro rilevato" un guasto non in grado di pregiudicare la sicurezza funzionale del SIS (rilevato dalla diagnostica di sistema). La frazione dei guasti sicuri SFF è il rapporto tra la somma dei guasti sicuri ( $\lambda_{SU} + \lambda_{SD}$ ) più i guasti pericolosi rilevati  $\lambda_{DD}$  e la somma totale dei guasti  $\lambda$ , che includono oltre a quelli indicati anche i guasti pericolosi non rilevati  $\lambda_{DU}$ . Le EN 61508 e 61511 forniscono valori tabellari della tolleranza minima ai guasti (MHFT) da ottenere in funzione del SIL e della SFF%, per sottosistemi di tipo A (non autocontrollati) e di tipo B (autocontrollati), oltre che valori di MHFT per sensori ed elementi finali. La verifica di assegnazione del SIL è stata condotta in accordo alla EN 61511 per due eventi, altissima pressione e bassissimo livello caldaia, rispettivamente con frequenze di accadimento obiettivo pari a  $1E^{-05}$  acc./anno e frequenze dell'evento iniziatore  $1E^{-01}$  acc./anno (i risultati sono riportati in tabella 4). Si può affermare che il blocco di altissima pressione implementato con configurazione 1 su 2 e con un risolutore logico certificato sino a SIL 2 conferma la corretta assegnazione del SIL 1 in quanto il PFD rientra nei limiti tabellari. Confrontando invece il valore di MHFT per un SIL 3 assegnato con un valore di  $SFF < 60\%$  per livellostati tipo A, la verifica da esito negativo, in quanto la tolleranza minima ai guasti richiesta della EN 61508 è pari a due e quindi maggiore della tolleranza minima che si avrebbe con la UNI/TS 11225-3; ciò significa che per considerare superata la prima verifica del SIL relativa ad MFHT devono essere selezionati livellostati dotati di sensori di Tipo B e con  $SFF \geq 90\%$ . Verificando poi, in accordo alla EN 61511, anche il  $PFD_{avg}$  della valvola di blocco del combustibile, si può affermare che per il blocco di bassissimo livello caldaia (SIL 3), essendo installate due valvole di blocco del combustibile in serie in configurazione 1 su 2, MHFT è pari ad 1 e sono rispettate le tabelle IEC 61508 per il tipo A con  $SFF > 60\%$ , essendo  $\lambda_{DU} = 1,5E^{-02}$ , per la configurazione

1 su 2  $PFD_{avg.} > 2.75E^{-08}$  quindi si risponde alla assegnazione a questo blocco del SIL 3. Le analisi e le soluzioni tecniche descritte nei paragrafi 4.1 e 4.2, unitamente alla verifica del SIL assolvono la verifica dei requisiti richiesti nel punto 6.1.1 della specifica UNI/TS 11325-3.

| Parametri   | Massima pressione           | Bassissimo livello          |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| frequenze di accadimento obiettivo  | $1E^{-05}$ acc./anno        | $1E^{-05}$ acc./anno        |
| frequenze dell'evento iniziatore  | $1E^{-01}$ acc./anno.       | $1E^{-01}$ acc./anno        |
| fattore di riduzione del rischio per presenza di personale nell'area del generatore minore di 45' per turno | $1E^{-01}$                  | $1E^{-01}$                  |
| fattore di riduzione del rischio della funzione strumentata di sicurezza                                    | $1E^{-01}$<br>(blocco SIL1) | $1E^{-03}$<br>(blocco SIL3) |
| fattore di riduzione del rischio per la protezione costituita dalla valvola di sicurezza                    | $1E^{-02}$                  | n.a.                        |
| Frequenza raggiunta   | $1E^{-05}$                  | $1E^{-05}$                  |
| MHFT (A) per SFF < 60% IEC61508   | 0                           | 2                           |
| MHFT (B) per SFF < 60% IEC61508   | 1                           | 1*                          |
| MHFT sensori per SFF < 60% IEC61508   | 1                           | 2                           |
| $\lambda_{DU}$ (guasti/anno)  | $3.6E^{-02}$                | $3.6E^{-02}$                |
| $PFD_{avg.} = (\lambda_{DU} * TI)^2/3$ configurazione 1 su 2  | $1.5E^{-07}$                | $1.5E^{-07}$                |
| $PFD_{avg.} = (\lambda_{DU} * TI)^2$ configurazione 2 su 3  | $4.76E^{-07}$               | $4.76E^{-07}$               |
| Numero minimo valvole blocco gas necessarie di tipo A   | 1                           | 2                           |

\*per SFF tra 90 e 99% - TI intervallo di test pari ad una settimana

Tabella 4 – Risultati analisi SIL per i blocchi massima pressione e bassissimo livello

## 5 – Conclusioni

L'analisi sviluppata ha consentito di evidenziare diversi motivi di inadeguatezza delle norme nazionali attualmente in vigore e di illustrare compiutamente i requisiti della specifica tecnica proposta dall'UNI, talvolta eccessivamente qualitativi. Sarebbe, quindi, opportuno che i decreti da emanare in attuazione dell'art.3 del D.M. 329/04 introducessero un rinnovato/restaurato art. 43 che, limitatamente ai generatori costruiti secondo PED, o ad essa adeguati, conceda l'esonero dalla presenza continua, tenendo principalmente in considerazione che gli esoneri erano rilasciati a fronte di verifiche dell'ANCC e poi ISPESL dei requisiti prescritti. E' necessario assicurare un processo di "validazione allo scopo" dei sistemi di sicurezza, stante la non obbligatorietà di applicazione delle norme armonizzate, ciò per evitare che tutte le caldaie possano essere condotte in maniera discontinua solo sulla base di una dichiarazione del fabbricante.

Tuttavia si è dimostrato che, seppur non modificando il prodotto come commercializzato, una gestione pratica dei suoi segnali permette di conciliare i dettami normativi europei a quelli nazionali. Occorre però fare attenzione quando si emetterà il decreto di recepimento dell'art.3 eventualmente abrogando il D.M. 21.05.1974 e la raccolta E, in quanto la UNI/TS nel campo d'applicazione esclude alcune caldaie che godevano degli esoneri previsti dalla precedente normativa che si andrà ad abrogare; sarebbe opportuno pensare ad una specifica aggiuntiva che contempli tali generatori.

## Bibliografia

- 1) D. Lgs. n.93, 25/02/2000 "Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione"
- 2) IEC 61508, "Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems," International Electrotechnical Commission

- 3) Guidelines related to the Pressure Equipment Directive 97/23/EC (PED) number 8/15 – 9/20 – 1/43 – 3/4
- 4) UNI/TS 11325-3 Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione. Parte 3: Sorveglianza dei generatori di vapore e/o acqua surriscaldata
- 5) UNI EN 12953 parti 6, 7, 8, 9, 10 – Caldaie a tubi da fumo. Requisiti
- 6) L'attuale quadro normativo ed il miglioramento delle specifiche tecniche nazionali” - Iuri Mazzei. Pavia Seminario attrezzature in pressione
- 7) La conduzione dei generatori di vapore a tubi di fumo a funzionamento automatico in condizioni di sicurezza: norme nazionali europee a confronto con le Norme Armonizzate in applicazione della Direttiva PED – V. Annoscia, F. Boenzi, R. Lavagnilio, P. Polledro, V. Rizzi
- 8) UNI/TS 11325-3 "Sorveglianza dei generatori di vapore e/o acqua surriscaldata": affidabilità, tolleranza minima ai guasti, controlli e prove dei dispositivi per la sorveglianza con e senza assistenza continua - P. Fanelli
- 9) EN 50156-1. Electrical equipment for furnaces and ancillary equipment. Requirements for application design and installation