

SORGENTI ELF IN AMBIENTI DI LAVORO: RISULTATI PRELIMINARI DI UNA CAMPAGNA DI MISURE IN AMBIENTI INDUSTRIALI

**Marco Valentini⁽¹⁾, Michele Bruno⁽²⁾, Maurizio Diano⁽¹⁾, Pasquale Samele⁽¹⁾,
Ignazio Di Gesu⁽¹⁾**

⁽¹⁾ ISPESL - Centro Ricerche di Lamezia Terme (CZ)

⁽²⁾ Italsistemi, Crotona

INTRODUZIONE

Nonostante il D.Lgs. 81/2008 consenta un rinvio all'obbligo della valutazione delle esposizioni ai campi elettromagnetici, la molteplicità delle potenziali sorgenti, in particolare nel campo delle ELF, suggerisce, indipendentemente dagli obblighi di legge, di studiare l'andamento dei livelli di induzione magnetica in particolari ambienti di lavoro al fine di verificare la presenza di possibili rischi da effetti acuti.

Il lavoro presenta i risultati preliminari di una campagna di misura dei livelli di induzione magnetica nel campo delle ELF acquisiti in una importante realtà industriale del crotonese nel quale si ha la presenza di diverse cabine di trasformazione a media-bassa tensione e di complessi gruppi di controllo e distribuzione della corrente di alimentazione degli impianti presso i quali il personale addetto è normalmente impegnato. Tali sistemi sono tutti potenziali sorgenti di emissioni elettromagnetiche la cui entità è stata valutata con l'obiettivo di avere una conoscenza, anche se preliminare e non del tutto esaustiva, dei livelli di esposizione a cui potrebbero essere esposti i lavoratori nell'ambito del proprio lavoro.

1 - LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli articoli 206-212 del Capo IV Titolo VIII del decreto legislativo 81 del 9 aprile 2008 (Testo unico in materia di sicurezza sul lavoro) contengono le nuove norme in materia di prevenzione e protezione dei lavoratori dalle esposizioni ai campi elettromagnetici che a ben ragione possono essere considerati come i dispositivi attuativi della legge quadro 36/2001. Questa, infatti, nel definirne le finalità all'art. 1 recita al punto a) "assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione". In effetti l'iter normativo per quanto concerne la protezione da questo agente fisico è stato piuttosto travagliato e la sua attuazione non è ancora completamente definitiva. L'emanazione del decreto 257/07, che andava a

modificare il Dlgs. 626/94 introducendo il titolo V-ter, è ispirato certamente alla legge 36/2001 che, come detto, per i lavoratori attendeva l'attuazione e rappresentava nel contempo il recepimento del nostro Stato della Direttiva Europea 2004/40/CE sulla protezione dai rischi derivanti dall'esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici. Esso, tuttavia, ha avuto un periodo di cogenza limitato a poche settimane, infatti il 30 aprile 2008 era la data a partire dalla quale valeva il 257/07 ma l'entrata in vigore dal 15 maggio 2008 del testo unico lo ha di fatto abrogato insieme alla 626/94. Tuttavia nelle norme transitorie del testo unico si legge: "... le disposizioni di cui al titolo VIII, capo IV entrano in vigore alla data fissata dal primo comma dell'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE...". Quest'ultima però è stata rettificata dalla direttiva 2008/46/CE del 23 aprile 2008 disponendo all'articolo 1 che "gli stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative regolamentari e amministrative per conformarsi alla presente direttiva entro il 30 aprile 2012. Essi ne informano immediatamente la Commissione."

Comunque bisogna tenere conto che sono immediatamente vigenti, con efficacia sanzionatoria di 90 giorni successivi alla data di pubblicazione del decreto 81/08, le disposizioni generali sulla protezione dei lavoratori dai rischi provenienti dagli agenti fisici contenuti al Capo I del titolo VIII del testo unico. In particolare l'articolo 180 definisce gli agenti fisici di interesse della norma: "Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori" e continuando al secondo comma: "Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II, per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il capo III, per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il capo IV, per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il capo V"

Mentre l'articolo 181, anche in virtù del richiamo al più generale articolo 28 sulla valutazione dei rischi, richiede al datore di lavoro la valutazione dei rischi a tutti gli agenti fisici con la conseguente adozione delle opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica indipendentemente dall'entrata in vigore dei successivi capi specifici.

Su tali considerazioni alcune hanno iniziato il censimento delle proprie apparecchiature disponendo talvolta anche delle campagne di misura al fine di realizzare una mappatura dei livelli di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico a cui potrebbero potenzialmente essere esposti i propri lavoratori. Tali conoscenze danno peraltro agio alla predisposizione di eventuali piani di intervento e risanamento da effettuarsi entro il prossimo quadriennio.

2 - GENERALITÀ E METODOLOGIA DI MISURA

Lo stabilimento preso in considerazione ha come attività lavorativa la produzione di composti intermedi essenziali per la produzione di prodotti detergenti e sottoprodotti chimici quali silicato sodico, Zeolite slurry, zeoliti essiccate e allumina precipitata. L'attività industriale si articola su quattro impianti in ciascuno dei quali

vengono prodotti i composti appena detti ognuno con il proprio silos di stoccaggio. A questa attività si affianca marginalmente quella di produzione di energia elettrica, vapore, acqua demineralizzata e aria compressa.

Il ciclo produttivo è continuo e, pertanto, gli operai turnisti fanno 3 turni di lavoro sulle 24 ore mentre impiegati, quadri, dirigenti e operai giornalieri svolgono la propria attività durante il giorno secondo orari stabiliti dal contratto.

La natura della sorgente di emissione dei campi cui possono potenzialmente essere esposti i lavoratori è il campo elettrico e magnetico generato dalle correnti circolanti alla frequenza di rete (50Hz) in tutti i sistemi sotto tensione.

Le componenti elettriche e magnetiche del campo sono indipendenti e devono essere valutate separatamente, inoltre l'interesse protezionistico è rivolto soprattutto alla stima del campo magnetico dato che il campo elettrico risulta quasi completamente schermato dalla strutture murarie delle abitazioni e ad ogni modo attenuato da qualsiasi ostacolo come recinzioni e pannellature metalliche, solai, muri, vegetazione d'alto fusto ecc.

Diversamente il campo magnetico non risente in modo significativo di eventuali strutture interposte ed il suo abbattimento avviene, anche rapidamente, solo in ragione della distanza. Inoltre, mentre il campo elettrico è generato dalla differenza di potenziale tra i conduttori in sotto tensione e si mantiene costante nel tempo, il campo magnetico è generato dal passaggio di corrente negli stessi conduttori.

La corrente circolante dipende dal carico e quindi dalla richiesta di energia da parte di tutte le utenze asservite alla cabina di trasformazione che serve quel particolare modulo produttivo.

Per questo motivo i valori di corrente hanno una certa variabilità temporale che tuttavia può ritenersi piuttosto limitata durante la fase di lavorazione standard.

Al fine di porsi nella condizione di massima esposizione (worst case) la valutazione dell'induzione magnetica è stata effettuata eseguendo una serie di misure in prossimità delle sorgenti e, una volta terminata questa fase, considerando quale valore di riferimento il valore massimo registrato.

Infatti in ogni ambiente monitorato si sono effettuate una serie di misure spot in modo da avere una idea dei valori di campo presenti e successivamente si sono registrati in max hold i valori massimi ad un'altezza di circa 1,1-1,3 m dal piano di calpestio.

Questa è generalmente l'altezza utile per la caratterizzazione dell'esposizione umana tuttavia, in diversi ambienti si è scelto di monitorare anche ad altezze diverse. In particolare a 1,8 m a 1,2 m e talvolta anche in prossimità del pavimento al di sotto del quale spesso corrono i tracciati delle linee che portano la corrente.

Negli ambienti caratterizzati da quadri controllo separati nelle funzioni ma uniti tra di loro e, pertanto, lunghi anche diversi metri, dopo aver fatto, come appena detto, una rapida valutazione sull'intero apparato si sono scelti due o tre punti, generalmente i due stremi e la parte centrale, che sono stati monitorati con maggiore attenzione ed i cui valori sono poi confrontati con i valori suggeriti dalla normativa di riferimento.

3 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure sono state eseguite mediante uno strumento sensibile ai campi elettrici e magnetici nella banda delle ELF e LF (5 Hz - 30 kHz). Con il termine ELF (Extremely Low Frequency) ci si riferisce ai campi aventi frequenze comprese nell'intervallo da 0 Hz fino a circa 300 Hz all'interno del quale rientra la frequenza di 50 Hz oggetto del presente studio. La catena strumentale è costituita da una sonda di campo magnetico interna allo strumento Wandel & Goltermann, modello EFA-300 dotato di una unità di controllo e lettura corredata tramite display a LCD. Tale sonda è uno strumento isotropico (sensori interni triassali) in modo tale che il valore istantaneamente letto è pari al valore efficace del campo. Tale valore è quello che è preso come riferimento dalla normativa nazionale ed internazionale.

Dai data-sheets della strumentazione, dalla letteratura e dall'esperienza maturata possiamo ritenere fondata la valutazione dell'errore da associare ad ogni rilievo nella misura del 20%.

4 - RISULTATI DELLE MISURE

Sulla base delle considerazioni testé fatte nella tabella seguente si riportano i valori di induzione magnetica misurata nelle varie postazioni. Ognuna di queste è indicata nella prima colonna così come viene generalmente identificata dal personale dello stabilimento, mentre l'induzione magnetica è riportata nell'ultima colonna. Prima di queste talvolta sono presenti delle ulteriori colonne che specificano la posizione e l'altezza dal piano di calpestio a cui è stato posto il sensore di misura. Le misure sono state effettuate in tutti i posti che vengono anche raramente frequentati dal personale dell'azienda. Infatti allo stato attuale l'interesse specifico è quello di avere una mappatura dei livelli di induzione magnetica piuttosto che una caratterizzazione delle singole macchine o aree di lavoro che invece è rimandato a successive misure.

Tabella 1

Descrizione punto di campionamento	Campo Magnetico [μ T]			
	Sala controllo	0.15		0.27
Sala controllo	0.13			
Sala controllo impianto AP Slurry	0.18		0.17	
Sala quadri impianto AP Slurry	0.15	0.17	0.14	0.15
Distribuzione acqua demi	1.27	5.0	2.7	0.35
C 2	Pannelli 11/12		Pannelli 14/15	
	226 a 160 cm		430 a 160 cm	
	2,8 a suolo		2,9 a pavimento	
TR1 Trasformatori	26 a 160 cm e 29 a pavimento			
	52 a 160 cm e 47 a pavimento			
TR2 Trasformatori	Stessi valori di TR1			

Sala quadri della C 2 primo piano	Quadro QBT2/TR1		Quadro luce		Telegroup					
	18 a 160 cm		1,60 a 160 cm		7					
	8 a pavimento		0,5 a pavimento							
Cabina di distribuzione impianto AP Slurry	8,4 a 160 cm 4,5 a pavimento									
MCC 5	13		14		15		16			
	180 cm	A pav.	180 cm	A pav.	1,80 m	A pav.	1,80 m	A pav.		
	1,6	1,5	4,6	2,4	7,8	8,20	17,6	8,80		
Sala controllo zeoliti Slurry	Console			Sala strumenti		Sala analisi				
	0.53			Max 0.87 Medio 0.340		0.20				
MCC 6	A sinistra		Al centro		A destra					
	A 1,80 m	A pav.	A 1,80 m	A pav.	A 180 cm	A pav.				
	10	14,5	20	51	6,27	11,6				
C 5	Quadro QMT5				3					
	Quadro B				46					
	Quadro D				12					
	Quadro E				21,20					
	Alimentatori				5					
	Arrivo linea da cabina C 1				8					
	QBT2/A				4					
	QBT2/B				18					
	Trasformatori C 5				125		70		189	
	Rifasamento C 5				26		16			
	Trasformatore sala rifasamento da 500/220				22					
	Sala quadri distribuzione 220 V				5,2					
Laboratorio Chimico	Locale cappa chimica				0.30					
	Locale assorbimento atomico				0.45					
MCC 1:4	MCC1				17,8					
	MCC2				22,9					
	MCC3				17					
	MCC4				2 a 180 cm --- 4,2 a pav.		6 a 180 cm ---- 6 a pav.		1,7 a 180 cm ----- 9,7 a pav.	
Trasformatore Turbogas	Cancello esterno				13,60					
	Interno				57					
Sala distribuzione impianto AP essiccante	0.48				Alla postazione 0.22					
Cabina AP essiccante	Alimentazione batteria				126					
	Quadri				10,7					
	Quadri (retro)				1,8					
	Max 26,70 mT									
MCC silicati	Quadro lungo				A dx 7,5 ----- a sx 8					
	3									
Sala controllo	0.17									
C 1	Distribuzione				6,3					
	Arrivo da Turbogas				18,40					
	0.270									
Cabina ext	Esterno				0.15					
	Quadri				Da 1 a 4					
	Al trasformatore				39					
	In prossimità della scala				4,5					
	Arrivo Enel - uscita alimentazione pozzi				0.78					

dove la cabina di trasformazione C1 è di solo ricevimento della 20000 V dal modulo turbogas, se dovesse subentrare un problema al turbogas allora automaticamente interverrebbe la rete ENEL sempre con la 20000 V. Il trasformatore turbogas trasforma da 6000 V a 20000 V. Le cabine di trasformazione C2 e C5 sono di trasformazione da 20000 V a 500 V e 220 V rispettivamente mentre i quadri

denominati con MCC sono moduli attraverso i quali avviene la distribuzione. In particolare i pannelli 11-17 sono quadri di distribuzione della 500 V a varie utenze.

5 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Pur non essendo ancora sanzionabili in relazione al Titolo VIII capo IV del D.lgs 81/08 eventuali superamenti dei livelli di campo elettromagnetico, quanto in esso contenuto resta di fatto il riferimento elettivo per la valutazione dei rischi da campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici che, tra l'altro, riprende quelli riportati nelle linee guida ICNIRP. In particolare vengono definiti all'articolo 207 il valore limite di esposizione e il valore di azione. I valori limite di esposizione sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche e il rispetto di tali limiti garantisce la protezione dei lavoratori dagli effetti nocivi a breve termine conosciuti allo stato attuale. I valori di azione rappresentano invece l'entità dei parametri direttamente misurabili, campo elettrico (E), induzione magnetica (B) densità di potenza (S), che determinano l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel Capo IV. Il rispetto dei valori di azione assicura il rispetto dei corrispondenti limiti di esposizione. Per quanto riguarda le frequenze che interessano questo studio (50 Hz) il valore di azione è stabilito essere pari a $500\mu\text{T}$.

I valori riportati in tabella sono stati acquisiti, come detto, posizionando lo strumento, talvolta a diverse altezze, in prossimità di camminamenti, postazioni di lavoro dei lavoratori. La distanza a cui è stato mantenuto il sensore replicava approssimativamente la distanza del piano a cui si sarebbe trovato il corpo dell'operatore eventualmente impegnato a lavorare su quel particolare modulo o apparato. Il valore dell'induzione magnetica riportata in tabella è il valore massimo registrato sul piano appena descritto posizionando il sensore in modo da valutare i livelli di induzione magnetica per l'intera larghezza dell'apparato sotto tensione. Per quanto riguarda gli ambienti classificabili come uffici è evidente come i livelli di induzione magnetica registrati siano in linea con i livelli di fondo ritrovabili in aree mediamente urbanizzate e molto lontani dal valore di azione. In effetti anche per i nei locali che ospitano le cabine di trasformazione o in prossimità dei trasformatori i valori misurati pur non essendo più confrontabili con quelli normalmente rintracciabili in ambiente urbano si mantengono al di sotto del valore di azione. In questo contesto un discorso a parte forse merita la cabina di trasformazione C2 nella quale in prossimità di alcuni moduli di distribuzione della 500 V a varie utenze si sono registrati che superano i $400\mu\text{T}$. In particolare all'altezza di circa 180 cm dal piano di calpestio e a circa 20-30 cm di distanza dal pannello di controllo il valore massimo misurato è stato di $430\mu\text{T}$ che a meno dell'errore è inferiore al limite di azione. Tuttavia assumendo una posizione conservativa ovvero che l'errore si vada a sommare alla misura, allora il valore che ne risulterebbe, cioè $513\mu\text{T}$ supererebbe, anche se di poco, il valore di azione posto pari a $500\mu\text{T}$. C'è inoltre da dire che è stato verificato che avvicinando ulteriormente il sensore al pannello di controllo il valore di induzione magnetica si incrementava in funzione della distanza e pur non essendo plausibile che un operatore lavori a distanza tanto ravvicinata è pur vero che comunque braccia e mani si portino a contatto con leve e pulsanti di controllo.

Nell'ottica del miglioramento delle condizioni lavorative e del raggiungimento di obiettivi di qualità, e ponendo tra questi ultimi anche il controllo dei livelli di induzione magnetica a cui possono potenzialmente essere esposti i lavoratori, in prima battuta si potrebbe approfondire lo studio dei livelli campo, dei gradienti in funzione della distanza dai pannelli. Sulla base dei nuovi risultati l'accesso a questa area potrebbe essere limitato solo a particolari lavoratori per i quali potrebbe prevedersi una sorveglianza sanitaria. Nel contempo in prossimità dei moduli 11-17 della cabina C2 si potrebbe utilizzare il naturale decremento del valore di induzione magnetica con la distanza prevedendone una delimitazione fisica che eviti accidentali contatti.

In conclusione in una realtà industriale quale quella investigata i livelli di induzione magnetica misurati nonostante la presenza di numerose cabine di trasformazione confermano l'ottimizzazione progettuale ed organizzativa. Si ritiene che le criticità evidenziate possano essere superate attraverso azioni tipo quelle appena proposte la cui validità potrà essere valutata nel tempo e che comunque rappresenta un buon inizio verso l'attenzione che occorre prestare alla prevenzione ed alla valutazione dei rischi provenienti dalle potenziali esposizioni a campi elettromagnetici nello spirito della legge quadro 36/01 e del testo unico 81/08.

6 - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998). "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)". Health Physics, Vol. 74, N. 4.
- [2] CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento alla esposizione umana" 2001-01
- [3] Direttiva 2004/40/CE del parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004. G.U.C.E. 24 maggio 2004, n° L 184
- [4] Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257 "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) G.U. n. 9 dell' 11 gennaio 2008
- [5] Direttiva 2008/46/CE del parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2008. G.U.C.E. 26 aprile 2008, L 114
- [6] Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici con frequenza da 0 Hz a 300 GHz. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L 199/62 del 30/7/1999.
- [7] Legge 22 febbraio 2001, n° 36 "legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".
- [8] DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- [9] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF)

electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).

- [10] OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) Electromagnetic fields and public health. Exposure to extremely low frequency fields. Fact sheets n° 322 June 2007 (www.who.int/peh-emf).
- [11] Comunicato stampa IARC- Lione (Francia), 27 giugno 2001.