

QUADERNO TECNICO

Gennaio 2011

Autore: Dott. Mauro Baldissin - Tecnico della Prevenzione



ATMOSFERE ESPLOSIVE

PANIFICAZIONE E PASTICCERIA
Nota Tecnica n. P2/2009 rev.1F

D.Lgs. 09.04.2008 n. 81, Titolo XI: Protezione da atmosfere esplosive

1. Premessa

Il presente documento segue la Nota Tecnica n. P1/2009 e ne costituisce integrazione relativamente ai provvedimenti che le aziende nel comparto della *panificazione e pasticceria*, non industriali e preesistenti al 01.07.2003, possono assumere per valutare e prevenire i rischi da atmosfere esplosive ai sensi del Titolo XI del D.Lgs. 81/08 per quanto attiene agli impianti di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero.

Come per la Nota Tecnica n. P1/2009, si ritiene che il presente elaborato possa costituire un utile riferimento anche per le attività di *panificazione-pasticceria* iniziate successivamente al 01.07.2003.

Il possesso dei requisiti applicabili indicati nelle Liste di Controllo della Nota Tecnica n. P1/2009 è vincolante per la validità del presente documento.

A differenza del precedente elaborato, la complessità degli aspetti tecnici coinvolti nell'analisi dei rischi di esplosione non consentono di standardizzarne la stima e la valutazione. Si propone quindi un esempio di valutazione del rischio di esplosione.

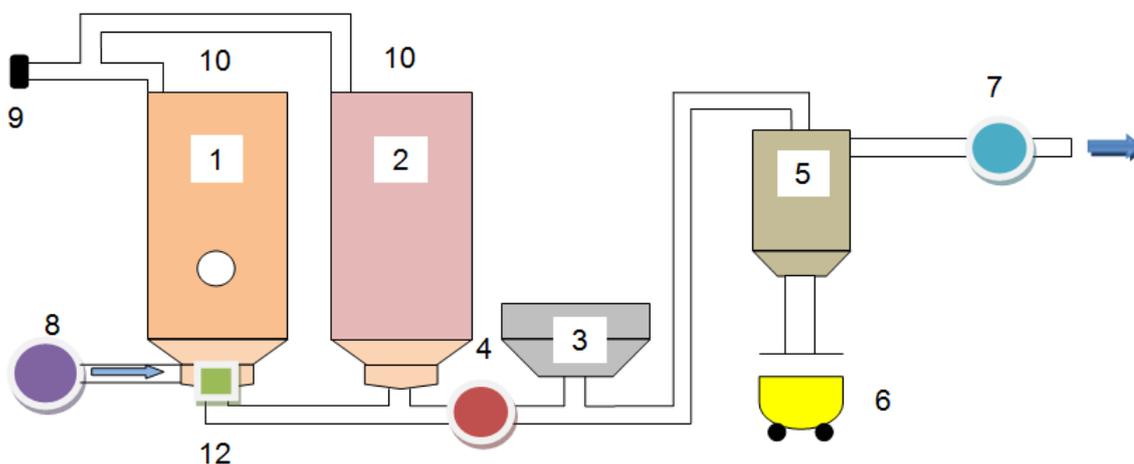
L'idoneità e la corretta applicazione delle *Liste di Controllo*, delle schede riassuntive di *Stima e Valutazione del Rischio* e della *Scheda di analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne* presentate, dovranno essere attentamente valutate dal datore di lavoro nella loro applicazione al caso specifico.

Vista la complessità della materia, è **auspicabile che tale valutazione di idoneità e di corretta applicazione del presente elaborato al caso specifico, venga attuata dal datore di lavoro con l'aiuto di un soggetto competente nel campo della sicurezza sul lavoro ed in particolare del rischio di esplosione.**

Spetta in ogni caso al datore di lavoro apporre data e firma al documento una volta che questo è stato letto, compreso, applicato e completato.

PREMESSA

L'esempio prende in esame un impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero come quello raffigurato di seguito in modo schematico e semplificato. Anche se non presenti normalmente nella stessa realtà produttiva, sono stati rappresentati sia un silo in acciaio che un silo in tessuto.



PREMESSA

- | | |
|--|--|
| 1. Silo in acciaio per farina di grano | 8. Soffiante per disgregare la farina nel silo in acciaio |
| 2. Silo in tessuto per farina di grano | 9. Attacco tubazione flessibile da autocarro per carico silos |
| 3. Vasca zucchero | 10. Punto di sfiato/ingresso dell'aria durante il carico/scarico di prodotto (realizzato in tessuto filtrante disposto su tutta la sommità del silo) |
| 4. Setaccio | 11. Valvola rotativa |
| 5. Dosaggio (tramoggia) farina e zucchero | |
| 6. Bacinella per raccolta prodotto miscelato | |
| 7. Aspiratore per trasporto pneumatico | |

Le sostanze che possono formare atmosfere esplosive nell'impianto trattato sono costituite da:

- farina di grano;
- zucchero.

Le loro caratteristiche sono indicate nella Nota Tecnica n. P1/2009.

2. Liste di controllo

Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero

1. La costruzione a regola d'arte dell'impianto e dei suoi componenti in conformità alle norme tecniche e di legge applicabili è documentata?

Note:

- Tra le norme di legge possono essere comprese le regole di prevenzione incendi.
- La documentazione può essere costituita da: dichiarazioni di conformità dell'impianto alla regola dell'arte, certificazioni di rispondenza a specifiche norme o a requisiti di sicurezza di componenti, dati di targa dei componenti.

Si **No** **In parte**

2. L'utilizzo dell'impianto è solo occasionale e non continuo o frequente durante l'attività lavorativa?

Note:

- All'interno dell'impianto si ipotizza una probabilità di presenza di atmosfera esplosiva corrispondente alla definizione di zona 21 (*luogo in cui è probabile sia presente un'atmosfera esplosiva, sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, occasionalmente durante il funzionamento normale*); a tale definizione qualitativa si assume corrisponda, quantitativamente, una probabilità annua compresa tra 10^{-1} e 10^{-3} ($10 \div 1000$ ore/anno).

Si **No** **In parte**

3. Nel riempimento della "vasca zucchero" con zucchero contenuto in sacchi, sono applicate precauzioni per evitare la formazione di nubi di polvere (vedere Nota Tecnica n. P1/2009)?

Si **No** **In parte**

4. La velocità e la portata dell'aria nel sistema di trasporto pneumatico a pressione negativa, sono dimensionati in modo da escludere depositi/stratificazioni di polvere nei tubi? In particolare presentano i seguenti requisiti minimi?

- velocità del flusso d'aria v per percorsi orizzontali $v \geq 25 \cdot \sqrt{\gamma_{abs}}$ m/s

- velocità del flusso d'aria v per percorsi misti $v \geq 30 \cdot \sqrt{\gamma_{abs}}$ m/s

dove

γ_{abs} è il peso specifico della polvere in kg/dm^3

- rapporto di diluizione d tra il volume d'aria impiegato per trasportare un certo volume di materiale ed il volume del materiale trasportato $d \geq 1000$

Si **No** **In parte**

LISTE DI CONTROLLO

5. Esiste un sistema di controllo contro il sovraccarico dei silos?

Note:

- Generalmente è presente un sistema elettronico per la pesatura dei silos a "celle di carico", con segnalazione dei livelli di minimo e massimo carico. Potrebbe essere necessario verificare l'affidabilità di tale sistema di controllo del processo per quanto attinente alla sicurezza.

Si **No** **In parte**

6. È confermato che l'impianto si trova all'interno delle sole atmosfere esplosive originate dalle proprie sorgenti di emissione?

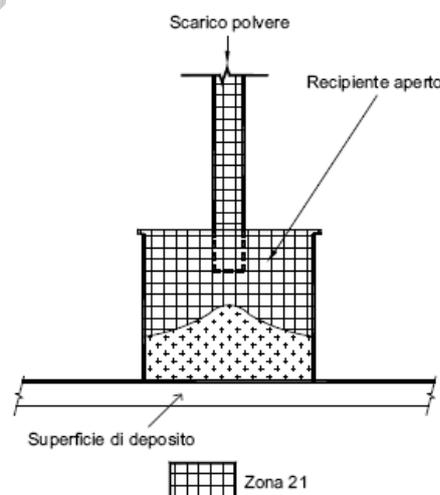
Si **No** **In parte**

7. È accertato che durante lo scarico di prodotto dal dosatore alla bacinella sono adottati i seguenti provvedimenti?

- la bacinella è dotata di coperchio connesso alla tubazione di scarico del dosatore, che impedisce la fuoriuscita di polvere in quantità significativa;
oppure

- la bocca di scarico del dosatore è bassa, ben sotto il bordo della bacinella aperta e la valvola a farfalla di scarico (asservita elettricamente/pneumaticamente) può muoversi solo a velocità ridotta e graduale limitando la portata e la velocità di caduta del prodotto, tale da non formare nubi di polvere all'esterno della bacinella;

(Immagine tratta da: Guida CEI 31-56:2007)



oppure

- il coperchio sulla bacinella è asservito da sistema di aspirazione interbloccato con l'azionamento della valvola di scarico.

Si **No** **In parte**

8. Nella manutenzione interna ai silos sono adottate le seguenti cautele?
- il lavoro è eseguito da persone di provata esperienza;
 - la persona che accede al silo è sorvegliata da una seconda persona posta all'esterno;
 - la persona che accede al silo può essere estratta rapidamente anche se ha perso i sensi;
 - nei silos sono introdotti solo apparecchi idonei per gli ambienti a rischio di esplosione;
 - viene limitata la formazione di polvere;
 - durante i lavori di pulizia gli operatori indossano idonee maschere antipolvere;
 - è tenuta in considerazione la possibilità di carenza di ossigeno.

Note:

- L'eventuale processo di fermentazione del prodotto stoccato produce la formazione del gas di fermentazione (CO₂), più pesante dell'aria e ininflammabile. È un gas che si propaga nei punti più bassi del silo. Ha l'effetto di allontanare l'ossigeno, indispensabile alla respirazione, creando il pericolo di morte improvvisa per asfissia. Già piccole concentrazioni possono causare mal di testa, malessere, vertigini, svenimento e crampi o condurre alla morte per asfissia.

Si **No** **In parte**

9. Per ognuno dei punti sopra elencati, quando applicabile, e per la *Scheda di analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne* (colonna 3, lettera c) è stata raccolta e ordinata la documentazione che ne attesta l'assolvimento?

Note:

- Può essere utile identificare la documentazione raccolta con lo stesso numero del punto o dei punti del presente elaborato a cui si riferisce.

Si **No** **In parte**

3. Classificazione delle zone con pericolo di esplosione

Di seguito vengono definite le zone con pericolo di esplosione.

La classificazione è stata effettuata in funzione della presunta probabilità di presenza di atmosfera esplosiva, secondo le seguenti definizioni qualitative:

- **Zona 20:** Luogo in cui un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria è presente in modo continuo, o per lunghi periodi, o frequentemente per brevi periodi.
- **Zona 21:** Luogo in cui è probabile sia presente un'atmosfera esplosiva, sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, occasionalmente durante il funzionamento normale.
- **Zona 22:** Luogo in cui è improbabile sia presente un'atmosfera esplosiva, sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, durante il funzionamento normale o, se ciò avviene, è presente solo per un breve periodo.

Nella reale applicazione di questo documento, la forma e le dimensioni delle zone classificate devono essere riportate su disegni in pianta/sezione dello specifico impianto, con la corretta simbologia grafica.

Inoltre, è opportuno allegare gli eventuali calcoli.

Lavori di manutenzione dell'impianto possono dare luogo ad atmosfere esplosive generate dai lavori stessi, che potrebbero non essere comprese nelle zone classificate. Il rischio di esplosione ed i relativi provvedimenti di sicurezza durante tali attività devono essere considerati per ogni caso specifico, adottando ad esempio procedure di *Autorizzazione al lavoro per la realizzazione di attività a contatto con sorgenti di accensione in luoghi in cui sono presenti atmosfere esplosive* (vedere Capitolo n. 6).

Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero: INTERNO

SE I01	<p>Zona 21 l'intero impianto (incluse le bacinelle), ad esclusione del tratto compreso tra il dosatore (posizione n. 5) e l'aspiratore (posizione n. 7);</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vedere Punto n. 2 della Lista di Controllo.
SE I02	<p>Zona 22 il tratto compreso tra il dosatore (posizione n. 5) e l'aspiratore (posizione n. 7).</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La probabilità di presenza di atmosfera esplosiva è considerata quale conseguenza di guasto del filtro nel dosatore. Alla definizione qualitativa di Zona 22 si assume corrisponda, quantitativamente, una probabilità di presenza di atmosfera esplosive annua compresa tra 10^{-5} e 10^{-3} (0,1 ÷ 10 ore/anno).

Le zone sono ulteriormente precisate nella Scheda di analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne.

CLASSIFICAZIONE

Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero: ESTERNO

Quando vengono utilizzate pressioni maggiori della pressione atmosferica all'interno di un sistema di contenimento delle polveri (trasferimento pneumatico a pressione positiva), la polvere può essere emessa da una apparecchiatura soggetta a perdita. In caso di pressioni negative all'interno del sistema di contenimento delle polveri, la probabilità che si formino zone polverose fuori dall'apparecchiatura è molto bassa.

I punti che possono emettere polvere (sorgenti di emissione) in grado di formare potenziali atmosfere esplosive nell'area esterna all'impianto considerato, sono costituiti da:

- punti di discontinuità sulle tubazioni e apparecchiature (flange, manicotti, tenute di valvole, ecc.) interessate dal trasferimento pneumatico a pressione positiva, in caso di guasto;

Note:

I terminali di valvole ed i giunti flangiati potrebbero non essere considerati sorgenti di emissione, se fosse disponibile una documentazione del fabbricante e dell'installatore attestante che nella loro progettazione e costruzione è stata tenuta in debita considerazione la prevenzione di perdite di polveri in tutte le condizioni operative prevedibili.

- filtri, in caso di guasto;
- manichette di connessione in materiale tessile, in caso di guasto;
- scarico da sfiati (aspiratore per il trasporto pneumatico), in caso di guasto dei filtri;
- tessuto costituente il silo, in caso di guasto;
- parti in tessuto dei silos, per rottura "grave" in caso di sovraccarico.

Dalle sorgenti di emissione sopra descritte derivano le seguenti zone:

SE E01	Zona 22 l'intorno di tutti i punti di discontinuità della tubazione dal punto di attacco della tubazione flessibile dell'autocarro fino ai silos, per un metro di distanza in tutte le direzioni e fino a terra.
SE E02	Zona 22 l'intorno del tessuto filtrante disposto su tutta la sommità dei silos e del silo in tessuto, per un metro di distanza in tutte le direzioni e fino a terra.
SE E03	Zona 22 l'intorno delle manichette in materiale tessile del dosatore, per un metro di distanza in tutte le direzioni e fino a terra.
SE E04	Zona 22 l'esterno dello sfiato dell'aspiratore per il trasporto pneumatico, per un metro di distanza in tutte le direzioni e fino a terra.
SE E05	Zona 22 l'esterno del filtro dell'eventuale aspiratore posto sul coperchio della bacinella, per un metro di distanza in tutte le direzioni e fino a terra.

CLASSIFICAZIONE

CLASSIFICAZIONE

SE E06	<p>Emissione di polvere in caso di rottura grave delle parti in tessuto dei silos per sovraccarico.</p> <p>Tale emissione, che darebbe luogo ad una Zona 22 in tutto il locale contenente i silos, non viene considerata in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none">- è presente un sistema di controllo elettronico per la pesatura che:<ul style="list-style-type: none">· è in grado di rilevare il livello massimo di carico consentito;· in caso di sovraccarico attiva una segnalazione di allarme (sonoro e visivo) al personale addetto al carico da autocarro, al fine di interrompere il trasferimento pneumatico della farina;· è sufficientemente affidabile;· periodicamente ne viene verificata la funzionalità per rilevare i guasti pericolosi (ogni anno l'alimentatore e ogni tre anni i restanti componenti: celle di carico, cavi, PLC, relè, allarme);- il personale (esterno) addetto al carico dei silos è informato/formato e le operazioni si svolgono sotto il controllo di un preposto. <p>(L'ALLEGATO A CONTIENE LE SPIEGAZIONI ED UN APPROFONDIMENTO DI QUANTO SOPRA INDICATO)</p>
---------------	---

Nota per le Zone 22:

- La probabilità di presenza di atmosfera esplosiva è considerata quale conseguenza di guasti. Alla definizione qualitativa di Zona 22 si assume corrisponda, quantitativamente, una probabilità di presenza di atmosfera esplosive annua compresa tra 10^{-5} e 10^{-3} (0,1 ÷ 10 ore/anno).

Le zone sono ulteriormente precisate nella Scheda di analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne.

4. Scheda n. SA01: (Esempio di) Analisi delle sorgenti di accensione interne (I) ed esterne (E).
Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero.

N.	1		2					3			4					5
	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					Zone
	a	b	a	b	c	d	e	a	b	c	a	b	c	d	e	f
Potenziale sorgente d'innesco	Descrizione della causa	Durante il normale funzionamento	Durante guasti prevedibili	Durante guasti rari	Non considerata	Motivi della valutazione	Descrizione delle misure applicate	Riferimenti	Documentazione tecnica	Durante il normale funzionamento	Durante guasti prevedibili	Durante guasti rari	Non considerata	Categoria ATEX equivalente (Dust-Gas)	Classificazione zona	
1	Scariche elettrostatiche	Durante il riempimento dei silos possono originarsi scariche a cono sulla superficie della massa di polvere	X				Il riempimento dei silos costituisce normale parte del processo	L'energia massima sviluppata $W = 10,65$ mJ è inferiore all'energia di accensione con: diametro (D) silo = 3 m diametro (d) polvere = 0,13 mm	CLC-TR 50404: 2003	Foglio di calcolo e confronto con l'energia di accensione della nube di farina (100 mJ)				X	1D*1 I	21 I
2	Scariche elettrostatiche	Durante il riempimento della vasca zucchero possono originarsi scariche a cono sulla superficie della massa di polvere	X				Il riempimento della vasca costituisce normale parte del processo	L'energia massima sviluppata $W = 3,52$ mJ è inferiore all'energia di accensione con: diametro (D) vasca = 1,5 m diametro (d) polvere = 0,3 mm	CLC-TR 50404: 2003	Foglio di calcolo e confronto con l'energia di accensione della nube di zucchero (10 mJ)				X	1D*2 I	21 I

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

Dipartimento di Prevenzione Medico/Sc P.S.A.L./Ss Sicurezza Elettrica
Via Ippocrate, 45 - MILANO 20161 - Tel. 02/8578.9344 fax 02/8578.9277
e-mail: sicurezzaelettrica@asl.milano.it
Codice fiscale e P.IVA 12319130154 - sito: <http://www.asl.milano.it>

3	Scariche elettrostatiche	Durante il riempimento del dosatore possono originarsi scariche a cono sulla superficie della massa di polvere	X				Il riempimento del dosatore costituisce normale parte del processo	L'energia massima sviluppata $W = 0,9 \text{ mJ}$ è inferiore all'energia di accensione con: diametro (D) dosatore = 1 m diametro (d) polvere = 0,3 mm	CLC-TR 50404: 2003	Foglio di calcolo e confronto con l'energia di accensione della nube di farina (100 mJ) e della nube di zucchero (10 mJ)			X	1D*3 I	21 I
4	Scariche elettrostatiche	Polveri movimentate (riempimento, svuotamento, trasporto pneumatico) a contatto con parti metalliche e parti non metalliche con resistenza superficiale $\leq 1 \text{ G}\Omega$	X	X			- La movimentazione della polvere costituisce normale parte del processo - Questi materiali accumulano carica elettrostatica se non collegati a terra	Collegamento a terra dei componenti metallici e di quelli in materiale dissipativo, in particolare: - silo in acciaio - tubazioni rigide e flessibili per il trasporto pneumatico - filtri - tessuto di sfiato/ingresso aria sulla sommità dei silos - dosatore	CLC-TR 50404: 2003	- Specifiche dei materiali - Collegamento a terra eseguito in più punti - Esecuzione e registrazione della verifica periodica del collegamento a terra			X	2D I 2D E	21 I 22 E
5	Scariche elettrostatiche	Durante la movimentazione delle polveri possono originarsi sulle stesse scariche a spazzola	X				La movimentazione della polvere costituisce normale parte del processo	L'energia massima sviluppata da scariche a spazzola ($W \leq 4 \text{ mJ}$) è inferiore all'energia di accensione	CLC-TR 50404: 2003	Confronto con l'energia di accensione della nube di farina (100 mJ) e della nube di zucchero (10 mJ)			X	1D I 1D E	21 I 22 E
6	Scariche elettrostatiche	Il personale può caricarsi elettrostaticamente	X				L'interazione di persone con l'esterno dell'impianto costituisce normale parte del processo	- Calzature dissipative - Abiti dissipativi (in cotone) - Pavimenti non isolanti	CLC-TR 50404: 2003	- Formazione del personale - Sostituzione periodica delle calzature - Specifiche dei DPI e dei pavimenti			X	3D E	22 E

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

7	Scariche elettrostatiche	Polveri movimentate (riempimento dei silos e trasporto pneumatico) a contatto con parti non metalliche con resistenza superficiale > 1 GΩ	X				Il riempimento dei silos ed il trasporto pneumatico costituiscono normale parte del processo	<ul style="list-style-type: none"> - L'energia massima sviluppata da scariche a spazzola ($W \leq 4$ mJ) è inferiore all'energia di accensione - Le scariche a spazzola propagante sono evitate in quanto: <ul style="list-style-type: none"> • lo spessore del materiale isolante dell'oblò in plexiglas (silo in acciaio) è ≥ 10 mm • la rigidità dielettrica del silo in tessuto è < 4 kV 	CLC-TR 50404: 2003	<ul style="list-style-type: none"> - Specifiche dei materiali - Confronto con l'energia di accensione della nube di farina (100 mJ) 	X			1D I 1D E	21 I 22 E
8	Scariche elettrostatiche	Durante il carico della farina possono originarsi scariche a scintilla sull'autocarro e sulla relativa tubazione flessibile	X	X			<ul style="list-style-type: none"> - Il carico dei silos con farina costituisce normale parte del processo - Questi materiali accumulano carica elettrostatica se non collegati a terra o se di materiale non conduttivo/dissipativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Tubazione flessibile in materiale dissipativo - Collegamento a terra dell'autocarro e della tubazione flessibile con pinza su cavo flessibile (l'eventuale difetto di collegamento a terra non è rilevabile) 	CLC-TR 50404: 2003	<ul style="list-style-type: none"> - Specifiche della tubazione flessibile - Esecuzione e registrazione della verifica periodica del cavo flessibile di collegamento a terra 	X			3D I 3D E	21 I 22 E

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

9	Punti caldi/scintille di origine meccanica	Attrito/impatto delle parti in movimento della valvola rotativa (silo in acciaio)	X	X			<ul style="list-style-type: none"> - L'azionamento della valvola costituisce normale parte del processo - Usura/guasto dei cuscinetti/tenute - Ingresso di corpi estranei 	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura massima di funzionamento è << 100 °C (misure con termocamera/strisce termoviranti) - Verifiche e manutenzioni previste dal fabbricante - Velocità di rotazione < 1 m/s per costruzione (limitata dal riduttore meccanico di velocità) - Non sono presenti leghe leggere con oltre il 7,5 % di magnesio per massa - Improbabilità di presenza di ruggine per l'azione abrasiva della polvere trasportata 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1127-1 - EN 13463-1 - EN 13463-5 - [13] 	<ul style="list-style-type: none"> - Confronto con la temperatura di accensione della nube di farina (430 °C) - Istruzioni per l'uso e la manutenzione - Esecuzione e registrazione della manutenzione 			X			2D I 2D E	21 I 22 E
10	Punti caldi/scintille di origine meccanica	Attrito/impatto delle parti in movimento della coclea (vasca zucchero)	X	X			<ul style="list-style-type: none"> - L'azionamento della coclea costituisce normale parte del processo - Usura/guasto dei cuscinetti/tenute - Ingresso di corpi estranei 	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura massima di funzionamento è << 100 °C (misure con termocamera/strisce termoviranti) - Verifiche e manutenzioni previste dal fabbricante - Velocità di rotazione < 1 m/s per costruzione (limitata dal riduttore meccanico di velocità) - Non sono presenti leghe leggere con oltre il 7,5 % di magnesio per massa - Riempimento vasca attraverso rete metallica filtrante posta a circa metà altezza - Improbabilità di presenza di ruggine per l'azione abrasiva della polvere trasportata 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1127-1 - EN 13463-1 - EN 13463-5 - [13] 	<ul style="list-style-type: none"> - Confronto con la temperatura di accensione della nube di zucchero (350 °C) - Istruzioni per l'uso e la manutenzione - Esecuzione e registrazione della manutenzione 			X			2D I 2D E	21 I 22 E

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

11	Punti caldi/scintille di origine meccanica	Attrito/impatto durante il movimento (apertura/chiusura) delle valvole a farfalla sullo scarico del dosatore e lungo la tubazione di trasporto pneumatico	X	X			<ul style="list-style-type: none"> - L'azionamento delle valvole costituisce normale parte del processo - Usura/guasto dei cuscinetti/tenute 	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura massima di funzionamento è << 100 °C (misure con termocamera/strisce termoviranti) - Verifiche e manutenzioni previste dal fabbricante - Velocità di rotazione < 1 m/s per costruzione (limitata dalle caratteristiche dell'attuatore) - Non sono presenti leghe leggere con oltre il 7,5 % di magnesio per massa - Improbabilità di presenza di ruggine per l'azione abrasiva della polvere trasportata 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1127-1 - EN 13463-1 - EN 13463-5 - [13] 	<ul style="list-style-type: none"> - Confronto con la temperatura di accensione della nube di farina (430 °C) e della nube di zucchero (350 °C) - Istruzioni per l'uso e la manutenzione - Esecuzione e registrazione della manutenzione 	X			2D I 2D E	21 I 22 E
12	Punti caldi/scintille di origine meccanica	Attrito/impatto durante il movimento (rotazione) del setaccio	X	X			<ul style="list-style-type: none"> - L'azionamento del setaccio costituisce normale parte del processo - Usura/guasto dei cuscinetti/tenute 	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura massima di funzionamento è << 100 °C (misure con termocamera/strisce termoviranti) - Verifiche e manutenzioni previste dal fabbricante - Distanza tra parti fisse e rotanti ≥ 1% del diametro del setaccio con il minimo di 2 mm - Potenza del motore < 5,5 kW e velocità periferica < 40 m/s - Per attrito tra corpi in acciaio l'energia equivalente E_Q delle scintille è ~ 50 mJ (T_d 430 °C - F 90 N - v 25 m/s) - Non sono presenti leghe leggere con oltre il 7,5 % di magnesio per massa - Improbabilità di presenza di ruggine per l'azione abrasiva della polvere trasportata 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1127-1 - EN 13463-1 - EN 13463-5 - EN 14986 - [13] - [2] 	<ul style="list-style-type: none"> - Confronto sia con la temperatura che con l'energia di accensione della nube di farina (430 °C - 100 mJ) e della nube di zucchero (350 °C - 10 mJ) - Specifiche tecniche - Istruzioni per l'uso e la manutenzione - Esecuzione e registrazione della manutenzione 	X			2D I 2D E	21 I 22 E

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

13	Punti caldi/scintille di origine meccanica	Attrito durante il movimento della girante dell'aspiratore	X			L'azionamento dell'aspiratore costituisce normale parte del processo	<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura massima di funzionamento è << 100 °C (misure con termocamera/strisce termoviranti) - Verifiche e manutenzioni previste dal fabbricante 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1127-1 - EN 13463-1 - EN 13463-5 	<ul style="list-style-type: none"> - Confronto con la temperatura di accensione della nube di farina (430 °C) e della nube di zucchero (350 °C) - Istruzioni per l'uso e la manutenzione - Esecuzione e registrazione della manutenzione 	X				3D I 3D E	22 I 22 E
14	Punti caldi/scintille	Attrito di corpi estranei durante il carico della farina nei silos con trasporto pneumatico (da autocarro)		X		Il fornitore ed il trasportatore non hanno formalmente escluso la possibilità di presenza di corpi estranei durante il carico	Nessuna			X				3D I	21 I
15	Autocombustione	Autoriscaldamento della farina a causa di fenomeni biologici durante lo stoccaggio nei silos	X			Lo stoccaggio della farina nei silos costituisce normale parte del processo	<ul style="list-style-type: none"> - Durante lo stoccaggio l'attività biologica dei cereali cessa intorno agli 80 °C - Dato il basso contenuto oleoso (≈ 2-3 %) l'ossidazione chimica non è in grado di produrre ulteriore aumento della temperatura - In base all'IMDG code (International Maritime Dangerous Goods code), il trasporto navale dei cereali non rientra nella classe 4.2 (sostanze in grado di autoaccendersi) 	[12]			X			1D I	21 I

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

16	Apparecchi elettrici	<ul style="list-style-type: none"> - Motore valvola rotativa (silo in acciaio) - Motore vibrante (silo in tessuto) - Motore setaccio - Motore aspiratore (eventuale) sul dosatore - Attuatori delle valvole a farfalla - Cavi di alimentazione - Sistema di pesatura dei silos 	X				L'azionamento dei componenti elettrici costituisce normale parte del processo	<ul style="list-style-type: none"> - Verificate: <ul style="list-style-type: none"> · buone condizioni generali · conformità alle relative norme · assenza depositi di polvere · integrità delle tenute · grado di protezione \geq IP 5X · presenza e corretta taratura delle protezioni elettriche · temperatura motori max \leq 180 °C (rif. classe di isolamento H) · protezione meccanica dei cavi - Pulizia delle parti non metalliche eseguita con panni umidi 	<ul style="list-style-type: none"> - EN 50281-1-1 - EN 50281-1-2 (norme considerabili di transizione ante e post 01/07/2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Specifiche tecniche - Schemi elettrici - Piano di pulizia - Esecuzione e registrazione della manutenzione - Formazione del personale 	X				3D E	22 E
----	----------------------	---	---	--	--	--	---	---	--	--	---	--	--	--	---------	---------

Categorie ATEX equivalenti: **3D Interna** / 3D Esterna, valide per le polveri combustibili indicate nelle varie componenti dell'impianto.

Note	
*1	L'aumento della granulometria produce l'aumento dell'energia della scarica elettrostatica del tipo a cono. A parità di diametro del silo, per polvere con granulometria $d = 0,5$ mm l'energia $W \approx 76$ mJ
*2	L'aumento della granulometria produce l'aumento dell'energia della scarica elettrostatica del tipo a cono. A parità di diametro della vasca, per polvere con granulometria $d = 0,5$ mm l'energia $W \approx 7,4$ mJ
*3	L'aumento della granulometria produce l'aumento dell'energia della scarica elettrostatica del tipo a cono. A parità di diametro della tramoggia, per polvere con granulometria $d = 0,5$ mm l'energia $W \approx 1,9$ mJ
[...]	Numero di riferimento della fonte bibliografica riportata nella Nota Tecnica n. P1/2009

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

Dipartimento di Prevenzione Medico/Sc P.S.A.L./Ss Sicurezza Elettrica
 Via Ippocrate, 45 - MILANO 20161 - Tel. 02/8578.9344 fax 02/8578.9277
 e-mail: sicurezzaelettrica@asl.milano.it
 Codice fiscale e P.IVA 12319130154 - sito: <http://www.asl.milano.it>

5. Stima e valutazione del rischio

Impresa	Data	
Luogo	Pagina	
Area	Zona n.	Documento
Tabella riassuntiva: STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO		Revisione

Allegato al Documento sulla protezione contro le esplosioni D.Lgs 09.04.2008 n. 81

Attrezzatura/Impianto/Materiale:		INTERNO Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero		
Identificazione delle sorgenti potenziali di accensione				
Rif.	Tipo	Possibile	Efficace	Rif. Scheda
1	Superfici calde	SI	SI Durante il carico della farina	SA01 (14)
2	Fiamme, particelle e gas caldi	NO	NO	
3	Scintille di origine meccanica	SI	SI Durante il carico della farina	SA01 (14)
4	Apparecchi elettrici	SI	NO Vedere Scheda	SA01
5	Correnti vaganti e di protezione catodica	NO	NO	
6	Elettricità statica:	SI		
	Scariche a corona	NO	NO	
	Scariche a spazzola	SI	NO Vedere Scheda	SA01
	Scariche a spazzola propagante	SI	NO Vedere Scheda	SA01
	Scariche a cono	SI	NO Vedere Scheda	SA01
7	Fulmini	NO	NO Non sono presenti zone 0/20	
	Radio frequenze (RF) e onde elettromagnetiche da 10^4 a 3×10^{12} Hz	NO	NO	
9	Onde elettromagnetiche da 3×10^{12} a 1×10^{15} Hz	NO	NO	
10	Radiazioni ionizzanti	NO	NO	
11	Ultrasuoni	NO	NO	
12	Compressioni adiabatiche ed Onde d'urto	NO	NO	
13	Reazioni esotermiche compresa l'autoignizione della polvere	SI	NO Vedere Scheda	SA01

Controllo dei processi NO

Sistemi di protezione NO

Zona 1/21 interna

P_{EX} 3

P_{SA} 2

P

2

Presenza di persone $t > 50\%$

C_{PE} 4

C_{EX} 3

C

4

Ambiente non confinato

Indice 0

D

4

Ambiente confinato $V_A/V_{EX} < 100$

Indice 4

$R = P \cdot C \cdot D$

32

Indice di esplosione gas

Indice 0

ALTO

Indice di esplosione polvere $K_{st} \leq 200$

Indice 2

STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Impresa	Data	
Luogo	Pagina	
Area	Zona n.	Documento
Tabella riassuntiva: STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO		Revisione

Allegato al Documento sulla protezione contro le esplosioni D.Lgs 09.04.2008 n. 81

Attrezzatura/Impianto/Materiale: ESTERNO Impianto di stoccaggio, di trasporto pneumatico e di dosaggio delle farine e dello zucchero

Identificazione delle sorgenti potenziali di accensione

Rif.	Tipo	Possibile	Efficace	Rif. Scheda
1	Superfici calde	SI	NO Vedere Scheda	SA01
2	Fiamme, particelle e gas caldi	NO	NO	
3	Scintille di origine meccanica	SI	NO Vedere Scheda	SA01
4	Apparecchi elettrici	SI	NO Vedere Scheda	SA01
5	Correnti vaganti e di protezione catodica	NO	NO	
6	Electricità statica:	SI		
	Scariche a corona	NO	NO	
	Scariche a spazzola	SI	NO Vedere Scheda	SA01
	Scariche a spazzola propagante	SI	NO Vedere Scheda	SA01
	Scariche a cono	SI	NO Vedere Scheda	SA01
7	Scariche a scintilla	SI	NO Vedere Scheda	SA01
	Fulmini	NO	NO Non sono presenti zone 0/20	
8	Radio frequenze (RF) e onde elettromagnetiche da 10^4 a 3×10^{12} Hz	NO	NO	
9	Onde elettromagnetiche da 3×10^{12} a 1×10^{15} Hz	NO	NO	
10	Radiazioni ionizzanti	NO	NO	
11	Ultrasuoni	NO	NO	
12	Compressioni adiabatiche ed Onde d'urto	NO	NO	
13	Reazioni esotermiche compresa l'autoignizione della polvere	SI	NO Vedere Scheda	SA01

Controllo dei processi	SI ^a	Sistemi di protezione	NO		
Zona 2/22 interna	$P_{EX} = 2$	$P_{SA} = 1$		P	1
Presenza di persone	$t > 50\%$	$C_{PE} = 4$	$C_{EX} = 3$	C	4
Ambiente non confinato			Indice = 0	D	4
Ambiente confinato	$100 \leq V_A/V_{EX} < 1000$		Indice = 3	$R = P \cdot C \cdot D$	16
Indice di esplosione gas			Indice = 0		TRASCURABILE
Indice di esplosione polvere	$K_{st} \leq 200$		Indice = 2		

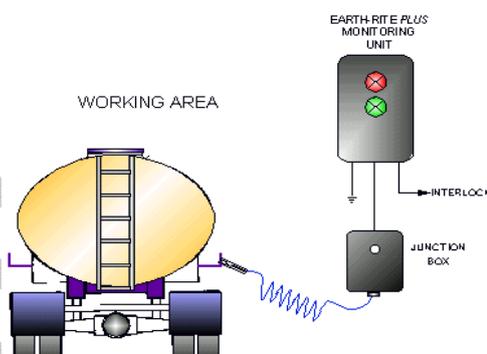
^a Sistema di controllo elettronico per la pesatura dei silos

La valutazione del rischio di esplosione relativo all'INTERNO dell'impianto, evidenzia due situazioni di rischio ALTO che necessitano di interventi immediati:

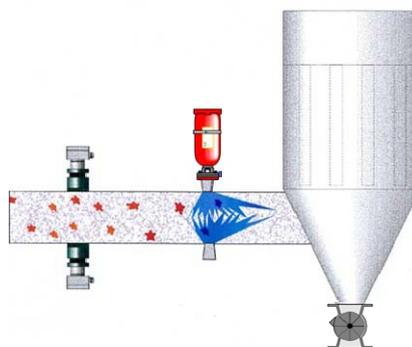
- a) **Scariche elettrostatiche** a scintilla ed a spazzola propagante che possono originarsi durante il carico della farina sull'autocarro e sulla relativa tubazione flessibile, in caso di "guasti prevedibili" dovuti al fallimento del collegamento a terra dell'autocarro e/o della tubazione flessibile di carico, realizzato mediante pinza e cavo flessibile (posizione n. 8 della *Scheda n. SA01 - Analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne*).
- b) **Punti caldi/scintille** dovuti alla possibilità di attrito di corpi estranei durante il carico della farina nei silos con trasporto pneumatico (da autocarro), in caso di "guasti prevedibili" dovuti alla mancanza di una formale esclusione, da parte del fornitore e del trasportatore, della possibilità di presenza di corpi estranei (posizione n. 14 della *Scheda n. SA01 - Analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne*).

Si decide pertanto di:

- a) Installare una apparecchiatura per il collegamento a terra dell'autocarro e della relativa tubazione flessibile di carico, in grado di monitorarne l'efficacia e di attivare un allarme in luogo presidiato (se possibile anche interblocco con il funzionamento dell'impianto). L'apparecchiatura dovrà essere marcata CE ai sensi della direttiva 94/9/CE (ATEX).



- b) Installare una apparecchiatura di rilevamento di corpi caldi con relativo dispositivo di spegnimento automatico. La tipologia, le caratteristiche tecniche e le modalità di installazione più opportune verranno indicate dal costruttore dell'apparecchiatura, che dovrà essere marcata CE ai sensi della direttiva 94/9/CE (ATEX).



Oppure, quale soluzione decisamente più economica, accettabile nel caso di tubazioni con percorso breve a monte dei silos:

installare una griglia metallica in acciaio inossidabile austenitico (AISI 304/304L, AISI 321, AISI 316/316L) sul punto di attacco della tubazione flessibile dell'autocarro alla tubazione fissa di carico dei silos. Le dimensioni delle maglie dovranno essere più piccola possibile compatibilmente con la capacità di trasferimento del prodotto.

A seguito di quanto esposto precedentemente ai punti a) e b), verranno quindi:

- pianificate le azioni da compiere (vedere Capitolo n. 10 della Nota Tecnica n. P1/2009) ed installate le apparecchiature necessarie prima del prossimo carico di farina;
- attuato il coordinamento delle imprese esterne nel corso dei lavori;
- acquisite le documentazioni (dichiarazioni di conformità, certificazioni, ...) attestanti l'esecuzione a regola d'arte dei lavori e la rispondenza dell'impianto e dei suoi componenti alle relative norme tecniche e di legge;
- aggiornata la Scheda n. SA01 - Analisi delle sorgenti di accensione interne ed esterne (posizioni n. 8 e n. 14, e conseguenti conclusioni);
- aggiornata la Tabella riassuntiva di stima e valutazione del rischio.

ASL di MILANO

Allegato A

L'ipotesi di sovraccarico dei silos è associata al guasto del sistema di controllo elettronico per la pesatura, che potrebbe non rilevare il livello massimo di carico consentito.

Se il livello di affidabilità di tale sistema di controllo elettronico fosse sufficientemente alto e se questo inviava in caso di sovraccarico una segnalazione di allarme (sonoro e visivo) al personale addetto, al fine di interrompere il carico da autocarro, potrebbe essere considerata trascurabile l'ipotesi di un suo guasto e quindi la rottura grave del tessuto dei silos.

La Guida Europea alla direttiva 99/92/CE, prevede la possibilità di utilizzare "tecniche di controllo dei processi" (TCP) con la necessaria affidabilità, attraverso l'utilizzo di dispositivi di controllo, sicurezza e regolazione, per impedire il verificarsi di atmosfere esplosive pericolose, per evitare sorgenti di accensione o per attenuare gli effetti nocivi di una esplosione.

Si decide pertanto di:

1. determinare il livello di affidabilità necessario;
2. determinare il livello di affidabilità del sistema di controllo elettronico per la pesatura;
3. valutare i dati ottenuti.

1. Determinazione del livello di affidabilità necessario

L'affidabilità dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili, è trattata dalle norme tecniche della serie EN 61508.

Tali norme costituiscono un documento ad ampio raggio a cui fanno riferimento altre norme e direttive per quanto riguarda l'affidabilità dei componenti e dei sistemi con funzioni di sicurezza, sia con utilizzo di tecnologia elettrica che non elettrica (ed esempio: EN ISO 13849 ed EN 62061 per le macchine, EN 61511 per l'industria di processo).

Le norme EN 61508 classificano quattro livelli di "affidabilità" in ordine crescente da 1 a 4, denominati *Safety Integrity Level* (SIL).

Il possibile livello SIL dipende da una serie di parametri (architettura del sistema, copertura diagnostica, tipo di componenti, ...) tra i quali la *Probabilità di fallimento media su domanda* (cioè alla richiesta di intervento) PFD_{avg} , come di seguito precisato:

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) (PFD_{avg})
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 $< 10^{-5}$

Livelli di integrità della sicurezza e probabilità di fallimento secondo la norma EN 61508

ALLEGATO A

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

Al fine di determinare il livello SIL necessario è stato fatto riferimento all'Allegato D della norma EN 61508-5: 2002, che propone un metodo qualitativo tramite un grafico generale del rischio. Tale metodo assegna una categoria sia alla frequenza che alla severità di un pericolo per determinare la minima necessaria riduzione del rischio tramite dispositivi di sicurezza.

Il criterio di scelta del SIL che si è deciso di utilizzare è quindi rappresentato nella seguente figura:

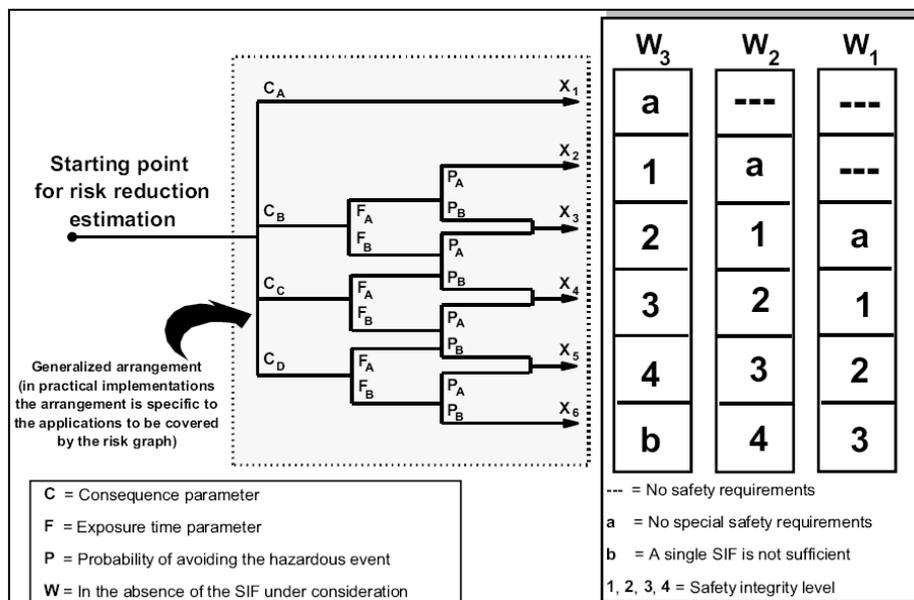


Grafico del rischio
(Norma EN 60508-5: 2002 - Allegato D)

ALLEGATO A

Ai simboli sono state associate le seguenti definizioni qualitative:

C *Conseguenze*

C_A Ferite minori

C_B Ferite permanenti serie a più persone; morte di una persona

C_C Morte di diverse persone

C_D Morte di moltissime persone

F *Frequenza e tempo di esposizione nella zona di pericolo*

F_A Da rara a frequente esposizione in zona di pericolo

F_B Da frequente a continua esposizione in zona di pericolo

P *Possibilità di evitare l'evento pericoloso*

P_A Possibile in certe condizioni

P_B Quasi impossibile

W *Possibilità di evento non voluto*

W_1 Una probabilità molto bassa che l'evento non voluto possa accadere e soltanto pochissimi eventi non voluti potrebbero accadere

W_2 Una bassa probabilità che l'evento non voluto possa accadere e soltanto qualche evento non voluto potrebbe accadere

W_3 Una relativamente alta probabilità che l'evento non voluto possa accadere e una frequente presenza dell'evento non voluto potrebbe verificarsi

Assumendo:

- $C = C_B$
- $F = F_A$
- $P = P_B$
- $W = W_2$

il livello di integrità della sicurezza necessario è individuato in SIL 1.

Note:

- Un livello di integrità della sicurezza SIL 1, corrisponde ad una probabilità media di fallimento alla domanda PFD_{avg} , per bassa domanda, compresa nel campo: $\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$.
- I sistemi di controllo relativi alla sicurezza devono essere separati ed indipendenti dai sistemi di controllo del processo. Nel caso specifico il sistema che controlla il processo viene valutato anche per funzioni di sicurezza (segnalazione di massimo carico - sovraccarico). Tale anomalia viene comunque accettata tenuto conto del contesto e dei parametri che costituiscono il rischio, ponendo in ogni caso SIL 1 come limite massimo di Livello di Integrità della Sicurezza attribuibile al sistema.

2. Determinazione del livello di affidabilità del sistema di controllo elettronico per la pesatura

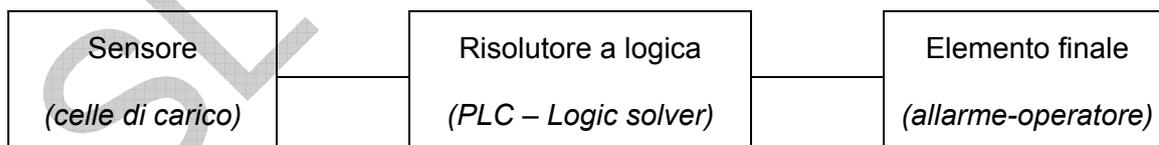
Per la determinazione del livello di affidabilità di un sistema strumentato di sicurezza, devono essere disponibili i dati sui tassi di guasto raccolti dalle esperienze in campo dei costruttori relativi all'uso previsto dei componenti, sempre che questi abbiano deciso di adottare lo standard EN 61508 nella progettazione, costruzione e gestione del ciclo di vita dei loro prodotti.

In assenza di dati certificati, come nel caso specifico, la determinazione dell'affidabilità verrà effettuata utilizzando i tassi tipici di guasto di componenti generici, disponibili nella letteratura tecnica e relativi all'uso in condizioni medie ambientali.

In particolare, verrà fatto riferimento ai seguenti database e documenti:

- Nonelectronic Parts Reliability Data (Reliability Analysis Center 1995)
- Safety Equipment Reliability Handbook (exida.com 2003)
- SN 29500 Failure Rates of Components (Siemens)
- Norma EN 61511-3: 2006

Il sistema da analizzare può essere suddiviso nei tre seguenti sottosistemi principali:



3. Valutazione dei dati ottenuti

Come risulta dall'analisi FMEDA (*Failure Mode, Effect and Diagnostic Analysis*) del sistema, riportata di seguito, la probabilità media di fallimento alla domanda PFD_{avg} del controllo elettronico per la pesatura è corrispondente al livello di integrità della sicurezza richiesto, SIL 1, purché vengano effettuate ogni anno per l'alimentatore e ogni tre anni per i restanti componenti, verifiche di funzionamento per rilevare i guasti pericolosi.

Analisi FMEDA del sistema di controllo elettronico per la pesatura:

Sottosistema	Architettura	λ_{TOT} (anno)	$MTTF_{TOT}$ (1/ λ_{TOT})	Guasti sicuri (%)	Guasti pericolosi (%)	λ_S	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF (%)	HFT	TI (anni)	PFD_{AVG} (bassa domanda)	Possibile utilizzo max SIL
Sensore (celle di carico)	1oo1	1,20E-03	833	50	50	6,00E-04	6,00E-04	0,00E+00	6,00E-04	50%	0	3	9,00E-04	SIL 1
Cavi	1oo1	1,00E-05	100000	50	50	5,00E-06	5,00E-06	0,00E+00	5,00E-06	50%	0	3	7,50E-06	SIL 1
Logis solver (PLC)	1oo1	9,77E-02	10	62,8	37,2	6,14E-02	3,63E-02	2,56E-02	1,10E-02	89%	0	3	1,65E-02	SIL 1
Relè	1oo1	1,21E-02	83	50	50	6,05E-03	6,05E-03	0,00E+00	6,05E-03	50%	0	3	9,08E-03	SIL 1
Alimentatore	1oo1	1,37E-01	7	50	50	6,85E-02	6,85E-02	0,00E+00	6,85E-02	50%	0	1	3,43E-02	SIL 1
Allarme (sonoro e visivo)	1oo1	1,20E-02	83	50	50	6,00E-03	6,00E-03	0,00E+00	6,00E-03	50%	0	3	9,00E-03	SIL 1
Operatore (errore umano)	1oo1	1,00E-01	10	0	100	0,00E+00	1,00E-01	0,00E+00	1,00E-01	0%	0		9,52E-02 ^A	SIL 1
SISTEMA	1oo1	2,60E-01	4	-	-	1,43E-01	2,17E-01	2,56E-02	1,92E-01	-	-	-	1,65E-01	SIL 1

Note:

^A La probabilità di fallimento su domanda in questo caso non è il valore medio. PFD è stata determinata con la formula generale dell'inaffidabilità, considerando un tempo di "osservazione" t di un anno: $U = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$

ALLEGATO A

AZIENDA SANITARIA LOCALE DI MILANO

 Dipartimento di Prevenzione Medico/Sc P.S.A.L./Ss Sicurezza Elettrica
 Via Ippocrate, 45 - MILANO 20161 - Tel. 02/8578.9344 fax 02/8578.9277
 e-mail: sicurezzaelettrica@asl.milano.it
 Codice fiscale e P.IVA 12319130154 - sito: <http://www.asl.milano.it>

Legenda:

λ_{TOT}	Rateo di guasto totale
$MTTF_{TOT}$	Tempo medio al guasto (<i>Mean Time To Failure</i>)
<i>Guasti sicuri</i>	Percentuale di guasti che non comportano la perdita della funzione di sicurezza
<i>Guasti pericolosi</i>	Percentuale di guasti che comportano la perdita della funzione di sicurezza
λ_S	Rateo dei guasti sicuri
λ_D	Rateo dei guasti pericolosi
λ_{DD}	Rateo dei guasti pericolosi rilevabili dalla copertura diagnostica
λ_{DU}	Rateo dei guasti pericolosi non rilevabili dalla copertura diagnostica
<i>SFF</i>	Percentuale dei guasti che conducono ad uno stato sicuro e quelli rilevati dalla copertura diagnostica (<i>Safe Failure Fraction</i>)
<i>HFT</i>	Tolleranza al guasto dell'hardware (<i>Hardware Fault Tolerance</i>), definito come numero di guasti indipendenti che possono accadere nel dispositivo di sicurezza, senza la perdita della funzione di sicurezza
<i>TI</i>	Intervallo tra due verifiche di funzionamento: 1, 3, 5 o 10 anni con un tempo di riparazione di 8 ore (<i>T Proof Test & Manitenance</i>). Per semplificare i calcoli, si assume che un anno sia composto da 10000 ore anziché da 8760
PFD_{AVG}	Probabilità media di fallimento alla domanda (<i>Average Probability of Failure on Demand</i>)
<i>SIL</i>	Livello di Integrità della Sicurezza (<i>Safety Integrity Level</i>)

ALLEGATO A