



# Le direttive ATEX

## Il controllo delle atmosfere esplosive tramite inertizzazione

---

ATS della Città Metropolitana di Milano

SC PSAL – SS Sicurezza Elettrica

dott. Mauro Baldissin – Tecnico della prevenzione

17.05.2016

Un approccio decisamente da evitare:

“ ... non è mai successo niente”



Sistema Socio Sanitario



ATS Milano  
Città Metropolitana

25 novembre 2006: oleificio in provincia di Perugia  
Esplosione di un silo contenete residui di lavorazione,  
durante lavori di manutenzione



Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

15 maggio 2006: fabbrica di produzione vernici a Pisogne (BS)  
Innesco dei vapori di solvente fuoriuscita da una cisternetta



Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

17 luglio 2007 MOLINO CORDERO Fossano (Cuneo)  
Esplosione di polveri di farine, cereali, sottoprodotti di macinazione



Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

7 febbraio 2008 - Imperial Sugar Refinery – Port Wentworth – Georgia  
(USA) 13 morti 42 feriti



# Direttive europee

## ATEX

**Direttiva 1999/92/CE**



*Direttiva sociale*

Tratta dei requisiti minimi in materia di sicurezza dei lavoratori contro le esplosioni

DLgs 81/2008 - Titolo XI

Destinatari principali:  
datori di lavoro

Analisi dei rischi

- classificazione in zone
- analisi sorgenti di accensione
- valutazione
- documenti, verifiche, manutenzioni ecc.

**Direttiva 1994/9/CE**  
**Direttiva 2014/34/UE**



*Direttiva di prodotto*

Tratta dei RES e marcatura CE di apparecchi e sistemi di protezione destinati all'utilizzo in atmosfere potenzialmente esplosive

DPR 126/1998

Destinatari principali:  
fabbricanti

Requisiti dei prodotti

- gruppi e categorie
- test, certificazioni, audit di qualità
- dichiarazioni CE, marcatura CE
- istruzioni per l'uso

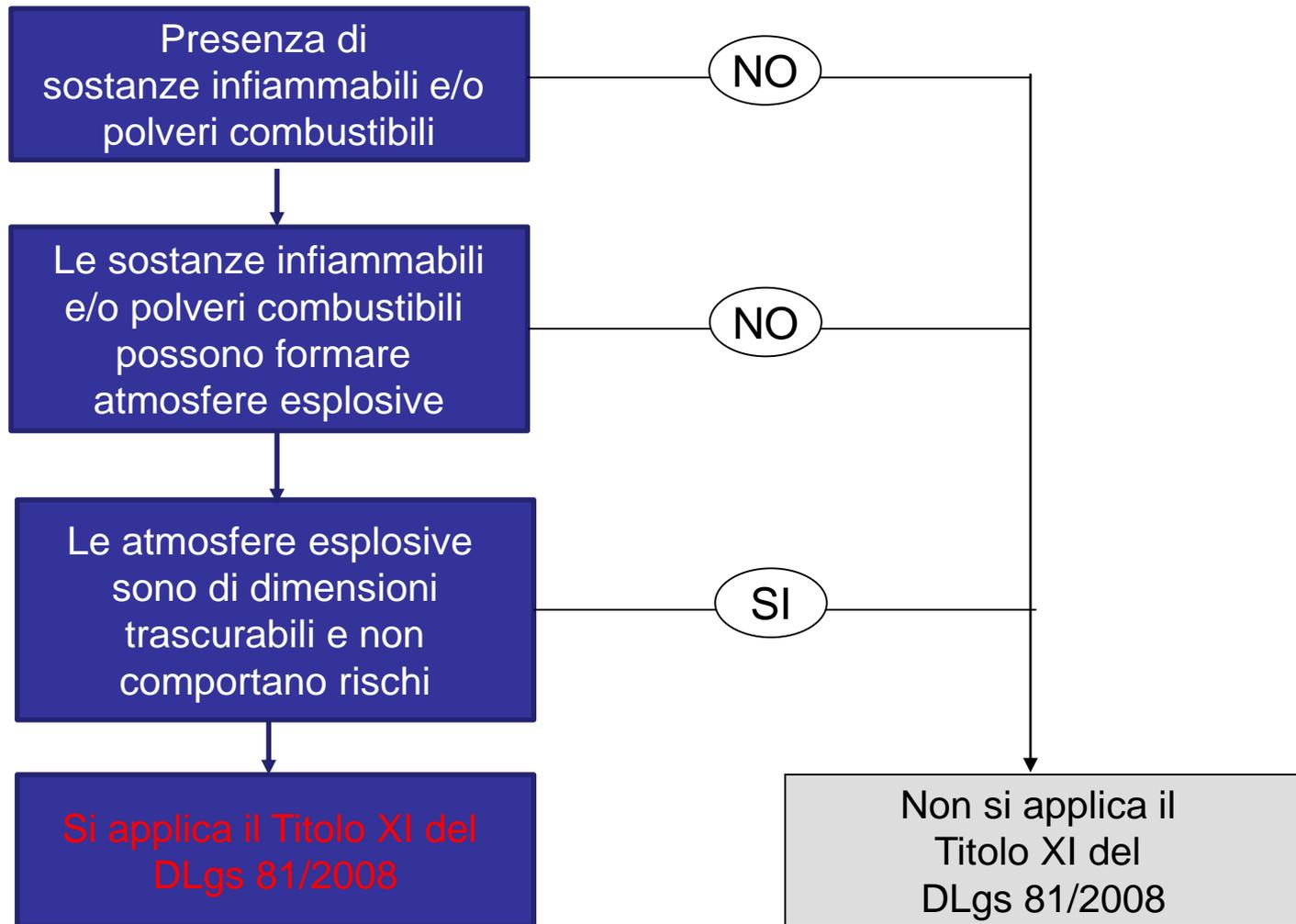
Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

# Direttiva sociale



Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

## DLgs 81/2008, articolo 287 - Campo di applicazione

In sintesi: tutti i luoghi di lavoro ove possono essere presenti atmosfere esplosive dovute a gas/vapori/nebbie/polveri inclusi i lavori in sotterraneo



Industria chimica



Raffinerie



Riciclaggio



Discariche  
Ingegneria edile



Industria del legno



Industria farmaceutica



Agricoltura



Fornitura gas



Verniciatura



Industria alimentare e mangimistica



Metallurgia



Lavorazione materie plastiche



Smaltimento

Sistema Socio Sanitario

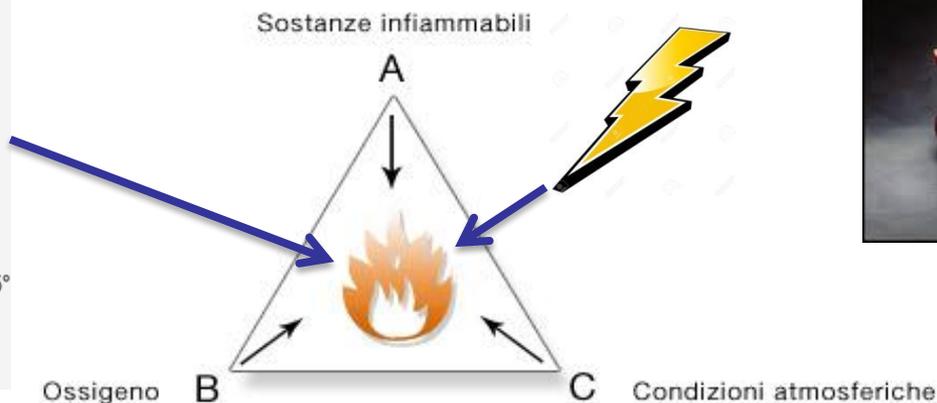
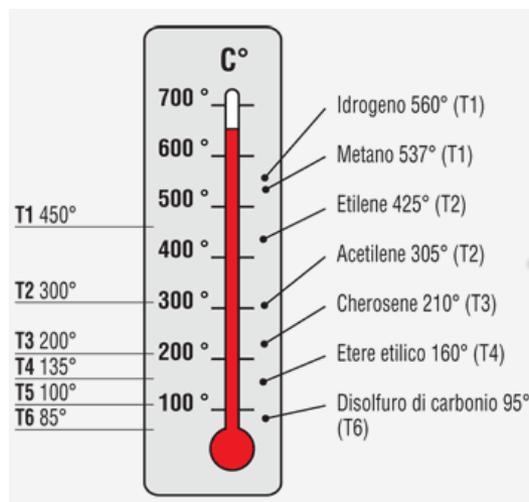


Regione Lombardia

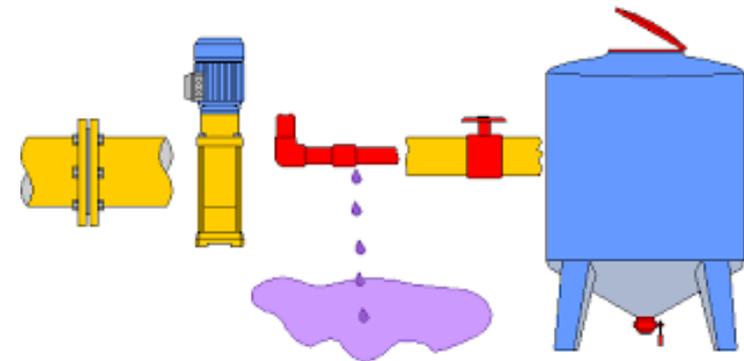
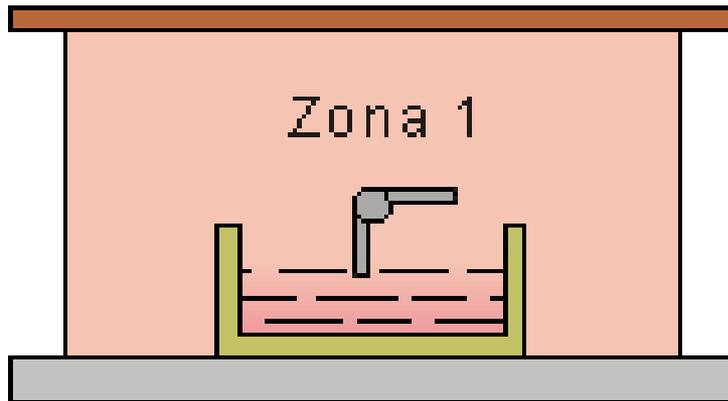
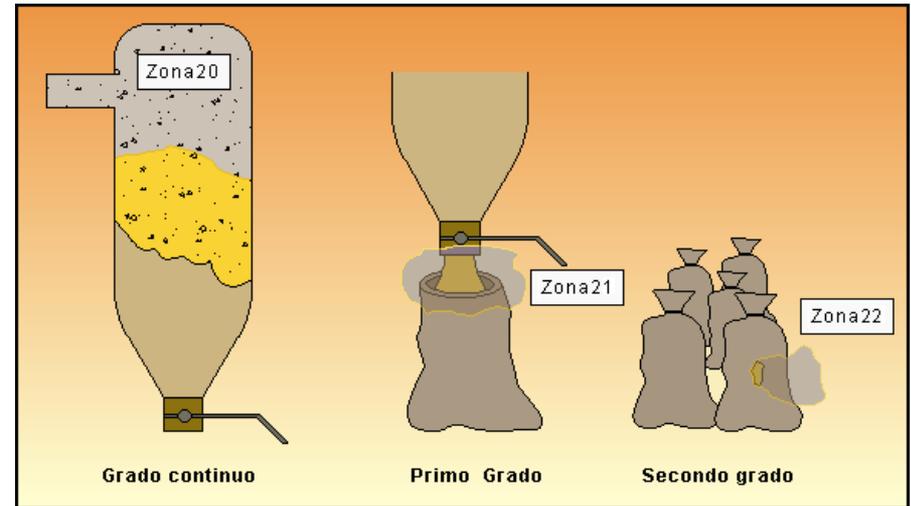
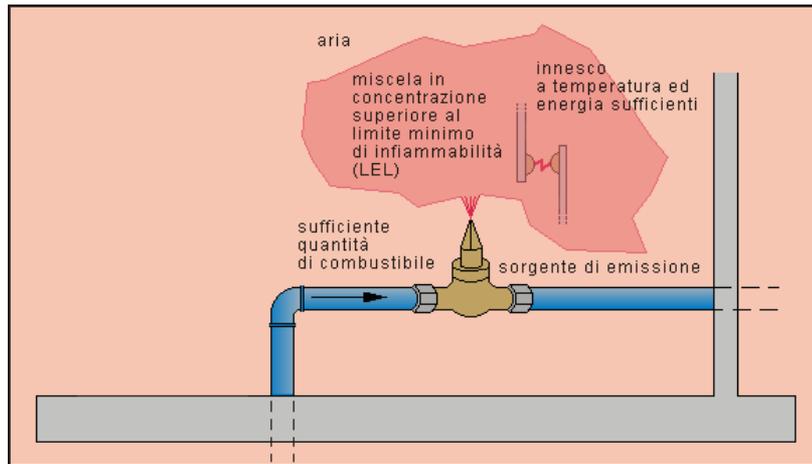
ATS Milano  
Città Metropolitana

## DLgs 81/2008, articolo 288 - Definizioni

1. Ai fini del presente Titolo, si intende per: «*atmosfera esplosiva*» una miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo l'accensione, la combustione si propaga nell'insieme della miscela incombusta.



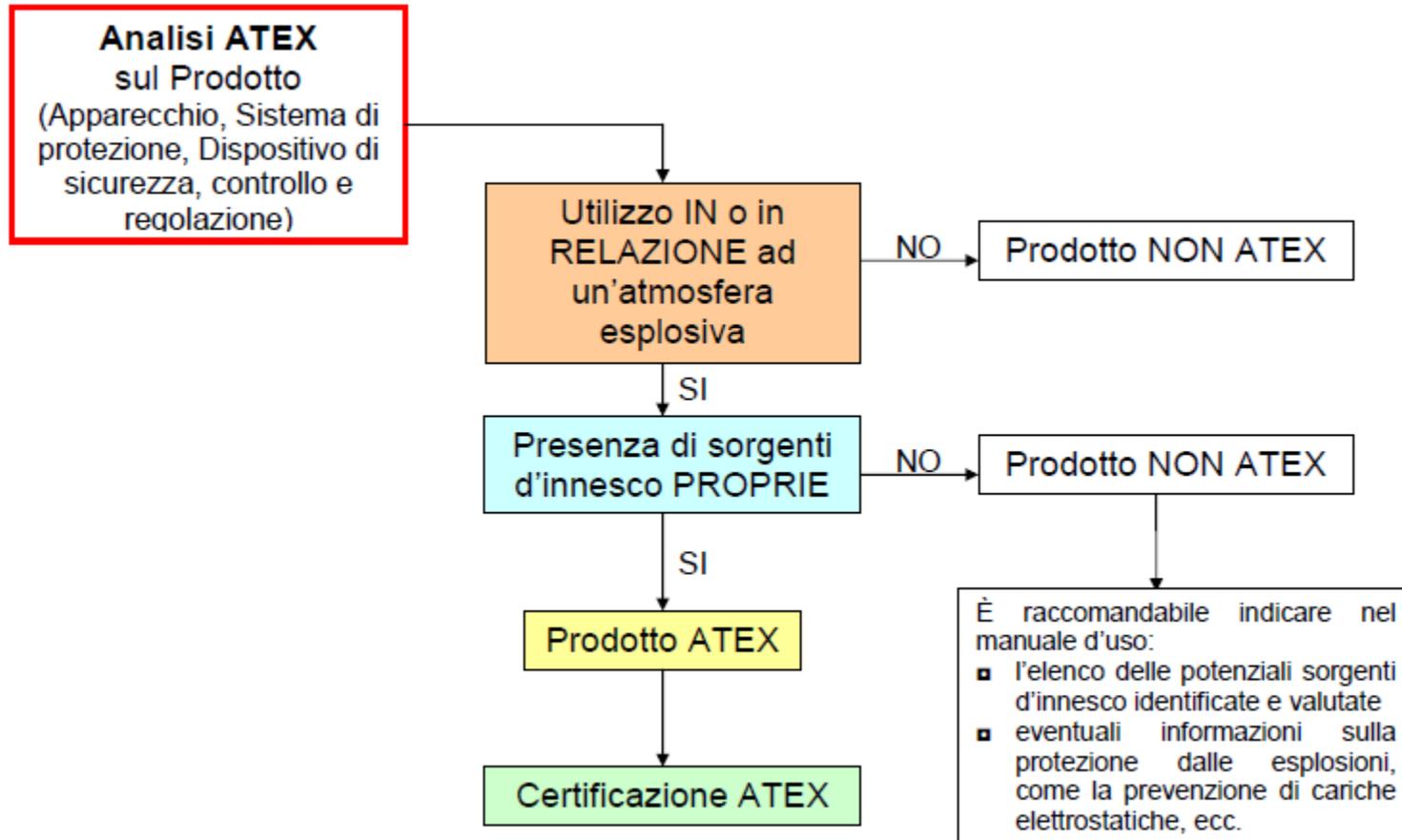
## Sorgenti di emissione



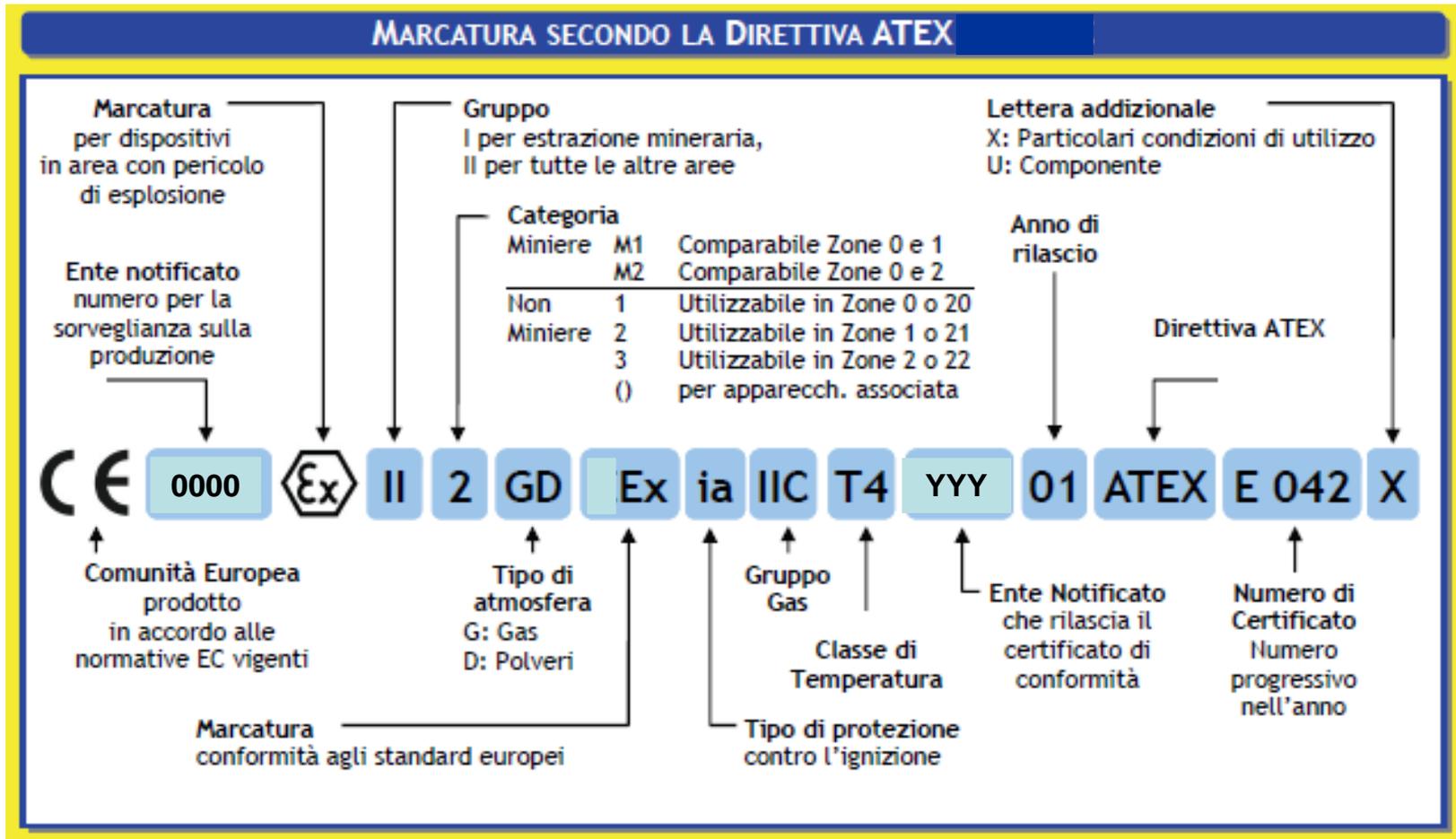
## Classificazione in zone

Zona 0 / 20	Area in cui è <b>presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva</b> consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia / sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria
Zona 1 / 21	Area in cui la formazione di <b>un'atmosfera esplosiva</b> , consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia / sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria <b>è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività</b>
Zona 2 / 22	Area in cui durante le normali attività <b>non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva</b> consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia / sotto forma di nube di polvere combustibile <b>o, qualora si verifici, sia unicamente di breve durata</b>

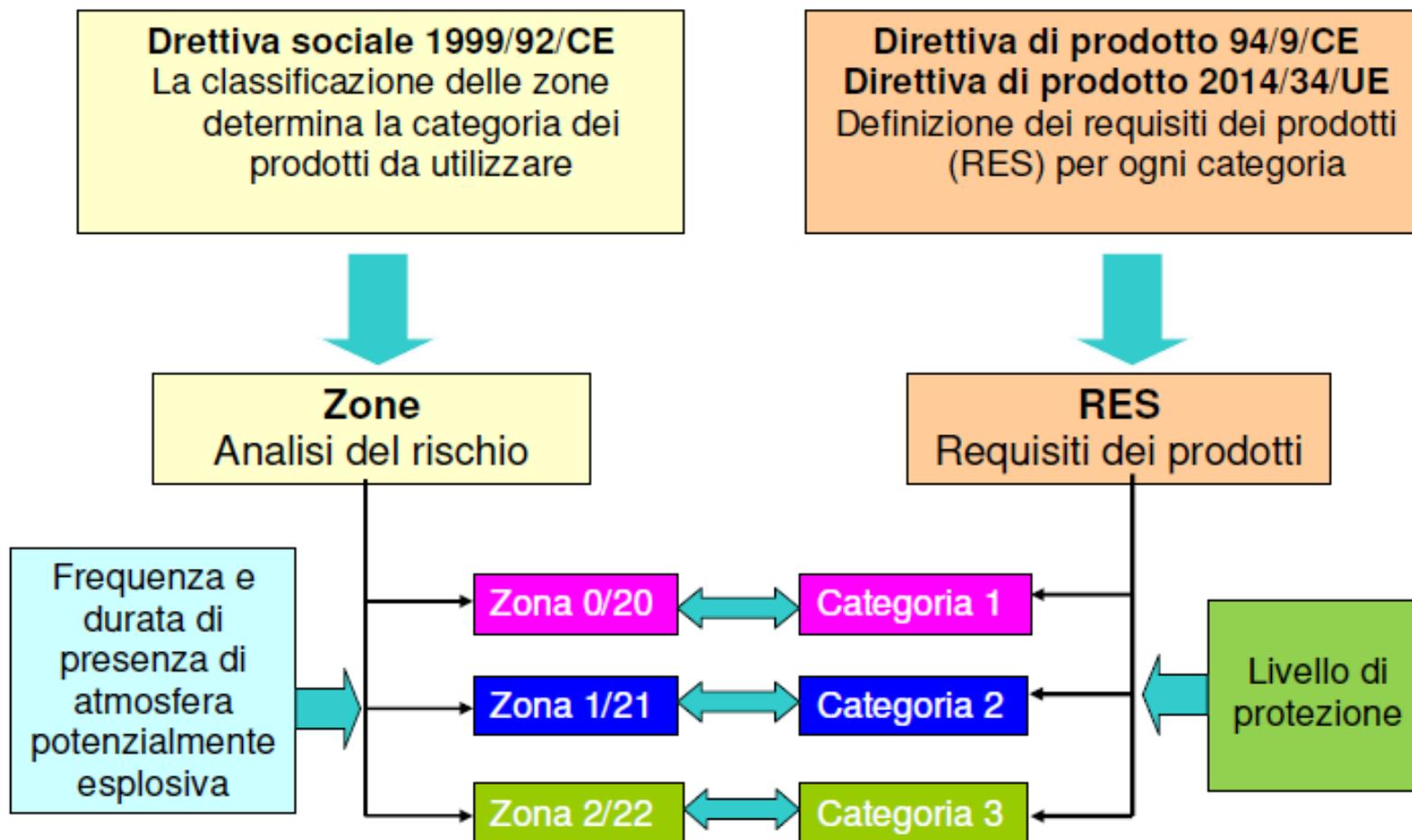
# Direttiva di prodotto



# Prodotti - marcatura



# Direttive ATEX



# Direttive ATEX - vigilanza

Direttiva di prodotto: 1994/9/CE - 2014/34/UE

DPR 126/1998, art. 9, c.1

*“La vigilanza sull'applicazione del presente regolamento e' demandata al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato”* (ora Ministero dello Sviluppo Economico)



**“Sorveglianza del mercato”**

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

## Direttiva sociale: 1999/92/CE



DLgs 233/2003

DLgs 626/1994

DLgs 81/2008

### art. 13

*“La vigilanza sull’applicazione della legislazione in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro è svolta dalla **Azienda Sanitaria Locale** competente per territorio ...”*

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

# ***Organi di controllo***

## ***Vigilanza dell'ex ASL di Milano***

### **DLgs 81/2008 - Titolo XI: *Protezione da atmosfere esplosive***



#### **In attività generiche**

(ricarica batterie,  
utilizzo gas naturale,  
...)



#### **In attività specifiche**

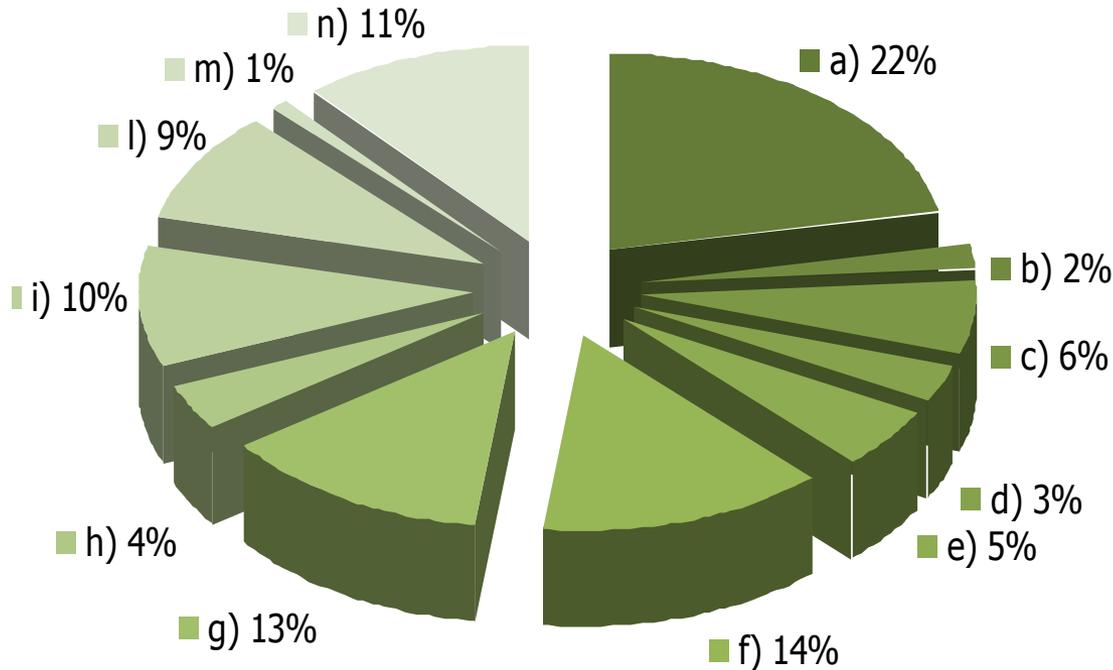
(incidente rilevante,  
chimico, rifiuti, alimentare,  
autocarrozzerie,  
distribuzione carburanti,  
...)



#### **Omologazione installazioni elettriche (ed elettroniche)**

(art. 296)

## Report ispezioni Atex nel comparto alimentare - 2009



- a) mancanza provvedimenti contro le cariche elettrostatiche
- b) surriscaldamento del prodotto processato
- c) caratteristiche delle polveri non note
- d) affidabilità/disponibilità dispositivi di sicurezza non accertata
- e) omissione verifiche elettriche DPR 462/01
- f) carenze nella classificazione delle zone
- g) omessa analisi delle fonti di accensione su attrezzature esistenti
- h) attrezzature nuove non ATEX
- i) attrezzature non idonee alla zona
- l) omessa registrazione/esecuzione regolare manutenzione
- m) mancanza sistemi di protezione

Circa il 25% dell'attività di vigilanza svolta dalla struttura **Sicurezza Elettrica** è dedicata al settore "ATEX" (Titolo XI del DLgs 81/2008)

## Ispezioni

■ Esito positivo ■ Esito negativo



Sistema Socio Sanitario



ATS Milano  
Città Metropolitana

All'esito **negativo** dei controlli conseguono prescrizioni per l'eliminazione delle situazioni di rischio/irregolarità con provvedimenti sanzionatori:



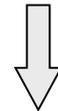
## Segnalazioni al Ministero dello Sviluppo Economico per presunte violazioni al DPR 22.10.2001 n. 462



Se durante l'attività ispettiva, a seguito della visione dei verbali rilasciati dall'Organismo abilitato alle verifiche degli impianti elettrici, l'organo di vigilanza ritiene che sussistano **irregolarità**:

È ad esempio ritenuta **irregolare** una verifica "ATEX" quando:

- effettuata entro due anni dalla messa in servizio dell'impianto nonostante la mancanza dell'omologazione dell'ASL
- ha esito "positivo" nonostante l'assenza di documenti essenziali a corredo dell'impianto
- ha esito "positivo" nonostante la presenza di violazioni alle norme del DLgs 81/2008



effettua  
segnalazione al  
MSE

**Segnalazioni al Ministero dello Sviluppo Economico  
ai sensi dell'art. 70 c.4 - DLgs 81/2008**



Se durante l'attività ispettiva l'organo di vigilanza rileva una “**attrezzatura**” con situazioni di rischio riconducibili al mancato rispetto dei RES indicati dalle direttive di prodotto:



impartisce al datore di lavoro utilizzatore **prescrizione** (DLgs 758/1994) o **disposizione** per rimuovere la situazione di rischio



effettua segnalazione all'autorità nazionale di sorveglianza del mercato



se confermata la non conformità l'ASL territorialmente competente impartisce **prescrizione** (DLgs 758/1994) al fabbricante, distributore, ecc.

# ***Responsabilità***

**Progettisti**  
(DLgs 81/2008,  
DM 37/2008)

**Fabbricanti e Fornitori**  
(Direttiva 1994/9/CE-  
2014/34/UE & DLgs  
81/2008)

**Datore di lavoro**  
(Direttiva  
1999/92/CE  
↓  
DLgs 81/2008)

**Organi di vigilanza**  
(DLgs 81/2008,  
DM 37/2008)

**Installatori**  
(DLgs 81/2008,  
DM 37/2008)

## **DLgs 81/2008 - Titolo XI – Capo II Obblighi del Datore di Lavoro**

Articolo 289 - Prevenzione e protezione contro le esplosioni  
Articolo 290 - Valutazione dei rischi di esplosione  
Articolo 291 - Obblighi generali  
Articolo 292 - Coordinamento  
Articolo 293 - Aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive  
Articolo 294 - Documento sulla protezione contro le esplosioni  
Articolo 294-bis - Informazione e formazione dei lavoratori  
Articolo 296 - Verifiche

Le violazioni sono punite con l'arresto da tre a sei mesi o con l'ammenda da € 2.740 a € 7.014,40 (art. 297 DLgs 81/2008)

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

## DLgs 81/2008 art. 22 - Obblighi dei Progettisti

I progettisti dei luoghi e dei posti di lavoro e degli impianti rispettano i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche e scelgono attrezzature, componenti e dispositivi di protezione rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari in materia.

La violazione dell'art. 22 è punita con l'arresto fino a sei mesi o con l'ammenda da € 1.644,00 a € 6.576,00 (art. 57 c.1 DLgs 81/2008)

Sistema Socio Sanitario



ATS Milano  
Città Metropolitana

## DLgs 81/2008 art. 23 - Fabbricanti e Fornitori

1. Sono vietati la fabbricazione, la vendita, il noleggio e la concessione in uso di attrezzature di lavoro, dispositivi di protezione individuali ed impianti non rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro.
2. ...omissis...

La violazione dell'art. 23 è punita con l'arresto da tre a sei mesi o con l'ammenda da € 10.960,00 a € 43.840,00 (art. 57 c.2 DLgs 81/2008)

## DLgs 81/2008 art. 24 - Installatori

Gli installatori e montatori di impianti, macchine o altri mezzi tecnici devono attenersi alle norme di sicurezza e igiene del lavoro, nonché alle istruzioni fornite dai rispettivi fabbricanti dei macchinari e degli altri mezzi tecnici per la parte di loro competenza

La violazione dell'art. 24 è punita con l'arresto fino a tre mesi o con l'ammenda da € 1.315,20 a € 5.699,20 (art. 57 c.3 DLgs 81/2008)

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

# ***Irregolarità tipiche rilevate***

Non sono **individuate, stimate e valutate** le potenziali sorgenti di accensione nelle attrezzature preesistenti al 01.07.2003

Le potenziali sorgenti di accensione individuate nelle attrezzature preesistenti al 01.07.2003, non sono stimate e valutate **in modo analitico, con riferimento alle norme tecniche applicabili e nelle diverse condizioni operative in funzione della zona di utilizzo**

Gli impianti elettrici preesistenti al 01.07.2003, non sono rivalutati in funzione della nuova classificazione **dovuta alle polveri combustibili**

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

Non sono note le **caratteristiche delle polveri combustibili**

Sono trascurate le sorgenti di accensione dovute alle **cariche elettrostatiche**

Non sono **concretamente** programmate ed effettuate le verifiche e manutenzioni periodiche di attrezzature e impianti

Le verifiche e manutenzioni periodiche di attrezzature e impianti **non sono conformi alle indicazioni dei fabbricanti e alle norme tecniche**

Il *Documento sulla protezione contro le esplosioni* è del tutto **generico** e si riferisce a **misure di protezione tecniche ed organizzative “ipotetiche”** diverse dalle reali procedure e modalità di lavoro

I dispositivi di sicurezza **sono considerati sempre “infallibili”** ovvero **non viene stabilito il livello di affidabilità**

Sono assenti o carenti **procedure per l’esecuzione in sicurezza di lavori di manutenzione, riparazione ecc., anche in ambienti confinati**, durante i quali possono essere presenti atmosfere esplosive

# ***Inertizzazione***

TECHNICAL REPORT

**CEN/TR 15281**

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNISCHER BERICHT

May 2006

---

ICS 13.230

English Version

Guidance on Inerting for the Prevention of Explosions



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

## QUADERNO TECNICO

Autore:  
Tecnico della Prevenzione  
*Dott. Mauro Baldissin*

Responsabile scientifico:  
Dirigente Ingegnere  
*Dott. Ing. Massimo Rho*

### Misure per prevenire la formazione di atmosfere esplosive

#### INERTIZZAZIONE AFFIDABILITÀ DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

#### Esempio



Rev. 00 Gennaio 2015

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO  
S.C. Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro/ S.s. Sicurezza Elettrica  
Via Statuto, 5 - MILANO 20121 - Tel. 02/8578.9344 fax 02/8578.9359  
e-mail: [sicurezzaelettrica@asl.milano.it](mailto:sicurezzaelettrica@asl.milano.it)  
Codice fiscale e P.IVA 12319130154 - sito: <http://www.asl.milano.it>

Sistema Socio Sanitario

Il campo di esplosibilità di un gas sotto date condizioni di processo può essere raffigurato secondo diagrammi a due assi del tipo riportato in Figura 2<sup>11</sup>, il quale rappresenta una miscela propano-ossigeno-azoto.

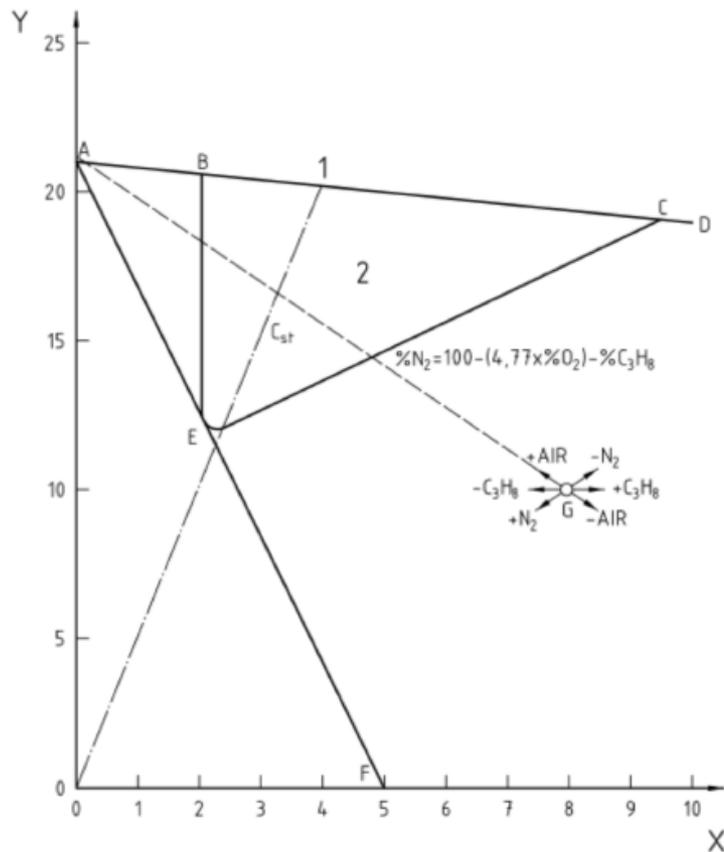


Figura 2 - Diagramma di esplosibilità di una miscela propano-ossigeno-azoto [CEN/TR 15281]

### Legenda

- X = Propano ( $C_3H_8$ ), % v/v
- Y = Ossigeno % v/v
- 1 = Miscele impossibili sopra ABCD
- 2 = BEC Campo d'esplosibilità
- $C_{st}$  = Composizione stechiometrica della miscela combustibile-aria

## 2.1 METODI DI INERTIZZAZIONE

### 2.1.1 INERTIZZAZIONE IN PRESSIONE (PRESSURE SWING INERTING)

Il sistema chiuso deve essere in grado di resistere a sovrappressioni. Il metodo consiste in una serie di cicli di pressurizzazione con gas inerte e sfiato atmosferico, fino a raggiungere il valore di concentrazione di ossigeno previsto.

Dischi di rottura o valvole di sicurezza devono essere compatibili con la pressione da creare.

### 2.1.2 INERTIZZAZIONE SOTTOVUOTO (VACUUM SWING INERTING)

Il sistema chiuso deve essere in grado di resistere a variazioni di pressioni negative rispetto alla pressione atmosferica. Il metodo consiste in una serie di cicli di vuoto e nel successivo ripristino della pressione atmosferica con gas inerte, fino a raggiungere il valore di concentrazione di ossigeno previsto.

Dischi di rottura o valvole di sicurezza devono essere compatibili con la pressione negativa da creare.

### 2.1.3 INERTIZZAZIONE CON FLUSSAGGIO (FLOW THROUGH INERTING)

È adatto a sistemi chiusi che non sono in grado di resistere a sovrappressione o al vuoto oppure per tubazioni e contenitori con forma allungata. Il metodo consiste nel flussaggio continuo con gas inerte all'interno del sistema da inertizzare con scarico in atmosfera ed è valido nell'ipotesi di una perfetta miscelazione del gas inerte con l'aria.

## 2.2 SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Un sistema di monitoraggio e controllo è indispensabile per **stabilire e mantenere** le condizioni di sicurezza conseguibili con l'inertizzazione. L'affidabilità di tale sistema è quindi elemento essenziale nella prevenzione del rischio da atmosfere esplosive.

L'affidabilità del sistema di monitoraggio e controllo deve essere assicurata con l'applicazione delle norme tecniche della serie CEI EN 61508 e CEI EN 61511 [CEN/TR 15281, art. 8].

Il monitoraggio può avvenire mediante:

- a) la misurazione continua della concentrazione di ossigeno mediante sensori;
- b) metodi indiretti.

La **misurazione continua** della concentrazione di ossigeno nel sistema inertizzato comporta:

- il campionamento del gas in uno o più punti rappresentativi;
- il monitoraggio dell'efficienza dei sensori a contatto con il flusso di processo; questi infatti tendono a sporcarsi con la conseguente riduzione sia dell'efficienza che della vita utile;
- un programma di manutenzione e calibrazione periodica dei sensori, da assicurare anche in condizioni di ciclo continuo del processo.

I vantaggi di questo metodo sono:

- misura diretta dei parametri di sicurezza del processo;
- minimizzazione del consumo di gas inerte;
- rapida individuazione di eventuali perdite e anomalie;

mentre gli svantaggi sono:

- livello di affidabilità dei sensori che potrebbe essere inadeguato e necessitare quindi di misure di sicurezza aggiuntive (tipicamente: controllo continuo sia della pressione che del flusso di gas inerte);
- contaminazione dei sensori con il fluido di processo.

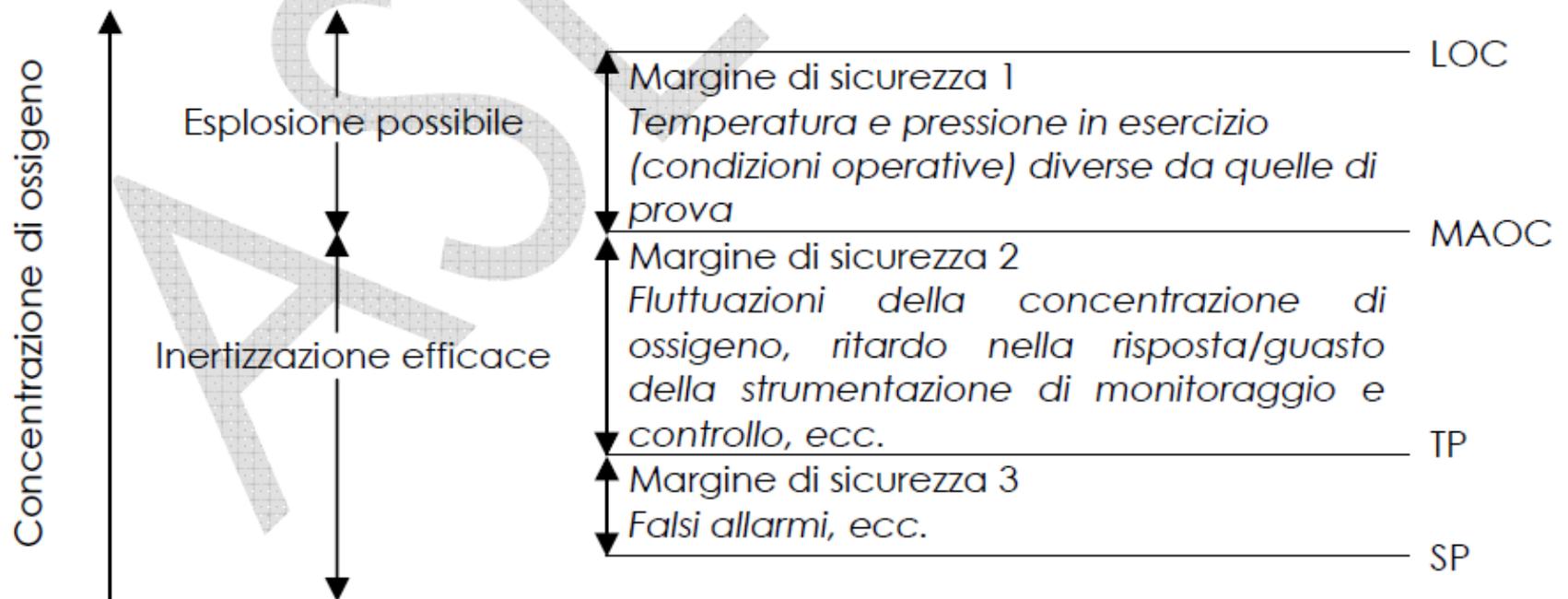
I *metodi indiretti* prevedono la misura dei parametri:

- di pressione/vuoto e del numero di cicli di lavaggio, per il metodo di inertizzazione in pressione e sottovuoto;
- del flusso di gas inerte e del tempo di lavaggio, per il metodo di inertizzazione con flussaggio.

Nell'utilizzo di metodi indiretti è indispensabile procedere alla misura diretta della concentrazione di ossigeno nel sistema inertizzato, sia inizialmente, per confermare l'esattezza dei calcoli con i quali sono stati definiti i parametri di inertizzazione, che periodicamente (es. settimanalmente), per rivelare eventuali anomalie.

## 2.2.1 MARGINI DI SICUREZZA

Figura 6 – Margini di sicurezza di un sistema di inertizzazione



### 3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

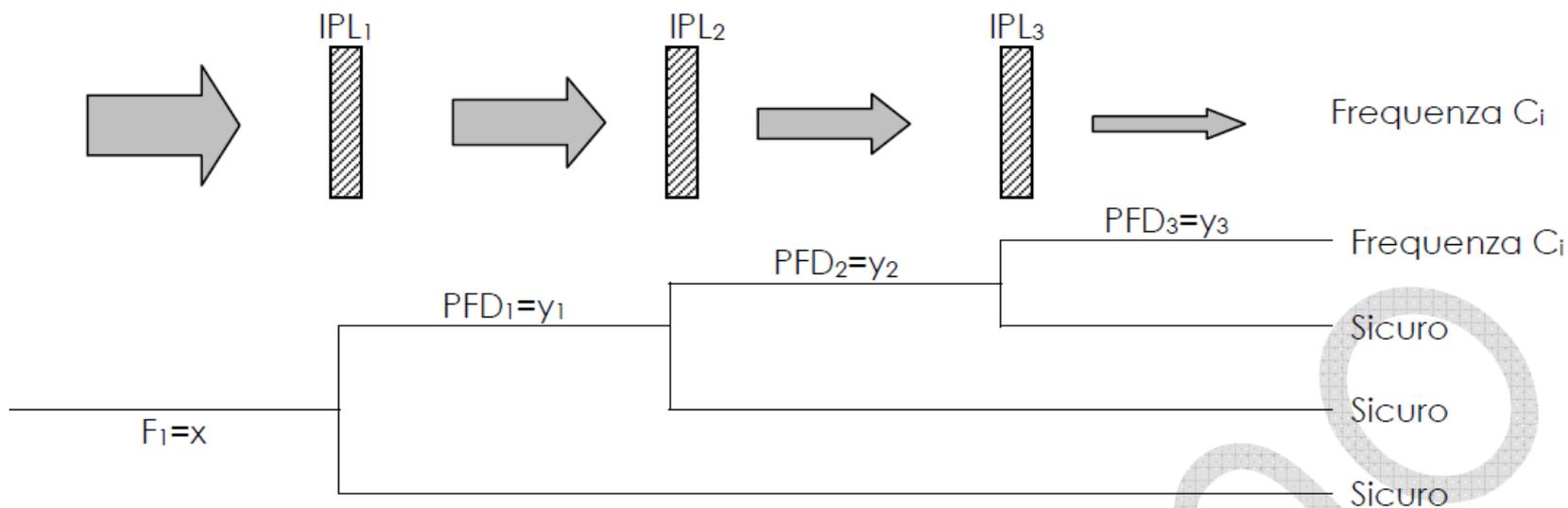
#### 3.1 GENERALITÀ SUI DISPOSITIVI DI SICUREZZA UTILIZZATI PER LA PROTEZIONE DI IMPIANTI O PROCESSI INDUSTRIALI

**Tabella 3.1 - Livelli di Integrità della Sicurezza definiti nella norma CEI EN 61508**

Livello di Integrità della Sicurezza (SIL)	Probabilità di fallimento media su domanda per anno (o bassa domanda) ( $PFD_{avg}$ )	Disponibilità di Sicurezza ( $1-PFD_{avg}$ )	Fattore di Riduzione del Rischio (RRF)	Probabilità di fallimento media per ora (modo continuo o alta domanda) (PFH)
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	99,99 ÷ 99,999%	100.000 ÷ 10.000	$\geq 10^{-9}$ a $< 10^{-8}$
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ a $< 10^{-3}$	99,9 ÷ 99,99%	10.000 ÷ 1.000	$\geq 10^{-8}$ a $< 10^{-7}$
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-2}$	99 ÷ 99,9%	1.000 ÷ 100	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-6}$
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$	90 ÷ 99%	100 ÷ 10	$\geq 10^{-6}$ a $< 10^{-5}$

## 3.2 CRITERIO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

In forma grafica:



Spesso gli IPL includono delle funzioni strumentate di sicurezza per cui comunemente si fa riferimento ai livelli di integrità della sicurezza - SIL - secondo le norme CEI EN 61508 e CEI EN 61511.

La valutazione del rischio di esplosione tiene conto sia della stima della probabilità di formazione di un'atmosfera esplosiva sia della stima della probabilità di presenza di una sorgente di accensione efficace. Il danno alle persone è considerato sempre alto (danni gravi o morte) come suggerito dalla linea guida europea all'applicazione della direttiva 99/92/CE (COM/2003/515/ def.).

La probabilità di formazione di un'atmosfera esplosiva può essere classificata in termini di "zone" secondo le norme della serie CEI EN 60079-10 (zone 0, 1, 2, 20, 21, 22).

La probabilità di presenza di una sorgente di accensione efficace può essere classificata in termini di tolleranza al guasto FT (*Fault Tolerance*). FT viene definito come il numero di guasti indipendenti ritenuti ammissibili senza che la sorgente di accensione diventi efficace (in una situazione priva di sistemi di protezione o dispositivi).

Se la  $FT = n$ , la sorgente di accensione diventa efficace con  $n + 1$  guasti. Si possono così stabilire i seguenti requisiti relativi alle categorie dei prodotti:

- FT 2: sono ammissibili due guasti indipendenti senza che la sorgente di accensione diventi efficace (corrisponde ai prodotti di categoria 1 secondo la direttiva 94/9/CE);
- FT 1: è ammissibile un guasto senza che la sorgente di accensione diventi efficace (corrisponde ai prodotti di categoria 2 secondo la direttiva 94/9/CE);
- FT 0: non sono ammissibili guasti durante il normale funzionamento (corrisponde ai prodotti di categoria 3 secondo la direttiva 94/9/CE);
- FT -1: la sorgente di accensione non è causata da un guasto ma è intrinseca durante il normale esercizio oppure la presenza della sorgente di accensione e la formazione di un'atmosfera esplosiva hanno una causa comune.

Gli eventuali dispositivi di sicurezza (SD – Safety Device) utilizzati quali mezzi (IPL) per ridurre la probabilità di formazione di una sorgente di accensione efficace dell'apparecchiatura sotto controllo ed aumentarne quindi la tolleranza al guasto, sono valutati in base al loro livello SIL secondo il seguente criterio (Tabella 3.2):

**Tabella 3.2 - Corrispondenza tra le categorie della direttiva 94/9/CE e il livello di integrità della sicurezza degli eventuali dispositivi di sicurezza adottati per aumentare la tolleranza al guasto dell'apparecchiatura sotto controllo**

Area pericolosa	Zona 0 Zona 20			Zona 1 Zona 21			Zona 2 Zona 22	
	Tolleranza al guasto FT dell'apparecchiatura sotto controllo EUC	2	1	0	1	0	-1	0
Livello di integrità della sicurezza SIL del dispositivo di sicurezza SD	-	SIL 1	SIL 2	-	SIL 1	SIL 2	-	SIL 1
Categoria dell'apparecchio combinato EUC+SD	1			2			3	

Sempre con riferimento alle informazioni e considerazioni di interesse contenute nel Rapporto SAFEC, il rischio di esplosione si intende accettabile se la sommatoria della colonna 3,  $\sum_i$  risulta  $\geq 2$ .

**Tabella 3.3 - Valutazione del rischio di esplosione**

1	2	3
Elementi valutati	Probabilità/Frequenza	Valore
Formazione di atmosfera esplosiva	Zona	0 (0, 20), 1 (1, 21), 2 (2, 22)
IPL 1: prevenzione formazione atmosfera esplosiva	SIL	1, 2, 3
Presenza di una sorgente di accensione efficace (EUC)	FT	-1, 0, 1, 2
IPL 2: prevenzione accensione atmosfera esplosiva	SIL	1, 2, 3
IPL 3: mitigazione effetti dell'esplosione	SIL	1, 2, 3
		$\sum (I) \geq 2$

## 4. ESEMPIO

### 4.1 DATI DI INGRESSO

A seguito della valutazione dei rischi svolta da un datore di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/2008, relativa ad una macchina che lavora liquidi infiammabili<sup>14</sup> e polveri combustibili a pressione atmosferica, è risultato necessario procedere con una specifica analisi dei rischi di esplosione per individuare le misure tecniche ed organizzative più idonee a garantire la sicurezza del personale.

I dati di ingresso forniti dal datore di lavoro al suo ufficio tecnico sono i seguenti:

- il processo costituisce una ordinaria attività che viene svolta per alcune durante ogni giornata lavorativa nel corso dell'anno;
- la macchina non è marcata ai sensi della direttiva 94/9/CE;
- tra i liquidi infiammabili utilizzati quello ritenuto rappresentativo è l'esano-*n*, le cui caratteristiche significative sono le seguenti:

Numero CAS	Temperatura di infiammabilità <sup>15</sup> $T_i$ - Temperatura di accensione <sup>16</sup> $T_{acc}$ (°C)	Densità relativa all'aria del gas o vapore	LEL - UEL % v/v	Gruppo e Classe di temperatura	Minima energia di accensione <sup>17</sup> MIE (mJ)	Conducibilità <sup>18</sup> (pS/m)	Tempo di decadimento della carica <sup>19</sup> (s)	LOC N <sub>2</sub> /aria % O <sub>2</sub> v/v
110-54-3	-21 233	2,97	1,20 7,50	IIA <sup>20</sup> T3 <sup>21</sup>	0,24	10 <sup>-5</sup>	≈ 100	12

- il processo prevede in diverse fasi l'aggiunta manuale, attraverso un passo d'uomo, di resine in polvere contenute in sacchi da 25 kg, le cui caratteristiche significative sono le seguenti:

Grandezza media delle particelle	LEL	Massima sovrapressione di esplosione <sup>22</sup> $P_{max}$	Indice di esplosione <sup>23</sup> $K_{st}$	Classe di esplosibilità <sup>24</sup> $S_f$ - Classe di combustibilità <sup>25</sup> BZ	Minima energia di accensione MIE	Temperatura di accensione della nube <sup>26</sup> $T_{cl}$	Conducibilità <sup>27</sup>	LOC N <sub>2</sub> /aria
( $\mu\text{m}$ )	$\text{g}/\text{m}^3$	(bar)	(bar m/s)		(mJ)	(°C)	(C/NC)	% O <sub>2</sub> v/v
< 63	15	9	120	1 - 2	< 10	390	NC	11

### 4.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE ALLO STATO DI FATTO

Applicando la Tabella 3.3 al caso in esame (lato interno della macchina) si ottiene:

1	2	3
Elementi valutati	Probabilità/Frequenza	Valore
Formazione di atmosfera esplosiva	Zona	0 (0, 20)
IPL 1: prevenzione formazione atmosfera esplosiva	SIL	NA
Presenza di una sorgente di accensione efficace (EUC)	FT	-1
IPL 2: prevenzione accensione atmosfera esplosiva	SIL	NA
IPL 3: mitigazione effetti dell'esplosione	SIL	NA
		$\sum(I) = -1$
NA: non applicabile		

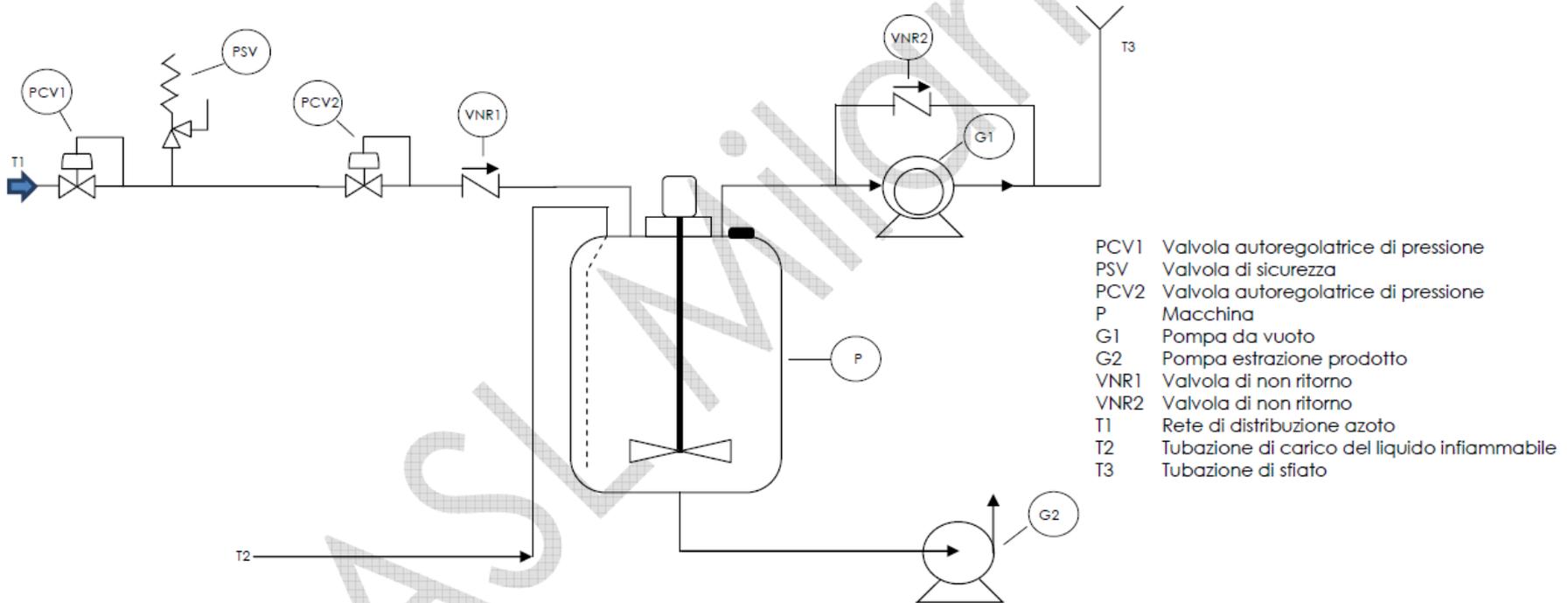
L'esito della valutazione è sfavorevole, è quindi necessario implementare le misure di sicurezza.

Si decide di prevenire la formazione di atmosfera esplosiva (IPL 1) mediante inertizzazione con azoto applicando il metodo *sottovuoto*, essendo la macchina adatta alla depressurizzazione.

#### 4.4 INERTIZZAZIONE DELLA MACCHINA

Si ipotizza il seguente schema<sup>37</sup> (Figura 4.1) di alimentazione del gas inerte (azoto):

Figura 4.1



#### 4.4.1 CICLI DI INERTIZZAZIONE

Si considerano i seguenti parametri:

- LOC dei vapori di esano-*n* = 12%;
- LOC delle *polveri combustibili* = 11%.

Si stabiliscono quindi i seguenti parametri di sicurezza da raggiungere e mantenere:

- LOC = 8% (si adotta un margine di sicurezza sul valore del LOC più basso);
- MAOC = 5%.

$$C_n = C_i + (C_0 - C_i) \cdot \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^n = 0,5\% + (21\% - 0,5\%) \cdot \left(\frac{0,2\text{bar}}{1\text{bar}}\right)^1 = 4,6\% \quad (1)$$

dove:

$C_n$		concentrazione di ossigeno dopo $n$ cicli di lavaggio (% v/v)
$C_i$	= 0,5%	concentrazione di ossigeno nel gas inerte (ipotesi cautelativa)
$C_0$	= 21%	concentrazione iniziale di ossigeno nella macchina
$P_1$	= 0,2 bar	pressione assoluta minima nella macchina durante il ciclo di vuoto
$P_2$	= 1 bar	pressione assoluta massima nella macchina durante il ciclo di vuoto (pressione atmosferica)
$n$	= 1	<b>numero di cicli di lavaggio</b>

Al termine delle  $n$  cariche la concentrazione di ossigeno nella macchina vale:

$$C = \frac{V_n}{U} \cdot 100 = \frac{0,0513m^3}{1m^3} \cdot 100 = 5,13\%$$

Risultando superato il MAOC stabilito (5%), un solo ciclo di inertizzazione non è quindi sufficiente si deve individuare il numero di cicli adeguato; ripetendo i calcoli con **due cicli** di lavaggio:

$$C_n = C_i + (C_0 - C_i) \cdot \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^n = 0,5\% + (21\% - 0,5\%) \cdot \left(\frac{0,2bar}{1bar}\right)^2 = 1,32\% \quad (1)$$

da cui:

$$V_n = 0,00525m^3 \cdot \left( \frac{1 - \exp\left(\frac{-45m^3/h \cdot 10 \cdot 0,1h}{1m^3}\right)}{1 - \exp\left(\frac{-45m^3/h \cdot 0,1h}{1m^3}\right)} \right) + 0,0132m^3 = 0,0185m^3 \quad (19)$$

Al termine delle  $n$  cariche la nuova concentrazione di ossigeno nella macchina vale:

$$C = \frac{V_n}{U} \cdot 100 = \frac{0,0185m^3}{1m^3} \cdot 100 = 1,85\%$$

Tale concentrazione può essere ritenuta adeguata.

Una volta raggiunta la concentrazione di ossigeno prevista, la macchina verrà mantenuta ad una **sovrapressione > 10 mbar** rispetto alla pressione atmosferica.

Il carico delle polveri dal passo d'uomo con l'utilizzo di uno scivolo aperto è intrinsecamente pericoloso sia per la possibilità di perdere l'atmosfera inerte che per i rischi di soffocamento del personale (anossia).

Per mitigare il primo rischio si rende necessario garantire una leggera sovrapressione del gas inerte, al fine di ostacolare l'ingresso di ossigeno durante l'apertura del passo d'uomo;

**in linea di massima, si dovrà garantire una velocità di deflusso verso l'esterno dell'azoto di  $\approx 0,1 \text{ m/s} \pm 0,2 \text{ m/s}$ <sup>38</sup>.**

Per quanto attiene al secondo rischio, verrà installato un sistema di aspirazione localizzata, opportunamente dimensionato, in prossimità del passo d'uomo.

#### 4.5 REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Due caratteristiche fondamentali che deve possedere il sistema di monitoraggio e controllo, sono [CEN/TR 15281]:

- a) un adeguato livello di affidabilità, sia nella fase in cui vengono create le condizioni di atmosfera inerte prima dell'avvio della macchina (lavaggio iniziale) sia durante l'esercizio della stessa per il mantenimento delle condizioni di sicurezza, in conformità alle norme tecniche della serie CEI EN 61508 e CEI EN 61511 o ad equivalenti o più alti standard di sicurezza;
- b) la messa in sicurezza della macchina in caso di superamento del valore massimo di concentrazione di ossigeno stabilito (Trip Point).

**In funzione del livello di integrità della sicurezza (SIL) del sistema di monitoraggio e controllo, il tipo di zona pericolosa nella macchina può essere ridotto fino alla sua eliminazione (atmosfera inerte), oppure rimanere invariato.** Si rende pertanto necessario stabilire una correlazione tra questi due parametri (Zona-SIL).

**Tabella 4.1 – Correlazione tra il tipo di zona ed livello di integrità della sicurezza del sistema di monitoraggio e controllo dell'inertizzazione**

Tipo di zona	Livello di integrità della sicurezza del sistema di monitoraggio e controllo dell'inertizzazione			
	SIL 3	SIL 2	SIL 1	No SIL
0/20	Zona non pericolosa	2/22	1/21	0/20
1/21	Zona non pericolosa	Zona non pericolosa	2/22	1/21
2/22	Zona non pericolosa	Zona non pericolosa	Zona non pericolosa	2/22

Alla luce della Tabella 4.1, prevedendo difficoltà oggettive nella realizzazione di un sistema di monitoraggio e controllo qualificabile SIL 3, si decide di:

- A. eliminare le sorgenti di accensione intrinseche al normale esercizio, ovvero eliminare la possibilità di formazione di scariche elettrostatiche, aumentando così la tolleranza ai guasti da FT = -1 a FT = 0;
- B. valutare la fattibilità realizzativa di un sistema di monitoraggio e controllo dell'inertizzazione qualificabile SIL 2; ciò comporta accettare la presenza di una zona residua 2/22 all'interno della macchina;
- C. analizzare le sorgenti di accensione interne alla macchina e valutarne l'idoneità in relazione alla zona 2/22 residua.

#### 4.5.1 ELIMINAZIONE DELLE SCARICHE ELETTROSTATICHE INTRINSECHE AL NORMALE ESERCIZIO

Visto quanto sopra si decide di:

*In generale*

- garantire un valore di resistenza elettrica complessiva verso terra del personale  $\leq 10^8 \Omega$ , mediante l'utilizzo di calzature, abiti, guanti e pavimenti con caratteristiche dissipative<sup>41</sup>; a tal fine l'idoneità verrà accertata:
  - per le calzature ed i guanti, sulla base dei dati/certificazioni/dichiarazioni dei relativi fabbricanti;
  - per gli abiti, controllando che questi siano in cotone e che le operazioni di vestizione/svestizione avvengano in appositi locali fuori dalle zone pericolose;
  - per i pavimenti, mediante l'effettuazione di misure elettriche in conformità alla norma CEI EN 61340;
- garantire il collegamento a terra delle attrezzature prive di specifica protezione contro le esplosioni, quali transpallet, carrelli, ecc., tramite l'utilizzo di ruote in materiale dissipativo, dichiarato tale dal fabbricante;
- accertare la presenza e l'attuazione di procedure di lavoro;
- accertare la presenza e l'attuazione di procedure di manutenzione preventiva dei DPI delle attrezzature e degli impianti;

*Liquidi*

...

*Polveri*

...

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ATS Milano  
Città Metropolitana

#### 4.5.2 VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI INTEGRITÀ DELLA SICUREZZA

Si decide di utilizzare un metodo di monitoraggio e controllo di tipo indiretto, mediante la misura dei parametri di vuoto/pressione e del numero dei cicli di lavaggio.

I valori di pressione oggetto di monitoraggio e controllo sono:

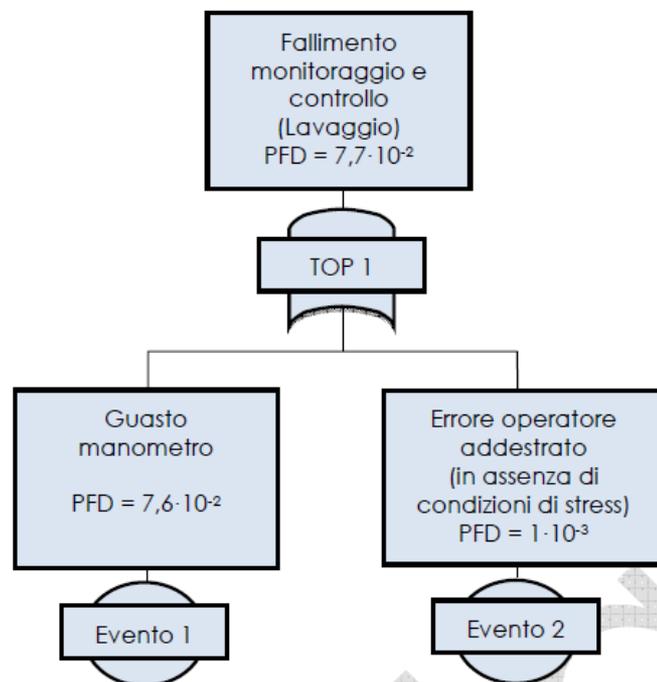
*Lavaggio iniziale*

- pressione assoluta minima: 0,2 bar;
- pressione assoluta massima: 1 bar (pressione atmosferica);

*Esercizio*

- pressione relativa al di sotto della quale devono essere intraprese azioni correttive: 10 mbar;
- pressione relativa in corrispondenza della quale **deve corrispondere la messa in sicurezza della macchina: 5 mbar.**

Figura 4.2 - Albero dei guasti - Lavaggio iniziale - Ipotesi 1

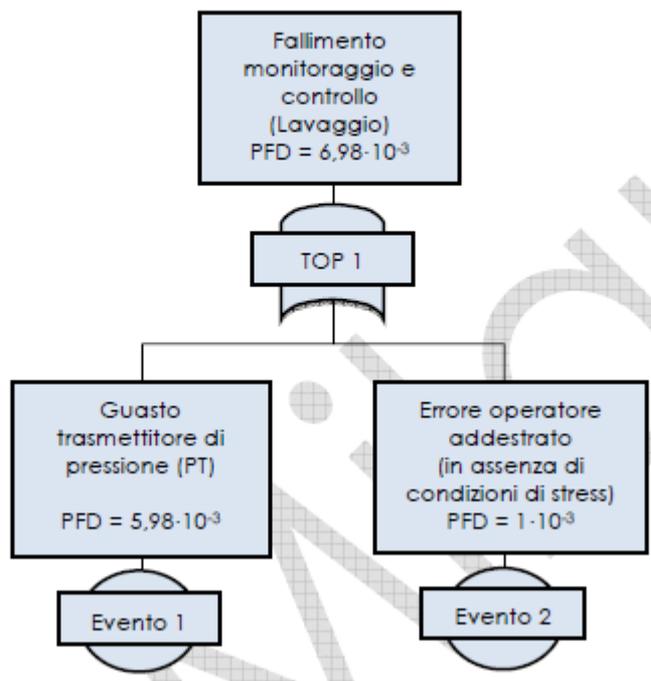


La probabilità di fallimento del sistema di monitoraggio e controllo del lavaggio iniziale risulta:  $PFD_{Lavaggio} = 7,7 \cdot 10^{-2}$ .

Con riferimento alla Tabella 3.1 si ottiene **SIL 1**, inferiore all'obiettivo prefissato e quindi non sufficientemente affidabile.

**Inoltre, è opportuno sostituire lo strumento di misura con altro in grado di rappresentare variazioni di pressione nell'ordine dei millibar.**

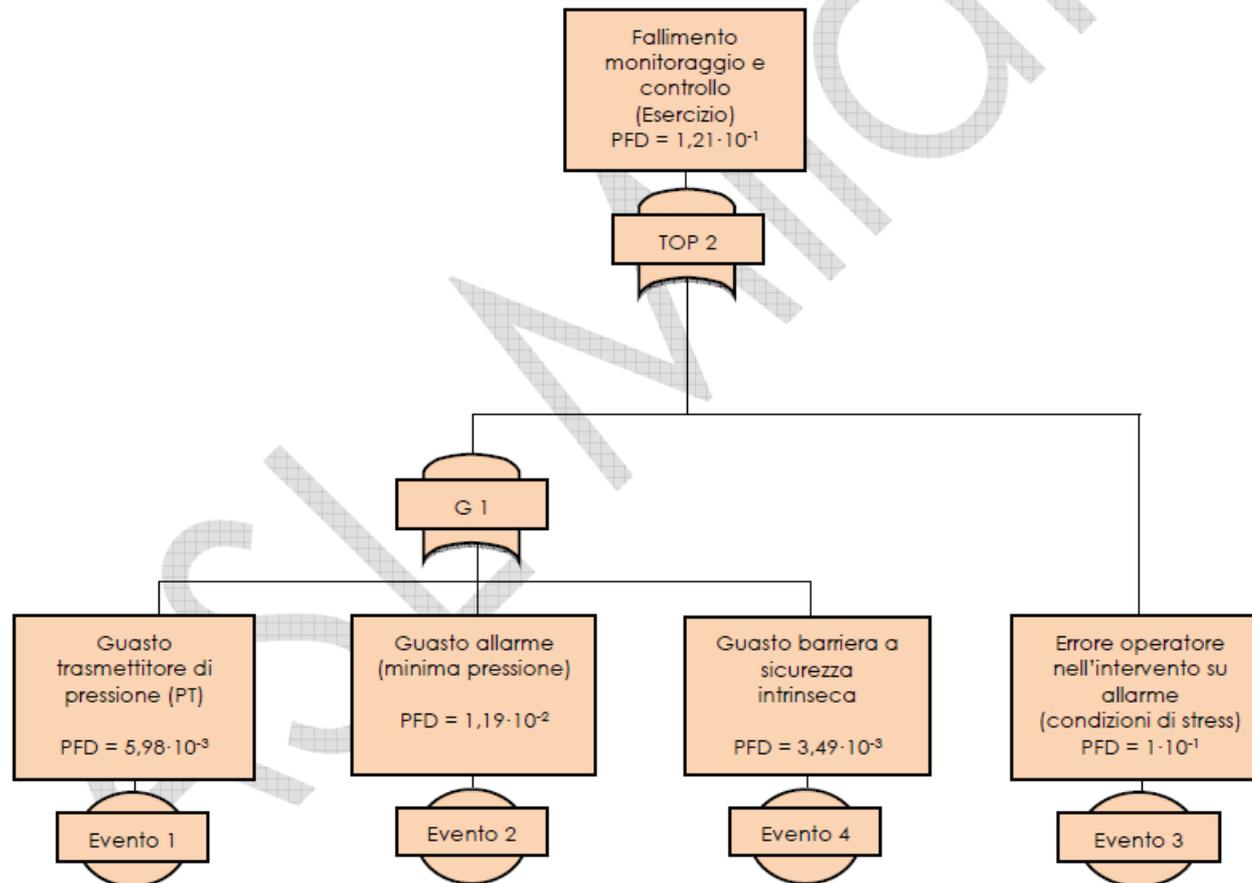
Figura 4.3 - Albero dei guasti - Lavaggio iniziale - Ipotesi 2



Con riferimento alla Tabella 3.1 si ottiene **SIL 2**, conforme all'obiettivo prefissato (Tabella 4.1):

Tipo di zona	Livello di integrità della sicurezza del sistema di monitoraggio e controllo dell'inertizzazione			
	SIL 3	SIL 2	SIL 1	No SIL
0/20	Zona non pericolosa	2/22	1/21	0/20

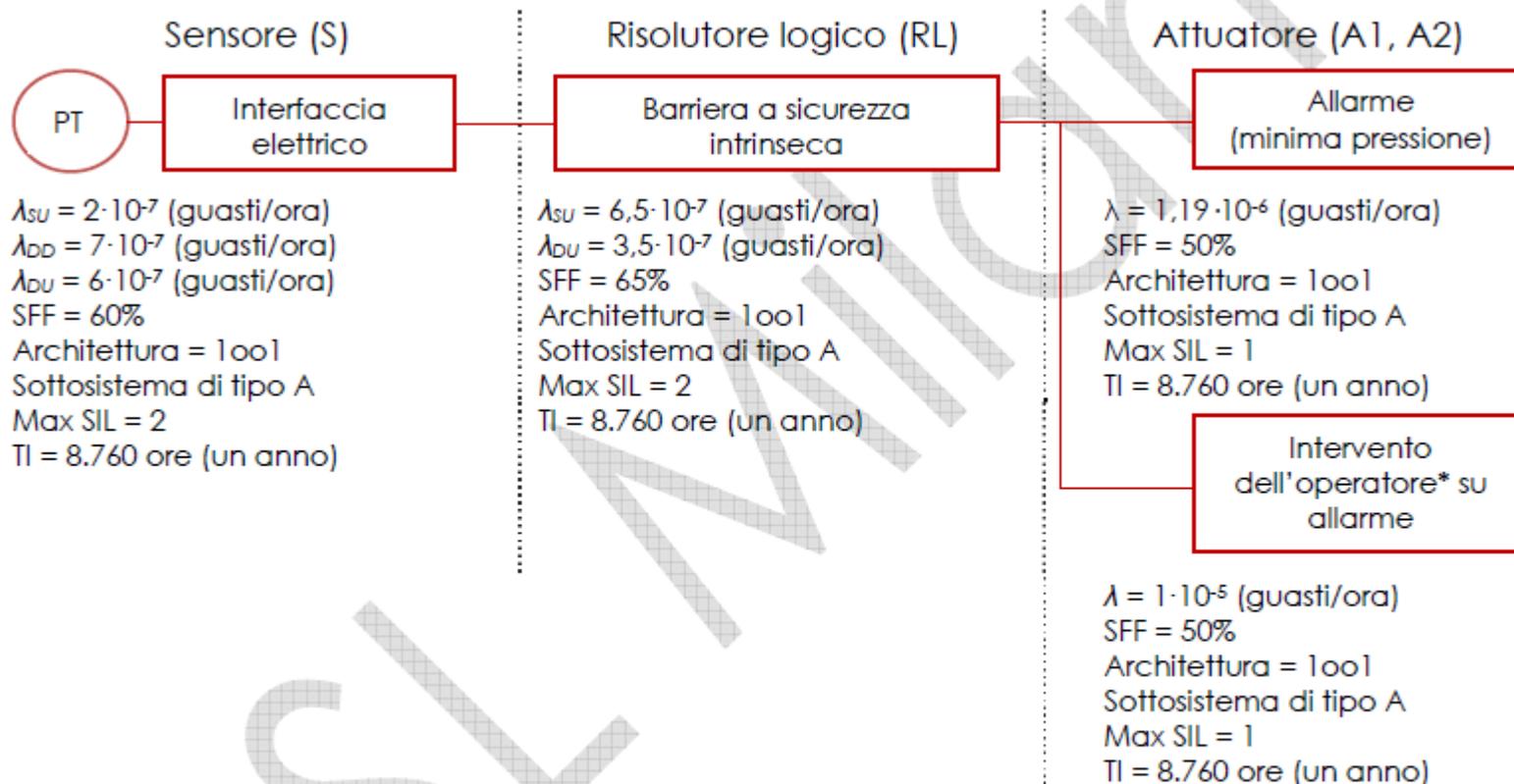
Figura 4.4 - Albero dei guasti - Esercizio - Ipotesi 1



La probabilità di fallimento del sistema di monitoraggio e controllo durante l'esercizio risulta:  $PFD_{Esercizio} = 1,21 \cdot 10^{-1}$ .

Con riferimento alla Tabella 3.1 **non si ottiene alcun livello SIL.**

Figura 4.6 – Schema a blocchi – Esercizio - Ipotesi 2



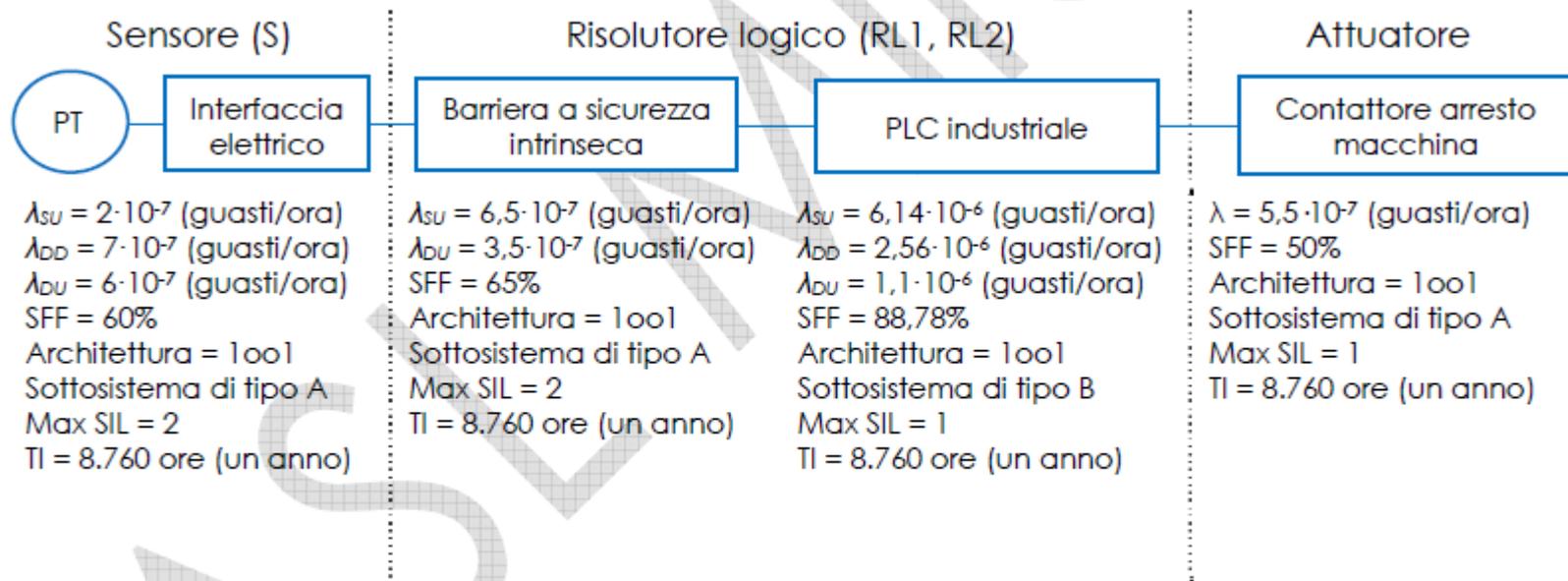
\* Ai soli fini del calcolo, l'operatore è trattato come un "dispositivo elettrico/elettronico"

Il  $PFD_{SYS}$  del sistema è dato dalla somma dei PFD dei sottosistemi:

$$PFD_{SYS} = PFD_S + PFD_{RL} + PFD_{A1} + PFD_{A2} = 2,64 \cdot 10^{-3} + 1,54 \cdot 10^{-3} + 2,63 \cdot 10^{-3} + 2,19 \cdot 10^{-2} = 2,87 \cdot 10^{-2}$$

Si ottiene pertanto **SIL 1**, inferiore all'obiettivo prefissato e quindi non sufficientemente affidabile.

Figura 4.7 – Schema a blocchi – Esercizio - Ipotesi 3

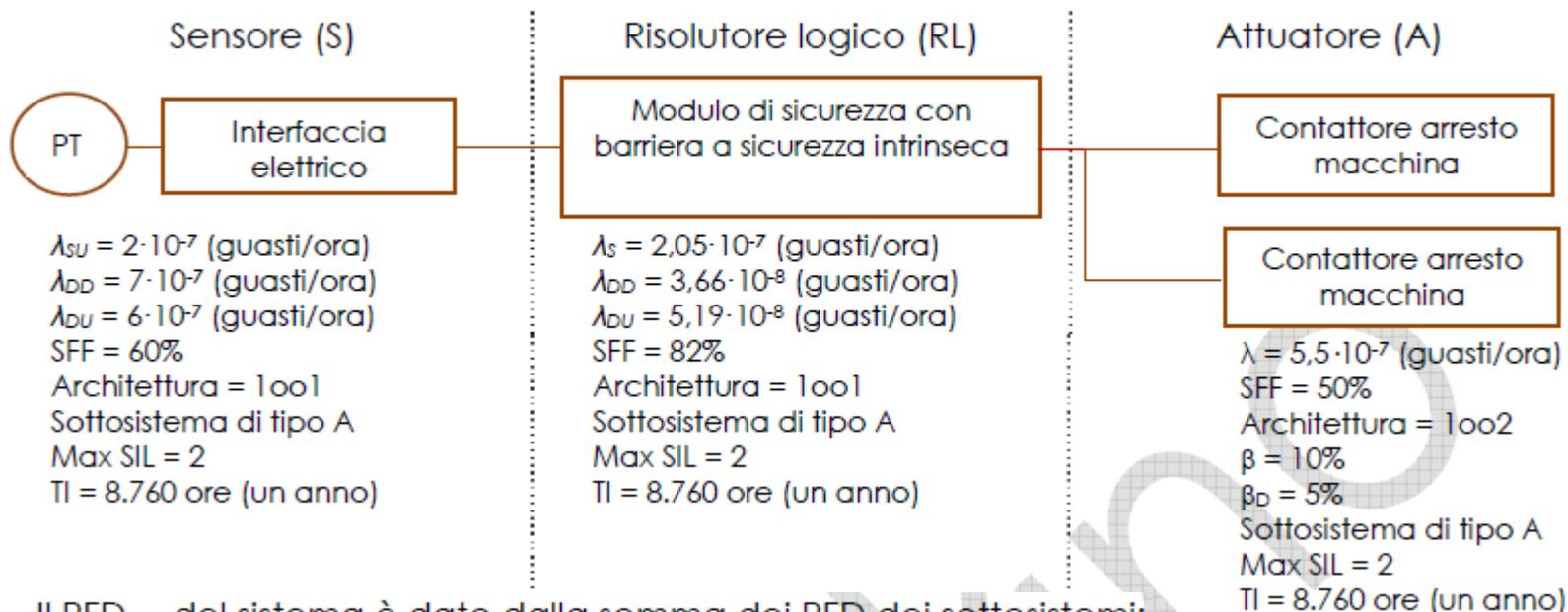


Il  $PFD_{SYS}$  del sistema è dato dalla somma dei PFD dei sottosistemi:

$$PFD_{SYS} = PFD_S + PFD_{RL1} + PFD_{RL2} + PFD_A = 2,64 \cdot 10^{-3} + 1,54 \cdot 10^{-3} + 4,85 \cdot 10^{-3} + 1,21 \cdot 10^{-3} = 1,02 \cdot 10^{-2}$$

Si ottiene pertanto ancora **SIL 1**, inferiore all'obiettivo prefissato e quindi non sufficientemente affidabile.

Figura 4.8 – Schema a blocchi – Esercizio - Ipotesi 4



Il  $PFD_{SYS}$  del sistema è dato dalla somma dei PFD dei sottosistemi:

$$PFD_{SYS} = PFD_S + PFD_{RL} + PFD_A = 2,64 \cdot 10^{-3} + 2,28 \cdot 10^{-4} + 1,21 \cdot 10^{-4} = 2,99 \cdot 10^{-3}$$

Si ottiene pertanto **SIL 2**, conforme all'obiettivo prefissato (Tabella 3.4):

Tipo di zona	Livello di integrità della sicurezza del sistema di monitoraggio e controllo dell'inertizzazione			
	SIL 3	SIL 2	SIL 1	No SIL
0/20	Zona non pericolosa	2/22	1/21	0/20

Al fine di non fare decadere tale livello di affidabilità nel tempo, si predispone una procedura per **garantire l'effettuazione delle verifiche e prove finalizzate ad eliminare tutti i guasti nei sottosistemi**, secondo l'intervallo di tempo stabilito per ognuno di essi, corrispondente nel caso specifico ad un anno (TI = 8.760 ore).

## 4.6 Analisi e valutazione delle sorgenti di accensione

### 4.6.1 Analisi dei requisiti essenziali di sicurezza generali

Requisiti essenziali di sicurezza generali applicati al prodotto preesistente alla direttiva 94/9/CE (Allegato II)	
1.1	<p><b>Materiali di costruzione</b></p> <p><u>Descrizione dei pericoli</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alcuni materiali utilizzati nella costruzione dell'apparecchio e dei sistemi di protezione, potrebbero provocare l'innesco di un'esplosione tenuto conto delle sollecitazioni di funzionamento prevedibili.</li> <li>Fra i materiali utilizzati e i componenti dell'atmosfera esplosiva potrebbero prodursi reazioni in grado di deteriorare la situazione esistente per quanto concerne la prevenzione delle esplosioni.</li> <li>La corrosione, l'usura, gli urti e l'invecchiamento potrebbero diminuire l'efficacia dei mezzi di protezione installati sull'apparecchiatura.</li> </ul>
1.2	<p><b>Soluzioni adottate</b></p> <p>I materiali costruttivi rispettano i seguenti requisiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>in zona 0 o 20 non contengono più del 10% in totale di alluminio, magnesio, titanio e zirconio e non più del 7,5% in totale di magnesio, titanio e zirconio;</li> <li>in zona 1 o 21 contengono non più del 7,5% in totale di magnesio.</li> </ul> <p>Le materie plastiche o gli elastomeri presenti (PTFE, PVC, PP, Poliuretano, gomme vulcanizzate, ecc.) hanno una resistenza termica tale da non ridurre il livello di protezione alle massime temperature locali previste di progetto.</p> <p>Non si evidenziano problematiche relative a possibili reazioni tra i materiali utilizzati e i componenti dell'atmosfera esplosiva.</p> <p>I fluidi di servizio utilizzati per il funzionamento di alcuni componenti, quali fluidi idraulici, oli lubrificanti, grassi, ecc. sono stabili alle condizioni di esercizio e di progetto previsti e non creano essi stessi sorgenti di innesco.</p> <p>In particolare tutti i fluidi presentano temperature di autoaccensione superiori alle massime temperature superficiali previste.</p> <p>I materiali impiegati se mantenuti e controllati periodicamente secondo quanto indicato nei manuali di istruzione ed uso conservano le loro caratteristiche ed integrità.</p>
	<p><b>Tenuta ed emissioni</b></p> <p><u>Descrizione dei pericoli</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilità che gli apparecchi ed i sistemi di protezione producano o liberino essi stessi atmosfere esplosive.</li> <li>Emissione di gas o polveri nell'ambiente.</li> <li>Possibilità di esplosione interna.</li> </ul>
	<p><b>Soluzioni adottate</b></p> <p>L'apparecchiatura lavora a pressione atmosferica ed è dotata di sistemi di chiusura a tenuta per le condizioni di esercizio previste e di cappe di aspirazione in prossimità delle aperture che vengono utilizzate per le attività di caricamento o scaricamento di materie prime e prodotti finiti previste nel ciclo di lavorazione. Dette cappe aspiranti sono adeguate per impedire l'emissione di gas o di polveri nell'ambiente esterno nonché l'ingresso di atmosfera potenzialmente esplosiva dall'esterno. In particolare nel seguito sono esaminate le protezioni adottate.</p> <p><u>Albero di trasmissione agitatore</u></p> <p>L'albero di trasmissione del moto rotatorio dell'agitatore è dotato di tenute meccaniche che garantiscono una tenuta affidabile nel tempo.</p> <p>Il sistema di tenuta viene controllato periodicamente per verificarne l'efficienza e sostituito secondo quanto riportato nel manuale d'uso. Periodicamente viene verificata anche la centralina oleodinamica utilizzata per il sollevamento della pala di agitazione.</p> <p><u>Corpo della macchina</u></p> <p>Il corpo della macchina è progettato per l'esercizio in pressione ad una pressione massima di 0,5 bar ed è adatto al funzionamento sottovuoto.</p> <p>Tutti i bocchelli sono dotati di guarnizioni compatibili con le sostanze impiegate, serrati in modo da garantire la tenuta per le condizioni di progetto previste. Sul boccaporto è presente un finecorsa che attiva automaticamente l'aspirazione ogni volta che lo stesso viene aperto.</p> <p><u>Orifizi di riempimento e svuotamento</u></p> <p>Il caricamento del solvente è fatto attraverso tubazioni fisse con dosaggio automatico della quantità voluta per mezzo di contatore volumetrico e valvola di intercettazione servovalvanata.</p> <p>La polvere viene caricata manualmente da sacchi e/o fustini attraverso il boccaporto dosandola per pesatura. Durante la fase di carico polveri, sul boccaporto viene installata uno scivolo (tramoggia) di carico utilizzato per facilitare le operazioni ed è attivata automaticamente l'aspirazione per evitare possibili dispersioni</p>

#### 4.6.2 Analisi delle sorgenti di accensione interne (I) ed esterne (E)

N.	Pericolo d'innesco		Valutazione della frequenza di accadimento senza applicare misure aggiuntive					Misure applicate per evitare che la sorgente d'innesco divenga efficace			Frequenza di accadimento con le misure applicate					
	a	b	a	b	c	d	e	a	b	c	a	b	c	d	e	f
	Potenziale sorgente d'accensione	Descrizione della causa	Durante il normale funzionamento	Durante guasti prevedibili	Durante guasti rari	Non considerata	Motivi della valutazione	Descrizione delle misure applicate/ <i>non presenti, eventualmente da applicare</i>	Riferimenti	Documentazione tecnica	Durante il normale funzionamento	Durante guasti prevedibili	Durante guasti rari	Non considerata	Categoria ATEX equivalente (Dust-Gas:)	Limitazioni necessarie
1	Scariche elettrostatiche	Parti conduttrici elettricamente isolate da terra	X				Le parti conduttrici isolate formano un condensatore che, ad esempio, può essere caricato per induzione	Equipotenzialità delle parti e collegamento a terra della macchina	- EN13463-1 - CLC-TR 50404	- Specifiche dei materiali - Registrazione della verifica del collegamento a terra				X	1GD I/E	
2	Scariche elettrostatiche	Parti isolanti, es. materiali non metallici		X			Nessuna carica durante le normali operazioni; le parti isolanti sono sul lato esterno; potrebbero essere caricate dal personale (nel funzionamento)	- Resistenza superficiale $\leq 1 \text{ G}\Omega$ a 23 °C con il 50% di umidità relativa - Parti fissate alla struttura della macchina collegata a terra - Non è prevista la formazione di scariche propagantesi a spazzola	- EN13463-1 - CLC-TR 50404	- Specifiche dei materiali - Disegni costruttivi				X	1GD E	

#### 4.7 VALUTAZIONE FINALE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

Applicando nuovamente la Tabella 3.3 al caso in esame (lato interno della macchina) si ottiene:

1	2	3
Elementi valutati	Probabilità/Frequenza	Valore
Formazione di atmosfera esplosiva	Zona	2 (2, 22)
IPL 1: prevenzione formazione atmosfera esplosiva	SIL	NA
Presenza di una sorgente di accensione efficace (EUC)	FT	1
IPL 2: prevenzione accensione atmosfera esplosiva	SIL	NA
IPL 3: mitigazione effetti dell'esplosione	SIL	NA
		$\sum(I) = 3$
NA: non applicabile		

Grazie per l'attenzione

Sistema Socio Sanitario



ATS Milano  
Città Metropolitana