

Il controllo di piccoli serbatoi interrati per GPL con tecnica basata sul metodo di Emissione Acustica ai fini della verifica decennale. Analisi consuntiva dei primi due anni di attività.

C. De Petris*, A. Faragnoli*, P. Lenzuni**, V. Mazzocchi*, P. Quaresima*

*ISPESL – Dipartimento Tecnologie di Sicurezza

**ISPESL – Dipartimento di Firenze

Abstract

A circa due anni dal concreto avvio delle attività connesse alla “*Procedura per il controllo di serbatoi interrati per GPL con tecnica basata sul metodo di Emissioni Acustiche ai fini della verifica decennale*” (Allegato 1 del D.M. 17 gennaio 2005), viene fornita una prima autentica indicazione dei risultati relativi ad una sua estesa applicazione sul territorio nazionale.

L’approccio metodologico consente un controllo diagnostico dell’integrità strutturale di questi serbatoi estremamente efficace ed innovativo, evitandone, per altro, lo sterramento e, con esso, considerevoli disagi all’utenza compatibilmente a costi accettabili delle verifiche, che se effettuate con tecniche tradizionali, determinerebbero un fortissimo impatto economico-finanziario tale da renderne sconveniente l’installazione e la gestione.

Per altro, la riqualificazione di questi serbatoi può essere effettuata sulla base di valutazioni statistiche condotte su lotti omogenei di fabbricazione in conformità a quanto disposto dal D.M. 23 settembre 2004.

Il lavoro si propone di presentare alcuni degli aspetti più significativi della tecnica ed una sintesi dei più significativi risultati conseguiti dall’analisi condotta dal Centro Banca Dati EA dell’ISPESL su oltre 13.000 prove svolte dagli Organismi Competenti abilitati.

1 INTRODUZIONE

La divulgazione dei primi dati inerenti l’applicazione in campo delle procedura EA dell’ISPESL costituisce un elemento di grande curiosità da parte del mondo delle PND, articolato nelle sue varie componenti: i Proprietari dei serbatoi (che coincide per la quasi totalità dell’intero parco serbatoi con le società distributrici del combustibile), le Istituzioni (a cominciare dal Ministero dello Sviluppo Economico e dalle ASL, per le quali la riqualificazione dei serbatoi costituisce, o avrebbe costituito un impegno assai oneroso), gli Organismi Competenti abilitati od in attesa di abilitazione in conformità al D.M. del 17 gennaio 2005 [1], le Società di Servizio, i singoli esperti.

Il semplice riferimento ad una tale serie di soggetti di grande spessore e fra loro assai disomogenei fa intuire quale sia stato lo sforzo richiesto nella fase di progettazione ed avvio di un sistema così complesso ed articolato che, per delicatezza della problematica e vastità delle implicazioni economiche, mantiene gli “attori” sotto una costante osservazione e pressione.

Il numero delle prove complessivamente pervenute al Centro Banca Dati EA (CeBaDEA) ha ormai superato quota 14560, con un rate di circa 1000 prove al mese. Gran parte dell’attività si sta attualmente concentrando sui serbatoi interrati nel 1996. Va tuttavia considerato che le prove sui serbatoi interrati nel 1996 e nel 1997 vengono eseguite in aderenza alla Revisione 1 della procedura ISPESL, a differenza dei serbatoi interrati nel 1994 e 1995, che hanno seguito e seguono la Revisione 0. Al fine di disegnare un quadro omogeneo e al contempo esaustivo, in questo lavoro ci si è concentrati esclusivamente sui serbatoi interrati nel biennio 1994/1995 il campionamento dei quali è oramai alle ultime battute. La distribuzione analitica mensile delle 10226 prove complessivamente registrate al 30 aprile 2007 su tali serbatoi è mostrata nella Figura 1, dalla quale emerge chiaramente un massimo intorno alla metà del 2006 seguito da una flessione che si è manifestata negli ultimi mesi, evidentemente dovuta al lento ma progressivo esaurimento dei serbatoi.

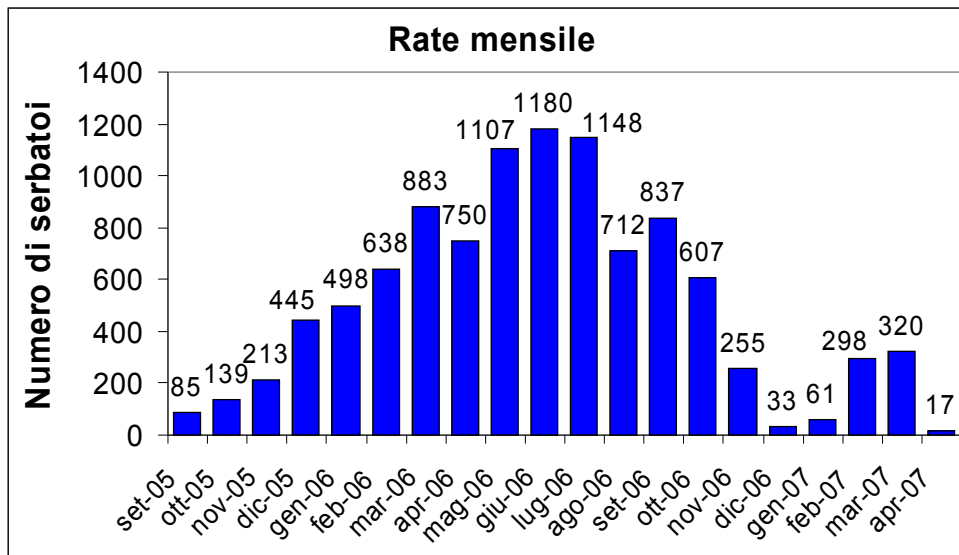


Figura 1 – Rate mensile della registrazione delle prove EA pervenute al CeBaDEA

2 LA FORMAZIONE

Come noto, immediatamente dopo la pubblicazione della procedura EA come Allegato I al D.M. del 17 gennaio 2005, l'Istituto ha avviato una significativa azione formativa per il personale destinato alla sua all'applicazione in campo. A tal fine, la relativa qualificazione e certificazione valida esclusivamente in questo ambito, viene conseguita solo dopo aver frequentato con profitto uno specifico corso articolato su due moduli (Modulo 1 opzionale di 56 ore e Modulo 2 obbligatorio di 24 ore) per complessive 80 ore.

Ad oggi sono state svolte 11 distinte sessioni del corso, i cui dati risultanti più significativi vengono illustrati graficamente in fig.2. La differenza piuttosto rilevante tra le unità qualificate e certificate è dovuta al fatto che la certificazione non può essere rilasciata se non dopo la formale abilitazione in conformità all'Allegato II del D.M. del 17 gennaio 2005 dell'Organismo richiedente di afferenza.

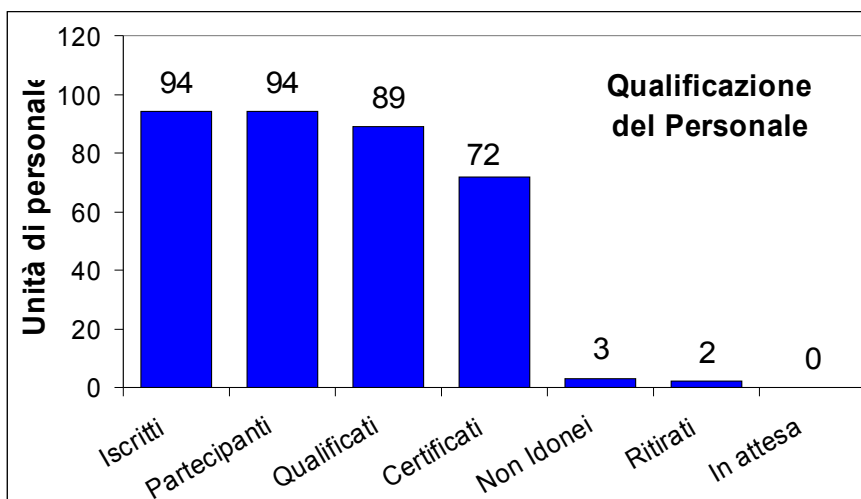


Figura 2 – Attività di formazione svolta dall'Istituto per il personale addetto all'applicazione della procedura EA

3. LA DOMANDA

Sulla base dei dati pervenuti al CeBaDEA dell'ISPESL, si è proceduto ad analizzare il parco dei serbatoi per GPL in esercizio, interrati negli anni 1994 e 1995, per i quali è stata richiesta la riqualificazione periodica decennale in accordo alla procedura EA dell'ISPESL. La Tabella 1 riporta una sintesi di alcuni elementi più significativi della fase di estrazione dei campioni.

Installazione 1994 / 1995	
Proprietari che hanno trasmesso elenchi	73
Serbatoi complessivamente contenuti negli elenchi trasmessi (comunicati)	34260
Lotti discriminati	1060
Consistenza media del lotto	32
Campioni estratti	13221
Percentuale dei campioni estratti sui serbatoi complessivamente comunicati	38,59

Tabella 1

Nel pieno rispetto dei criteri di determinazione dei lotti omogenei indicati nella procedura, sono stati complessivamente identificati 1060 lotti, la cui distribuzione nelle tre classi di consistenza indicate nell'Appendice C della procedura EA, viene illustrata in fig. 3.

Successivamente alla formalizzazione dell'abilitazione rilasciata ai primi due Organismi Competenti avvenuta ai primi del mese di Agosto 2005, e dopo un breve periodo di messa a punto sotto il profilo organizzativo, si è avviata con una forte progressione l'attività di verifica in campo sostenuta da un vivace entusiasmo degli Organismi stessi sia sotto il profilo tecnico ed operativo, sia commerciale. Per quest'ultimo aspetto è da sottolineare che il "mercato" italiano ha caratteristiche di interesse tali da lasciar intuire per il futuro un'espansione della metodica in settori industriali ed impiantistici anche diversi da quello specifico delle attrezzature in pressione.

I dati che vengono di seguito forniti sono relativi a quanto ad oggi pervenuto CeBaDEA dell'ISPESL e quindi indicativi di una situazione che è comunque in continua evoluzione.

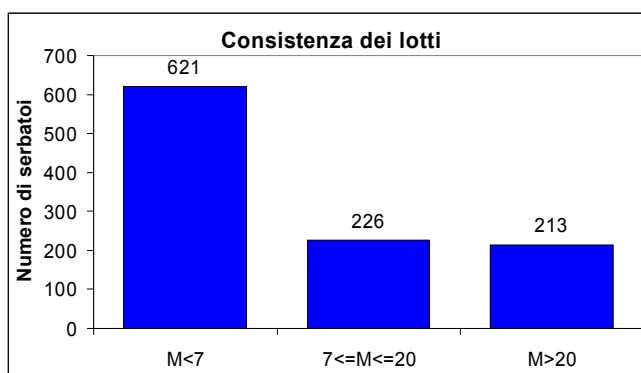


Figura 3 – Distribuzione dei lotti in funzione della consistenza

4 L'ATTIVITÀ IN CAMPO

La fig. 4 dimostra che l'attività in campo svolta rappresenta ormai oltre il 78% di quella attesa per il biennio 1994/1995, essendo state ad oggi registrate presso il CeBaDEA 10226 prove EA a fronte delle 13059 attese.

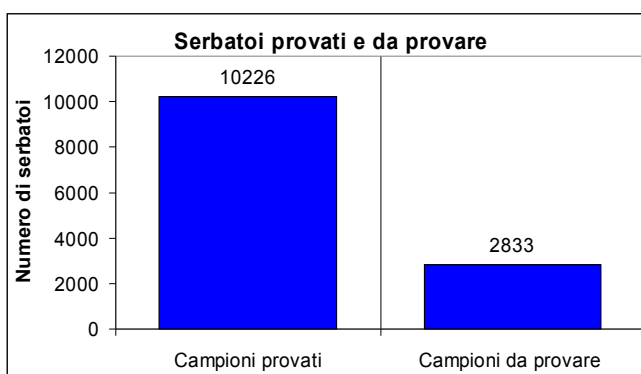


Figura 4 – Ripartizione tra campioni già provati ed in attesa di prova

L'analisi condotta su tali prove conduce pertanto a conclusioni che possono fondatamente essere estese a tutti i serbatoi del campione.

Nel seguito vengono mostrate alcune distribuzioni particolarmente significative relative alle caratteristiche costruttive e alle aree geografiche d'installazione.

Più in particolare, la fig. 5 riporta una sintesi grafica per Capacità, dalla quale risulta che le fasce di capacità più bassa, 1000 e 1650 litri, sono ampiamente maggioritarie (oltre il 90%), presumibilmente perché riferibili a serbatoi destinati ad un esercizio in ambito domestico.

Per quanto concerne, invece, la Tipologia, la fig. 6 mostra una presenza massiccia di serbatoi con configurazione Verticale a fronte di una incidenza marginale (circa l'1%) di serbatoi orizzontali.

Come ulteriore elemento costruttivo caratterizzante, utile soprattutto ai fini della selezione del tipo di verifica integrativa a quella con il metodo EA prevista dalla stessa procedura in fase di pre-ispezione, si è esaminata, la consistenza del parco in ragione del tipo di rivestimento secondo le tre classi di seguito indicate:

1. "REAS" = Resina epossidica termoindurente e sistema di protezione catodica
2. "GPNI" = Guscio in polietilene con intercapedine non ispezionabile e monitoraggio dell'umidità
3. "GPIS" = Guscio in polietilene con intercapedine ispezionabile.

I risultati dell'indagine sono riportati in fig. 7, dalla quale è immediato riscontrare una quasi esclusiva presenza di serbatoi dotati di rivestimento con guscio in polietilene (oltre il 98%) e tra questi una preponderanza di quelli con intercapedine ispezionabile.

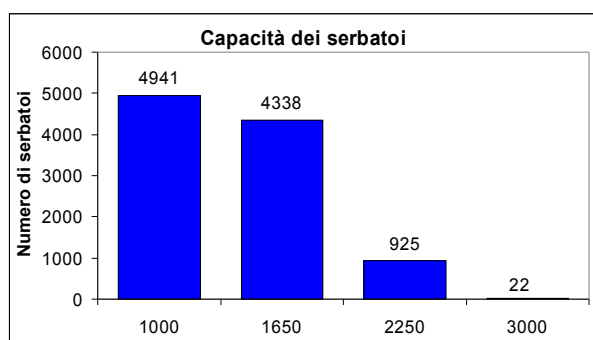


Figura 5 – Distribuzione delle prove registrate per Capacità

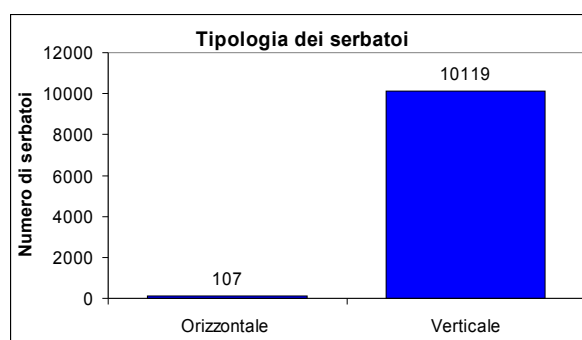


Figura 6 – Distribuzione delle prove registrate per Tipologia H/V

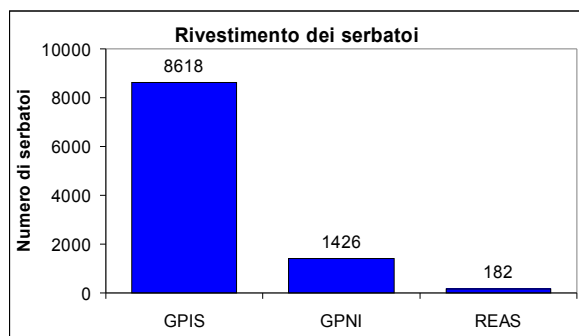


Figura 7 – Distribuzione delle prove registrate per Rivestimento

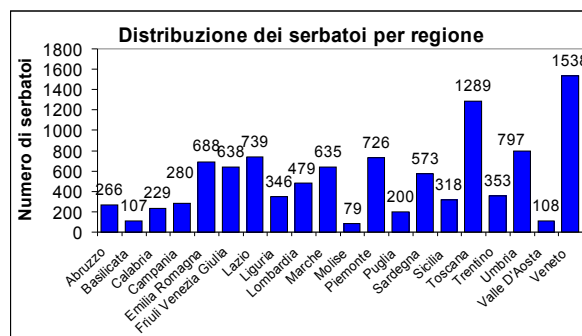


Figura 8 – Distribuzione delle prove registrate per Regione

Anche dal punto di vista geografico, l'impegno operativo degli Organismi Competenti è esteso su tutto il territorio nazionale e, pur non avendo ad oggi completato l'attività di verifica su tutti i campioni estratti, sembra essere del tutto coerente con quello previsto in fase di estrazione del campione. Sotto questo profilo, va segnalata la grande potenzialità organizzativa degli Organismi Competenti in grado, cioè, di pianificare le sessioni di prove giornaliere di ciascun laboratorio mobile con estrema efficacia, ottimizzando percorsi e riducendo i tempi di trasferimento. Tale caratteristica sta consentendo una decisa politica di riduzione dei costi complessivi dell'attività e, di conseguenza, una forte contrazione dei prezzi di "mercato" della singola verifica.

Ad oggi nessun serbatoio di capacità oltre i 3000 litri e' stato verificato. Ciò, come più volte evidenziato, non è dovuto ad un limite tecnico-operativo della procedura EA, quanto alla opportunità di poter organizzare una specifica campagna di prove e raccogliere, su un campione sufficientemente rappresentativo, gli elementi minimi necessari per la messa a punto di un criterio di idoneità sufficientemente affidabile.

Si illustrano, inoltre, in fig. 8 le distribuzioni delle installazioni risultanti per regioni. Da queste emerge che le regioni Veneto e Toscana sono sicuramente le più popolate, seguite, in una fascia intermedia, da Lazio Umbria Emilia Romagna Sardegna, Friuli Piemonte, Lombardia e Marche, e via via dalle altre, con numeri che progressivamente si riducono da qualche centinaia a poche decine. Riguardo alla distribuzione per province, tra le 108 esaminate, è da segnalare una notevole consistenza del dato di Perugia, seguita da Roma, Udine e Treviso.

I Proprietari che hanno aderito all'applicazione della metodica prevista dal decreto su menzionato comprende i più grandi operatori del settore a livello nazionale. La loro partecipazione, va detto, è assolutamente collaborativa, almeno per tre buone ragioni:

perché intrigati da un approccio pienamente innovativo, perché attratti dal basso impatto sull'utenza e dal minor impegno economico-finanziario da destinare ai controlli, ed in ultimo perché il criterio di trasmissione degli elenchi dei previsto dalla procedura EA per la determinazione dei lotti omogenei costituisce il pretesto per censire in maniera esaustiva il parco serbatoi installati la cui gestione risulta, in molti casi, piuttosto caotica.

5 L'ATTIVITÀ CERTIFICATIVA

L'attività certificativa svolta dall'Istituto è articolata sulle seguenti fasi:

- a) registrazione dei dati delle prove;
- b) analisi individuale per verificarne la congruenza sotto il profilo tecnico, operativo e procedurale;
- c) successiva applicazione della procedura di *Follow-up* per la rielaborazione dei dati in una logica conservativa per la determinazione del giudizio di idoneità;
- d) trattamento statistico dei risultati inerenti il singolo lotto al fine della emissione del certificato di riqualificazione, ovvero della riestrazione di un ulteriore campione, così come previsto dalla procedura EA.

La procedura di *Follow-up* viene schematicamente rappresentata in fig. 9. Va sottolineato come essa sia stata messa a punto a valle di una minuziosa analisi che ha riguardato una casistica assai ampia di serbatoi. L'applicazione della procedura di *Follow-up*, come accennato, introduce alcuni fattori correttivi dell'Indicatore Sintetico γ a vantaggio della sicurezza e ciò spiega, come più avanti riscontrabile, la ragione per la quale è possibile riscontrare valori finali di γ superiori a quello massimo ammissibile per la prosecuzione in campo della prova EA.

L'applicazione alle 10226 prove complessivamente registrate della procedura di *Follow-up* con i criteri di accettabilità e di idoneità attualmente fissati ha condotto ai risultati mostrati nella Tabella 2

Installazione 1994 / 1995	
Prove totali	10226
Serbatoi idonei	9739
Serbatoi non idonei	378
Prove non accettabili	109

Tabella 2

E' interessante confrontare questi dati, riportati anche in forma percentuale in fig. 10, con quelli che emergono dall'esperienza di verifica condotta mediante prove EA dagli esperti del TÜV Austria, che conducono questa attività da circa 15 anni. Va specificato che tali prove vengono condotte secondo un approccio individuale, su serbatoi esclusivamente orizzontali, con rivestimento in bitume e dotati di passo d'uomo. La frazione complessiva dei non idonei si attesta intorno all'1,8%.

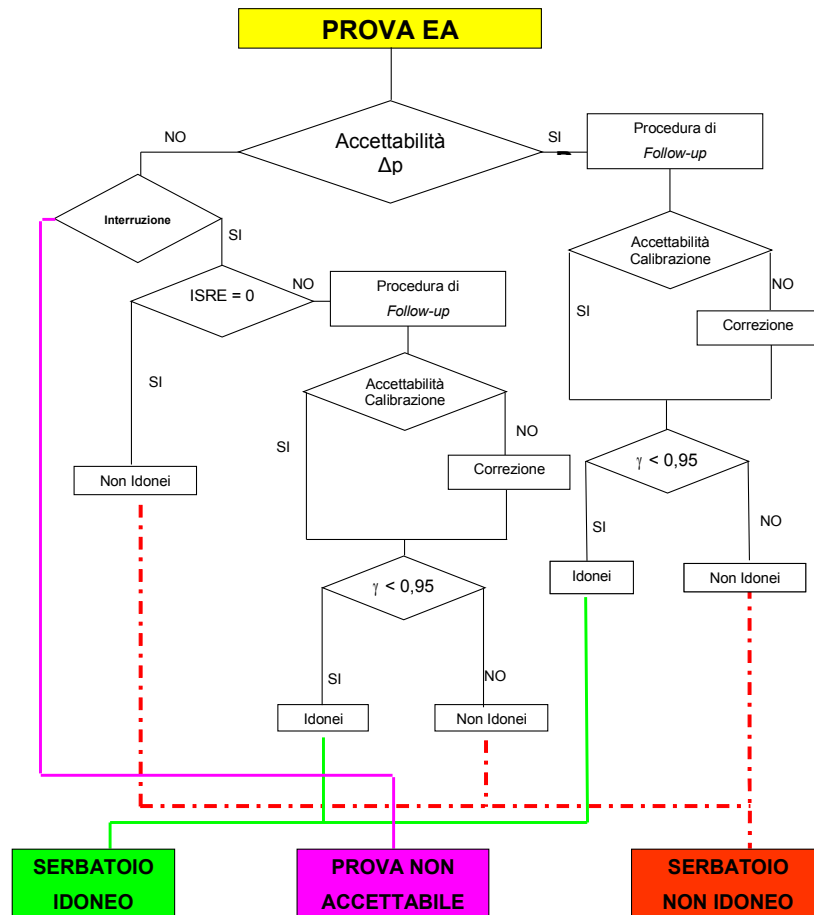


Figura 9 – Schema della procedura di Follow-up

Questo valore è circa pari alla metà di quello attualmente rilevato in Italia. Tuttavia i due dati risultano del tutto coerenti se si considera che l’approccio valutativo a campione adottato in Italia basato sulla determinazione di lotti omogenei, unito alla maggior eterogeneità del campione sia in termini geometrici che di rivestimento, implica necessariamente una cautela maggiore nel definire la soglia di accettabilità e di conseguenza una diversa, e più ampia frazione di non idonei rispetto al caso di riqualificazione individuale pure previsto dallo standard EN 12818 [3]

Dei 1060 lotti complessivamente identificati, ad oggi 690 risultano essere stati sottoposti, completamente o in parte, alla metodica in questione, rappresentando il 65% del totale. Va notato che i lotti non ancora iniziati sono in gran parte caratterizzati da consistenza minima (inferiore a 7 serbatoi). E’ possibile che, per lotti così piccoli destinati al controllo individuale, i Proprietari abbiano operato scelte diverse sulla base di considerazioni economiche disincentivanti l’applicazione della procedura EA.

In ogni caso, come rappresentato graficamente in fig. 11, dei 690 lotti attaccati, 457 figurano conclusi, mentre sui restanti 233 l’attività di verifica risulta tuttora “in progress”. Corrispondentemente, la fig. 12 illustra la distribuzione dei 457 lotti completati in ragione delle classi di consistenza, e la fig. 13 quella delle corrispondenti 2443 prove secondo la classificazione di accettabilità della prova, idoneità o non idoneità del serbatoio a valle dell’applicazione della procedura di Follow-up.

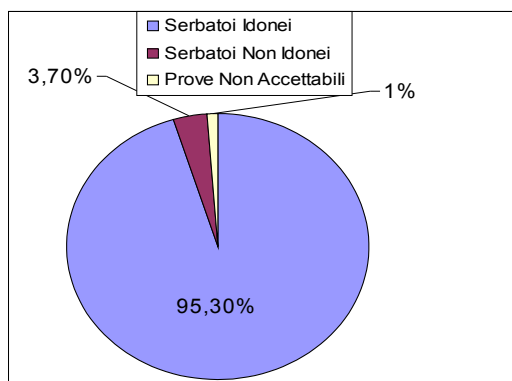


Figura 10 – Classificazione dei serbatoi dopo l'applicazione della procedura di Follow-up

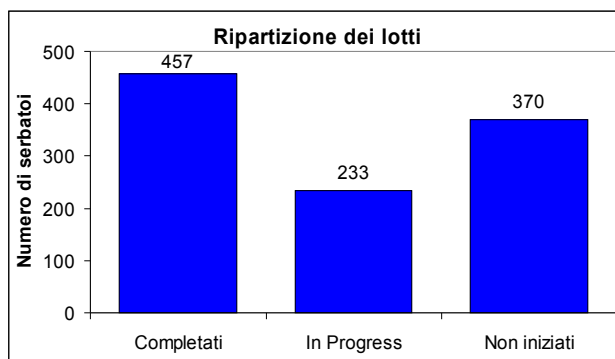


Figura 11 – Distribuzione rappresentativa della situazione concernente i lotti attaccati

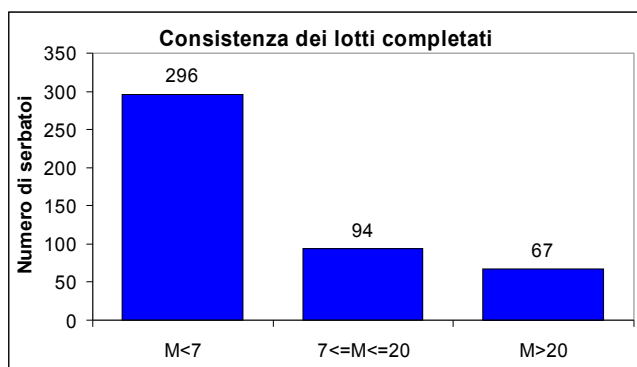


Figura 12 – Distribuzione rappresentativa della situazione concernente i lotti completati

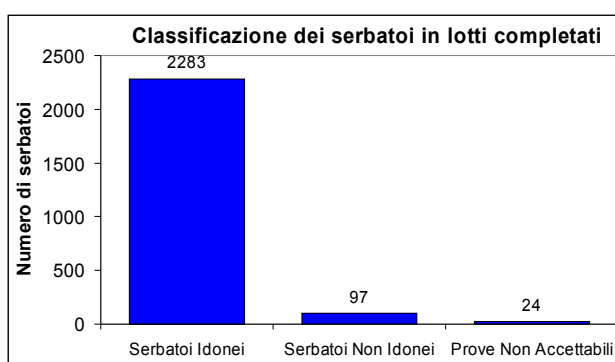


Figura 13 – Distribuzione rappresentativa della situazione concernente le prove relative ai lotti completati

6 L'AGGIORNAMENTO DELLA PROCEDURA EA

E' evidente che l'analisi dei dati conseguiti dall'attività in campo ha fornito spunti di riflessione e preziose indicazioni per interventi di messa a punto della procedura EA.

La revisione della procedura, del resto, era una delle fasi di lavoro programmate da tempo dal Gruppo di Lavoro dell'ISPESL, e per altro già annunciata proprio nella Sezione 1 "Scopo e campo di applicazione" della edizione del Dicembre 2004.

E' subito da dire che, da quanto è complessivamente risultato dalla sua applicazione estesa, il giudizio del Gruppo di Lavoro sulla Revisione 0 è comunque positivo. Sono comunque state evidenziate delle deficienze che meritavano di essere ridimensionate e sulle quali fu avviato un procedimento di perfezionamento.

Prima di passare alla descrizione delle direttrici sulle quali il Gruppo di Lavoro è stato impegnato nell'aggiornamento della procedura, si vuole qui ancora una volta ribadire che fu scelta precisa e determinata quella di mantenere, soprattutto nella fase di avvio, un atteggiamento fortemente cautelativo a livello operativo e conservativo nella definizione dei criteri di accettabilità delle prove e di idoneità ai fini della classificazione del serbatoio e del suo lotto omogeneo di riferimento. Era inoltre ampiamente previsto che solo una successiva ulteriore indagine su quei serbatoi risultanti potenzialmente più critici sulla base delle prove condotte con tecnica basata sul metodo EA e successivamente ispezionati con metodologie tradizionali, potesse consentire una revisione meno severa dei criteri di valutazione.

Nel concreto, tra gli interventi di messa a punto più significativi della procedura EA nella Revisione 1 emanata nel Luglio 2006 si evidenziano i seguenti:

1. revisione delle condizioni di interruzione precauzionale e successivo arresto d'emergenza della prova EA;

2. riduzione della pressione massima di prova (p_{max}) al fine di ridurre la probabilità di apertura anticipata della valvola di sicurezza;
3. introduzione obbligatoria della calibrazione manuale con metodo Hsu-Nielsen nelle verifiche funzionali prima e dopo la prova EA;
4. introduzione di un ulteriore periodo di acquisizione e registrazione dell'attività acustica per almeno 5 minuti successivamente al raggiungimento di p_{max} al fine di meglio discriminare eventuali significativi processi corrosivi in atto;
5. introduzione di un filtro in acquisizione che escluda la registrazione di hit con Duration inferiore a qualche decina di μs che sono riconducibili a fenomeni di carattere elettrostatico;
6. revisione dei limiti di accettabilità del rumore di fondo;
7. introduzione di un filtro di tipo *cluster* geometrico che riconducesse l'analisi EA esclusivamente su eventi EA fisicamente coerenti con la geometria del serbatoio;
8. revisione dei criteri di idoneità per la classificazione dei serbatoi con differenziazione in ragione della consistenza dei lotti di riferimento;
9. opportunità di verificare periodicamente la sensibilità dei sensori EA in dotazione agli Organismi Competenti presso la struttura ISPESL dedicata;
10. revisione delle modalità di scrittura e trasmissione dei Rapporti di Prova elaborati dagli Organismi Competenti al CeBaDEA per rendere meno caotico l'inserimento dei dati e più facilmente verificabile l'attendibilità dei risultati.

In particolare la classificazione dei serbatoi con differenziazione in ragione della consistenza dei lotti di riferimento è stata introdotta con l'obiettivo di pervenire a diverse condizioni di equilibrio tra la garanzia di un livello di sicurezza comunque ammissibile compatibilmente ad un impatto economico delle verifiche pienamente sostenibile.

7 LA DISTRIBUZIONE DEI VALORI DI γ

La distribuzione complessiva dei valori di γ ottenuti nella 10117 prove accettabili, raggruppati in bin di ampiezza pari a 0,05, è mostrata nella fig. 14.

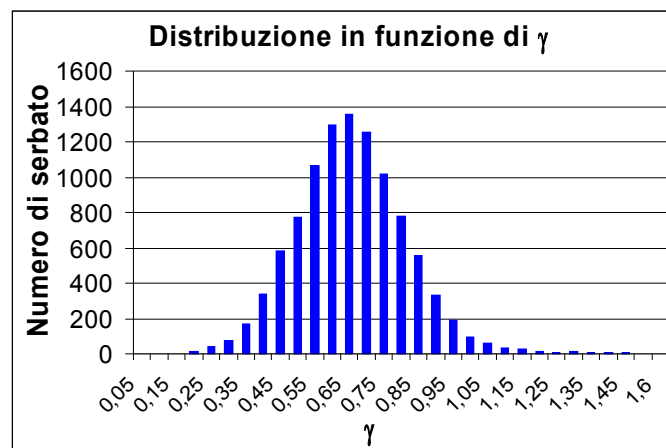


Figura 14 – Distribuzione dei valori di γ relativa alle 10117 prove accettabili

L'elemento più importante, ed anche il più appariscente, è che essa risulta approssimata in modo eccellente da una gaussiana, come evidenziato in fig. 15. I parametri della distribuzione sono: media 0,657, deviazione standard 0,161. il valore di *skewness* positivo (0,46) testimonia di una piccola asimmetria in favore della coda ad alti γ .

Questo risultato, benché apparentemente banale, risulta al contrario estremamente significativo. Esso infatti supporta fortemente l'ipotesi che anche all'interno dei singoli lotti le distribuzioni dei valori di γ siano gaussiane. Poiché tale ipotesi è parte integrante della procedura EA, per quanto riguarda sia lo schema di indagine del lotto, sia il criterio di classificazione del lotto, questo risultato elimina o almeno attenua fortemente eventuali dubbi sulla legittimità statistica del percorso seguito nella procedura EA.

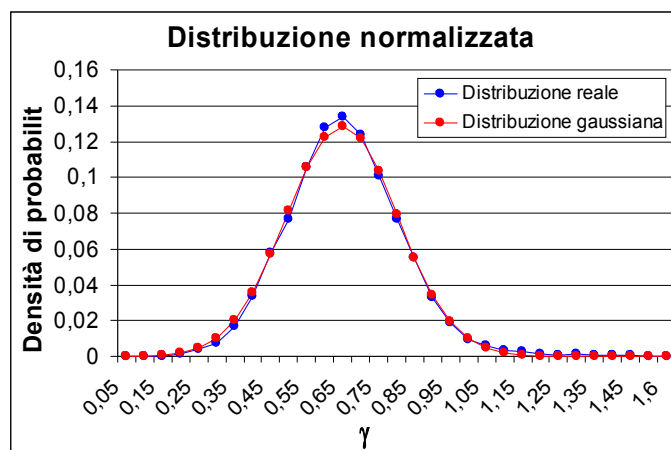


Figura 15 – Confronto con la distribuzione gaussiana

La deviazione da una forma gaussiana nella estreme code, benché statisticamente significativa sul singolo bin, è priva di conseguenze per la determinazione della frazione di serbatoi il cui valore di γ supera il valore γ_{lim} . L'integrale della distribuzione sperimentale per $\gamma \geq 0,95$ scarta infatti da quello previsto da una distribuzione gaussiana con i parametri sopra indicati per meno del 5%.

Infine, data la mole notevole dei dati relativi a prove già eseguite (circa 10000) il dato è estremamente stabile, ovvero è praticamente certo che i risultati ottenuti, compresa la frazione di serbatoi con $\gamma > \gamma_{lim}$, non subiranno in futuro significative variazioni.

7 CONCLUSIONI

A circa un anno e mezzo dalla sua attivazione, l'applicazione della procedura EA dell'ISPESL ai fini della riqualificazione dei serbatoi per GPL interrati ha ormai raggiunto un buon livello di stabilizzazione del sistema che autorizza a sciogliere molte delle riserve all'origine paventate da alcuni esperti del settore delle verifiche.

Indubbiamente, tale approccio costituisce, nel settore specifico delle PND a livello nazionale, un elemento fortemente innovativo rispetto a come vengono tradizionalmente intesi i controlli non distruttivi in campo ingegneristico-impiantistico.

I risultati presentati dimostrano, al di là dei necessari interventi di "taratura" del sistema nella fase di *start-up*, che l'impianto della procedura EA è nel complesso robusto, anche perché supportato da un sistematico lavoro di analisi dei dati svolto dal CeBaDEA.

In definitiva, l'impatto che la metodica ha determinato a livello nazionale sembra aver prodotto risultati sicuramente positivi.

Il livello di idoneità dei serbatoi si attesta intorno al 3,5 – 4%. Valutati i risultati di simili attività certificative condotte in altri paesi europei alla luce delle diverse condizioni ambientali e del diverso approccio (statistico in Italia, individuale in altri paesi), esso è del tutto in linea con quanto ci si poteva attendere. Pur non escludendo future ulteriori piccole revisioni dei limiti, è possibile affermare questi valori non saranno soggetti a variazioni significative.

La distribuzione dei valori di gamma è approssimata in modo eccellente da una gaussiana. Questo elemento rappresenta un supporto importante alla procedura di classificazione dei lotti, che è stata sviluppata in questa ipotesi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] D.M. 17 gennaio 2005 "Procedura operativa per la verifica decennale dei serbatoi interrati per GPL con la tecnica basata sul metodo delle emissioni acustiche", pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 15 della Gazzetta Ufficiale del 7 febbraio 2005
- [2] D.M. 23 Settembre 2004 "Modifica del decreto del 29 febbraio 1988, recante norme di sicurezza per la progettazione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di gas di petrolio liquefatto con capacità complessiva non superiore a 5 m³ e adozione dello standard europeo

EN 12818 per i serbatoi di gas di petrolio liquefatto di capacità inferiore a 13 m³”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 243 del 15 ottobre 2004

- [3] EN 12818 “Inspection and requalification of LPG tanks up to and including 13 m³ underground”