



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile

CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO

Direzione Regionale Lazio



MINISTERO
DELL'INTERNO

DM 18/10/2019: Modifiche all'allegato 1 al decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, recante «Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139». Sezione V: RTV – V1, V2, V3



a cura di:
Ing. Ivano BALDUCCI
Ispettore Antincendi
CNVVF

D.M. 18 OTTOBRE 2019

Modifiche all'allegato 1 al D.M. 3 agosto 2015 recante

«Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 8 marzo 2006, n. 139»

D.M. 03/08/2015

NASCE IL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI



Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 139/2006

D.M. 18/10/2019

AGGIORNAMENTO DEL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

Modifica in modo sostanziale l'**ALLEGATO 1** del D.M. 03/08/2015

IN SINTESI



- ✓ Il D.M. 18/10/2019 aggiorna e riscrive l'Allegato 1 del Codice di prevenzione incendi.
- ✓ Le modifiche riguardano le sezioni: **G - S - V - M**.
- ✓ Il decreto non è una nuova RTV autonoma, ma un provvedimento di modifica del Codice.
- ✓ Per la progettazione e la valutazione della sicurezza antincendio si applica il Codice aggiornato.

COSA MODIFICA IL D.M. 18/10/2019?

G - GENERALITÀ



Principi generali, termini e definizioni, applicazione del Codice

S - STRATEGIA ANTINCENDIO



Obiettivi di sicurezza, misure antincendio, livelli di prestazione

V - REGOLE TECNICHE VERTICALI



V.1 Aree a rischio specifico
V.2 Aree a rischio esplosione
V.3 Vani ascensori

M - METODOLOGIA FSE



Metodi di progettazione antincendio basati su Fire Safety Engineering

SOSTITUISCE INTEGRALMENTE L'ALLEGATO 1



Il nuovo Allegato 1 sostituisce integralmente il precedente



CODICE DI PREVENZIONE INCENDI VIGENTE

D.M. 03/08/2015 + modifiche introdotte dal D.M. 18/10/2019



Riferimento normativo: D.M. 18 ottobre 2019 – G.U. n. 257 del 31 ottobre 2019



V.1

CAPITOLO V.1 AREE A RISCHIO SPECIFICO

Il Capitolo V.1 fornisce regole e soluzioni progettuali per la sicurezza antincendio nelle aree in cui gli effetti di un incendio possono assumere condizioni particolari di severità.



COSA TRATTA

Individua le caratteristiche di progetto e le misure di sicurezza specifiche per le aree dove sono presenti:

- elevato affollamento
- presenza di sostanze o miscele pericolose
- processi produttivi pericolosi
- apparecchiature o impianti con particolari rischi di incendio
- altre condizioni di rischio specifico

➔ **Obiettivo:** garantire un adeguato livello di sicurezza antincendio in funzione del rischio specifico presente.



STRUTTURA DEL CAPITOLO V.1

- V.1.1** Generalità
- V.1.2** Aree a rischio specifico per elevato affollamento
- V.1.3** Aree a rischio specifico per presenza di sostanze o miscele pericolose
- V.1.4** Aree a rischio specifico per processi produttivi pericolosi
- V.1.5** Aree a rischio specifico per apparecchiature o impianti con particolari rischi di incendio
- V.1.6** Altre aree a rischio specifico
- V.1.7** Valutazione del rischio e soluzioni progettuali

PRINCIPI GENERALI



Approccio prestazionale:
le soluzioni sono proporzionate al livello di rischio specifico.



Valutazione del rischio:
individuazione dei pericoli e definizione delle misure di sicurezza più idonee.



Integrazione delle misure:
le misure antincendio devono agire in modo coordinato ed efficace.



Soluzioni progettuali:
possono essere di tipo prescrittivo oppure alternative (FSE).



ESEMPI DI AREE A RISCHIO SPECIFICO

	Elevato affollamento	es. attività scolastiche, autorimesse, attività ricettive, spettacolo, sanitarie, ecc.
	Sostanze o miscele pericolose	es. depositi di liquidi infiammabili, impianti chimici, laboratori, ecc.
	Processi produttivi pericolosi	es. verniciatura, lavorazioni a caldo, essiccazione, produzione energia, ecc.
	Impianti o apparecchiature con particolari rischi	es. cabine elettriche, gruppi elettrogeni, forni, impianti di cogenerazione, ecc.
	Altre condizioni di rischio specifico	es. locali con controllo fumi complesso, aree con accessibilità limitata, ecc.



MISURE ANTINCENDIO COINVOLTE

	S.1 Reazione al fuoco		S.2 Resistenza al fuoco		S.3 Compartimentazione
	S.4 Esodo		S.5 Gestione della sicurezza antincendio		S.6 Controllo dell'incendio
	S.7 Rivelazione ed allarme		S.8 Controllo di fumo e calore		S.9 Operatività antincendio

IN SINTESI



Il Capitolo V.1 definisce le regole e le soluzioni progettuali per garantire la sicurezza antincendio nelle aree in cui esistono rischi particolari.

Punti chiave:

- ✓ Analisi del rischio specifico
- ✓ Scelta delle misure più idonee
- ✓ Integrazione e coordinamento delle misure
- ✓ Flessibilità progettuale (anche con FSE)
- ✓ Obiettivo: raggiungimento dei livelli di prestazione previsti



RIFERIMENTO NORMATIVO: D.M. 3 agosto 2015 e s.m.i. – Codice di prevenzione incendi
Capitolo V.1 – Aree a rischio specifico



RICORDA

Le soluzioni devono essere proporzionate al rischio e garantire un livello di sicurezza adeguato.

Capitolo V.1

REGOLE TECNICHE VERTICALI Aree a rischio specifico



Campo di applicazione

Individua le attività e gli ambiti ai quali si applicano le presenti regole tecniche verticali.



Strategia antincendio

Definisce gli indirizzi e le misure da adottare per la valutazione del rischio e la gestione della sicurezza antincendio.



V.1



CAMPO DI APPLICAZIONE

Capitolo V.1 – **AREE A RISCHIO SPECIFICO**



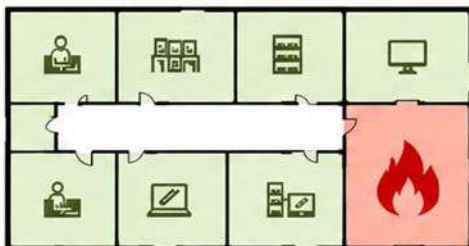
Il Capitolo V.1 “Aree a rischio specifico” si applica a quelle parti dell’attività che, **per caratteristiche proprie, presentano un rischio incendio maggiore** rispetto al resto dell’edificio.



L'IDEA FONDAMENTALE È:

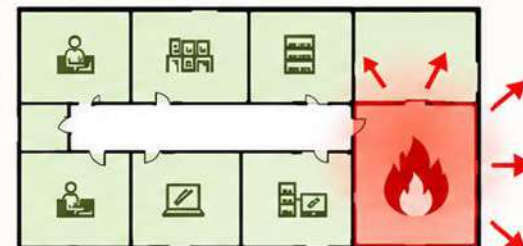


**NON TUTTA
L'ATTIVITÀ HA
LO STESSO RISCHIO.**



**ALCUNI LOCALI
RICHIEDONO
MISURE AGGIUNTIVE**

perché un incendio potrebbe svilupparsi più facilmente o avere conseguenze più gravi.



IN SINTESI



1. INDIVIDUARE

le aree dell’attività che possono presentare un rischio incendio specifico.



2. VALUTARE

il rischio incendio in funzione delle caratteristiche delle aree.



3. APPLICARE

misure di prevenzione e protezione adeguate al livello di rischio.



4. GARANTIRE

la sicurezza delle persone, dei beni e dell’ambiente.

RICORDA



L’obiettivo è concentrare le misure dove servono davvero, per ottenere la **massima sicurezza** in modo *efficace ed efficiente*.





CAPITOLO V.1 – AREE A RISCHIO SPECIFICO



CRITERIO a)

SOSTANZE O MISCELE PERICOLOSE



PRESENZA SIGNIFICATIVA DI:

- liquidi infiammabili
- solventi
- vernici
- GPL
- combustibili



ESEMPI



DEPOSITO VERNICI



DEPOSITO CARBURANTI



LABORATORIO CHIMICO



AREA A RISCHIO SPECIFICO

CRITERIO b)

LAVORAZIONI PERICOLOSE



PROCESSI CHE POSSONO GENERARE INNESCO.

ESEMPI



SALDATURA



TAGLIO OSSIACETILENICO



VERNICIATURA



ESSICCAZIONE



AREA A RISCHIO SPECIFICO



CAPITOLO V.1 – AREE A RISCHIO SPECIFICO



CRITERIO c)

IMPIANTI RILEVANTI AI FINI ANTINCENDIO

Richiama il capitolo S.10.

Si tratta di impianti il cui funzionamento è fondamentale per la sicurezza antincendio.

ESEMPI



Centrale antincendio



Locale pompe



Cabina elettrica di sicurezza



Gruppo elettrogeno di emergenza



AREA A RISCHIO SPECIFICO

CRITERIO d)

CARICO D'INCENDIO ELEVATO

QUANDO:



$$q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$$

E IL LOCALE:

- non è normalmente occupato
- è frequentato solo occasionalmente

ESEMPI



Archivio molto carico



Magazzino carta



Deposito tessuti



AREA A RISCHIO SPECIFICO

CRITERIO e)

FLUIDI IN PRESSIONE O AD ALTA TEMPERATURA

ESEMPI



Centrali termiche



Impianti a vapore



Impianti ad olio diatermico



Compressori



AREA A RISCHIO SPECIFICO



CAPITOLO V.1 – AREE A RISCHIO SPECIFICO



CRITERIO f)

SUPERFICI MOLTO CALDE O FIAMME LIBERE

ESEMPI



FORNI INDUSTRIALI



BRUCIATORI



FUSIONE METALLI



CUCINE INDUSTRIALI



AREA A RISCHIO SPECIFICO

CRITERIO g)

REAZIONI CHIMICHE PERICOLOSE

PROCESSI CHE POSSONO SVILUPPARE:



CALORE



ESPLOSIONI



COMBUSTIONE SPONTANEA

ESEMPI



REATTORI CHIMICI



PROCESSI FARMACEUTICI



INDUSTRIE CHIMICHE



AREA A RISCHIO SPECIFICO

CRITERIO h)

R_ AMBIENTE SIGNIFICATIVO

Significa che il rischio per l'ambiente è elevato.

NON SI VALUTA SOLO LA SICUREZZA DELLE PERSONE MA ANCHE:



CONTAMINAZIONE DEL SUOLO



CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE



DANNI AMBIENTALI

ESEMPI



DEPOSITI PRODOTTI CHIMICI



IMPIANTI PETROLIFERI



INDUSTRIE CON SOSTANZE INQUINANTI



AREA A RISCHIO SPECIFICO



CAPITOLO V.1 – AREE A RISCHIO SPECIFICO



ATTENZIONE ALL'ULTIMA FRASE

Lo stoccaggio di **limitate quantità di liquidi infiammabili** in armadi metallici per impieghi funzionali all'attività principale **non è generalmente considerato rischio specifico.**



ESEMPIO



UFFICIO TECNICO

CON:

- 10 litri di alcool
- 5 litri di solvente



CONSERVATI IN:



armadio
metallico
certificato



**NORMALMENTE NON
DIVENTA AREA A RISCHIO
SPECIFICO.**

Il fatto che siano presenti piccole quantità di liquidi infiammabili in armadi metallici per usi funzionali all'attività principale, non comporta generalmente la classificazione dell'area come a rischio specifico.



L'OBIETTIVO DELLA NORMA

è evitare di classificare come "area a rischio specifico" **piccoli depositi** necessari alla normale attività.



V.1



STRATEGIA ANTINCENDIO



Per la valutazione del rischio e delle caratteristiche delle aree a rischio specifico, devono essere considerate **almeno** le informazioni desumibili dalle seguenti documentazioni:

a) SCHEDE DI SICUREZZA DI SOSTANZE O MISCELE PERICOLOSE



Le SDS forniscono informazioni fondamentali sulle sostanze e miscele.

ESEMPI DI INFORMAZIONI:

- punto di infiammabilità
- temperatura di autoaccensione
- limiti di esplosività
- prodotti della combustione
- modalità di stoccaggio
- compatibilità

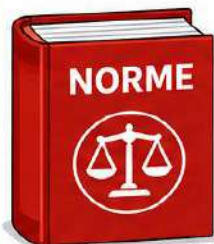
ESEMPIO

Tanica di acetone:
liquido altamente infiammabile,
vapori pesanti, possibile formazione
di atmosfere esplosive.

→ Rischio incendio elevato.



b) NORME APPLICABILI



Occorre verificare tutte le norme tecniche pertinenti.

ESEMPI DI NORME:

- Codice di prevenzione incendi
- RTV specifiche
- Norme UNI
- Norme CEI
- Norme EN
- Norme NFPA (quando richiamate)

ESEMPIO

Locale gruppo elettrogeno:
le norme possono imporre
ventilazione, compartimentazione,
sistemi di rivelazione, ecc.



c) SPECIFICHE E MANUALI DEI FABBRICANTI



I manuali e le specifiche tecniche forniscono dati e indicazioni sugli impianti e le macchine.

ESEMPI DI INFORMAZIONI:

- temperature di esercizio
- potenze elettriche
- rischi di incendio
- misure di sicurezza richieste
- prescrizioni del costruttore

ESEMPIO

Un compressore può raggiungere elevate temperature superficiali e costituire sorgente d'innesco.

→ Il locale può essere considerato area a rischio specifico.



CONCETTO CHIAVE



IL PROGETTISTA NON DECIDE "A OCCHIO".

Deve basarsi su documentazione tecnica, norme applicabili e dati reali delle sostanze e degli impianti per individuare correttamente:

il livello di rischio



le misure antincendio necessarie



l'eventuale classificazione come area a rischio specifico



OBIETTIVO DELLA NORMA

Evitare di classificare come "area a rischio specifico" piccoli depositi necessari alla normale attività.

V.1



STRATEGIA ANTINCENDIO



2. In relazione alle risultanze della valutazione del rischio di incendio ed alle caratteristiche delle aree a rischio specifico, il progettista valuta, **almeno**, l'applicazione delle seguenti misure:

a) COMPARTIMENTAZIONE E DISTANZE

- Inserimento delle aree a rischio specifico in **compartimenti distinti** per ambiti aventi caratteristiche di rischio omogenee
- Interposizione di **distanze di separazione**
- Riduzione delle **superfici lorde di compartimento**
- Ubicazione **fuori terra dei piani poco interrati**



- ✓ Riduce la possibilità di propagazione dell'incendio e limita le conseguenze.

b) CONTROLLO DELL'INCENDIO – LIVELLO DI PRESTAZIONE III (Cap. S.6)

Controllo o estinzione manuale dell'incendio:
Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Devono essere rispettate le prescrizioni del livello di prestazione II.
2. Deve essere installata una **rote idranti (RI)** a protezione dell'intera attività o di singoli compartimenti in relazione alle risultanze della valutazione del rischio, secondo le indicazioni del paragrafo S.6.8.



- ✓ Consente il controllo dell'incendio e facilita le operazioni di estinzione.

c) SISTEMI MANUALI O AUTOMATICI DI INIBIZIONE, CONTROLLO O ESTINZIONE A BORDO MACCHINA

Installazione di sistemi dedicati alla protezione specifica di impianti e apparecchiature a rischio specifico di incendio.

ESEMPI:

- sistemi di spegnimento aerosol, gas, acqua nebulizzata
- valvole di intercettazione automatica
- sensori di temperatura
- spegnimento localizzato a bordo macchina



- ✓ Interviene rapidamente alla fonte per evitare l'innesco o lo sviluppo dell'incendio.

d) IMPIANTO IRAI – LIVELLO DI PRESTAZIONE III (Cap. S.7)

Installazione di un impianto IRAI (Impianto Rivelazione Allarme Incendio) con livello di prestazione III.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- rivelazione automatica incendi
- segnalazione allarmi ottico-acustica
- comando di attuazioni automatiche (es. evacuatori di fumo, porte REI, interfacce con altri impianti)
- alimentazione di sicurezza



- ✓ Consente la tempestiva rivelazione dell'incendio e l'attivazione delle misure di sicurezza.

V.1



STRATEGIA ANTINCENDIO



e) SISTEMI A BORDO MACCHINA PER IL RILEVAMENTO DI ANOMALIE O GUASTI

Installazione di sistemi a bordo macchina per il rilevamento automatico di anomalie o guasti che comportino la deviazione dai parametri di funzionamento ordinario degli impianti e delle attrezzature di processo, con le funzioni automatiche di allarme ed intercettazione delle alimentazioni elettriche e dei fluidi pericolosi.



f) VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER ATMOSFERE ESPLOSIVE (Cap. V.2)

Effettuazione della valutazione del rischio per atmosfere esplosive.



Obiettivo: prevenire l'innesco di atmosfere esplosive e limitare le conseguenze di un'eventuale esplosione.

g) ACCORGIMENTI IMPIANTISTICI E COSTRUTTIVI PER LIMITARE E CONFINARE I RILASCI DI SOSTANZE O MISCELE PERICOLOSE

Adozione di accorgimenti impiantistici e costruttivi per limitare e confinare i rilasci di sostanze o miscele pericolose.



ESEMPI

- bacini di contenimento
- disponibilità di polveri o dispositivi assorbenti
- inserimento di valvole di eccesso di flusso
- intercettazioni automatiche e manuali dei sistemi di distribuzione
- incamiciatura delle tubazioni
- ...

Nota Ad esempio: bacini di contenimento, disponibilità di polveri o dispositivi assorbenti, inserimento di valvole di eccesso di flusso, intercettazioni automatiche e manuali dei sistemi di distribuzione, incamiciatura delle tubazioni, ...

h) ACCORGIMENTI PER LIMITARE L'IMPATTO ESTERNO DI EVENTUALI RILASCI DI SOSTANZE O MISCELE PERICOLOSE

Adozione di accorgimenti per limitare l'impatto esterno di eventuali rilasci di sostanze o miscele pericolose.



Nota Ad esempio: distanze di separazione che tengano conto della propagazione degli effluenti nelle matrici ambientali, ...



OBIETTIVO GENERALE: ridurre la probabilità di incendio, limitarne le conseguenze e proteggere persone, beni e ambiente.



V.1

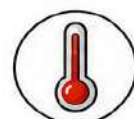
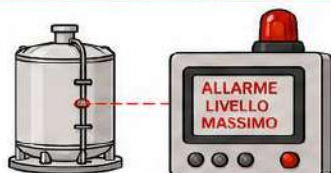


STRATEGIA ANTINCENDIO



i) ADOZIONE DI SISTEMI DI RILEVAZIONE ED ALLARME, DI PROCEDURE GESTIONALI PER LA SORVEGLIANZA ED IL CONTROLLO DEI PARAMETRI CRITICI DEI PROCESSI

Adozione di sistemi di rilevazione ed allarme e di procedure gestionali per la sorveglianza e il controllo dei parametri critici dei processi.



TEMPERATURA



PRESSIONE



LIVELLO



PORTATA



Nota

Ad esempio: allarmi di massimo livello per i serbatoi, ...

j) FORMAZIONE, INFORMAZIONE ED ADESTRAMENTO DEGLI ADDETTI ALLA GESTIONE DELLE LAVORAZIONI E DEI PROCESSI PERICOLOSI

Formazione, informazione ed addestramento degli addetti alla gestione delle lavorazioni e dei processi pericolosi.



FORMAZIONE



INFORMAZIONE



ADESTRAMENTO



GESTIONE IN SICUREZZA



ALLARMI ED EMERGENZE



Nota Tale formazione, informazione ed addestramento deve prevedere nozioni riguardanti i parametri critici di funzionamento delle lavorazioni e dei processi pericolosi, le modalità e le procedure di avvio e fermo degli impianti in sicurezza, la gestione degli stati di allarme e di emergenza, ...

k) DISPONIBILITÀ DI SPECIFICHE ATTREZZATURE DI SOCCORSO, DISPOSITIVI DI PROTEZIONE COLLETTIVA ED INDIVIDUALE

Garantire la disponibilità di specifiche attrezzature di soccorso, dispositivi di protezione collettiva ed individuale.



ATTREZZATURE DI SOCCORSO



PROTEZIONE COLLETTIVA



PROTEZIONE INDIVIDUALE



OBIETTIVO GENERALE: ridurre la probabilità di incendio, limitarne le conseguenze e proteggere persone, beni e ambiente.



V.1



STRATEGIA ANTINCENDIO



3. Nel caso di **compartmentazione multipiano dell'attività** (capitolo S.3), le aree a rischio specifico devono comunque essere inserite in **compartimento distinto**.



AREA A RISCHIO SPECIFICO

Inserita in **compartimento distinto** anche in caso di compartmentazione multipiano.



La compartmentazione verticale non sostituisce la necessità di compartimenti distinti per le aree a rischio specifico.

4. Le risultanze della **specificata valutazione del rischio** e le relative **misure preventive, protettive e gestionali** adottate devono essere considerate ai fini della **gestione della sicurezza dell'attività** (capitolo S.5).



IN SINTESI

- Valutare il rischio specifico delle aree e dei processi.
- Adottare misure tecniche, gestionali e organizzative adeguate.



- Integrare le misure nella gestione complessiva della sicurezza.
- Assicurare un approccio sistemico e continuo al miglioramento.

Capitolo
V.2



REGOLE TECNICHE VERTICALI

Aree a rischio per atmosfere esplosive



Campo di applicazione

Definisce i casi in cui è necessario valutare il rischio di formazione di atmosfere esplosive e le misure da adottare.



Valutazione del rischio di esplosione

- 1 Individuazione delle condizioni operative e dei prodotti presenti**
- 2 Caratterizzazione delle sostanze infiammabili e dei loro stati fisici**
- 3 Classificazione delle aree con pericolo di esplosione (zone) in relazione alla probabilità di formazione e alla persistenza dell'atmosfera esplosiva**
- 4 Determinazione del personale esposto al rischio e delle caratteristiche delle aree**



Misure di prevenzione, protezione e gestionali



Prevenzione

Misure per evitare la formazione di atmosfere esplosive (es. ventilazione, controllo delle perdite, sostituzione di sostanze).



Protezione

Misure per limitare le conseguenze di un'esplosione (es. sistemi di contenimento, sfoghi di pressione).



Gestionali

Procedure, istruzioni operative, formazione e manutenzione per garantire una gestione sicura delle aree a rischio.



Riferimenti normativi

La valutazione e la classificazione delle aree con pericolo di esplosione devono essere conformi alle norme tecniche applicabili (es. UNI EN 60079-10-1, UNI EN 60079-10-2 e norme correlate).



Obiettivo

Prevenire le esplosioni e proteggere persone, impianti e ambiente.

SOSTANZE ESPLODENTI – DESCRIZIONE E CONCETTI CHIAVE

CHE COSA SONO



Sono **sostanze o miscele** che possono subire una **reazione chimica estremamente rapida** (detonazione o deflagrazione) sviluppando **grandi quantità di energia**, con produzione istantanea di gas ad alta temperatura e pressione, **onda d'urto e proiezione di frammenti**, anche in assenza dell'ossigeno dell'aria.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- Reazione molto veloce (detonazione o deflagrazione)
- Produzione istantanea di grandi volumi di gas
- Forte aumento della pressione
- Sviluppo di calore elevato
- Possibile proiezione di frammenti

ESEMPI DI SOSTANZE ESPLODENTI

ESPLOSIVI CIVILI



ESPLOSIVI MILITARI



ALTRE SOSTANZE CHE POSSONO ESPLODERE IN PARTICOLARI CONDIZIONI



DIFFERENZA RISPETTO ALLE SOSTANZE INFIAMMABILI

SOSTANZA INFIAMMABILE



- Brucia se trova comburente e sorgente di innesco
- La reazione è più lenta (combustione)
- Esempi: benzina, GPL, metano, alcool

VS



SOSTANZA ESPLODENTE

- Può reagire violentemente con rapidità estrema sviluppando energia
- La reazione è rapidissima (deflagrazione/detonazione)
- Esempi: TNT, dinamite

QUANDO UNA SOSTANZA NORMALMENTE NON ESPLOSIVA PUÒ DIVENTARLO

Molte sostanze, in determinate condizioni, possono formare **miscele esplosive** (atmosfera esplosive).

Esempi:

POLVERI COMBUSTIBILI



LIQUIDI INFIAMMABILI



GAS INFIAMMABILI



PERCHÉ SUCCEDE?

L'aumento della superficie esposta e la dispersione nel comburente rendono la combustione molto rapida e possono trasformarla in esplosione.

Solido compatto



= poca superficie

Polvere / particelle fini



= molta superficie

PENTAGONO DELL'ESPLOSIONE

Perché avvenga un'esplosione devono coesistere 5 elementi:



Se manca uno solo di questi elementi, l'esplosione non può avvenire.

ESEMPIO REALE – MULINO

- 1 Polvere di farina depositata
- 2 Pulizia con aria compressa → nube di polvere
- 3 Scintilla elettrica (innesco) → esplosione primaria
- 4 La pressione solleva altra polvere depositata → esplosione secondaria, spesso più distruttiva



DA RICORDARE

Non è la sostanza in sé a essere necessariamente esplosiva: sono le condizioni di utilizzo, dispersione, concentrazione e innesco che possono trasformare una sostanza normalmente innocua in una miscela esplosiva.

LIMITI DI INFIAMMABILITÀ E LIMITI DI ESPLODIBILITÀ

Intervallo di concentrazione in volume di vapore di combustibile nella miscela aria-combustibile entro il quale, in presenza di innesco, può avvenire un'esplosione.



SOTTO IL LIMITE INFERIORE DI INFIAMMABILITÀ (AL DI SOTTO DI $\alpha\%$)

Troppo poco combustibile (miscela molto magra)

- manca combustibile
- nessuna combustione
- nessuna esplosione

TRA $\alpha\%$ E $\gamma\%$ (CAMPO DI INFIAMMABILITÀ NON ESPLOSIVO)

La miscela può incendiarsi e bruciare in presenza di innesco.

La fiamma si propaga fino a un massimo.

TRA $\gamma\%$ E $\delta\%$ (CAMPO DI ESPLODIBILITÀ)

La miscela può esplodere in presenza di innesco.

Zona di combustione molto rapida con deflagrazione o, in alcuni casi, detonazione.

TRA $\delta\%$ E $\beta\%$ (CAMPO DI INFIAMMABILITÀ NON ESPLOSIVO)

La miscela può incendiarsi e bruciare in presenza di innesco.

La fiamma si propaga fino a un massimo.

SOPRA IL LIMITE SUPERIORE DI INFIAMMABILITÀ (AL DI SOPRA DI $\beta\%$)

Troppo combustibile (miscela molto ricca)

- manca ossigeno
- nessuna combustione
- nessuna esplosione

LIMITI DI INFIAMMABILITÀ

Determinano l'intervallo di concentrazione nel quale la miscela può incendiarsi e bruciare.

LFL = Limite inferiore di infiammabilità ($\alpha\%$)

UFL = Limite superiore di infiammabilità ($\beta\%$)

$\alpha\% < \gamma\% < \delta\% < \beta\%$

LFL < **LEL** < **UEL** < **UFL**

LIMITI DI ESPLODIBILITÀ

Determinano l'intervallo più ristretto nel quale, in presenza di innesco efficace, può avvenire un'esplosione.

LEL = Limite inferiore di esplosibilità ($\gamma\%$)

UEL = Limite superiore di esplosibilità ($\delta\%$)

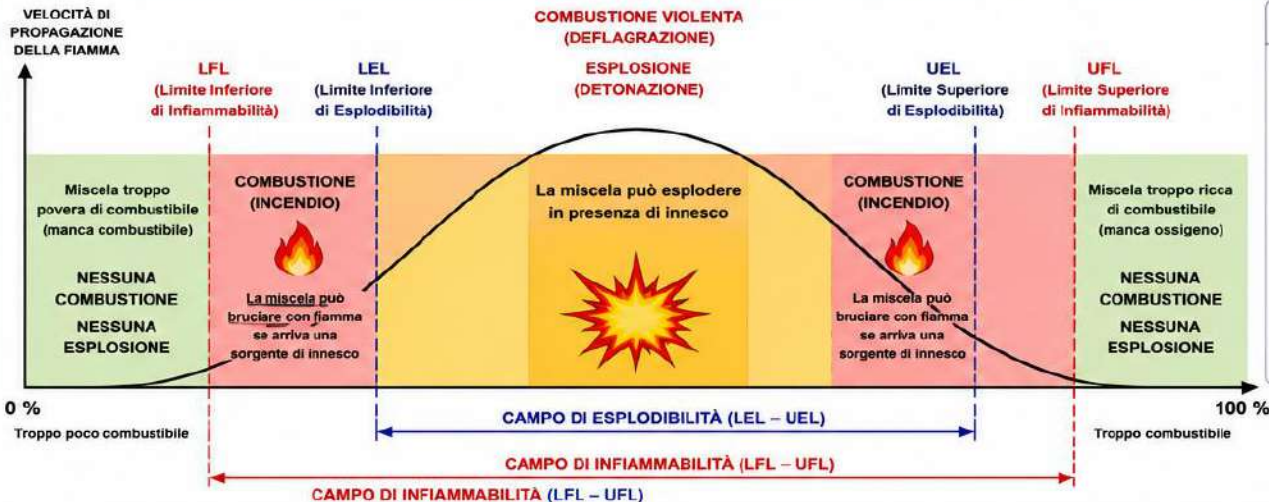
I CONCETTI CHIAVE

LIMITI DI INFIAMMABILITÀ

Intervallo di concentrazione di combustibile nella miscela aria-combustibile entro il quale può avvenire la combustione (incendio), ma non necessariamente l'esplosione.

LFL = Limite Inferiore di Infiammabilità

UFL = Limite Superiore di Infiammabilità



LIMITI DI ESPLODIBILITÀ

Intervallo, più ristretto, di concentrazione di combustibile nella miscela aria-combustibile entro il quale, in presenza di una sorgente di innesco efficace, può verificarsi un'esplosione.

LEL = Limite Inferiore di Esplosibilità

UEL = Limite Superiore di Esplosibilità

ESEMPIO PRATICO - METANO (CH₄)

Per il metano: LEL = 5% | UEL = 15% (valori in volume)

<p>CASO 1 2% di metano</p> <p>CH₄ 2% ARIA 98%</p> <p>Sotto il LEL (5%) Miscela troppo povera di combustibile</p> <p>NON ESPLODE NON BRUCIA</p>	<p>CASO 2 8% di metano</p> <p>CH₄ 8% ARIA 92%</p> <p>Tra LEL e UEL (5% < 8% < 15%) Atmosfera esplosiva presente</p> <p>ESPLOSIONE POSSIBILE</p>	<p>CASO 3 12% di metano</p> <p>CH₄ 12% ARIA 88%</p> <p>Tra LEL e UEL (5% < 12% < 15%) Atmosfera esplosiva presente</p> <p>ESPLOSIONE POSSIBILE</p>	<p>CASO 4 20% di metano</p> <p>CH₄ 20% ARIA 80%</p> <p>Sopra il UEL (15%) Miscela troppo ricca di combustibile (manca ossigeno)</p> <p>NON ESPLODE NON BRUCIA</p>
---	--	---	--

ESEMPIO REALE: PERDITA DI GPL (PROPANO) IN UN'AUTORIMESSA

<p>FASE INIZIALE GPL = 0,5%</p> <p>Sotto il LEL (2,1%) Nessun rischio di esplosione</p> <p>NESSUN RISCHIO</p>	<p>LA PERDITA CONTINUA GPL = 3%</p> <p>Per il propano: LEL = 2,1% UEL = 9,5% 2,1% < 3% < 9,5%</p> <p>ATMOSFERA ESPLOSIVA PRESENTE</p>	<p>CONCENTRAZIONE MOLTO ELEVATA GPL = 12%</p> <p>12% > UEL (9,5%) Miscela troppo ricca (manca ossigeno)</p> <p>NON ESPLODE Ma attenzione!</p>	<p>ENTRA ARIA FRESCA (DILUIZIONE) GPL = 4%</p> <p>2,1% < 4% < 9,5% Rientra nel campo esplosivo</p> <p>DI NUOVO ESPLOSIVA!</p>
---	---	--	---

⚠️ Appena entra aria fresca e la concentrazione rientra tra LEL e UEL → torna il rischio di esplosione!

REGOLA PRATICA DA RICORDARE

- | | | |
|---|---|---|
| <p>Sotto il LEL
→ Troppo poco combustibile
→ Niente esplosione, niente combustione</p> | <p>Tra LEL e UEL
→ Atmosfera esplosiva
→ Esplosione possibile in presenza di innesco</p> | <p>Sopra il UEL
→ Troppo poco ossigeno
→ Niente esplosione</p> |
|---|---|---|

IMPORTANTE

Più il LEL è basso, più facilmente si può formare un'atmosfera esplosiva.
Esempio: Benzina (LEL 1,4%) più pericolosa del Metano (LEL 5%) perché basta una concentrazione minore.

LIMITI DI ESPLOSIVITÀ DI ALCUNE SOSTANZE

(valori in % in volume, 20 °C e 1 atm circa)

SOSTANZA	FORMULA CHIMICA	LEL (Limite Inferiore di Esplosività) % vol	UEL (Limite Superiore di Esplosività) % vol	CAMPO DI ESPLOSIVITÀ (LEL – UEL) % vol	DENSITÀ (VAPORE/ARIA) (aria = 1)
Metano	CH ₄	5,0	15,0	5,0 – 15,0	0,55
Propano	C ₃ H ₈	2,1	9,5	2,1 – 9,5	1,56
Butano	C ₄ H ₁₀	1,8	8,4	1,8 – 8,4	2,00
Idrogeno	H ₂	4,0	75,0	4,0 – 75,0	0,07
Acetilene	C ₂ H ₂	2,5	100	2,5 – 100	0,90
Monossido di carbonio	CO	12,5	74,0	12,5 – 74,0	0,97
Ammoniaca	NH ₃	15,0	28,0	15,0 – 28,0	0,60
Benzina (vapori)	—	1,4	7,6	1,4 – 7,6	3,0 – 4,0
Etanolo	C ₂ H ₅ OH	3,3	19,0	3,3 – 19,0	1,59
Metanolo	CH ₃ OH	6,0	36,0	6,0 – 36,0	1,11
Acetone	(CH ₃) ₂ CO	2,6	13,0	2,6 – 13,0	2,0
Toluene	C ₇ H ₈	1,2	7,1	1,2 – 7,1	3,1
Esano	C ₆ H ₁₄	1,2	7,5	1,2 – 7,5	3,0



Il campo di esplosività rappresenta l'intervallo di concentrazione di vapore combustibile nella miscela aria-combustibile entro il quale, in presenza di una sorgente di innesco efficace, può verificarsi un'esplosione.

Sotto il LEL la miscela è troppo povera; sopra l'UEL è troppo ricca (manca ossigeno).

LIMITI DI ESPLOSIVITÀ DI ALCUNE POLVERI COMBUSTIBILI

(condizioni di prova tipiche: 20 °C, 1 atm)

POLVERE COMBUSTIBILE	ESEMPIO / ORIGINE	MEC Concentrazione Minima Esplosiva (g/m ³ di aria)	Kst Indice di deflagrazione (bar·m/s)	Pmax Sovrappressione massima di esplosione (bar)	Classe di esplosività (ATEX 2014/34/UE)
Farina di frumento	Industria alimentare	30 – 60	160 – 200	6 – 8	St 1
Amido di mais	Industria alimentare	30 – 50	150 – 200	6 – 8	St 1
Zucchero (saccarosio)	Industria alimentare	30 – 60	150 – 200	6 – 8	St 1
Latte in polvere	Industria alimentare	60 – 100	120 – 180	5 – 7	St 1
Polvere di legno (abete)	Lavorazione del legno	20 – 40	160 – 220	6 – 9	St 1
Polvere di legno (faggio)	Lavorazione del legno	30 – 60	150 – 200	6 – 9	St 1
Polvere di carbone	Impianti energetici, carbone	30 – 100	200 – 300	7 – 9	St 1
Polvere di lignite	Industria energetica	40 – 80	150 – 250	6 – 8	St 1
Polvere di alluminio	Metallurgia, lavorazioni metalli	20 – 50	500 – 800	8 – 10	St 1
Polvere di magnesio	Metallurgia, pirotecnica	15 – 40	700 – 1200	8 – 10	St 1
Polvere di titanio	Metallurgia	20 – 60	300 – 600	7 – 9	St 1
Polvere di zolfo	Industria chimica	15 – 45	250 – 400	6 – 8	St 1
Polvere di plastica (PE)	Industria delle materie plastiche	20 – 60	200 – 300	6 – 8	St 1
Polvere di grafite	Industria refrattari, lubrificanti	20 – 50	150 – 250	6 – 8	St 1

MEC = Minimum Explosible Concentration: concentrazione minima di polvere dispersa in aria che può provocare un'esplosione in presenza di innesco (g/m³).

Kst = Indice di deflagrazione: misura della velocità di aumento della pressione durante l'esplosione (bar·m/s).

Pmax = Sovrappressione massima raggiungibile durante l'esplosione (bar).

St 1 = Polvere combustibile; le polveri elencate sono considerate esplodenti secondo la classificazione ATEX.



I valori possono variare in funzione della granulometria, umidità, forma delle particelle e condizioni dell'impianto.
Consultare sempre le schede di sicurezza e le norme di settore per valutazioni specifiche.

V.2.1



REGOLE TECNICHE VERTICALI AREE A RISCHIO PER ATMOSFERE ESPLOSIVE



1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente regola tecnica verticale tratta i criteri di valutazione e riduzione del rischio per atmosfere esplosive nelle attività soggette.



2 Negli ambiti delle attività in cui sono presenti **sostanze infiammabili** allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri combustibili in deposito, in ciclo di lavorazione o di trasformazione, in sistemi di trasporto, manipolazione o movimentazione, **deve essere valutato il rischio per atmosfere esplosive**, individuando le misure tecniche necessarie al conseguimento dei seguenti obiettivi, in ordine di priorità decrescente:



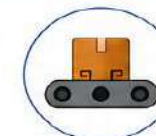
GAS VAPORI



NEBBIE



POLVERI COMBUSTIBILI



TRASPORTO, MANIPOLAZIONE, MOVIMENTAZIONE



a PREVENIRE

la formazione di atmosfere esplosive



b EVITARE

le sorgenti d'accensione di atmosfere esplosive



c ATTENUARE

i danni di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza degli occupanti.

3 Gli obiettivi del comma 2 sono conseguiti tramite:



a LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE di cui al paragrafo **V.2.2**,



b L'ADOZIONE DELLE MISURE DI PREVENZIONE, PROTEZIONE E GESTIONALI di cui al paragrafo **V.2.3**.



Ove non fosse possibile prevenire la formazione di atmosfere esplosive o eliminare le sorgenti d'accensione, dovrebbe essere **ridotta la probabilità di contemporanea presenza** di atmosfere esplosive e sorgenti di accensione per quanto **ragionevolmente praticabile od ottenibile**, secondo gli approcci **ALARP** (*as low as reasonably practicable*) o **ALARA** (*as low as reasonably achievable*).

ALARP
AS LOW AS
REASONABLY
PRACTICABLE



ALARA
AS LOW AS
REASONABLY
ACHIEVABLE



ALARP E ALARA: CHE COSA SIGNIFICANO?



ALARP






As Low As Reasonably Practicable

("ridotto al livello più basso
ragionevolmente praticabile")



Principio: il rischio deve essere ridotto il più possibile, tenendo conto di ciò che è **ragionevolmente praticabile** in termini di:

- ✓ fattibilità tecnica 
- ✓ costi e benefici 
- ✓ tempo necessario 
- ✓ disponibilità di conoscenze e tecnologie 



Non è richiesto eliminare ogni rischio a tutti i costi, ma raggiungere il livello più basso ottenibile in modo ragionevole, **senza oneri sproporzionati rispetto al beneficio ottenuto.**

ALARA



As Low As Reasonably Achievable

("ridotto al livello più basso
ragionevolmente ottenibile")



Principio: il rischio deve essere ridotto **al minimo**, tenendo conto di:

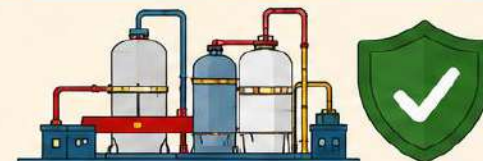
- ✓ la capacità tecnologica disponibile 
- ✓ i tempi di attuazione 
- ✓ le risorse disponibili 
- ✓ i vincoli operativi e gestionali 



È centrato sulla **riduzione progressiva e continua del rischio**, anche se non è tecnicamente o economicamente possibile raggiungere il livello più basso in assoluto.



Quando non è possibile prevenire la formazione di atmosfere esplosive o eliminare le sorgenti di accensione, è necessario **ridurre la probabilità di contemporanea presenza** di atmosfere esplosive e sorgenti di accensione secondo gli approcci **ALARP** o **ALARA**.



ALARP vs ALARA – DIFFERENZE, CONCETTI ED ESEMPI PRATICI

ALARP

(As Low As Reasonably Practicable)

Riduci il rischio finché ulteriori riduzioni non sono ragionevolmente praticabili in relazione al costo, al tempo e alla difficoltà tecnica rispetto al beneficio ottenuto.

APPROCCIO COSTI ↔ BENEFICI



Si confrontano:

- riduzione del rischio ottenibile
- costo economico
- difficoltà tecnica
- impatto su tempi e operatività



Domanda chiave:
Vale la pena investire ancora per ridurre ulteriormente il rischio?

ESEMPIO PRATICO ALARP – DEPOSITO SOLVENTI INFIAMMABILI



CON ALARP: mi fermo prima, perché la spesa non è ragionevolmente proporzionata al beneficio ottenuto.



ALARA

(As Low As Reasonably Achievable)

Riduci il rischio al livello più basso ragionevolmente ottenibile con le tecnologie disponibili, indipendentemente dal rapporto economico.

APPROCCIO MASSIMA RIDUZIONE RAGIONEVOLE



L'attenzione è sulla minimizzazione del rischio:

- continuo miglioramento
- utilizzo delle migliori soluzioni tecniche disponibili



Domanda chiave:
Posso ridurre ancora il rischio con misure ragionevolmente ottenibili?

ESEMPIO PRATICO ALARA – SILOS DI FARINA (POLVERI COMBUSTIBILI)



CON ALARA: continuo a ridurre il rischio finché esistono misure ragionevolmente ottenibili che portano un miglioramento reale.



CONFRONTO INTUITIVO

ALARP

Domanda:
Vale la pena spendere ancora per ridurre il rischio?

Se la risposta è NO → STOP



VS

ALARA

Domanda:
Posso ridurre ancora il rischio?

Se la risposta è SÌ → RIDUCI ANCORA



ESEMPIO ATEX – DEPOSITO GPL



APPROCCIO ALARP

→ Mi fermo a 5 (costo sproporzionato)



APPROCCIO ALARA

→ Se tecnicamente possibile, continuo a ridurre



DEFINIZIONE SEMPLICE



ALARP = rischio ridotto fino a quando ulteriori riduzioni non sono ragionevolmente giustificate.



ALARA = rischio ridotto al livello più basso ragionevolmente ottenibile con le tecnologie disponibili.

APPLICAZIONI PRINCIPALI

ALARP

- Aree a rischio di atmosfere esplosive (ATEX – RTV V.2)
- Sicurezza impianti, processi industriali, incendio, ecc.
- Valutazione orientata al rapporto costo-beneficio

ALARA

- Radioprotezione (D.Lgs. 101/2020)
- Medicina nucleare, industrie nucleari, sorgenti radioattive
- Valutazione orientata alla minimizzazione dell'esposizione

DIFFERENZA CHIAVE

Aspetto	ALARP	ALARA
Filosofia	Ragionevolezza economica	Massima riduzione possibile
Domanda guida	Vale la pena investire ancora?	Posso ridurre ancora?
Criterio di stop	Quando il costo è sproporzionato	Quando non è più ragionevolmente ottenibile
Obiettivo	Rischio accettabile e praticabile	Rischio minimo ottenibile



Nel Codice di Prevenzione Incendi (RTV V.2 – ATEX) il riferimento principale è l'approccio **ALARP**, cioè la riduzione del rischio di esplosione fino a un livello **accettabile e ragionevolmente praticabile**.



La radiazione (es. raggi ionizzanti) in ATEX è considerata solo come possibile **SORGENTE DI ACCENSIONE**, non come rischio di esposizione per le persone.

V.2.2

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE







La valutazione del rischio di esplosione deve essere effettuata secondo le seguenti **fasi**, dettagliate nei seguenti paragrafi:



NOTA



In questa fase devono essere individuati:

-  gli ambiti con presenza di sostanze infiammabili o polveri combustibili;
-  i **sistemi di contenimento** dai quali è possibile il rilascio di sostanze infiammabili o polveri combustibili, sia nel funzionamento normale o in caso di malfunzionamenti;
-  le **condizioni ambientali** per la miscelazione delle sostanze rilasciate e la formazione di atmosfere esplosive;
-  le installazioni con presenza di sorgenti di accensione efficaci nel funzionamento normale o in caso di malfunzionamenti;
- e altro ancora.



V.2.2.1

INDIVIDUAZIONE DELLE CONDIZIONI GENERALI DI PERICOLO DI ESPLOSIONE



1 L'individuazione delle condizioni generali di pericolo di esplosione comporta lo **studio degli ambiti pericolosi** dell'attività, delle **apparecchiature** e degli **impianti di processo e tecnologici** presenti, considerando anche **l'organizzazione del lavoro** e le funzioni svolte negli ambiti oggetto di valutazione.



COSA SI STUDIA

AMBITI PERICOLOSI DELL'ATTIVITÀ



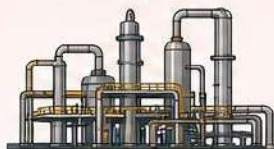
Individuazione delle aree dove possono formarsi atmosfere esplosive per la presenza di sostanze infiammabili o polveri combustibili.

APPARECCHIATURE PRESENTI



Analisi delle apparecchiature che possono rilasciare sostanze infiammabili o generare sorgenti di accensione.

IMPIANTI DI PROCESSO E TECNOLOGICI



Valutazione degli impianti e dei sistemi tecnologici presenti nell'attività.

ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO



Considerazione delle modalità operative, delle procedure e dei ruoli svolti.

FUNZIONI SVOLTE NEGLI AMBITI



Analisi delle attività svolte nelle aree pericolose e delle interazioni tra persone, impianti e sostanze.



OBIETTIVO DELLA FASE



Individuare e comprendere tutte le condizioni che possono portare alla formazione di atmosfere esplosive o alla presenza di sorgenti di accensione negli ambiti dell'attività, per poter valutare correttamente il rischio.



V.2.2.1

2. ANALISI DA CONDURRE SULLE APPARECCHIATURE E SUGLI IMPIANTI DI PROCESSO E TECNOLOGICI

Le analisi devono essere mirate all'individuazione di:

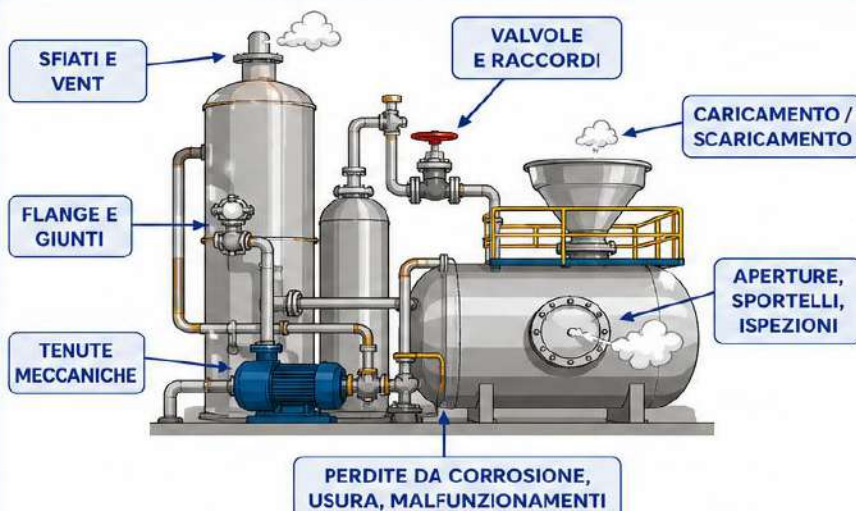


a. DELLE POTENZIALI SORGENTI DI EMISSIONE

Individuare i punti o le situazioni dai quali possono fuoriuscire sostanze infiammabili (gas, vapori, nebbie) o polveri combustibili.



ESEMPI DI SORGENTI DI EMISSIONE



La presenza di sostanze infiammabili o polveri combustibili può avvenire in condizioni di normale esercizio o in caso di malfunzionamenti, rotture, perdite, errori operativi, ecc.

b. DELLE POTENZIALI SORGENTI DI ACCENSIONE PRESENTI

Individuare le sorgenti che, in presenza di atmosfera esplosiva, possono innescare un'esplosione.



ESEMPI DI SORGENTI DI ACCENSIONE



SCINTILLE ELETTRICHE

Impianti elettrici, collegamenti allentati, contatti difettosi, interruttori, ecc.



FIAMME LIBERE

Saldature, fiamme pilota, fiammiferi, accendini, ecc.



SUPERFICI CALDE

Apparecchiature, tubazioni, motori, cuscinetti, forni, ecc.



ARCO ELETTRICO

Motori, quadri elettrici, strumenti, batterie, ecc.



ATTRITO MECCANICO

Parti in movimento, cuscinetti, ingranaggi, urti, sfregamenti, ecc.



RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

Apparecchiature che possono generare interferenze, ecc.



SCARICHE ELETTROSTATICHE

Accumulo di cariche su persone, attrezzature, materiali isolanti, ecc.



REAZIONI CHIMICHE

Reazioni esotermiche, mischie incompatibili, autoaccensione, ecc.



Una sorgente di accensione può essere efficace solo se coesiste un'atmosfera esplosiva (miscela di sostanza infiammabile e aria entro i limiti di infiammabilità).

V.2.2.1

2. ANALISI DA CONDURRE SULLE APPARECCHIATURE E SUGLI IMPIANTI DI PROCESSO E TECNOLOGICI



C. DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE, DI INSTALLAZIONE, D'USO E DI MANUTENZIONE VERIFICANDO LA CONFORMITÀ:

CARATTERISTICHE DA ANALIZZARE

COSTRUTTIVE



Materiali, progettazione, resistenza meccanica, tenuta, protezioni, marcature, ecc.

DI INSTALLAZIONE



Posizionamento, distanze di sicurezza, collegamenti elettrici, messa a terra, ventilazione, segregazioni, ecc.

D'USO



Modalità operative, limiti di impiego, procedure di avviamento e arresto, pulizia, ecc.

DI MANUTENZIONE



Programmi e procedure di manutenzione, controlli periodici, sostituzione componenti, pulizia, registrazioni, ecc.

VERIFICANDO LA CONFORMITÀ A:



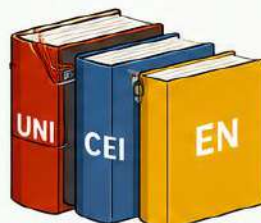
ALLE EVENTUALI SPECIFICHE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE O SPECIFICHE TECNICHE ARMONIZZATE DI PRODOTTO



- Direttive europee (es. ATEX 2014/34/UE, ATEX 1999/92/CE)
- Legislazione nazionale applicabile
- Specifiche tecniche armonizzate di prodotto



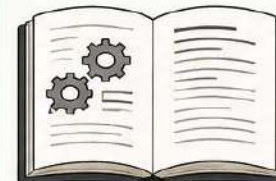
ALLE NORME APPLICABILI



- Norme tecniche nazionali (UNI)
- Norme europee (EN)
- Norme internazionali (IEC, ISO)
- Altre norme tecniche pertinenti



ALLE ISTRUZIONI DEI FABBRICANTI



- Manuali di installazione
- Istruzioni d'uso
- Istruzioni di manutenzione
- Avvertenze e limiti di impiego
- Schede tecniche



L'analisi e la verifica di queste caratteristiche garantiscono che apparecchiature e impianti siano idonei a prevenire la formazione di atmosfere esplosive e a ridurre il rischio di esplosione.

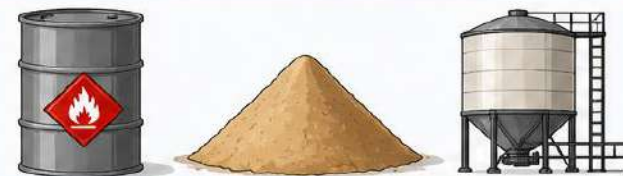


V.2.2.2

IDENTIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLE SOSTANZE INFIAMMABILI O POLVERI COMBUSTIBILI

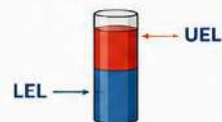


1 Per le sostanze infiammabili e le polveri combustibili devono essere individuate **le caratteristiche chimico-fisiche pertinenti all'esplosione**, in tutte le condizioni ambientali significative e le caratteristiche dei sistemi di trattamento, di deposito o di stoccaggio previsti.



CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE PERTINENTI ALL'ESPLOSIONE

Limiti di infiammabilità / esplosività



Campo di concentrazione in aria in cui può avvenire l'esplosione.

Temperatura di autoaccensione



Temperatura minima alla quale la sostanza si accende spontaneamente.

Temperatura di infiammabilità



Temperatura minima alla quale la sostanza emette vapori infiammabili in quantità sufficiente ad accendersi.

Energia minima di innesco



Minima energia in grado di innescare l'esplosione della miscela.

Pressione massima di esplosione (Pmax)



Massima pressione raggiunta durante l'esplosione in sistema chiuso.

Velocità massima di aumento della pressione (dp/dt)_{max}



Velocità alla quale la pressione aumenta durante l'esplosione.

Temperatura massima di esplosione



Massima temperatura raggiunta durante l'esplosione.

Conducibilità elettrica (per polveri)



Proprietà che influenza il rischio di scariche elettrostatiche.

CONDIZIONI AMBIENTALI SIGNIFICATIVE

Temperatura



Pressione



Umidità



Ventilazione



Atmosfera circostante



Le condizioni ambientali possono influenzare la formazione di atmosfere esplosive e il comportamento delle sostanze.

SISTEMI DI TRATTAMENTO, DEPOSITO O STOCCAGGIO PREVISTI

Sistemi di trattamento



Sistemi di deposito



Sistemi di stoccaggio



Sistemi di movimentazione



Valutare le caratteristiche dei sistemi che possono influenzare la formazione, l'accumulo o il rilascio di sostanze infiammabili o polveri combustibili.



La corretta identificazione delle caratteristiche delle sostanze e delle condizioni operative è fondamentale per la successiva classificazione delle zone con pericolo di esplosione e per l'individuazione delle misure di prevenzione e protezione più efficaci.

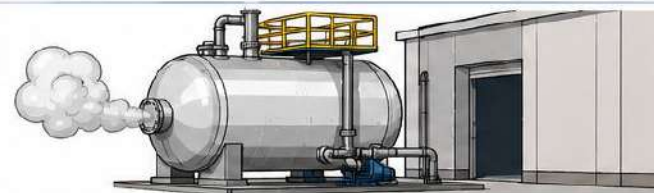


V.2.2.3

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE CON PERICOLO DI ESPLOSIONE



1 Le attività, dove vengono lavorate o depositate sostanze infiammabili o polveri combustibili, **devono essere progettate, realizzate, esercite e mantenute** in modo da **ridurre al minimo** le emissioni di sostanze infiammabili e le conseguenti estensioni delle aree interessate dal rilascio, con riferimento a **frequenza o probabilità** di accadimento, **durata** e **quantità** delle emissioni.



RIDURRE AL MINIMO LE EMISSIONI E LE AREE INTERESSATE

FREQUENZA / PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO



Quante volte può avvenire il rilascio di sostanza infiammabile o polvere combustibile.

Esempi di misure per ridurre la frequenza:

- manutenzione e controlli periodici
- apparecchiature affidabili e certificate
- procedure operative corrette
- rilevazione e allarmi

DURATA DEL RILASCIO



Per quanto tempo può durare il rilascio di sostanza.

Esempi di misure per ridurre la durata:

- intercettazione rapida
- sistemi di arresto di emergenza
- valvole di blocco automatiche
- sistemi di contenimento

QUANTITÀ DEL RILASCIO



Quanta sostanza può essere rilasciata in caso di evento incidentale.

Esempi di misure per ridurre la quantità:

- riduzione delle quantità stoccate
- limitazione delle dimensioni delle aperture di rilascio
- sistemi di contenimento
- progettazione degli impianti

ESTENSIONE DELLE AREE INTERESSATE DAL RILASCIO



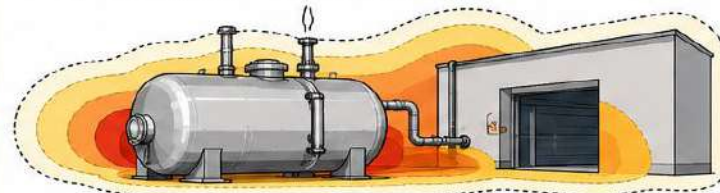
Ridurre l'area in cui può formarsi un'atmosfera esplosiva.

Esempi di misure:

- ventilazione naturale o forzata
- segregazione delle aree
- distanza di sicurezza
- confinamento dei processi

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

La classificazione delle zone dipende dalla stima della probabilità di presenza di un'atmosfera esplosiva, considerando frequenza o probabilità, durata e quantità del rilascio.



ZONA	DESCRIZIONE	PROBABILITÀ DI PRESENZA DI ATMOSFERA ESPLOSIVA
ZONA 0 (gas) ZONA 20 (polveri)	Atmosfera esplosiva presente continuamente o per lunghi periodi	Elevata
ZONA 1 (gas) ZONA 21 (polveri)	Atmosfera esplosiva probabile durante il normale esercizio occasionale	Media
ZONA 2 (gas) ZONA 22 (polveri)	Atmosfera esplosiva improbabile, e, se presente, solo per brevi periodi	Bassa

--- Estensione massima dell'area interessata dal rilascio



L'obiettivo è prevenire la formazione di atmosfere esplosive e, se non possibile, ridurre l'estensione e la persistenza attraverso misure tecniche, organizzative e procedurali.



Una corretta classificazione delle zone è essenziale per scegliere le misure di prevenzione e le apparecchiature idonee all'area.



SICUREZZA DELLE PERSONE



CONTINUITÀ DELL'ATTIVITÀ



CONFORMITÀ NORMATIVA

V.2.2.3 CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE CON PERICOLO DI ESPLOSIONE

2 Gli ambiti a rischio di esplosione devono essere ripartiti in zone in base alla probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva così come definito nella tabella V.2-1. L'individuazione delle zone pericolose e della relativa probabilità di accadimento deve essere condotta secondo le norme applicabili.

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

GAS, VAPORI E NEBBIE



ZONA 0

Atmosfera esplosiva presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente

ZONA 1

Atmosfera esplosiva probabile durante il normale funzionamento

ZONA 2

Atmosfera esplosiva improbabile e, se presente, persiste solo per un breve periodo

POLVERI COMBUSTIBILI



ZONA 20

Atmosfera esplosiva di polveri presente in permanenza o frequentemente

ZONA 21

Atmosfera esplosiva di polveri probabile durante il normale funzionamento

ZONA 22

Atmosfera esplosiva di polveri improbabile e, se presente, persiste solo per un breve periodo

NORME DI RIFERIMENTO

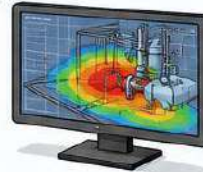
- CEI EN 60079-10-1 (Classificazione aree - Gas e vapori)
- CEI EN 60079-10-2 (Classificazione aree - Polveri combustibili)
- Altre norme e disposizioni applicabili

3 La suddivisione in zone dei luoghi con pericolo di esplosione può essere effettuata anche attraverso l'utilizzo di codici di calcolo riconosciuti che consentano una classificazione secondo la tabella V.2-1.

UTILIZZO DI CODICI DI CALCOLO

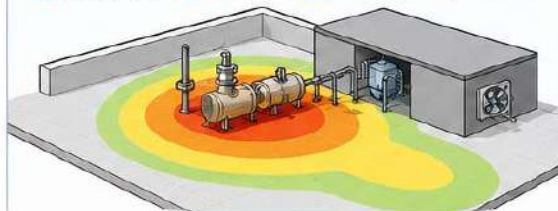
I software di calcolo simulano la dispersione di gas, vapori o polveri considerando:

- ✓ sorgenti di emissione
- ✓ caratteristiche della sostanza
- ✓ geometria dell'ambiente
- ✓ ventilazione e sistemi di controllo
- ✓ condizioni di esercizio



Il risultato permette di individuare le zone:

ZONA 0 / 20 ZONA 1 / 21 ZONA 2 / 22 ZONA NP



ESEMPIO

Rilascio di GPL da una valvola di sicurezza in area esterna con ventilazione naturale.

→ Il software calcola l'estensione della nube in relazione a frequenza, durata e ventilazione e restituisce la classificazione delle zone.



4 Ai fini della rispondenza alle indicazioni della tabella V.2-1, la classificazione delle zone dovrebbe essere basata sui ratei di guasto delle sorgenti di emissione e dei sistemi di controllo ambientale (es. ventilazione, aspirazione, pressurizzazione, ...).

FATTORI PRINCIPALI PER LA CLASSIFICAZIONE

A) RATEO DI GUASTO DELLE SORGENTI DI EMISSIONE
Ciò è la frequenza con cui può verificarsi una perdita.



ALTO rateo di guasto BASSO

B) SISTEMI DI CONTROLLO AMBIENTALE

Ciò è i sistemi che limitano la formazione e la permanenza dell'atmosfera esplosiva.



SCARSA EFFICACIA efficacia del controllo ELEVATA

ESEMPIO DI INFLUENZA SULLE ZONE

STESSA PERDITA DI SOLVENTE LOCALE SENZA VENTILAZIONE



Accumulo dei vapori

ZONA 1

STESSA PERDITA DI SOLVENTE LOCALE CON FORTE VENTILAZIONE



Dispersione rapida dei vapori

ZONA 2 o NP

CONCETTO FONDAMENTALE

La zona ATEX NON dipende solo dalla perdita, ma dalla combinazione di:

PROBABILITÀ DI EMISSIONE (rateo di guasto)

+

EFFICACIA DEI SISTEMI DI CONTROLLO

=

CLASSIFICAZIONE DELLA ZONA

Molte perdite + poca ventilazione

ZONA 0 / 20 (massimo rischio)

Perdite occasionali + ventilazione moderata

ZONA 1 / 21 (rischio medio-alto)

Perdite rare + buona ventilazione

ZONA 2 / 22 (rischio basso)

Rischio trascurabile o estensione trascurabile

ZONA NP o NE (non pericolosa)

Zona per la presenza di gas, vapori e nebbie	Zona per la presenza di polveri	Classificazione delle aree a rischio di esplosione	P [1]	D [2]
0	20	Luogo in cui un'atmosfera esplosiva è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente (il pericolo è presente sempre o frequentemente)	$P > 10^{-1}$	$D > 10^3$
1	21	Luogo in cui è probabile che un'atmosfera esplosiva si presenti occasionalmente durante il funzionamento normale (il pericolo è presente talvolta)	$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$	$10 < D \leq 10^3$
2	22	Luogo in cui è improbabile che un'atmosfera esplosiva si presenti durante il normale funzionamento, ma che, se si presenta, persiste solo per un breve periodo (il pericolo è presente raramente o quasi mai)	$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$	$10^{-1} < D \leq 10$
a21	NP	Luogo in cui è trascurabile la probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva (<i>negligible presence</i>). Le zone NP sono considerate non pericolose.	$P \leq 10^{-5}$	-
	NE	Luogo in cui il volume dell'atmosfera esplosiva è di estensione trascurabile (<i>negligible extent</i>). Generalmente le zone NE sono considerate non pericolose.	-	-
<p>[1] Probabilità P di presenza su base annua [eventi/anno] [2] Durata D di presenza ATEX su base annua [ore/anno]</p>				

Tabella V.2-1: Classificazione delle zone con presenza di atmosfera esplosiva.

CLASSIFICAZIONE ATEX E PARAMETRI P e D – RELAZIONE SECONDO RTV V.2

Le zone ATEX (0, 1, 2 per gas/vapori/nebbie – 20, 21, 22 per polveri) **NON** si determinano con P e D.
La tabella V.2-1 del Codice **associa** ai valori di P e D i profili di rischio tipici delle zone ATEX già classificate.

1. CLASSIFICAZIONE ATEX (secondo le norme)

Secondo le norme CEI EN 60079-10-1 (gas) e 60079-10-2 (polveri) si procede così:



La classificazione deriva principalmente dal tipo di emissione e dalla ventilazione, **non** da P e D.

2. ASSOCIAZIONE AI PARAMETRI P e D (secondo RTV V.2 – Tab. V.2-1)

Una volta ottenuta la **zona ATEX**, il Codice la associa indicativamente agli intervalli di **P** (probabilità) e **D** (durata).

ZONA ATEX	DESCRIZIONE	P [1] Probabilità di presenza su base annua (eventi/anno)	D [2] Durata di presenza ATEX su base annua (ore/anno)
0 (gas) 20 (polveri)	Presenza frequente o per lunghi periodi	$P > 10^{-1}$ (più di 1 volta ogni 10 anni)	$D > 10^3$ (oltre 1000 h/anno) ≈ oltre 11 % dell'anno
1 (gas) 21 (polveri)	Presenza occasionale durante il normale funzionamento	$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$ (da 1 ogni 1000 a 1 ogni 10 anni)	$10 < D \leq 10^3$ (da 10 a 1000 h/anno)
2 (gas) 22 (polveri)	Presenza rara e di breve durata	$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$ (da 1 ogni 100.000 a 1 ogni 1000 anni)	$10^{-1} < D \leq 10$ (da 0,1 a 10 h/anno)
NP (gas) a21 (polveri)	Presenza trascurabile (negligible presence)	$P \leq 10^{-5}$ (≤ 1 ogni 100.000 anni)	-
NE (gas) NE (polveri)	Presenza esterna trascurabile (negligible extent)	-	-

[1] Probabilità P di presenza su base annua (eventi/anno)

[2] Durata D di presenza ATEX su base annua (ore/anno)

ESEMPLI DI COMBINAZIONI P e D

ESEMPIO 1

$$P > 10^{-1}$$

$$D > 10^3 \text{ h/anno}$$

Profilo tipico
ZONA 0 / 20

ESEMPIO 2

$$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$$

$$10 < D \leq 10^3 \text{ h/anno}$$

Profilo tipico
ZONA 1 / 21

ESEMPIO 3

$$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$$

$$0,1 < D \leq 10 \text{ h/anno}$$

Profilo tipico
ZONA 2 / 22

ESEMPIO "IBRIDO"

$$P > 10^{-1}$$

$$D = 500 \text{ h/anno}$$

Frequenza da Zona 0/20 ma durata da Zona 1/21

La tabella non fornisce una zona univoca: serve la classificazione secondo la norma ATEX (tipo emissione + ventilazione).



COSA SIGNIFICANO P e D

P = probabilità/frequenza con cui in un anno si forma l'atmosfera esplosiva.
Esempi: $10^{-1} = 0,1$ eventi/anno → 1 evento ogni 10 anni

D = durata complessiva annuale durante la quale l'atmosfera esplosiva è presente.
Esempi: $10^3 \text{ h/anno} = 1000 \text{ ore/anno} \approx 11,4 \%$ dell'intero anno



P misura QUANTE VOLTE all'anno può formarsi l'atmosfera esplosiva.








IN SINTESI

- Le zone ATEX si determinano con le norme (sorgenti di emissione + ventilazione + geometria).
- La tabella V.2-1 del Codice **NON** classifica la zona.
- La tabella **associa** la zona ATEX già determinata agli intervalli di P e D che rappresentano il **profilo di rischio tipico** di quella zona.






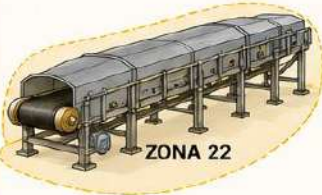


D misura PER QUANTE ORE TOTALI all'anno l'atmosfera esplosiva è presente.

ESEMPI PRATICI DI CLASSIFICAZIONE ATEX PER GAS/VAPORI/NEBBIE

ESEMPIO PRATICO	FONTE DI EMISSIONE	RAPPRESENTAZIONE DELLA ZONA	SPIEGAZIONE
<p>ZONA 0</p> <p>Atmosfera esplosiva presente in permanenza o per lunghi periodi</p>  <p>Interno di un serbatoio di stoccaggio con solvente infiammabile</p>	<p>EMISSIONE CONTINUA</p> <p>I vapori infiammabili sono presenti continuamente o per lunghi periodi durante il normale funzionamento.</p> <p>Esempio tipico: Interno serbatoi, recipienti aperti con liquido infiammabile, colonne di distillazione.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 0 Interno del serbatoio</p> <p>$P > 10^{-1}$ $d > 10^3$ h/anno</p> </div>	<p>All'interno del serbatoio i vapori sono sempre presenti o quasi sempre presenti.</p> <p>La zona 0 copre tutto il volume interno dove si forma l'atmosfera esplosiva in modo permanente o per lunghi periodi.</p>
<p>ZONA 1</p> <p>Atmosfera esplosiva probabile durante il normale esercizio</p>  <p>Area di carico/scarico di autocisterne con solventi infiammabili</p>	<p>EMISSIONE PRIMARIA</p> <p>Rilascio di vapori infiammabili probabile durante il normale funzionamento.</p> <p>Esempio tipico: Punti di carico/scarico, flange, giunti, sfiati, pompe, compressori.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 1 Intorno alla fonte di emissione in condizioni normali</p> <p>$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$ $10 < D \leq 10^3$ h/anno</p> </div>	<p>Durante il carico/scarico è probabile la formazione di una atmosfera esplosiva attorno ai punti di connessione e nelle immediate vicinanze.</p> <p>La zona 1 non è permanente ma è probabile durante il normale esercizio.</p>
<p>ZONA 2</p> <p>Atmosfera esplosiva improbabile e di breve durata</p>  <p>Locale pompe con ventilazione naturale</p>	<p>EMISSIONE SECONDARIA</p> <p>Rilascio di vapori infiammabili improbabile e che, se si verifica, persiste solo per breve tempo.</p> <p>Esempio tipico: Aree con ventilazione adeguata dove un'eventuale dispersione si diluisce rapidamente.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 2 Area più estesa intorno alla fonte in condizioni anormali ma rare e brevi</p> <p>$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$ $10^{-1} < D \leq 10$ h/anno</p> </div>	<p>In condizioni anormali (es. perdita) è improbabile che si formi un'atmosfera esplosiva e, se si forma, persiste per breve tempo.</p> <p>La ventilazione riduce la durata e l'estensione della zona.</p>
<p>NOTE IMPORTANTI</p> <ul style="list-style-type: none"> La classificazione si basa su: tipo di emissione + ventilazione + condizioni operative. Le zone 0, 1, 2 non indicano la frequenza di esplosione, ma la probabilità e durata di presenza dell'atmosfera esplosiva. 	<p>PARAMETRI DELLE ZONE (Tabella V.2-1 RTV V.2)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>ZONA 0</p> <p>$P > 10^{-1}$ $D > 10^3$ h/anno</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>ZONA 1</p> <p>$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$ $10 < D \leq 10^3$ h/anno</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>ZONA 2</p> <p>$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$ $10^{-1} < D \leq 10$ h/anno</p> </div> </div>		<p>i Gli esempi si riferiscono a gas, vapori e nebbie infiammabili. Per le polveri combustibili le zone corrispondenti sono 20, 21, 22.</p>

ESEMPI PRATICI DI CLASSIFICAZIONE ATEX PER POLVERI COMBUSTIBILI

ZONA	ESEMPIO PRATICO	FORNTE DI EMISSIONE	RAPPRESENTAZIONE DELLA ZONA	SPIEGAZIONE
<p>ZONA 20</p> <p>Atmosfera esplosiva presente in permanenza per lunghi periodi o frequentemente</p>	 <p>Interno di un silo di stoccaggio di farina</p>	<p>EMISSIONE CONTINUA</p> <p>Presenza continua di polveri combustibili in sospensione all'interno del contenitore durante il normale funzionamento.</p> <p>Esempio tipico: Sili, tramogge, miscelatori chiusi, trasporti pneumatici in fase di carico.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 20</p> <p>All'interno della fonte di emissione</p> <p>$P > 10^{-1}$ $D > 10^3$ h/anno</p> </div>	<p>La zona 20 è presente all'interno della fonte di emissione dove si ha normalmente un'atmosfera esplosiva in sospensione di polveri.</p> <p>Esempio: interno di un silo di farina durante il riempimento o lo scarico.</p>
<p>ZONA 21</p> <p>Atmosfera esplosiva probabile durante il normale esercizio</p>	 <p>Area di riempimento di big-bag</p>	<p>EMISSIONE PRIMARIA</p> <p>Rilascio di polveri combustibili probabile durante il normale funzionamento.</p> <p>Esempio tipico: Punti di carico/scarico, stazioni di insacco, nastri trasportatori, elevatori a tazze, vagli.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 21</p> <p>Intorno alla fonte di emissione in condizioni normali</p> <p>$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$ $10 < D \leq 10^3$ h/anno</p> </div>	<p>La zona 21 si forma attorno alla fonte di emissione dove è probabile la presenza di una nube di polvere durante il normale esercizio.</p> <p>Esempio: area attorno alla stazione di riempimento di big-bag.</p>
<p>ZONA 22</p> <p>Atmosfera esplosiva improbabile e di breve durata</p>	 <p>Area attorno a nastro trasportatore chiuso</p>	<p>EMISSIONE SECONDARIA</p> <p>Rilascio di polveri improbabile e che, se si verifica, persiste solo per breve tempo.</p> <p>Esempio tipico: Aree adiacenti a impianti chiusi, passerelle, passerelle sopra trasporti, zone con ventilazione efficace.</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ZONA 22</p> <p>Area più estesa in cui la nube di polvere è improbabile e di breve durata</p> <p>$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$ $10^{-1} < D \leq 10$ h/anno</p> </div>	<p>La zona 22 riguarda aree più estese dove è improbabile che si formi un'atmosfera esplosiva e, se si forma, dura solo pochi istanti.</p> <p>Esempio: intorno a nastri trasportatori chiusi o in aree con buona ventilazione.</p>

NOTE IMPORTANTI

- La classificazione si basa su: tipo di emissione + ventilazione + condizioni operative.
- Le zone 20, 21, 22 sono riferite a polveri combustibili (farine, zuccheri, cereali, legno, alluminio, plastiche, ecc.).
- La tabella V.2-1 del Codice associa le zone ai parametri P (probabilità) e D (durata).

PARAMETRI DELLE ZONE (Tabella V.2-1 RTV V.2)

ZONA 20

$P > 10^{-1}$
 $D > 10^3$ h/anno

ZONA 21

$10^{-3} < P \leq 10^{-1}$
 $10 < D \leq 10^3$ h/anno

ZONA 22

$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$
 $10^{-1} < D \leq 10$ h/anno












Gli esempi si riferiscono a polveri combustibili tipiche presenti nell'industria alimentare, del legno, chimica, farmaceutica, plastica, metallurgica, ecc. Le zone corrispondenti sono 20, 21, 22.

V.2.2.3

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE CON PERICOLO DI ESPLOSIONE

Gli ambienti a rischio di esplosione sono suddivisi in ZONE in base alla **PROBABILITÀ (P)** e alla **DURATA (D)** annua di presenza di un'atmosfera esplosiva.



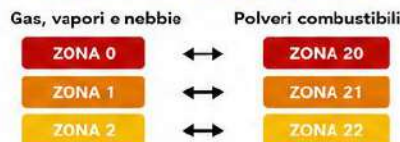
GAS, VAPORI E NEBBIE	POLVERI COMBUSTIBILI	DESCRIZIONE DELL'ATMOSFERA ESPLOSIVA	PROBABILITÀ DI PRESENZA P [eventi/anno]	DURATA DI PRESENZA D [ore/anno]	ESEMPI DI LUOGHI
ZONA 0 Massimo rischio 	ZONA 20 Massimo rischio 	Atmosfera esplosiva presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente.	$P > 10^1$ (più di 10 eventi/anno)	$D > 10^3$ (più di 1000 ore/anno)	<ul style="list-style-type: none"> Interno di serbatoi Interno di reattori Interno di tubazioni sempre piene di sostanze infiammabili
ZONA 1 Rischio medio-alto 	ZONA 21 Rischio medio-alto 	Atmosfera esplosiva probabile che si presenti occasionalmente durante il normale funzionamento.	$10^{-3} < P \leq 10^1$ (da 0,001 a 10 eventi/anno)	$10 < D \leq 10^3$ (da 10 a 1000 ore/anno)	<ul style="list-style-type: none"> Zone vicine a sfiati, valvole, pompe, flange Aree di carico/scarico Intorno a punti di emissione durante il normale esercizio
ZONA 2 Rischio basso 	ZONA 22 Rischio basso 	Atmosfera esplosiva improbabile che si presenti e che, se si presenta, persiste solo per un breve periodo.	$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$ (da 0,00001 a 0,001 eventi/anno)	$10^{-1} < D \leq 10$ (da 0,1 a 10 ore/anno)	<ul style="list-style-type: none"> Aree circostanti zona 1 Zone dove possono verificarsi perdite accidentali Zone poco ventilate
ZONA NP (Non Pericolosa) 	ZONA NP (Non Pericolosa) 	Probabilità trascurabile di presenza dell'atmosfera esplosiva (<i>negligible presence</i>). Le zone NP sono considerate non pericolose.	$P \leq 10^{-5}$ ($\leq 0,00001$ eventi/anno)	—	<ul style="list-style-type: none"> Ambienti con ventilazione efficace Aree lontane da sorgenti di emissione
ZONA NE (Negligible Extent) 	ZONA NE (Negligible Extent) 	Volume dell'atmosfera esplosiva di estensione trascurabile (<i>negligible extent</i>). Le zone NE sono considerate non pericolose.	—	—	<ul style="list-style-type: none"> Piccole zone chiuse o intercapedini con volume trascurabile

LOGICA DELLA CLASSIFICAZIONE

Maggiore è la **PROBABILITÀ (P)** e/o la **DURATA (D)** di presenza dell'atmosfera esplosiva, maggiore è il rischio e più bassa è la numero della zona.



CORRISPONDENZA GAS / POLVERI



NOTE

- La classificazione deve essere effettuata secondo le norme applicabili (es. CEI EN 60079-10-1 per gas/vapori, CEI EN 60079-10-2 per polveri).
- La classificazione dipende dalle sorgenti di emissione e dai sistemi di controllo ambientale (ventilazione, aspirazione, pressurizzazione, ecc.).
- Obiettivo: ridurre al minimo le emissioni di sostanze infiammabili e l'estensione delle aree a rischio.



RIFERIMENTI P = Probabilità di presenza su base annua [eventi/anno] D = Durata di presenza su base annua [ore/anno]



La corretta classificazione delle zone è fondamentale per la scelta delle apparecchiature e delle misure di protezione adeguate.

V.2.2.4

IDENTIFICAZIONE DEI POTENZIALI PERICOLI DI INNESCO

I PERICOLI DI INNESCO SONO STRETTAMENTE LEGATI ALLA PRESENZA DI **SORGENTI DI ACCENSIONE** ED ALLE **PROPRIETÀ DI ACCENSIONE** DELLE MISCELE POTENZIALMENTE ESPLOSIVE.



1 I pericoli di innesco sono strettamente legati alla presenza di **sorgenti di accensione** ed alle **proprietà di accensione** delle miscele potenzialmente esplosive.



L'accensione può avvenire solo quando sono presenti contemporaneamente atmosfera esplosiva e sorgente di accensione.

2 Un elenco di possibili sorgenti di accensione da ricercare nelle apparecchiature, negli impianti di processo e negli impianti tecnologici e di servizio è indicato nella tabella V.2-2.

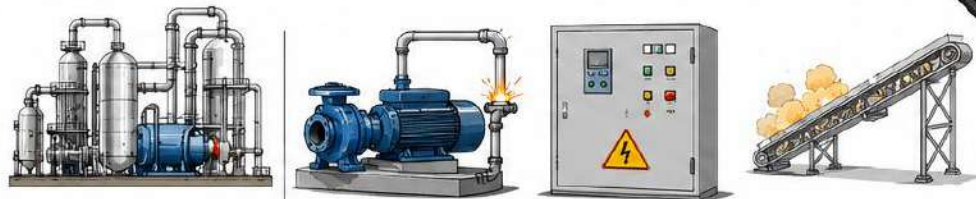


Tabella V.2-2 – Esempi di possibili sorgenti di accensione da ricercare

	SUPERFICI CALDE <ul style="list-style-type: none"> • Motori, compressori, pompe • Scambiatori di calore • Riscaldatori, forni, tubazioni calde 		FIAMME LIBERE E GAS CALDI <ul style="list-style-type: none"> • Fiamme libere • Bruciatori, torce • Gas di scarico caldi 		LUCE SOLARE CONCENTRATA <ul style="list-style-type: none"> • Lenti, specchi, superfici riflettenti • Rischio di focalizzazione della luce
	SCINTILLE DI ORIGINE ELETTRICA <ul style="list-style-type: none"> • Impianti e apparecchi elettrici • Cortocircuiti, sovraccarichi • Scariche elettrostatiche (ESD) 		SIGARETTE, SIGARI E FIAMMIFERI <ul style="list-style-type: none"> • Fumo • Fiammiferi e accendini 		CORROSIONE <ul style="list-style-type: none"> • Corrosione di strutture e componenti • Rottura con rilascio improvviso • Grippaggio e surriscaldamento
	SCINTILLE DI ORIGINE MECCANICA <ul style="list-style-type: none"> • Urti tra parti metalliche • Attrito, sfregamento, abrasione • Lavorazioni meccaniche 		SCARICHE ELETTROSTATICHE <ul style="list-style-type: none"> • Accumulo di cariche elettrostatiche • Scariche da persone, indumenti, oggetti • Cariche su polveri in movimento 		POLVERI IN MOVIMENTO <ul style="list-style-type: none"> • Attrito tra particelle • Impatti tra particelle e superfici • Meccanismi di trasporto polveri
	RADIAZIONI OTTICHE <ul style="list-style-type: none"> • Fiamme libere • Arco elettrico • Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti 		REAZIONI ESOTERMICHE <ul style="list-style-type: none"> • Reazioni chimiche autoacceleranti • Decomposizione di sostanze • Polimerizzazioni incontrollate 		BATTERIE E ACCUMULATORI <ul style="list-style-type: none"> • Emissione di idrogeno • Scintille durante carica e scarica
	ONDE ELETTROMAGNETICHE <ul style="list-style-type: none"> • Radiofrequenze, microonde • Radar, telefoni cellulari (in alcune condizioni) 		COMPRESSIONI ADIABATICHE E URTI <ul style="list-style-type: none"> • Compressione rapida di gas • Urti di onde d'urto 		ALTRE SORGENTI <ul style="list-style-type: none"> • Guasti alla strumentazione • Difetti di progettazione o installazione • Manutenzione inadeguata

! IMPORTANTE: Ogni impianto e apparecchiatura deve essere analizzato per individuare le possibili sorgenti di accensione e adottare misure tecniche e organizzative per eliminarle o ridurre il rischio.



Prevenire l'innesco è prevenire l'esplosione!

V.2.2.4

CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI ACCENSIONE



L'accensione di un'atmosfera esplosiva dipende dalla possibilità con cui le sorgenti di accensione si manifestano e diventano efficaci a contatto con la miscela esplosiva.

LE SORGENTI DI ACCENSIONE SI CLASSIFICANO IN 3 CATEGORIE

a. CONTINUAMENTE O FREQUENTEMENTE

In genere presenti durante le normali operazioni



SORGENTI NORMALMENTE PRESENTI

Non richiedono alcun guasto
Probabilità di accensione: **ALTA**

ESEMPI



- FIAMME PILOTA PERMANENTI
- SUPERFICI CALDE (es. tubazioni, forni, motori)
- SCINTILLE DA APPARECCHIATURE ELETTRICHE IN ESERCIZIO NORMALE
- APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE NON IDONEI

Rischio di accensione: **ELEVATO**
(presenti nelle normali operazioni)

b. IN CIRCOSTANZE RARE

In genere a seguito di malfunzionamenti prevedibili



SORGENTI NON NORMALMENTE PRESENTI

Si manifestano solo in caso di anomalia ragionevolmente prevedibile
Probabilità di accensione: **MEDIA**

ESEMPI



- CORTOCIRCUITI O SOVRACCARICHI ELETTRICI OCCASIONALI
- SURRISCALDAMENTO DI CUSCINETTI O PARTI MECCANICHE
- PERDITE DI GAS DA FLANGE, GUARNIZIONI, VALVOLE
- SCARICHE ELETTROSTATICHE IN CONDIZIONI PARTICOLARI

Rischio di accensione: **MEDIO**
(associate a guasti prevedibili)

c. IN CIRCOSTANZE MOLTO RARE

In genere a seguito di malfunzionamenti estremamente rari



SORGENTI ECCEZIONALI

Richiedono eventi molto improbabili o guasti multipli indipendenti
Probabilità di accensione: **BASSA**

ESEMPI



- ROTTURA CONTEMPORANEA DI PIÙ SISTEMI DI SICUREZZA
- GUASTO COMBINATO DI SISTEMI INDIPENDENTI
- EVENTI CATASTROFICI ESTREMAMENTE IMPROBABILI
- ERRORE UMANO MULTIPLO E CONCOMITANTE

Rischio di accensione: **BASSO**
(associate a guasti estremamente rari)

CONCETTO FONDAMENTALE



ATMOSFERA ESPLOSIVA

SORGENTE DI ACCENSIONE EFFICACE

ESPLOSIONE

PIÙ È PROBABILE LA SORGENTE DI ACCENSIONE

- ↑ Aumenta il rischio di esplosione
- ↑ Aumentano le misure di prevenzione richieste
- ↑ Aumenta il livello di protezione necessario delle apparecchiature Ex

PROBABILITÀ DI ACCENSIONE



ALTA
(a)

MEDIA
(b)

BASSA
(c)



OBIETTIVO

Ridurre la probabilità che le sorgenti di accensione si manifestino e diventino efficaci.



COME?

- Scelta di apparecchiature idonee (ATEX)
- Manutenzione e controlli periodici
- Buone pratiche operative
- Sistemi di controllo e protezione



PREVENIRE L'INNESCO È PREVENIRE L'ESPLOSIONE

4. EQUIVALENZA IN TERMINI DI APPARECCHI, SISTEMI DI PROTEZIONE E COMPONENTI UTILIZZATI

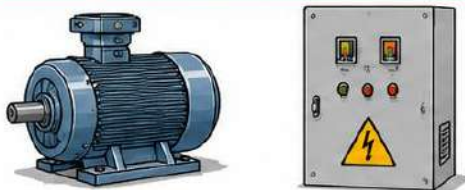
In termini di apparecchi, sistemi di protezione e componenti utilizzati, la classificazione del comma precedente deve essere ritenuta **EQUIVALENTE** a:

a. AL PUNTO PRECEDENTE (a)

Sorgenti che possono manifestarsi **CONTINUAMENTE O FREQUENTEMENTE**



SORGENTI DI ACCENSIONE CHE POSSONO MANIFESTARSI DURANTE IL **NORMALE FUNZIONAMENTO**



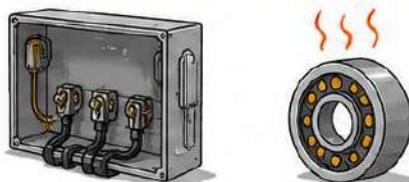
Esempi di apparecchiature richieste:
Categoria 1G / 1D
(massimo livello di protezione)

b. AL PUNTO PRECEDENTE (b)

Sorgenti che possono manifestarsi **IN CIRCOSTANZE RARE**



SORGENTI DI ACCENSIONE CHE POSSONO MANIFESTARSI UNICAMENTE A SEGUITO DI **MALFUNZIONAMENTI PREVISTI**



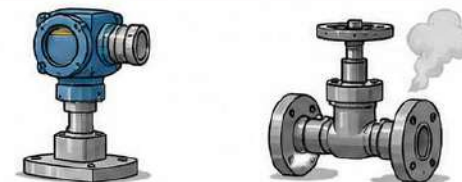
Esempi di apparecchiature richieste:
Categoria 2G / 2D
(livello di protezione intermedio)

c. AL PUNTO PRECEDENTE (c)

Sorgenti che possono manifestarsi **IN CIRCOSTANZE MOLTO RARE**



SORGENTI DI ACCENSIONE CHE POSSONO MANIFESTARSI UNICAMENTE A SEGUITO DI **MALFUNZIONAMENTI RARI**



Esempi di apparecchiature richieste:
Categoria 3G / 3D
(livello di protezione base)



CONCETTO CHIAVE

Più la sorgente di accensione è probabile durante il normale funzionamento, maggiore deve essere il livello di protezione delle apparecchiature, dei sistemi di protezione e dei componenti utilizzati.

LIVELLO DI PROTEZIONE RICHIESTO



MASSIMO

INTERMEDIO

BASE

V.2.2.4

5. NESSUNA SORGENTE DI ACCENSIONE FREQUENTE O CONTINUA È CONSENTITA NELLE ZONE PERICOLOSE ATEX



In nessuna delle zone pericolose della tabella V.2-1 (0/20, 1/21, 2/22) sono consentite sorgenti d'accensione frequenti o continue.

NOTA Possono essere considerati come riferimento i valori di probabilità delle sorgenti di accensione riportati nella tabella C10 della norma EI 15:2015 "Model code of safe practice Part 15: Area classification for installations handling flammable fluids".

COLLEGAMENTO TRA ZONE ATEX, PROBABILITÀ DELLE SORGENTI E LIVELLO DI PROTEZIONE RICHIESTO

ZONA 0 / 20

Atmosfera esplosiva presente in modo **FREQUENTE O CONTINUO**



LIVELLO DI PROTEZIONE MOLTO ELEVATO



Apparecchiature richieste: **Categoria 1G / 1D** (massimo livello di protezione)

NON AMMESSE

sorgenti di accensione che possono manifestarsi nel normale funzionamento (frequenti o continue)



ZONA 1 / 21

Atmosfera esplosiva che può essere **PROBABILE DURANTE IL NORMALE FUNZIONAMENTO**



LIVELLO DI PROTEZIONE ELEVATO



Apparecchiature richieste: **Categoria 2G / 2D** (livello di protezione intermedio)

AMMESSE SOLO SORGENTI DI ACCENSIONE CHE POSSONO MANIFESTARSI UNICAMENTE A SEGUITO DI MALFUNZIONAMENTI PREVEDIBILI



ZONA 2 / 22

Atmosfera esplosiva che può essere **PRESENTI SOLO RARAMENTE E PER BREVI PERIODI**



LIVELLO DI PROTEZIONE NORMALE



Apparecchiature richieste: **Categoria 3G / 3D** (livello di protezione base)

AMMESSE SOLO SORGENTI DI ACCENSIONE CHE POSSONO MANIFESTARSI UNICAMENTE A SEGUITO DI MALFUNZIONAMENTI RARI



DA EVITARE SEMPRE!



OBIETTIVO DA RAGGIUNGERE



PERCHÉ È IMPORTANTE?

La presenza di sorgenti di accensione frequenti o continue in zone con atmosfera esplosiva aumenta drasticamente la probabilità che un evento di accensione si trasformi in un'esplosione.

COME SI ASSICURA UN LIVELLO DI PROTEZIONE ADEGUATO?

- ✓ Scelta di apparecchiature Ex idonee alla zona (categorie 1G/1D, 2G/2D, 3G/3D)
- ✓ Progettazione sicura degli impianti
- ✓ Buona manutenzione e controlli periodici
- ✓ Riduzione della probabilità di guasti e malfunzionamenti



RISULTATO

Il rischio di accensione viene mantenuto a livelli compatibili con la classificazione della zona.

ZONE ATEX: SORGENTI D'INNESCO E APPARECCHIATURE AMMESSE



Regola fondamentale (RTV V.2 – par. V.2.3):

In nessuna delle zone pericolose (0/20, 1/21, 2/22) sono **consentite sorgenti d'accensione frequenti o continue**. Sono invece ammesse solo apparecchiature progettate e certificate ATEX in modo da non costituire **sorgenti di accensione efficaci** nelle condizioni previste di esercizio e in caso di guasto.

ZONE ATEX
(gas/vapori e polveri)

ZONA 0
(gas, vapori, nebbie)
ZONA 20
(polveri combustibili)

Atmosfera esplosiva presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente

ESEMPI DI SORGENTI D'INNESCO EFFICACI NON AMMESSE

Motore elettrico standard	Interruttore non protetto	Lampada non protetta
Scintille ai contatti, spazzole, ecc.	Archi elettrici frequenti	Superfici calde, archi interni
✗	✗	✗

ESEMPI DI APPARECCHIATURE ATEX AMMESSE
(non costituiscono sorgenti d'innescio efficaci)

Apparecchiature di categoria 1G (gas) / 1D (polveri) progettate per non diventare sorgenti di innescio efficaci

Motore Ex d IIC T4 Categoria 1G	Sensore Ex ia IIC T4 Ga Categoria 1G	Sonda di livello Ex ia IIC T85°C Da Categoria 1D
✓	✓	✓

CHE COSA SIGNIFICA?

L'esplosione può avvenire solo se sono presenti contemporaneamente:

ATMOSFERA ESPLOSIVA + SORGENTE DI INNESCO EFFICACE = ESPLOSIONE

ZONA 1
(gas, vapori, nebbie)
ZONA 21
(polveri combustibili)

Atmosfera esplosiva probabile durante il normale esercizio

Motore standard	Presse elettriche non protette	Riscaldatore non protetto
Scintille e superfici calde	Archi elettrici possibili	Superfici calde elevate
✗	✗	✗

Apparecchiature di categoria 1G o 2G (gas) / 1D o 2D (polveri)

Motore Ex e IIC T3 Categoria 2G	Scatola di connessioni Ex e Categoria 2G	Trasmittitore Ex ia IIC T4 Ga Categoria 1G
✓	✓	✓

Nelle zone ATEX l'atmosfera esplosiva può esserci (con diversa frequenza e durata), perciò bisogna eliminare o ridurre al minimo le sorgenti di innescio efficaci.

CATEGORIE APPARECCHIATURE (Direttiva 2014/34/UE)

1G / 1D = livello di protezione molto elevato (adatto a Zona 0 / Zona 20)
2G / 2D = livello di protezione elevato (adatto a Zona 1 / Zona 21)
3G / 3D = livello di protezione normale (adatto a Zona 2 / Zona 22)

ZONA 2
(gas, vapori, nebbie)
ZONA 22
(polveri combustibili)

Atmosfera esplosiva possibile e di breve durata

Apparecchio con scintille frequenti	Interruttori non idonei	Lampade con superfici calde
Scintille frequenti	Archi possibili	Rischio di innescio
✗	✗	✗

Apparecchiature di categoria 1G, 2G o 3G (gas) / 1D, 2D o 3D (polveri)

Motore Ex nA IIC T3 Categoria 3G	Apparecchio di illuminazione Ex nR Categoria 3G	Scatola Ex tb IIC T80°C Categoria 3D
✓	✓	✓

ESEMPI DI MODI DI PROTEZIONE

- Ex d (custodia a prova d'esplosione)
- Ex e (sicurezza aumentata)
- Ex i (sicurezza intrinseca)
- Ex n (non scintillante)
- Ex t (protezione mediante involucri)
- Ex p (pressurizzazione)



ESEMPIO PRATICO: MOTORE ELETTRICO

ZONA	AMMESSO?	CATEGORIA RICHIESTA	ESEMPIO DI MARCATURA
0 (gas)	✗	1G	Ex db IIC T4 Gb
1 (gas)	✓	1G o 2G	Ex eb IIC T3 Gb
2 (gas)	✓	1G, 2G o 3G	Ex nA IIC T3 Gc
20 (polveri)	✓	1D	Ex tb IIC T125°C Db
21 (polveri)	✓	1D o 2D	Ex tb IIC T100°C Db
22 (polveri)	✓	1D, 2D o 3D	Ex tb IIC T80°C Dc

IN SINTESI














- ✓ Nessuna sorgente di accensione efficace frequente o continua è ammessa in nessuna zona ATEX.
- ✓ Sono ammesse solo apparecchiature certificate ATEX con il livello di protezione adeguato alla zona.
- ✓ La scelta dell'apparecchiatura dipende dalla zona, dalla sostanza presente (gas o polveri) e dalle condizioni operative.

ATTENZIONE

L'utilizzo di apparecchiature non idonee alla zona può creare sorgenti di accensione efficaci e portare al rischio di esplosione.

Progettare, scegliere e installare sempre secondo norme ATEX (EN 60079-10-1, EN 60079-10-2 e serie EN 60079).

ESEMPI DI SORGENTI DI ACCENSIONE (TAB. V.2-2 – UNI EN 1127-1)

	Superfici calde
	Fiamme, gas, particelle calde
	Scintille di origine meccanica
	Materiale ed impianti elettrici
	Correnti vaganti, protezione catodica
	Elettricità statica
	Fulmini
	Radio frequenza da 10^4 Hz a $3 \cdot 10^{11}$ Hz
	Onde elettromagnetiche da $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz
	Radiazioni ionizzanti
	Ultrasuoni
	Compressione adiabatica ed onde d'urto
	Reazioni esotermiche

V.2.2.5

VALUTAZIONE DELL'ENTITÀ DEGLI EFFETTI PREVEDIBILI DI UN'ESPLOSIONE



1. Ai fini della valutazione degli effetti prevedibili di un'esplosione è necessario tener conto delle conseguenze sugli eventuali **occupanti esposti**, sulle **strutture** e sugli **impianti** dei seguenti **effetti fisici** di un'esplosione:

A FIAMME E GAS CALDI



Combustione rapida con sviluppo di fiamme e gas caldi ad alta temperatura.

Conseguenze su:




-  **Occupanti esposti** (ustioni, asfissia)
-  **Strutture** (danni termici, incendio)
-  **Impianti** (danneggiamento, collasso)

B IRRAGGIAMENTO TERMICO



Trasferimento di calore per irraggiamento dalle superfici calde generate dall'esplosione.

Conseguenze su:

-  **Occupanti esposti** (ustioni anche a distanza)
-  **Strutture** (danni termici, incendio)
-  **Impianti** (degrado, perdita funzionalità)

C ONDE DI PRESSIONE



Variazioni rapide di pressione nell'aria (sovrapressione) che si propagano come onde.

Conseguenze su:

-  **Occupanti esposti** (traumi, danni agli organi)
-  **Strutture** (danni meccanici, crolli)
-  **Impianti** (rottura, deformazioni)

D PROIEZIONE DI FRAMMENTI O OGGETTI



Scaglia di frammenti o oggetti generati dalla rottura di apparecchiature, strutture o componenti.

Conseguenze su:

-  **Occupanti esposti** (impatti, ferite gravi)
-  **Strutture** (perforazioni, rotture)
-  **Impianti** (danneggiamento, guasti)

E RILASCI DI SOSTANZE PERICOLOSE



Rilascio nell'ambiente di sostanze pericolose (gas, vapori, aerosol, sostanze chimiche).

Conseguenze su:

-  **Occupanti esposti** (intossicazioni, asfissia)
-  **Strutture** (corrosione, contaminazione)
-  **Impianti** (corrosione, guasti)



OBIETTIVO: Stimare l'entità dei possibili danni per definire misure di prevenzione e protezione adeguate e garantire un livello di sicurezza accettabile per persone, strutture e impianti.



V.2.2.5

2. VERIFICA DELL'OBIETTIVO DI SALVAGUARDIA DEGLI OCCUPANTI



2. Per la verifica dell'**obiettivo di salvaguardia** degli occupanti, devono essere considerati almeno i seguenti effetti:

A

DANNEGGIAMENTO DEGLI ELEMENTI DI COMPARTIMENTAZIONE

non resistenti all'esplosione secondo NTC ed in generale agli impatti meccanici



EFFETTO

↓
Perdita di integrità del compartimento e possibile coinvolgimento di aree adiacenti

B

FUORI SERVIZIO DEGLI IMPIANTI DI PROTEZIONE ATTIVA

interni al locale di origine dell'esplosione



EFFETTO

↓
Disattivazione delle protezioni attive con aumento del rischio per gli occupanti e per gli impianti

C

EFFETTO DOMINO

(es. danneggiamento di altri sistemi di contenimento, impianti o apparecchiature con rilascio di sostanze pericolose, ...)



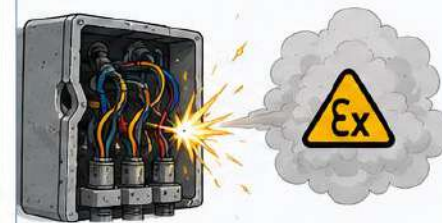
EFFETTO

↓
Rilascio secondario di sostanze pericolose e propagazione degli effetti dell'esplosione

D

DANNEGGIAMENTO DELLE MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE SULLE SORGENTI DI ACCENSIONE

con conseguente innesco delle atmosfere esplosive prodotte dalle sostanze rilasciate



EFFETTO

↓
Innesco di nuove atmosfere esplosive e possibili esplosioni secondarie



Nota

Particolare attenzione deve essere posta alla **eventuale presenza di occupanti** all'interno degli effetti previsti dall'esplosione con specifico riferimento alle lavorazioni che avvengano in **adiacenza** alle zone ATEX (es. operazioni di caricamento o svuotamento di liquidi infiammabili o polveri combustibili, ...).



V.2.2.5

- 3.** Nei casi in cui l'**esplosione** potrebbe essere seguita da un **incendio**, si deve valutare quest'ultimo scenario tenendo conto dell'indisponibilità di quanto danneggiato dall'esplosione.

SCENARIO: ESPLOSIONE → INCENDIO

1. ESPLOSIONE INIZIALE



- Onde di pressione
- Proiezione di frammenti
- Danni a strutture e impianti

2. DANNI E INDISPONIBILITÀ



- Fuori servizio impianti di protezione
- Danni a sistemi di contenimento
- Danni a misure di sicurezza

3. RILASCIO DI SOSTANZE



- Fuoriuscita di sostanze pericolose
- Formazione di atmosfere esplosive
- Mancato contenimento

4. INCENDIO SECONDARIO



- Innesco di incendi
- Propagazione delle fiamme
- Conseguenze su persone, strutture e impianti



Valutare l'incendio tenendo conto dell'indisponibilità di quanto danneggiato dall'esplosione (es. impianti di protezione, sistemi di contenimento, compartimentazioni, ecc.).

- 4.** Nei casi in cui a seguito di un **incendio** potrebbe verificarsi un'**esplosione**, si deve valutare quest'ultimo scenario tenendo conto dell'indisponibilità di quanto danneggiato dall'incendio.

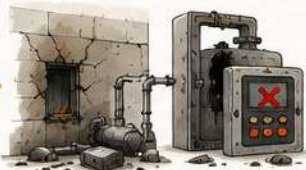
SCENARIO: INCENDIO → ESPLOSIONE

1. INCENDIO INIZIALE



- Fiamme e calore intenso
- Irraggiamento termico
- Danni a strutture e impianti

2. DANNI E INDISPONIBILITÀ



- Fuori servizio impianti di protezione
- Degrado strutture e apparecchiature
- Danni a misure di sicurezza

3. RILASCIO DI SOSTANZE



- Fuoriuscita di sostanze pericolose
- Formazione di atmosfere esplosive
- Mancato contenimento

4. ESPLOSIONE SECONDARIA



- Innesco di esplosione
- Onde di pressione e frammenti
- Conseguenze su persone, strutture e impianti



Valutare l'esplosione tenendo conto dell'indisponibilità di quanto danneggiato dall'incendio (es. impianti di protezione, sistemi di contenimento, misure di sicurezza, ecc.).



NOTA

In entrambe le situazioni è fondamentale considerare la presenza di occupanti e la catena di eventi che può portare a scenari secondari, che possono aggravare significativamente le conseguenze iniziali.



V.2.2.5

5. DETERMINAZIONE DELLE SOVRAPPRESSIONI: METODI EMPIRICI E MODELLI SEMPLIFICATI



Per stimare le sovrappressioni sviluppate da un'esplosione possono essere utilizzati modelli empirici semplificati presenti in normativa o espressioni empiriche.



OBIETTIVO:
Stimare l'entità della sovrappressione per valutare gli effetti su persone, strutture e impianti.

I MODELLI EMPIRICI SEMPLIFICATI MAGGIORMENTE UTILIZZATI

1. TNT EQUIVALENTE

L'esplosione è trasformata in una quantità equivalente di TNT.



Sostanza infiammabile (es. 100 kg GPL)

= X kg TNT equivalente



Esplosione equivalente di TNT

VANTAGGI

- Metodo semplice
- Veloce
- Richiede pochi dati

LIMITI

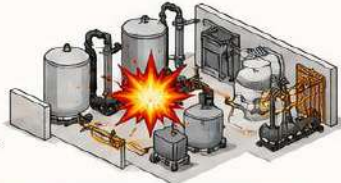
- Poco accurato
- Non considera la geometria e gli ostacoli

Utilizzo: stime preliminari, screening rapido

2. TNO MULTI-ENERGY

Metodo sviluppato dal TNO (Olanda) che tiene conto di diversi fattori dell'impianto.

- ✓ Confinamento
- ✓ Congestione
- ✓ Ostacoli
- ✓ Tipologia di impianto
- ✓ Energia dell'esplosione



VANTAGGI

- Più realistico rispetto al TNT
- Ampiamente validato e utilizzato nel rischio industriale

Utilizzo: analisi di rischio, impianti industriali complessi

3. CCPS QRA

Metodo del Center for Chemical Process Safety utilizzato per analisi quantitative del rischio (QRA).

- ✓ Stima delle frequenze di evento
- ✓ Valutazione delle conseguenze
- ✓ Integrazione con analisi di rischio (QRA)



VANTAGGI

- Approccio sistematico e strutturato
- Considera probabilità e conseguenze
- Adatto a industrie chimiche, petrolchimiche, raffinerie

Utilizzo: QRA e studi di rischio dettagliati

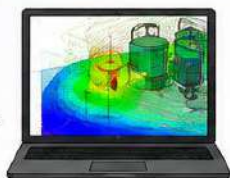
6. UTILIZZO DI CODICI DI CALCOLO RICONOSCIUTI



Oltre ai metodi empirici e ai modelli semplificati, per la stima delle sovrappressioni che si sviluppano a seguito di esplosioni, si può ricorrere a codici di calcolo riconosciuti.

ESEMPI DI SOFTWARE UTILIZZATI

- PHAST
- FLACS
- ANSYS
- AUTOREGAS
- EXPLO5



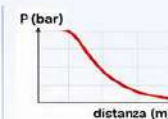
I CODICI DI CALCOLO PERMETTONO DI SIMULARE:

- ✓ Dispersione di gas e vapori
- ✓ Incendi (jet fire, pool fire, flash fire)
- ✓ Esplosioni e sovrappressioni
- ✓ Propagazione delle onde di pressione
- ✓ Interazione con edifici e strutture

OUTPUT PRINCIPALI



MAPPE DI SOVRAPPRESSIONE (isobare)



CURVE DI DANNO sovrappressione vs distanza



VALUTAZIONE DEI DANNI SU STRUTTURE E IMPIANTI



VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LE PERSONE

TNO= Organizzazione dei Paesi Bassi per la Ricerca Scientifica Applicata.

METODO DEL TNT EQUIVALENTE



Qualsiasi esplosione viene trasformata in una quantità equivalente di TNT, che produce la **stessa energia** rilasciata. Poi si usano le curve sperimentali del TNT per stimare sovrappressioni e distanze di danno.

1. PRINCIPIO DI BASE



2. FORMULA

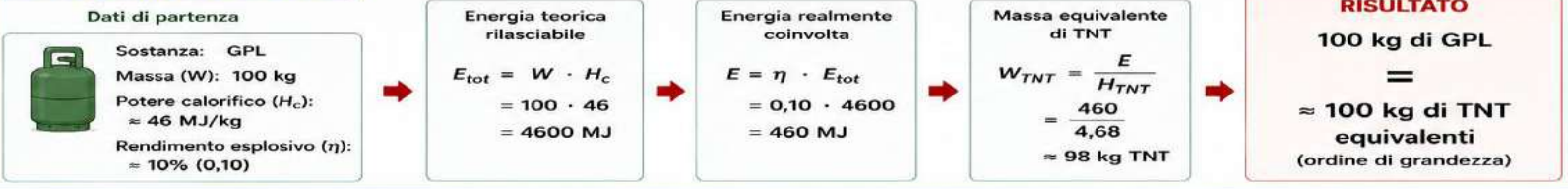
La massa equivalente di TNT si ottiene da:

$$W_{TNT} = \eta \cdot W \cdot \frac{H_c}{H_{TNT}}$$

dove:

- W_{TNT} = massa equivalente di TNT (kg)
- W = massa della sostanza infiammabile (kg)
- H_c = potere calorifico della sostanza (MJ/kg)
- H_{TNT} = potere calorifico del TNT = 4,68 MJ/kg
- η = coefficiente di rendimento esplosivo ($0 < \eta \leq 1$)

3. ESEMPI DI CALCOLO



4. A COSA SERVE

Una volta ottenuti i kg equivalenti di TNT, si utilizzano le curve sperimentali del TNT per determinare:

- Sovrappressione in funzione della distanza
- Distanze di danno per determinati livelli di sovrappressione
- Effetti sulle persone, strutture, impianti



Esempi di effetti (valori indicativi)

Sovrappressione (ΔP)	Effetto atteso
0,03 bar	Rottura vetri
0,10 bar	Danni leggeri a edifici
0,30 bar	Danni strutturali significativi
> 1,00 bar	Danni gravi, possibili crolli

5. VANTAGGI

- ✓ Metodo semplice e rapido
- ✓ Richiede pochi dati
- ✓ Utile per valutazioni preliminari
- ✓ Basato su dati sperimentali consolidati

6. LIMITI

- ✗ Non considera geometria dell'impianto
- ✗ Non considera ostacoli e congestione
- ✗ Non considera confinamento
- ✗ Può sovrastimare o sottostimare gli effetti
- ✗ Meno accurato rispetto ad altri metodi

7. CONFRONTO CON ALTRI METODI



Nota: Il metodo del TNT equivalente è indicato per valutazioni preliminari e screening del rischio esplosione. Per analisi più accurate si utilizzano metodi avanzati (es. TNO Multi-Energy, CFD).

METODO TNO MULTI-ENERGY

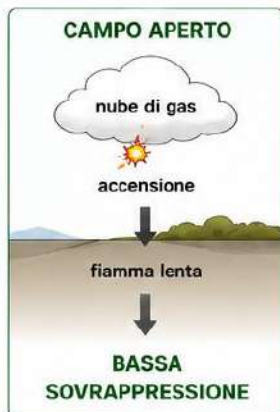
TNO
innovation
for life

Il metodo TNO Multi-Energy è un modello empirico avanzato utilizzato per stimare le sovrappressioni generate da esplosioni di nubi di gas/vapori infiammabili (VCE) all'interno di impianti industriali. Tiene conto della geometria reale dell'impianto, del confinamento e della congestione che influenzano lo sviluppo dell'esplosione.



1. PRINCIPIO FONDAMENTALE

L'intensità dell'esplosione dipende dalla presenza di ostacoli, strutture e confinamenti che aumentano la turbolenza, accelerano la fiamma e generano maggiori sovrappressioni.



2. LIVELLI ENERGETICI (MULTI-ENERGY LEVELS)

Il metodo utilizza 10 livelli energetici che rappresentano la capacità dell'esplosione di generare sovrappressione in funzione del contesto impiantistico.

LIVELLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SEVERITÀ	molto bassa	bassa	moderata	media	significativa	elevata	molto elevata	severa	molto severa	estrema



I livelli non rappresentano l'energia del gas, ma quanto efficacemente l'energia dell'esplosione viene trasformata in sovrappressione.

3. FATTORI CONSIDERATI DAL MODELLO TNO

1. GEOMETRIA DELL'IMPIANTO



- Edifici, muri, serbatoi
- Disposizione di apparecchiature e tubazioni

3. CONFINAMENTO



- Basso confinamento (campo aperto)
- Alto confinamento (locale chiuso)

4. CONGESTIONE



- Presenza di tubazioni, strutture metalliche, serbatoi, colonne, ecc.
- Maggiore congestione = maggiore turbolenza

4. COME FUNZIONA IL METODO TNO

Il metodo valuta come l'energia dell'esplosione viene amplificata dalle condizioni dell'impianto.



FATTORI CHE INFLUENZANO LA SEVERITÀ

- ✓ Quantità di combustibile rilasciato
- ✓ Grado di confinamento
- ✓ Grado di congestione (ostacoli e apparecchiature)
- ✓ Geometria e disposizione dell'impianto
- ✓ Posizione della sorgente di rilascio e innesco



5. OUTPUT DEL MODELLO TNO

Il modello fornisce la stima degli effetti dell'esplosione in termini di sovrappressione e conseguenze.

SOVRAPPRESSIONE

Valori di picco (bar) ad una certa distanza

DISTANZE DEGLI EFFETTI

Distanze per diversi livelli di danno

DANNI AGLI EDIFICI

Danni strutturali attesi in funzione della sovrappressione

DANNI ALLE PERSONE

Probabilità di lesioni o fatalità in funzione della sovrappressione

DANNI AGLI IMPIANTI

Danni a tubazioni, apparecchiature e sistemi

ESEMPI DI LIVELLI DI DANNO (VALORI INDICATIVI)

Sovrappressione (ΔP)	Effetto atteso
0,02 – 0,07 bar	Rottura vetri
0,07 – 0,20 bar	Danni leggeri a edifici e strutture
0,20 – 0,50 bar	Danni strutturali significativi
0,50 – 1,00 bar	Danni gravi, possibili crolli parziali
> 1,00 bar	Danni molto gravi, crolli estesi

I valori possono variare in base alle normative e ai criteri adottati.

6. CONFRONTO: TNT EQUIVALENTE vs TNO MULTI-ENERGY

METODO TNT EQUIVALENTE

Considera l'esplosione come una "bomba equivalente".

- ✗ Non considera l'impianto reale
- ✗ Non considera ostacoli
- ✗ Non considera confinamento e congestione
- ✗ Può sovrastimare o sottostimare gli effetti

VS

METODO TNO MULTI-ENERGY

Considera l'impianto reale e le interazioni fisiche.

- ✓ Tiene conto di geometria, ostacoli e strutture
- ✓ Considera confinamento e congestione
- ✓ Fornisce stime più realistiche e affidabili
- ✓ Ampiamente validato e utilizzato



IN SINTESI

Il metodo TNO Multi-Energy stima le sovrappressioni di esplosioni di nubi di gas/vapori considerando:

- la reale configurazione dell'impianto
- l'interazione della fiamma con ostacoli e confinamenti
- l'effetto amplificativo di turbolenza e congestione



È il metodo di riferimento per analisi di rischio e progettazione di misure di protezione.

1. CHE COS'È IL CCPS QRA

Il CCPS QRA (Center for Chemical Process Safety Quantitative Risk Assessment) è un metodo di **Analisi Quantitativa del Rischio**.



A COSA SERVE?

A rispondere alla domanda:

“Quanto è probabile che accada un incidente e quali saranno le conseguenze?”



DIFFERENZA RISPETTO AD ALTRI METODI

TNT EQUIVALENTE



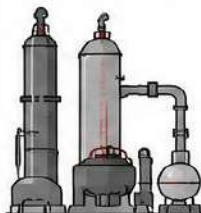
Calcola:

- sovrappressione
- distanze di danno



Non considera l'impianto reale

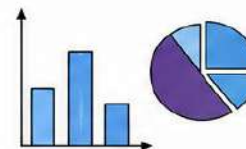
TNO MULTI-ENERGY



Calcola:

- sovrappressione
- effetti dell'esplosione considerando l'impianto reale

CCPS QRA



Calcola:

- probabilità dell'incidente
- conseguenze
- rischio complessivo

È un metodo completo di analisi del rischio

PRINCIPIO FONDAMENTALE

Il rischio è dato da:

$$\text{Rischio} = \text{Frequenza} \times \text{Conseguenza}$$

Dove:

- R = rischio
- F = frequenza (probabilità)
- C = conseguenza (gravità)

2. COME FUNZIONA IL CCPS QRA

Il metodo si sviluppa in 4 fasi principali.

1 INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI INCIDENTALI

Si identificano tutti gli scenari credibili che possono portare a un incidente.

Esempi:



Incendio



Esplosione



Rilascio
tossico



Perdita di
sostanza

2 CALCOLO DELLA FREQUENZA

Si stima la probabilità che ogni scenario si verifichi in un anno.

Si utilizzano:

- banche dati
- statistiche di guasto
- dati storici
- affidabilità dei componenti

ESEMPIO:

Probabilità di guasto
di una valvola:
 10^{-5} eventi/anno

3 ANALISI DELLE CONSEGUENZE

Per ogni scenario si stimano le conseguenze.

Esempi di conseguenze:



Irraggiamento
(termico)



Sovrappressione
(meccanica)



Dispersione
tossica



Danni a strutture
e impianti

4 CALCOLO DEL RISCHIO

Per ogni scenario:

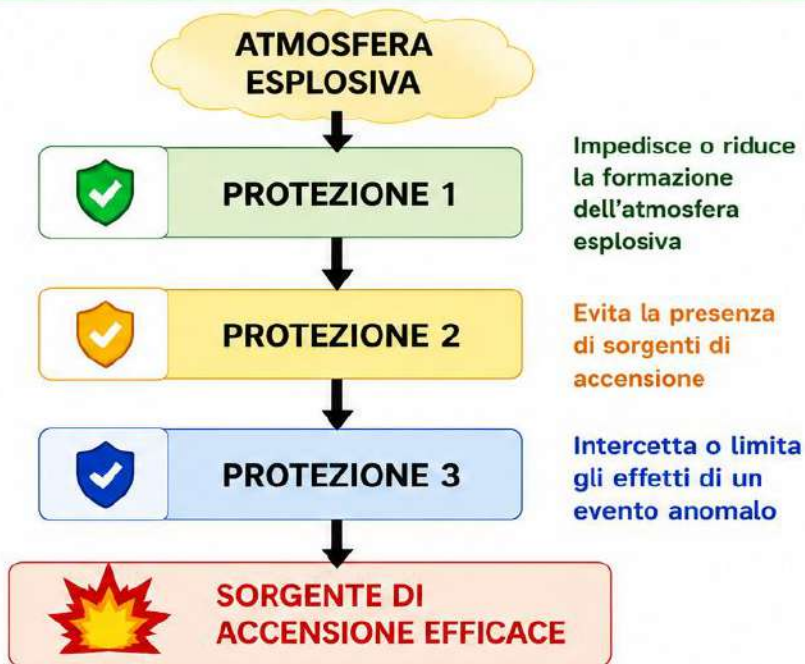
$$\text{Rischio} = \text{Frequenza} \times \text{Conseguenza}$$

V.2.2.6 – QUANTIFICAZIONE DEL LIVELLO DI PROTEZIONE

1

In generale, il livello di protezione contro le esplosioni è considerato adeguato quando si deve verificare il **fallimento di tre mezzi di protezione indipendenti** affinché un'atmosfera esplosiva possa essere innescata da una sorgente di accensione efficace.

CONCETTO FONDAMENTALE: PROTEZIONE A STRATI



PER AVERE L'ESPLOSIONE
devono fallire tutte e tre le protezioni:

- ✗ deve fallire la Protezione 1
- ✗ deve fallire la Protezione 2
- ✗ deve fallire la Protezione 3

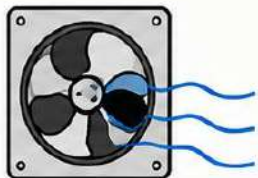
SOLO ALLORA

↓
ESPLOSIONE



ESEMPIO PRATICO

PROTEZIONE n.1 VENTILAZIONE



Evita la formazione
dell'atmosfera esplosiva

PROTEZIONE n.2 APPARECCHIATURE Ex



Evitano la generazione
di scintille o archi

PROTEZIONE n.3 SISTEMA AUTOMATICO DI BLOCCO



Intercetta l'impianto
in caso di anomalia



LE TRE PROTEZIONI SONO INDIPENDENTI E HANNO CAUSE DI GUASTO DIVERSE.
Solo se falliscono tutte e tre, una sorgente di accensione efficace può innescare
un'atmosfera esplosiva.

SCENARI DI GUASTO

● Se si guasta solo la ventilazione
→ **nessuna esplosione**

● ● Se si guastano ventilazione
e apparecchiatura Ex
→ **nessuna esplosione**

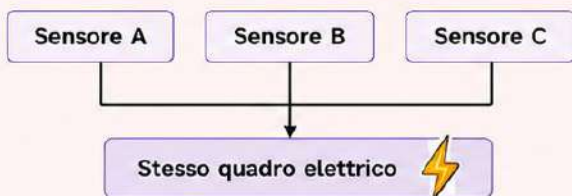
● ● ● Se si guastano tutte e tre
le protezioni
→ **possibile esplosione**

PROTEZIONI INDIPENDENTI

Le tre protezioni devono essere indipendenti, cioè non devono dipendere dallo stesso evento o dalla stessa causa di guasto.

❌ ESEMPIO SBAGLIATO (non indipendenti)

Tutte le protezioni dipendono dallo stesso evento.



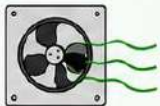
Se si guasta il quadro elettrico, saltano tutte le protezioni insieme!

NON SONO INDIPENDENTI

✅ ESEMPIO CORRETTO (indipendenti)

Protezioni diverse, con cause di guasto diverse.

Ventilazione (meccanica)



Causa di guasto: guasto meccanico

Apparecchiatura Ex (elettrica)



Causa di guasto: guasto elettrico

Valvola di intercettazione (strumentata)



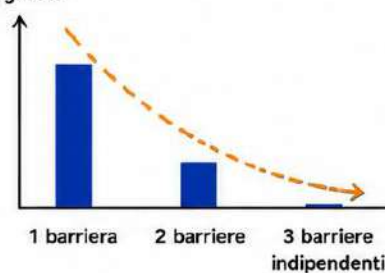
Causa di guasto: guasto strumentale

✅ Guasti diversi → protezioni indipendenti → maggiore sicurezza

FILOSOFIA DELLA NORMA

La probabilità che falliscano contemporaneamente tre barriere indipendenti è estremamente bassa.

Probabilità di guasto



Per questo motivo il **RISCHIO RESIDUO** diventa **ACCETTABILE**.

CONCETTO CHIAVE

Più barriere indipendenti = minore probabilità di esplosione
3 barriere indipendenti = livello di protezione adeguato

FORMULA MENTALE

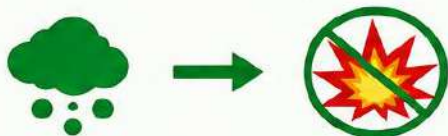
- 🛡️ 1 BARRIERA = **INSUFFICIENTE**
- 🛡️ 2 BARRIERE = **BUONA SICUREZZA**
- 🛡️ 3 BARRIERE INDIPENDENTI = **LIVELLO DI PROTEZIONE ADEGUATO**

V.2.3 – MISURE DI PREVENZIONE, PROTEZIONE E GESTIONALI

1. Le misure che possono essere adottate contro il **rischio di esplosione** per il conseguimento del livello di protezione stabilito, si distinguono in:

a. MISURE DI PREVENZIONE

Riguardano la **riduzione** delle probabilità di **presenza** ed **innesco** di una miscela esplosiva.



ESEMPI PRINCIPALI

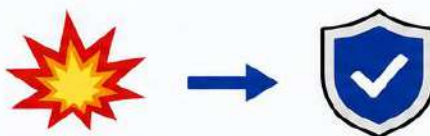
- Evitare la formazione di atmosfere esplosive
- Evitare fonti di accensione
- Progettazione sicura di impianti e attrezzature
- Scelta di apparecchiature idonee (Ex)
- Ventilazione e inertizzazione
- Controllo delle perdite
- Messa a terra e collegamenti equipotenziali
- Manutenzione preventiva



RIFERIMENTO: TABELLA V.2-3

b. MISURE DI PROTEZIONE

Comportano la **mitigazione degli effetti** di un'esplosione entro limiti accettabili.



ESEMPI PRINCIPALI

- Sistemi di contenimento e resistenza
- Sfoghi di esplosione e dispositivi di sfianto
- Sistemi di soppressione dell'esplosione
- Isolamento dell'esplosione
- Distanziamento e barriere fisiche
- Protezioni passive (resistenza al fuoco, compartimentazione)



RIFERIMENTO: TABELLA V.2-4

c. MISURE GESTIONALI

Prevedono la riduzione del rischio di esplosione mediante adozione di **procedure** di **corretta organizzazione** delle lavorazioni e dei processi produttivi.



ESEMPI PRINCIPALI

- Procedure operative e permessi di lavoro
- Formazione, informazione e addestramento
- Gestione delle modifiche (MOC)
- Pianificazione e coordinamento delle attività
- Controlli e ispezioni periodiche
- Gestione delle emergenze e piani di risposta
- Verifica e audit del sistema di gestione



RIFERIMENTO: TABELLA V.2-5



OBBIETTIVO COMUNE

Ridurre il rischio di esplosione per il conseguimento del livello di protezione stabilito, attraverso **misure complementari e integrate** tra loro.



2



Le misure di prevenzione e gestionali sono **sempre da preferire** alle misure di protezione; si deve ricorrere alle **misure di protezione** quando non è possibile ricondurre il livello di rischio ad un livello accettabile con la sola applicazione di **misure di prevenzione e gestionali**.

3



Le attività con presenza di rischio derivante da atmosfere esplosive devono disporre della documentazione tecnica attestante l' idoneità dei **prodotti ed impianti** installati per lo specifico uso nel luogo di impiego, in conformità anche del **gruppo e della categoria**, nonché di tutte le indicazioni fornite dal fabbricante e necessarie per il **funzionamento sicuro** degli stessi.

Misure di prevenzione

Riduzione del numero di sorgenti di emissione presenti sui sistemi di contenimento, della probabilità di rilascio in ambiente o della durata del rilascio di sostanze infiammabili.

Realizzazione di sistemi di dispersione, diluizione o bonifica dei rilasci di sostanze infiammabili in ambiente in modo da conseguire uno dei seguenti obiettivi:

- mantenere la concentrazione delle miscele potenzialmente esplosive al di fuori dei limiti di esplosività;
- ridurre l'estensione dell'atmosfera pericolosa a volumi trascurabili, secondo le norme applicabili, ai fini delle conseguenze in caso di accensione;
- confinare l'atmosfera pericolosa in aree dove non sono presenti sorgenti di accensione efficaci.

Installazione di impianti di rivelazione sostanze infiammabili per:

- attivazione delle misure di messa in sicurezza delle sorgenti di emissione e delle sorgenti d'accensione;
- evacuazione delle persone preventivamente all'accensione dell'atmosfera esplosiva.

Installazione all'interno delle zone con pericolo di esplosione di impianti, attrezzature e relativi sistemi di connessione non in grado di provocarne l'accensione.

Installazione di impianti di rivelazione delle sorgenti d'accensione (es. scintille, superfici calde, ...).

Installazione di sistemi di inertizzazione delle apparecchiature in modo da ridurre la concentrazione di ossigeno al di sotto della concentrazione limite (LOC).

Installazione di prodotti conformi alla legislazione comunitaria sui luoghi con pericolo di esplosione.

Tabella V.2-3: Misure di prevenzione

Misure di protezione

Installazione di sistemi di mitigazione degli effetti di un'esplosione per ridurre al minimo i rischi rappresentati per gli occupanti dalle conseguenze fisiche di un'esplosione, scelti tra i seguenti:

- sistemi di protezione mediante sfogo dell'esplosione di gas;
- sistemi di protezione mediante sfogo dell'esplosione di polveri;
- sistemi di isolamento dell'esplosione;
- sistemi di soppressione dell'esplosione;
- apparecchi resistenti alle esplosioni.

Adozione di un layout dell'opera da costruzione e degli impianti con l'obiettivo di ridurre il numero di occupanti esposti agli effetti di un'esplosione (es. sovrappressione, calore, proiezione di frammenti, ...), installando le lavorazioni pericolose:

- all'esterno dei fabbricati occupati dalle persone, opportunamente schermate o distanziate;
- all'interno di fabbricati dove è prevista solo la presenza occasionale e di breve durata di occupanti;
- in locali dotati di misure (es. impianto di rivelazione di sostanze infiammabili, ...) tali da consentire agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro ai fini dell'esplosione prima dell'accensione;
- all'interno di opere da costruzione resistenti alle esplosioni, in posizione opportunamente schermata rispetto alle postazioni fisse di lavoro.

Tabella V.2-4: Misure di protezione

Misure gestionali

Formazione professionale dei lavoratori addetti ai luoghi dove possono formarsi atmosfere esplosive in materia di protezione contro le esplosioni.

Predisposizione di permessi di lavoro per le attività pericolose e per le attività che possono diventare pericolose quando interferiscono con altre operazioni di lavoro.

Assegnazione ai lavoratori addetti di attrezzature portatili e di indumenti di lavoro non in grado di innescare un'atmosfera esplosiva.

Assegnazione ai lavoratori addetti di attrezzature portatili per la rivelazione di atmosfere esplosive.

Predisposizione di specifiche procedure di lavoro e di comportamento per i lavoratori addetti.

Segnalazione dei pericoli di formazione di atmosfere esplosive.

Adozione di procedure specifiche in caso di emergenza per la messa in sicurezza delle sorgenti di emissione e delle sorgenti di accensione.

Attuazione di verifiche di sicurezza (verifica iniziale, controllo periodico e manutenzione) degli impianti e delle attrezzature installate nei luoghi di lavoro con aree in cui possano formarsi atmosfere esplosive, nel rispetto delle norme applicabili.

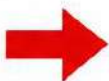
Tabella V.2-5: Misure gestionali

V.2.3.1 – PRODOTTI

1 I prodotti possono essere utilizzati o essere messi in servizio in un'atmosfera esplosiva solamente dopo aver verificato la **compatibilità della zona** nella quale sono chiamati a svolgere la propria funzione.

Tali prodotti devono essere rispondenti alla direttiva **ATEX di prodotto**, che prevede differenti categorie in relazione all'impiego in ciascuna zona classificata.

VERIFICA DI COMPATIBILITÀ



ZONA CLASSIFICATA



COMPATIBILE
può essere utilizzato
o messo in servizio

DIRETTIVA ATEX DI PRODOTTO



ATEX

2014/34/UE

Apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfere esplosive.

CATEGORIE

1	MOLTO ALTO
2	ALTO
3	NORMALE

i

Ogni prodotto deve essere scelto e installato in conformità con la **classificazione della zona** (presenza e durata dell'atmosfera esplosiva) e con il **gruppo di apparecchi** e la **categoria** richiesti.

2

Per i prodotti impiegabili in industrie ed attività di superficie (Il Gruppo della direttiva di prodotto ATEX), vengono definite le seguenti categorie:



CATEGORIA

1

LIVELLO DI PROTEZIONE
MOLTO ELEVATO

- ✓ I prodotti non devono essere causa di innesco anche in caso di guasto eccezionale.
- ✓ I mezzi di protezione sono tali che in caso di guasto di uno dei mezzi di protezione, **almeno un secondo mezzo indipendente** assicura il livello di sicurezza richiesto, oppure qualora si manifestino due guasti indipendenti uno dall'altro, è **garantito il livello di protezione richiesto**.

ESEMPI PRATICI



- Motore elettrico ATEX Ex db eb IIC T4 con doppio isolamento e sonda PTC (protezione termica indipendente).
- Lampada di emergenza ATEX con doppio circuito LED indipendente e batteria ridondata.
- Rilevatore di gas con doppio sensore indipendente e doppia elettronica di valutazione.



CATEGORIA

2

LIVELLO DI PROTEZIONE
ELEVATO

- ✓ I mezzi di protezione garantiscono il livello di protezione richiesto anche in presenza di **anomalie ricorrenti o difetti di funzionamento** degli apparecchi di cui occorre abitualmente tener conto.

ESEMPI PRATICI



- Scatola di giunzione Ex e IIC T6 con pressacavi certificati.
- Ventilatore ATEX per zona 1 progettato per funzionare anche in presenza di deposito di polvere.
- Trasmettitore di livello ATEX con diagnostica interna che segnala eventuali anomalie.



CATEGORIA

3

LIVELLO DI PROTEZIONE
NORMALE

- ✓ I mezzi di protezione garantiscono il livello di protezione richiesto **a funzionamento normale**.

ESEMPI PRATICI



- Pulsantiera Ex nA per zona 2.
- Pressacavo ATEX standard per zona 2.
- Sensore induttivo ATEX per zona 2.



Le categorie indicano il livello di protezione richiesto. Più il numero è basso (1), più il **livello di protezione è elevato**.

3. La tabella V.2-6 riporta la compatibilità dei prodotti con le zone classificate per la presenza di atmosfere esplosive.

Atmosfera esplosiva	Zona	Categoria ATEX [1]
Gas	0	1G
	1	1G, 2G
	2	1G, 2G, 3G
Polveri	20	1D
	21	1D, 2D
	22	1D, 2D, 3D

[1] G per *gas* e D per *dust* (polvere)

Tabella V.2-6: Compatibilità dei prodotti per la presenza di atmosfere esplosive

V.2.3.2 – IMPIANTI

1

Per impianti si intendono le attrezzature, i sistemi e i relativi dispositivi di collegamento che **non sono prodotti ai sensi della direttiva ATEX**, qualora rappresentino un pericolo di accensione o di emissione di sostanze infiammabili.



L'impianto può costituire una sorgente di accensione (es. superfici calde, scintille meccaniche, cariche elettrostatiche) o di rilascio di sostanze infiammabili.

ESEMPI



- Reti di tubazioni per fluidi infiammabili



- Serbatoi di stoccaggio non coperti dalla direttiva ATEX



- Canalizzazioni cavi e sistemi di supporto

2

Gli impianti e tutti i loro dispositivi di collegamento possono essere utilizzati o essere messi in servizio in un'atmosfera esplosiva solamente dopo aver verificato la **compatibilità della zona** nella quale sono chiamati a svolgere la propria funzione.

VERIFICA COMPATIBILITÀ



Classificazione della zona



Valutazione dei rischi



Impianto compatibile con la zona



Impianto utilizzabile in sicurezza

3

Il livello di sicurezza degli impianti deve essere **conforme alle indicazioni contenute nelle norme** scelte per la progettazione e realizzazione.

Per impianti privi di norme con tale finalità possono essere utilizzate tecniche di analisi di affidabilità quali:

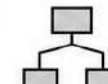
- **Failure Mode and Effect Analysis** (FMEA, EN 60812)
- **Fault tree analysis** (FTA, EN 61025)
- **Markov** (EN 61165)
- o mediante applicazione della **progettazione basata sulla sicurezza funzionale** (IEC 61511 "Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector")

TECNICHE DI ANALISI E PROGETTAZIONE



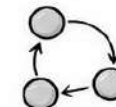
FMEA

Analisi dei modi di guasto e dei loro effetti



FTA

Analisi ad albero dei guasti



MARKOV

Modellazione probabilistica degli stati



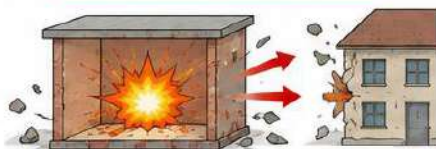
SICUREZZA FUNZIONALE

Progettazione secondo IEC 61511

V.2.3.3 – OPERE DA COSTRUZIONE PROGETTATE PER RESISTERE ALLE ESPLOSIONI

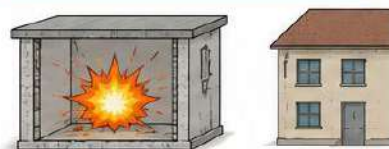
- 1** In generale, le opere da costruzione possono essere progettate in modo tale da **limitare gli effetti di esplosioni** all'interno delle stesse o nei confronti di costruzioni limitrofe.

SENZA PROGETTAZIONE



Danni estesi all'interno e all'esterno

CON PROGETTAZIONE ADEGUATA



Effetti dell'esplosione contenuti

ESEMPI DI OPERE DA COSTRUZIONE



Bacini di contenimento per serbatoi di sostanze infiammabili



Fabbricati industriali con sfoghi di esplosione



Compartmentazioni e barriere antiesplosione

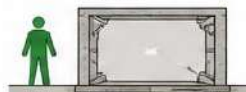
- 2** Le strategie di progettazione strutturale dipendono dagli **obiettivi di sicurezza** prefissati:

- a** salvaguardia della vita degli occupanti all'interno della costruzione;
- b** salvaguardia della vita degli occupanti di costruzioni limitrofe;
- c** tutela di beni contenuti nelle costruzioni;
- d** limitazione di danni alla costruzione in cui si origina l'esplosione;
- e** limitazione di danni a costruzioni limitrofe;
- f** limitazione di effetti domino.

! La progettazione deve essere basata su scenari di esplosione credibili (es. perdita di gas/vapori, polveri combustibili) e su norme tecniche specifiche (es. EN 1991-1-7, EN 14491, ecc.).

ESEMPI DI STRATEGIE PROGETTUALI

- a** Salvaguardia vita interni



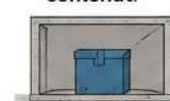
Vie di esodo sicure, sovrappressione controllata, strutture robuste

- b** Salvaguardia vita esterni



Schermature, distanze di sicurezza, orientamento degli sfoghi

- c** Tutela di beni contenuti



Compartmentazioni, strutture rinforzate, ancoraggi

- d** Limitazione danni alla costruzione



Sovrappressione controllata, sfoghi di esplosione, rinforzi strutturali

- e** Limitazione danni ai vicini



Distanze, muri di protezione, sfoghi direzionati

- f** Limitazione effetti domino

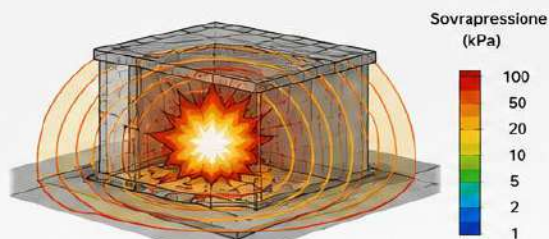


Separazioni fisiche, barriere antiesplosione, layout sicuro

V.2.3.3 – OPERE DA COSTRUZIONE PROGETTATE PER RESISTERE ALLE ESPLOSIONI

3 Le fasi della progettazione di strutture resistenti alle esplosioni, al fine di **salvare** e **aguardare la vita degli occupanti** e limitare il danneggiamento strutturale, sono:

a) MODELLAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'ESPLOSIONE, QUANTIFICAZIONE DELLE AZIONI



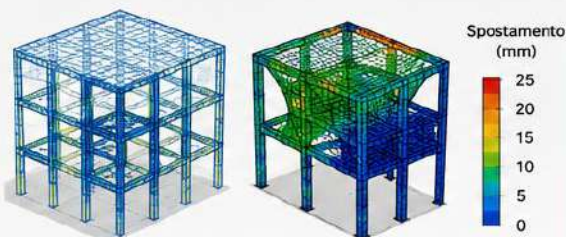
- Definizione dello scenario di esplosione (tipo di sostanza, quantità, confinamento)
- Calcolo della sovrappressione e dell'impulso di pressione
- Determinazione delle azioni trasmesse alla struttura (carichi dinamici)
- Output: valori di riferimento per le verifiche strutturali

ESEMPIO PRATICO



Esplosione di una nube di gas in un locale industriale: sovrappressione massima calcolata 35 kPa, impulso 120 kPa·ms.

b) ANALISI STRUTTURALE



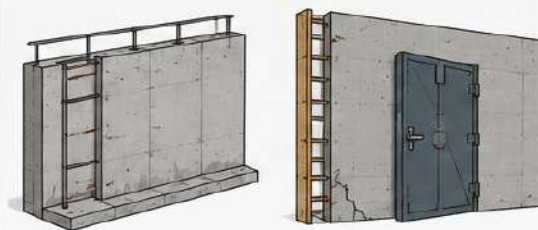
- Modellazione numerica della struttura (es. FEM – Metodo degli Elementi Finiti)
- Applicazione delle azioni dovute all'esplosione
- Valutazione della risposta strutturale: spostamenti, tensioni, deformazioni
- Verifica dei meccanismi di collasso e delle zone critiche

ESEMPIO PRATICO



Analisi FEM della struttura: verifiche su pilastri e pareti mostrano che le tensioni massime sono nei pannelli della parete nord.

c) PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA E VERIFICA



- Definizione delle soluzioni costruttive (spessori, armature, vincoli, dettagli)
- Verifica della resistenza e della duttilità della struttura
- Verifica dei collegamenti e dei sistemi di ancoraggio
- Verifica finale del comportamento globale e locale della struttura

ESEMPIO PRATICO



Pareti in c.a. sp. 30 cm con armatura su entrambe le facce e ancoraggi certificati: verifica soddisfatta con fattore di sicurezza $\geq 1,5$.



OBIETTIVO FINALE: Garantire che la struttura resista agli effetti dell'esplosione senza crollare, mantenendo la sicurezza degli occupanti e limitando i danni strutturali.



4

La modellazione degli effetti dell'esplosione è condotta con riferimento agli **effetti provocati** ed alle relative **conseguenze** così come indicato nella tabella V.2.7, tratta dalle NTC e dal NAD della norma UNI EN 1991-1-7.



EFFETTI PROVOCATI	DESCRIZIONE	PARAMETRI PRINCIPALI	CONSEGUENZE SULLA STRUTTURA	ESEMPI
<p>SOVRAPPRESSIONE (ONDA DI PRESSIONE)</p>	Aumento rapido della pressione dell'aria rispetto alla pressione atmosferica.	<ul style="list-style-type: none"> Sovrappressione di picco Δp (kPa) Impulso specifico i_s (kPa·s) Durata positiva t_+ (ms) 	<p>Carichi sulle superfici che possono causare danni o collasso di elementi strutturali.</p>	<p>Esplosione di gas in ambienti chiusi o parzialmente confinati (edifici, locali tecnici).</p>
<p>PRESSIONE RIFLESSA</p>	Incremento della pressione dovuto alla riflessione dell'onda di pressione su superfici rigide.	<ul style="list-style-type: none"> Coefficiente di riflessione C_r Sovrappressione riflessa Δp_r (kPa) 	<p>Aumento significativo dei carichi su pareti, facciate e elementi nelle vicinanze.</p>	<p>Esplosione all'esterno con riflessione su pareti o serbatoi adiacenti.</p>
<p>IMPULSO (FASE DINAMICA)</p>	Effetto della durata nel tempo della sovrappressione positiva che determina la quantità totale di moto trasmessa alla struttura.	<ul style="list-style-type: none"> Impulso specifico i_s (kPa·s) Durata positiva t_+ (ms) 	<p>Deformazioni eccessive, rotture per flessione o instabilità di elementi strutturali.</p>	<p>Esplosione di nube infiammabile all'esterno di serbatoi o impianti.</p>
<p>AZIONI SECONDARIE (DEBRIS E PROIETTI)</p>	Proiezione di frammenti e detriti generati dall'esplosione.	<ul style="list-style-type: none"> Massa del proiettile m (kg) Velocità v (m/s) Energia cinetica $E = \frac{1}{2} m v^2$ 	<p>Impatto locale, perforazioni, danni a elementi non direttamente sollecitati dall'onda di pressione.</p>	<p>Rottura di vetri, distacco di pannelli, frammenti di attrezzature o strutture.</p>
<p>CARICHI TERMICI</p>	Aumento della temperatura dell'aria e delle superfici esposte all'esplosione.	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura di picco T (°C) Durata di esposizione (s) 	<p>Riduzione della resistenza dei materiali, instabilità termica, collasso per perdita di capacità portante.</p>	<p>Esplosioni che generano incendi o fiamme prolungate in locali chiusi o impianti.</p>



NOTA La combinazione di più effetti può amplificare i danni.



La progettazione deve tenere conto degli scenari più gravosi credibili.

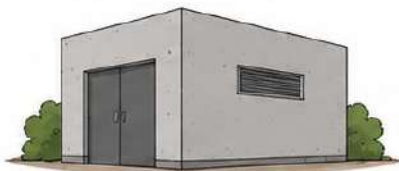


5a

Ai fini della quantificazione delle azioni agenti sulle strutture in caso di esplosione, deve essere impiegata la **combinazione di carico per azioni eccezionali di cui alle NTC**



Per le opere da costruzione con rischio di esplosione con effetti di **categoria 1** (ricadenti quindi nella classe di conseguenza **CC1**), **non vanno considerate le azioni derivanti da esplosione.**



CLASSE DI CONSEGUENZA

CC1



Impiego della combinazione di carico per azioni eccezionali **SENZA considerare le azioni da esplosione.**

ESEMPI



Depositi e locali a basso rischio



Uffici e locali amministrativi



Locali tecnici con sostanze non infiammabili

5b

Per le opere da costruzione con rischio di esplosione con effetti di **categoria 2** (ricadenti quindi nelle classi di conseguenza **CC2**), la quantificazione delle azioni si effettua con riferimento a:

i

NTC, per la sovrappressione di progetto da impiegare per le verifiche in caso di esplosioni confinate di **gas, vapori o nebbie**;



ESEMPIO

Esplosione confinata di gas o vapori in un locale o recipiente.

CLASSE DI CONSEGUENZA

CC2

ii

UNI EN 1991-1-7 integrata dal rispettivo NAD, per la sovrappressione di progetto per esplosioni di **polveri**;



ESEMPIO

Esplosione di polveri in silos, filtri, cicloni, contenitori, ecc.



Rischio di esplosione con effetti di categoria 2

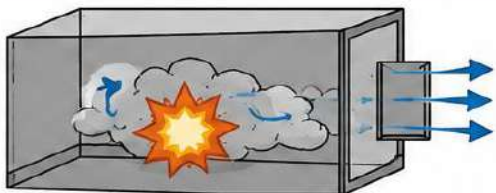
5c

Per le opere da costruzione con rischio di esplosione con effetti di **categoria 3** (ricadenti quindi nella classe di conseguenza CC3) devono essere effettuate analisi mediante metodi avanzati che tengano conto:

CLASSE DI CONSEGUENZA

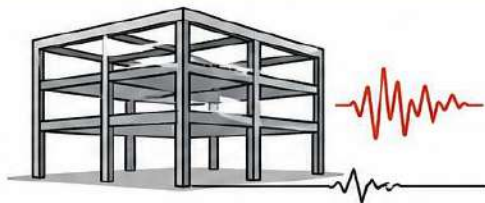
CC3

i



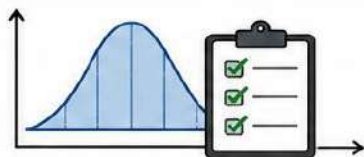
degli **effetti del venting** e della geometria **degli ambienti** nel calcolo della sovrappressione;

ii



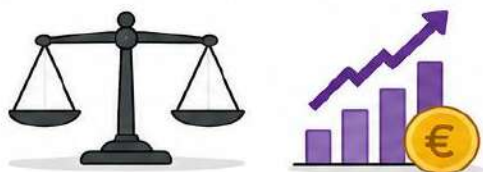
del **comportamento dinamico non lineare** delle strutture;

iii



di **analisi del rischio** effettuate con metodi probabilistici;

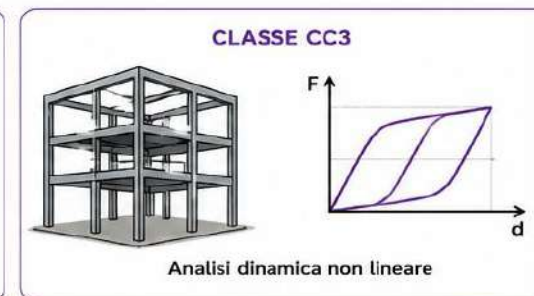
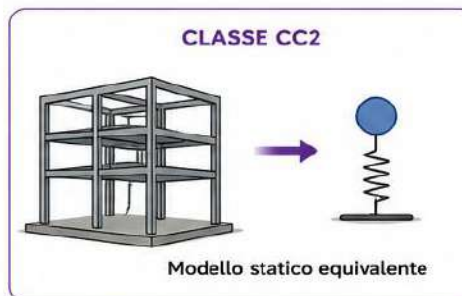
iv



di **aspetti economici** per l'ottimizzazione delle soluzioni.

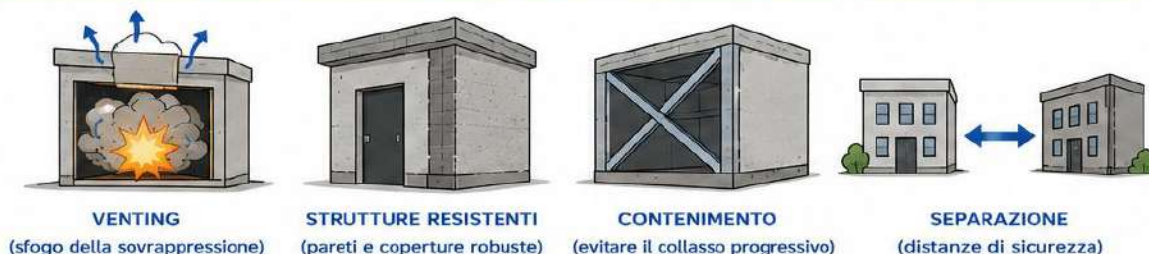
6

L'analisi strutturale può essere condotta con **modelli semplificati di tipo statico equivalenti** nel caso di opere da costruzione in classe CC2 o **analisi dinamiche non lineari** per opere per costruzione in classe CC3.



7

La progettazione costruttiva di opere da costruzione caratterizzate dal rischio di esplosione prevede, in genere, l'adozione di **misure di riduzione del danno da esplosione**.



8

Ai fini delle verifiche, per le opere da costruzione ricadenti nella categoria di azione 1 non sono richieste verifiche strutturali. Per le opere da costruzione ricadenti in categoria 2 o 3 è richiesta la **verifica degli elementi strutturali** per la **combinazione delle azioni eccezionali**, che dimostri, oltre ai requisiti di robustezza, che la **capacità portante dell'intera struttura** sia garantita per un tempo sufficiente affinché siano attuate le previste **misure di emergenza** (es. evacuazione e soccorso degli occupanti, ...)

**CATEGORIA DI AZIONE 1
CLASSE CC1**



**NON SONO RICHIESTE
VERIFICHE STRUTTURALI**

**CATEGORIA DI AZIONE 2 o 3
CLASSI CC2 - CC3**



**VERIFICA DEGLI ELEMENTI
STRUTTURALI**

OBIETTIVO DELLE VERIFICHE



Garantire la capacità portante dell'intera struttura per un tempo sufficiente per attuare le misure di emergenza:

- evacuazione
- soccorso degli occupanti



Categoria delle azioni dovute alle esplosioni (NTC)		Classi di conseguenza (NAD EN 1991-1-7)	
1	Effetti trascurabili sulle strutture	CC1	<ul style="list-style-type: none"> • Opere da costruzione con presenza solo occasionale di occupanti, edifici agricoli.
2	Effetti localizzati su parte delle strutture	CC2 rischio inferiore	<ul style="list-style-type: none"> • Opere da costruzione il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. • Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. • Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti nelle classi di conseguenza superiori.
		CC2 rischio superiore	<ul style="list-style-type: none"> • Opere da costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi. • Industrie con attività pericolose per l'ambiente. • Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe di conseguenza 3. • Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.
3	Effetti generalizzati sulle strutture	CC3	<ul style="list-style-type: none"> • Opere da costruzione con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. • Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. • Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione.

Tabella V.2-7: Classificazione delle azioni dovute alle esplosioni (NTC) e delle relative classi di conseguenze (NAD EN 1991-1-7)

NTC 2018 – COMBINAZIONI DI CARICO ECCEZIONALI (SLU ECCEZIONALI)

Le combinazioni eccezionali si utilizzano per verificare la struttura quando agisce un'**AZIONE ECCEZIONALE** (incendio, esplosione, urto, ecc.).

1) COMBINAZIONE ECCEZIONALE DI RIFERIMENTO (SLU)

$$E_d = \sum_j G_{k,j} + P + A_d + \sum_i \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- $G_{k,j}$ = azioni permanenti (peso proprio, permanenti portate, ecc.)
- P = azione di precompressione (se presente)
- A_d = azione eccezionale di progetto (incendio, esplosione, urto, ecc.)
- $Q_{k,i}$ = azioni variabili
- $\psi_{2,i}$ = coefficienti di combinazione quasi permanente (Tab. 2.6.I NTC)

Nelle combinazioni eccezionali si assumono normalmente:

$$\gamma_G = 1 \quad \gamma_Q = 1 \quad (\text{i coefficienti parziali non si applicano})$$

2) INCENDIO (SLU)

$$E_{d,fi} = \sum_j G_{k,j} + \sum_i \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

con effetti termici dell'incendio applicati alla struttura



- L'azione eccezionale è rappresentata dagli effetti termici dell'incendio.
- La combinazione non include un termine A_d esplicito.
- Valida per le verifiche di resistenza al fuoco (R), tenuta (E), isolamento (I).

3) ALTRI EVENTI ECCEZIONALI

Esplosione, urto di veicoli, urto di navi, eventi eccezionali specificati dal progetto, ecc.

Si utilizza la combinazione di riferimento (1) inserendo l'azione eccezionale A_d appropriata

4) COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE QUASI PERMANENTI ψ_2 (Tab. 2.6.I NTC)

AZIONE VARIABILE	ψ_2
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B - Uffici	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E - Ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F - Rimesse e parcheggi (veicoli ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G - Rimesse e parcheggi (veicoli > 30 kN)	0,3
Neve (carichi da neve)	0,2
Vento	0,0

5) CONFRONTO COMBINAZIONI

TIPO DI VERIFICA	COMBINAZIONE	COEFFICIENTI
SLU fondamentale	$E_d = \sum \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_Q \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\gamma_G > 1$ $\gamma_Q > 1$
SLE	$E_d = \sum G_k + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	$\gamma_G = 1$ $\gamma_Q = 1$
SLU eccezionale	$E_d = \sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	$\gamma_G = 1$ $\gamma_Q = 1$
Incendio	$E_{d,fi} = \sum G_k + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$	$\gamma_G = 1$ $\gamma_Q = 1$

6) NOTE IMPORTANTI

- ✓ Le combinazioni eccezionali considerano la bassa probabilità dell'evento.
- ✓ Si applica il principio di non amplificazione: $\gamma_G = \gamma_Q = 1$.
- ✓ Le azioni variabili sono ridotte con ψ_2 .
- ✓ La combinazione usata dipende dal tipo di azione eccezionale considerata.



Le combinazioni eccezionali si utilizzano per verificare la sicurezza della struttura in presenza di eventi a bassa probabilità ma ad alto impatto.

RIFERIMENTI NORMATIVI

NTC 2018 - D.M. 17 gennaio 2018
 § 2.5.3 - Combinazioni di carico
 Tab. 2.6.I - Coefficienti di combinazione

IL CONCETTO FONDAMENTALE DELLE VERIFICHE STRUTTURALI NELLE NTC

Una struttura è **sicura** se la **domanda** (effetto delle azioni) è minore o uguale alla sua capacità resistente.

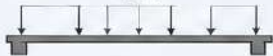
1) LE AZIONI

I carichi che agiscono sulla struttura

AZIONI PERMANENTI

G_k

Peso proprio, permanenti portate, ecc.



AZIONI VARIABILI

Q_k

Venti, neve, sovraccarichi, traffico, persone, ecc.



AZIONI ECCEZIONALI

A_d

Incendio, esplosione, urto, ecc.



2) COMBINAZIONE DELLE AZIONI

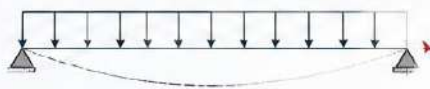
Le azioni vengono combinate secondo le combinazioni di carico previste dalle NTC (SLU fondamentali, eccezionali, incendio, ecc.)

Esempio: combinazione eccezionale (SLU)

$$E_d = \sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

3) EFFETTO DELLE AZIONI - E_d

Dalle azioni combinate si determinano gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, spostamenti, tensioni, ecc.)



Esempio su una trave
Momento flettente massimo
 $M_{Ed} = 120 \text{ kNm}$

E_d non è il carico, ma il risultato dei carichi sulla struttura (momento, taglio, sforzo normale, tensione, spostamento, ecc.)

4) RESISTENZA DI PROGETTO - R_d

È la capacità della struttura di resistere (ottenuta dai materiali e dalle sezioni con i coefficienti parziali di sicurezza)

Esempio su una trave in acciaio

Resistenza a flessione di progetto

$$M_{Rd} = 150 \text{ kNm}$$

La resistenza tiene conto di:

- proprietà dei materiali
- caratteristiche geometriche
- coefficienti parziali di sicurezza

5) VERIFICA

La struttura è verificata se:

$$E_d \leq R_d$$

Esempio:

$$M_{Ed} = 120 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 150 \text{ kNm}$$

VERIFICA SODDISFATTA

6) INTERPRETAZIONE

DOMANDA
(Effetto delle azioni)

CAPACITÀ
(Resistenza di progetto)

Se $E_d > R_d$
la domanda è maggiore della capacità:
la struttura **NON** è sicura.



Se $E_d \leq R_d$
la domanda è minore o uguale alla capacità:
la struttura è sicura.

SIMBOLI PRINCIPALI

- G_k = azioni permanenti caratteristiche
- Q_k = azioni variabili caratteristiche
- A_d = azione eccezionale di progetto
- $\psi_{2,i}$ = coefficiente di combinazione quasi permanente
- E_d = effetto delle azioni di progetto (domanda)
- R_d = resistenza di progetto della struttura



FILOSOFIA DELLE NTC E DEGLI EUROCODICI: sicurezza = **domanda** \leq **capacità**

CC1: SIGNIFICATO E CLASSI DI CONSEGUENZA NELLE NTC 2018

CC = *Consequence Class* (Classe di Conseguenza)

Classifica le costruzioni in base alle conseguenze di un eventuale collasso.

CLASSE	SIGNIFICATO	DESCRIZIONE	ESEMPI
CC1 Consequence Class 1  Conseguenze basse	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio limitato per la vita umana • Danni economici modesti • Scarse conseguenze sociali 	Opere nelle quali il collasso comporta conseguenze basse per gli occupanti o per la collettività e modesti danni economici.	<ul style="list-style-type: none">  • Depositi agricoli  • Serre  • Piccoli fabbricati isolati  • Costruzioni con presenza occasionale di persone
CC2 Consequence Class 2  Conseguenze medie (caso ordinario)	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio normale per la vita umana • Danni economici significativi • Conseguenze sociali normali 	Opere ordinarie per le quali il collasso può comportare conseguenze medie per gli occupanti, per i beni e per la collettività.	<ul style="list-style-type: none">  • Abitazioni  • Uffici  • Scuole ordinarie  • Attività commerciali comuni
CC3 Consequence Class 3  Conseguenze elevate	<ul style="list-style-type: none"> • Elevato rischio per la vita umana • Danni economici molto elevati • Elevate conseguenze sociali 	Opere il cui collasso può comportare conseguenze elevate per un gran numero di persone, per la collettività e per funzioni strategiche.	<ul style="list-style-type: none">  • Ospedali  • Grandi centri commerciali  • Stazioni  • Edifici strategici di protezione civile  • Attività soggette al Codice di prevenzione incendi con elevati profili di rischio



ATTENZIONE: CC1, CC2 e CC3 NON coincidono con le Classi d'Uso I, II, III e IV delle NTC, anche se esiste una correlazione tra le due classificazioni.

CORRELAZIONE INDICATIVA

CC1 ≈ Classe d'Uso I

CC2 ≈ Classe d'Uso II

CC3 ≈ Classi d'Uso III e IV

AZIONI DOVUTE AD ESPLOSIONI: COLLEGAMENTO TRA CLASSE DI CONSEGUENZA (CC) E CATEGORIA DELL'AZIONE

1. VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Si verifica la possibilità di atmosfere esplosive e si valuta il rischio.



Esempio: rilascio di vapori infiammabili in un serbatoio in un capannone.



2. INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE DI CONSEGUENZA (CC)

Si stabilisce quanto è importante l'opera e quali sono le conseguenze se l'esplosione provoca danni alla struttura.

CLASSE	ESEMPI DI OPERE
CC1 rischio basso	Opere con presenza solo occasionale di occupanti, edifici agricoli.
CC2 rischio medio	Edifici e opere ordinari, industrie con attività non particolarmente pericolose, reti viarie ordinarie, capannoni industriali.
CC3 rischio alto	Opere strategiche, ospedali, centrali, infrastrutture critiche, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per le vie di comunicazione.

3. CATEGORIA DELL'AZIONE DA CONSIDERARE

In base alla Tabella V.2-7 del Codice, alla classe di conseguenza corrisponde il livello di effetti esplosivi da considerare.

CLASSE DI CONSEGUENZA (CC)	CATEGORIA DELL'AZIONE	EFFETTI ATTESI DELL'ESPLOSIONE	VERIFICHE RICHIESTE
CC1	1	Effetti trascurabili sulle strutture	Nessuna verifica strutturale specifica
CC2	2	Effetti localizzati su parti delle strutture	Verifiche semplificate (secondo NTC)
CC3	3	Effetti generalizzati sulle strutture	Verifiche avanzate (TNT, TNO, analisi dinamiche, ecc.)

LOGICA GENERALE: più l'opera è importante (CC3), più gravi possono essere gli effetti accettabili dell'esplosione (Categoria 3) e più approfondite devono essere le verifiche.

ESEMPI PRATICI

ESEMPIO 1 – COSTRUZIONE AGRICOLA (CC1)



Valutazione del rischio: presenti vapori infiammabili da deposito carburante.

Classe di conseguenza: CC1 (edificio agricolo)

Categoria dell'azione: 1

Effetti attesi: trascurabili (es. rottura vetri, danni minori)

Nessuna verifica strutturale specifica per esplosione.

ESEMPIO 2 – CAPANNONE INDUSTRIALE (CC2)



Valutazione del rischio: rilascio di solventi infiammabili da lavorazioni.

Classe di conseguenza: CC2 (opera ordinaria)

Categoria dell'azione: 2

Effetti attesi: localizzati (es. collasso di tamponamenti, danni a coperture leggere, elementi non strutturali)

Verifiche semplificate: la struttura deve mantenere la stabilità globale e consentire l'evacuazione.

ESEMPIO 3 – OSPEDALE (CC3)



Valutazione del rischio: rilascio di gas infiammabili da impianto tecnologico.

Classe di conseguenza: CC3 (opera strategica)

Categoria dell'azione: 3

Effetti attesi: generalizzati (possibili collassi, perdita di funzionalità di ampie porzioni della struttura)

Verifiche avanzate (TNT, TNO, analisi dinamiche, valutazioni probabilistiche, ecc.).

SCHEMA RIASSUNTIVO DEL PROCESSO

1. Valutazione del rischio (ATEX)
Può avvenire un'esplosione?

2. Individuazione della Classe di Conseguenza (CC)
Quanto è importante l'opera?

3. Categorie dell'azione da esplosione (da Tabella V.2-7)

4. Valutazione degli effetti (Sovrappressione di progetto con TNT/TNO)

5. Verifica e progettazione strutturale adeguata (Nessuna / Semplificata / Avanzata)



IN SINTESI: La Classe di Conseguenza (CC) rappresenta l'importanza dell'opera. In base a essa si definisce la Categoria dell'azione da esplosione, che stabilisce il livello di danno atteso e quindi il tipo di verifiche strutturali da effettuare.

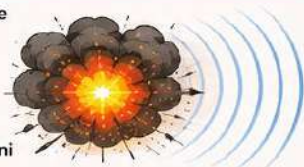
RIFERIMENTO NORMATIVO:
D.M. 3/8/2015 – Codice di Prevenzione Incendi
Capitolo V.2 – Sezione V.2.3.3
Tabella V.2-7

COSA SIGNIFICA CC3

CC3 (CLASSE DI CONSEGUENZA 3) si applica ad opere strategiche, ospedali, centrali, infrastrutture critiche, ponti e reti ferroviarie di importanza critica, opere di importanza critica per le vie di comunicazione.

1. AZIONI DA ESPLOSIONE DI CATEGORIA 3

Per CC3 devono essere considerate le azioni da esplosione di **CATEGORIA 3**, le più severe previste. Si basano su scenari di esplosione che possono generare sovrappressioni elevate e impulsi significativi.



ESEMPI DI SCENARI CONSIDERATI

- VCE – Vapor Cloud Explosion (esplosione di nube di vapore)
- Deflagrazione confinata
- Esplosione di nubi in spazi aperti
- Sovrappressioni elevate (decine – centinaia di mbar)

2. POSSIBILI EFFETTI SULLA STRUTTURA

Con azioni di Categoria 3 possono verificarsi **EFFETTI GENERALIZZATI**, quali:



Danni estesi a elementi strutturali e non strutturali



Deformazioni significative di parti della struttura



Perdita di funzionalità di parti dell'opera



Danni diffusi a tamponamenti, coperture e impianti

3. OBIETTIVO PER OPERE IN CLASSE CC3

Anche qualora si manifestino effetti generalizzati, la struttura deve garantire un **LIVELLO DI SICUREZZA ADEGUATO**.

LA STRUTTURA DEVE COMUNQUE GARANTIRE:

- ✓ Sicurezza degli occupanti (salvaguardia della vita umana)
- ✓ Capacità portante sufficiente per un tempo adeguato (per consentire evacuazione e soccorso)
- ✓ Evacuazione e soccorso possibili
- ✓ Limitazione del collasso sproporzionato o progressivo
- ✓ Limitazione degli effetti domino su altre parti della struttura o su opere adiacenti
- ✓ Mantenimento delle funzioni essenziali quando richiesto (es. ospedali, centrali)



CC3 NON significa "assenza di danni". Significa che, anche negli scenari più severi (Categoria 3), la struttura deve mantenere un comportamento accettabile e sicuro.

L'obiettivo non è evitare ogni danno, ma **EVITARE IL COLLASSO CATASTROFICO** e garantire la sicurezza delle persone e la funzionalità minima.

CC3 vs ALTRE CLASSI DI CONSEGUENZA

CLASSE	CATEGORIA AZIONE	EFFETTI ATTESI	OBIETTIVO PRINCIPALE
CC1	1	Effetti trascurabili	Nessun danno significativo
CC2	2	Danni localizzati	Stabilità globale della struttura
CC3	3	Effetti generalizzati possibili	Sicurezza adeguata per occupanti e struttura

4. COME SI DIMOSTRA LA SICUREZZA (CC3)



IN SINTESI

Per CC3 si usano le azioni di Categoria 3 per considerare scenari esplosivi particolarmente severi. La struttura può subire anche effetti generalizzati, ma deve mantenere un **livello di sicurezza adeguato per proteggere le persone e garantire la stabilità complessiva dell'opera**.

RIFERIMENTI NORMATIVI

D.M. 3/8/2015 – Codice di Prevenzione Incendi
 Capitolo V.2 – Sezione V.2.3.3
 Tabella V.2-7
 EN 1991-1-7 – Azioni eccezionali – Azioni da esplosione

AZIONE DI CATEGORIA 3 SU UN EDIFICIO DI CLASSE CC3: IL CONCETTO CHIAVE

CATEGORIA 3 DELL'AZIONE

Esplosione molto severa
POSSIBILI EFFETTI GENERALIZZATI



È la gravità potenziale dell'azione esplosiva considerata in progetto

CLASSE DI CONSEGUENZA CC3

Le conseguenze di un eventuale collasso sarebbero ELEVATE



L'edificio è importante: non è accettabile un collasso generalizzato

CATEGORIA 3 + CC3

OBIETTIVO DELLA PROGETTAZIONE E DELLA VERIFICA



Dimostrare che, nonostante un'azione esplosiva molto severa (Categoria 3), l'edificio mantiene livelli di sicurezza adeguati e non va incontro a un collasso inaccettabile.



NON STAI ASSUMENDO CHE L'EDIFICIO COLLASSI.
STAI ASSUMENDO UNA ESPLOSIONE MOLTO GRAVOSA E VERIFICANDO CHE LA STRUTTURA RESISTA, EVITANDO IL COLLASSO PROGRESSIVO O GENERALIZZATO PER QUANTO RICHIESTO.

ESEMPIO: OSPEDALE (CC3)

Si verifica un'esplosione importante (Categoria 3)



È ACCETTABILE CHE:



- alcuni elementi secondari si danneggino;
- vi siano deformazioni importanti;
- vi siano danni locali;



purché...

NON È ACCETTABILE CHE:



- avvenga un collasso progressivo generalizzato;
- sia compromessa la stabilità globale;
- non siano garantite le vie di esodo e la sicurezza degli occupanti.



IN SINTESI



CC1	CC2	CC3
accetti conseguenze più rilevanti	accetti conseguenze intermedie	richiedi il massimo livello di robustezza e sicurezza

Per un edificio di CLASSE CC3, la verifica con AZIONI DI CATEGORIA 3 richiede di dimostrare che, anche in presenza di una esplosione molto severa, sono garantiti livelli di sicurezza adeguati e che non si verifichi un collasso inaccettabile.



Capitolo V.3

REGOLE TECNICHE VERTICALI

Vani degli ascensori

Campo di applicazione

Classificazioni

Strategia antincendio

Prescrizioni comuni

Prescrizioni per il tipo SB

Prescrizioni per il tipo SC

Prescrizioni per il tipo SD

Prescrizioni per il tipo SE

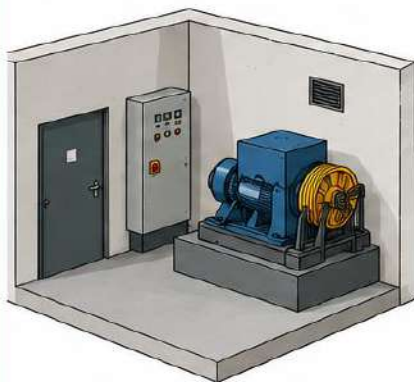
V.3.1 CAMPO DI APPLICAZIONE



1 La presente regola tecnica verticale ha per scopo l'emanazione di disposizioni di prevenzione incendi riguardanti i **vani degli ascensori** per trasporto di persone e merci installati nelle attività soggette.

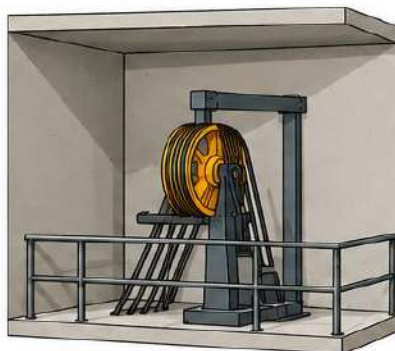
2 Per vani degli ascensori devono intendersi:

a. i locali macchinario;



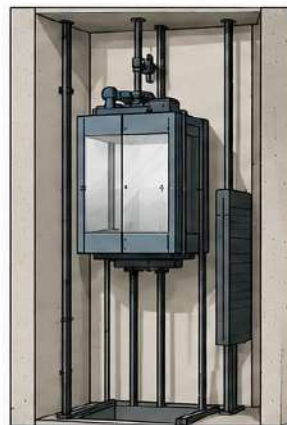
Locale che contiene il macchinario dell'ascensore e i relativi dispositivi di comando e controllo.

b. i locali pulegge di rinvio;



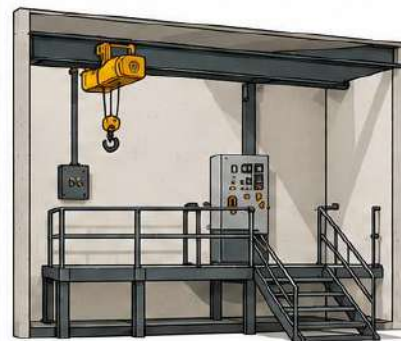
Locale che contiene le pulegge di rinvio e i relativi supporti.

c. i vani di corsa;



Spazio verticale entro cui si muove la cabina e i suoi contrappesi.

d. le aree di lavoro destinate agli impianti di sollevamento.



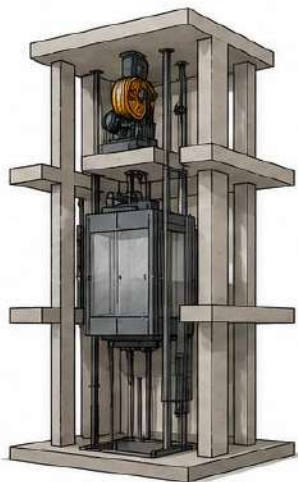
Aree destinate alle operazioni di installazione, manutenzione e ispezione degli impianti di sollevamento.

V.3.2 CLASSIFICAZIONI



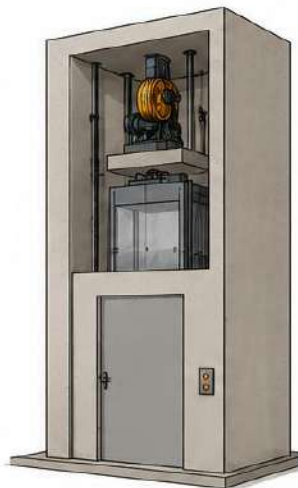
1 I vani degli ascensori sono classificati come segue:

SA vani aperti



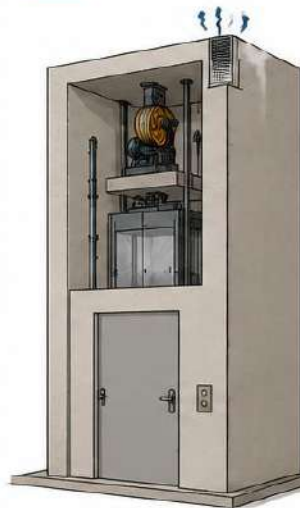
Vani non racchiusi
in strutture con resistenza
al fuoco.

SB vani protetti



Vani racchiusi
in strutture con resistenza
al fuoco, provvisti
di porte ai piani.

SC vani a prova
di fumo



Vani protetti con
caratteristiche aggiuntive
di tenuta al fumo e sistemi
per il controllo del fumo.

SD vani per
ascensori
antincendio



Vani destinati ad ascensori
antincendio conformi
alle specifiche norme
tecniche.

SE vani per
ascensori
di soccorso



Vani destinati ad ascensori
di soccorso conformi
alle specifiche norme
tecniche.

VANI APERTI (SA) DEGLI ASCENSORI IN UN EDIFICIO ESEMPIO PRATICO






DOVE SI TROVANO

Nei vani ascensore senza protezione antincendio adeguata, che collegano più piani dell'edificio, costituendo aperture verticali (SA) che possono favorire la propagazione di fumo e calore.

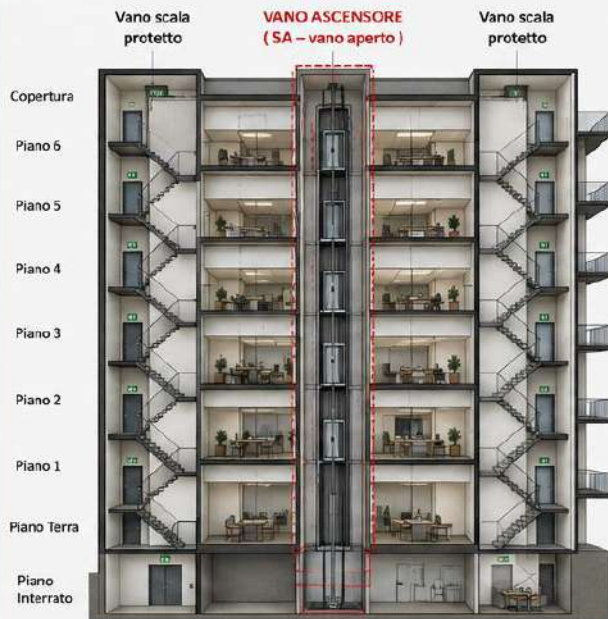


ESEMPIO: EDIFICIO PER UFFICI



-  Destinazione d'uso: Uffici
-  Piani fuori terra: 7
-  Ascensori: 2
-  Scale: 2 vani scala protetti
-  Struttura: c.a.

SEZIONE VERTICALE



Il vano ascensore collega verticalmente tutti i piani dell'edificio. Se non è compartimentato con caratteristiche EI adeguate (aperture attraverso porte resistenti al fuoco), è un vano aperto (SA) e rappresenta una via preferenziale per la propagazione di fumo e calore.

PIANTA TIPO (piano tipo)



Il vano ascensore non è compartimentato rispetto ai locali adiacenti su ogni piano: è un'apertura verticale continua (SA).

PARTICOLARI

ACCESSO AL VANO ASCENSORE



INTERNO DEL VANO



VANO ASCENSORE DALL'ALTO



PERCHÉ È UN SA

- Collega più piani senza compartimentazioni orizzontali.
- Può consentire il passaggio di fumo e gas caldi in caso di incendio.
- Va considerato nelle strategie antincendio dell'edificio.



MISURE DI PROTEZIONE POSSIBILI

- ✓ Compartimentazione del vano con pareti e solai REI adeguati.
- ✓ Porte EI al piano per separare il vano dai locali.
- ✓ Porte di piano dell'ascensore EI.
- ✓ Sistemi di controllo fumo e calore (pressurizzazione o evacuazione fumo del vano).
- ✓ Rivelazione e allarme incendio.



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 3 agosto 2015 – Codice di prevenzione incendi
- S.2 Controllo dell'incendio e del fumo
- S.3 Compartimentazione
- G.2.5 Vani degli ascensori

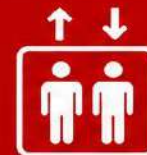


DA RICORDARE



Un vano ascensore non protetto che collega verticalmente più piani è considerato vano aperto (SA) e deve essere gestito con misure specifiche per limitare la propagazione dell'incendio.

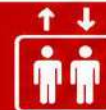
V.3.3 STRATEGIA ANTINCENDIO



- 1 Devono essere applicate le prescrizioni del presente capitolo, senza determinare **profili di rischio**.

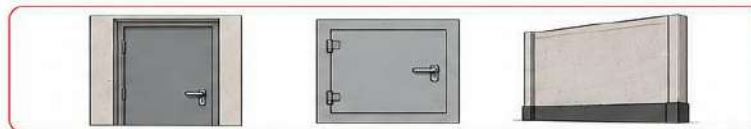


V.3.3.1 PRESCRIZIONI COMUNI

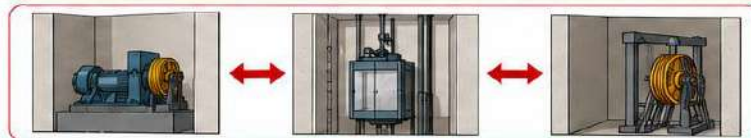


1 Devono essere costituiti da materiale appartenente al gruppo **GM0** di reazione al fuoco (capitolo S.1):

a. le pareti, le porte ed i portelli di accesso;



b. i setti di separazione tra vano di corsa, locale del macchinario, locale delle pulegge di rinvio;



c. l'intelaiatura di sostegno della cabina.



2 I fori di comunicazione attraverso i setti di separazione per passaggio di funi, cavi o tubazioni, devono avere le dimensioni minime indispensabili.



3 L'ascensore dovrebbe essere realizzato in conformità alla norma **UNI EN 81-73**.

Nota Ad esempio, se i compartimenti sono serviti da impianto IRAI, dovrebbero essere previsti mezzi per riportare l'ascensore al piano di riferimento principale o ad uno alternativo, non interessato dall'incendio, e poi fermarlo. Altrimenti dovrebbe essere prevista una misura gestionale per riportare l'ascensore al piano di riferimento principale o ad uno alternativo, non interessato dall'incendio, e poi fermarlo.

Nota Gli ascensori devono rispondere ai requisiti essenziali di salute e di sicurezza previsti all'allegato I della direttiva 2014/33/UE del 26 febbraio 2014.

4. In caso di incendio, è **vietato l'utilizzo** degli ascensori non specificatamente progettati a tale fine.

Tali ascensori devono essere contrassegnati da **appositi segnali** conformi alla regola dell'arte e **facilmente visibili** a tutti i piani.



5. In prossimità dell'accesso degli spazi o locale del macchinario, **ove presente, deve essere posizionato un estintore** secondo i criteri previsti al capitolo S.6.



V.3.3.2 PRESCRIZIONI PER IL TIPO SB



1 Il vano degli ascensori di tipo SB deve essere di **tipo protetto** o essere inserito in vano scale protetto.



2 La classe di resistenza al fuoco deve essere corrispondente a quella dei compartimenti serviti e comunque ≥ 30 .



CLASSE DI RESISTENZA
AL FUOCO
 ≥ 30

3 Le pareti, il pavimento ed il tetto della cabina devono essere costituiti da materiali appartenenti al gruppo **GM2** di reazione al fuoco come definito nel capitolo S.1.



REAZIONE AL FUOCO

4 Per i vani degli ascensori deve essere soddisfatto il **livello di prestazione II** della misura controllo di fumi e calore (capitolo S.8).



LIVELLO DI
PRESTAZIONE II
CONTROLLO DI FUMI E CALORE



V.3.3.3 PRESCRIZIONI PER IL TIPO SC

1

Devono essere rispettate le prescrizioni di cui per il tipo **SB**.



2

Il vano degli ascensori di tipo **SC** deve essere di tipo a prova di fumo proveniente dall'attività o essere inserito in vano scale a prova di fumo.





V.3.3.4 PRESCRIZIONI PER IL TIPO SD

- 1** Devono essere rispettate le prescrizioni di cui per il tipo **SC**.



- 2** L'ascensore dovrebbe essere realizzato in conformità alla norma **UNI EN 81-72**.

Nota Gli ascensori devono rispondere ai requisiti essenziali di salute e di sicurezza previsti all'allegato I della direttiva 2014/33/UE del 26 febbraio 2014.



- 3** La classe di resistenza al fuoco del vano degli ascensori deve essere corrispondente a quella dei compartimenti serviti e comunque ≥ 60 .



**CLASSE DI
RESISTENZA
AL FUOCO
 ≥ 60**



**60
minuti**

- 4** Gli atri protetti devono possedere almeno le caratteristiche previste per il filtro (capitolo S.3).
La superficie lorda dell'atrio protetto non può essere $< 5 \text{ m}^2$.



ATRIO PROTETTO
CARATTERISTICHE
PREVISTE PER
IL FILTRO
(CAPITOLO S.3)



**SUPERFICIE
LORDA
 $\geq 5 \text{ m}^2$**

- 5** Lo sbarco dell'ascensore al piano di riferimento deve immettere su **luogo sicuro** direttamente o mediante percorso protetto.



- 6** Le pareti, il pavimento ed il tetto della cabina devono essere realizzati con materiale **non combustibile**.



**MATERIALE
NON COMBUSTIBILE**





V.3.3.5 PRESCRIZIONI PER IL TIPO SE (PUNTI 1-4)

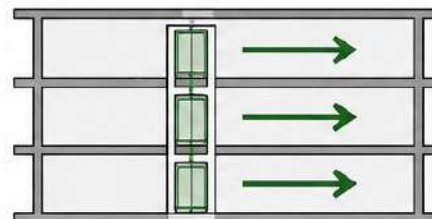
- 1** Devono essere rispettate tutte le prescrizioni di cui per il tipo **SD**.



- 2** Gli atri protetti degli ascensori di soccorso devono essere indipendenti dal sistema delle vie d'esodo dell'attività, per evitare interferenze tra l'opera dei Vigili del fuoco e l'esodo.



- 3** Il numero degli ascensori di soccorso deve essere definito in modo da servire con essi l'intera superficie di ciascun piano dell'edificio.



SERVIRE L'INTERA
SUPERFICIE DI
OGNI PIANO

- 4** Le dimensioni interne della cabina e degli atri protetti devono essere stabilite dal progettista in conformità alla serie delle norme **UNI EN 81**.

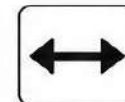




V.3.3.5 PRESCRIZIONI PER IL TIPO SE (PUNTI 5-8)

5

Le porte di piano e di cabina devono essere ad azionamento manuale, la porta di cabina deve essere ad una o più ante scorrevoli orizzontali.



6

Un interruttore a chiave, posto a ogni piano servito, deve consentire ai vigili del fuoco di chiamare direttamente l'ascensore di soccorso.



VIGILI
DEL FUOCO

7

L'ascensore deve essere dotato di idoneo sistema di comando, azionabile anche in assenza di alimentazione elettrica, in grado di riportare la cabina al piano di riferimento del compartimento. Tale comando deve essere segnalato e facilmente accessibile per i soccorritori.



8

Al fine di assicurare la disponibilità dell'impianto, anche in caso di uso improprio, deve essere installato un dispositivo che, quando il tempo di sosta della cabina ad un piano diverso da quello di riferimento del compartimento supera i **2 minuti**, riporti automaticamente la cabina al piano di riferimento del compartimento. Un allarme luminoso ed acustico deve segnalare il fallimento di questa manovra al personale dell'edificio; tale allarme non deve essere operativo quando l'ascensore è sotto il controllo dei Vigili del fuoco.



ALLARME LUMINOSO
E ACUSTICO



NON OPERATIVO
SOTTO IL CONTROLLO
DEI VIGILI DEL FUOCO

RITORNO AUTOMATICO
AL PIANO DI RIFERIMENTO

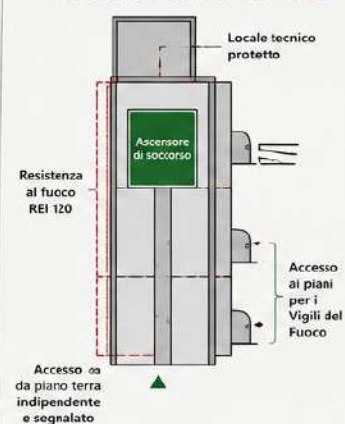
ESEMPI DI ASCENSORI PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO

ASCENSORE DI SOCCORSO

Destinato al trasporto dei Vigili del Fuoco
per l'accesso ai piani in caso di incendio



CARATTERISTICHE PRINCIPALI



REQUISITI PRINCIPALI

- ✓ Accesso dedicato e segnalato esternamente (simbolo VF).
- ✓ Struttura e componenti con resistenza al fuoco (es. REI 120).
- ✓ Sovradimensionato per il trasporto di attrezzature e barella.
- ✓ Alimentazione elettrica di emergenza dedicata.
- ✓ Comandi speciali per i Vigili del Fuoco (priorità di chiamata, esclusione chiamate di piano).
- ✓ Collegamento comunicazione bidirezionale con cabina.
- ✓ Non utilizzabile dal pubblico.



Normativa di riferimento

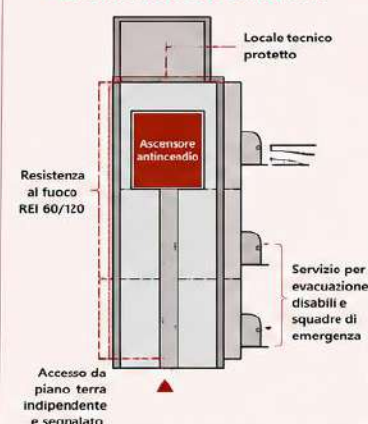
D.M. 3/8/2015 – Codice di Prevenzione Incendi
Capitolo 5.4 – Esodo
EN 81-72:2015 – Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di ascensori – Ascensori per i Vigili del Fuoco

ASCENSORE ANTINCENDIO

Destinato all'evacuazione dei disabili
e al trasporto di squadre di emergenza



CARATTERISTICHE PRINCIPALI



REQUISITI PRINCIPALI

- ✓ Accesso dedicato e segnalato (simbolo disabili + fiamma).
- ✓ Struttura e componenti con resistenza al fuoco (es. REI 60/120).
- ✓ Idoneo al trasporto di persone su sedia a ruote con accompagnatore.
- ✓ Funzionamento in emergenza (alimentazione di sicurezza).
- ✓ Comandi dedicati (modalità emergenza, priorità, ritorno al piano).
- ✓ Collegamento comunicazione di emergenza.
- ✓ Utilizzabile per l'evacuazione assistita e dal personale di emergenza.



Normativa di riferimento

D.M. 3/8/2015 – Codice di Prevenzione Incendi
Capitolo 5.4 – Esodo
EN 81-73:2020 – Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione di ascensori – Ascensori destinati all'evacuazione delle persone e al trasporto di squadre di emergenza

CONFRONTO

Aspetto	Ascensore di soccorso	Ascensore antincendio
Utilizzatori	Vigili del Fuoco	Disabili, persone con mobilità ridotta, squadre di emergenza
Uso principale	Accesso per intervento	Evacuazione assistita e trasporto emergenza
Segnaletica	Simbolo VF	Simbolo disabili + fiamma
Resistenza al fuoco	REI 120 (di norma)	REI 60/120 (secondo progetto)
Norma di riferimento	EN 81-72	EN 81-73

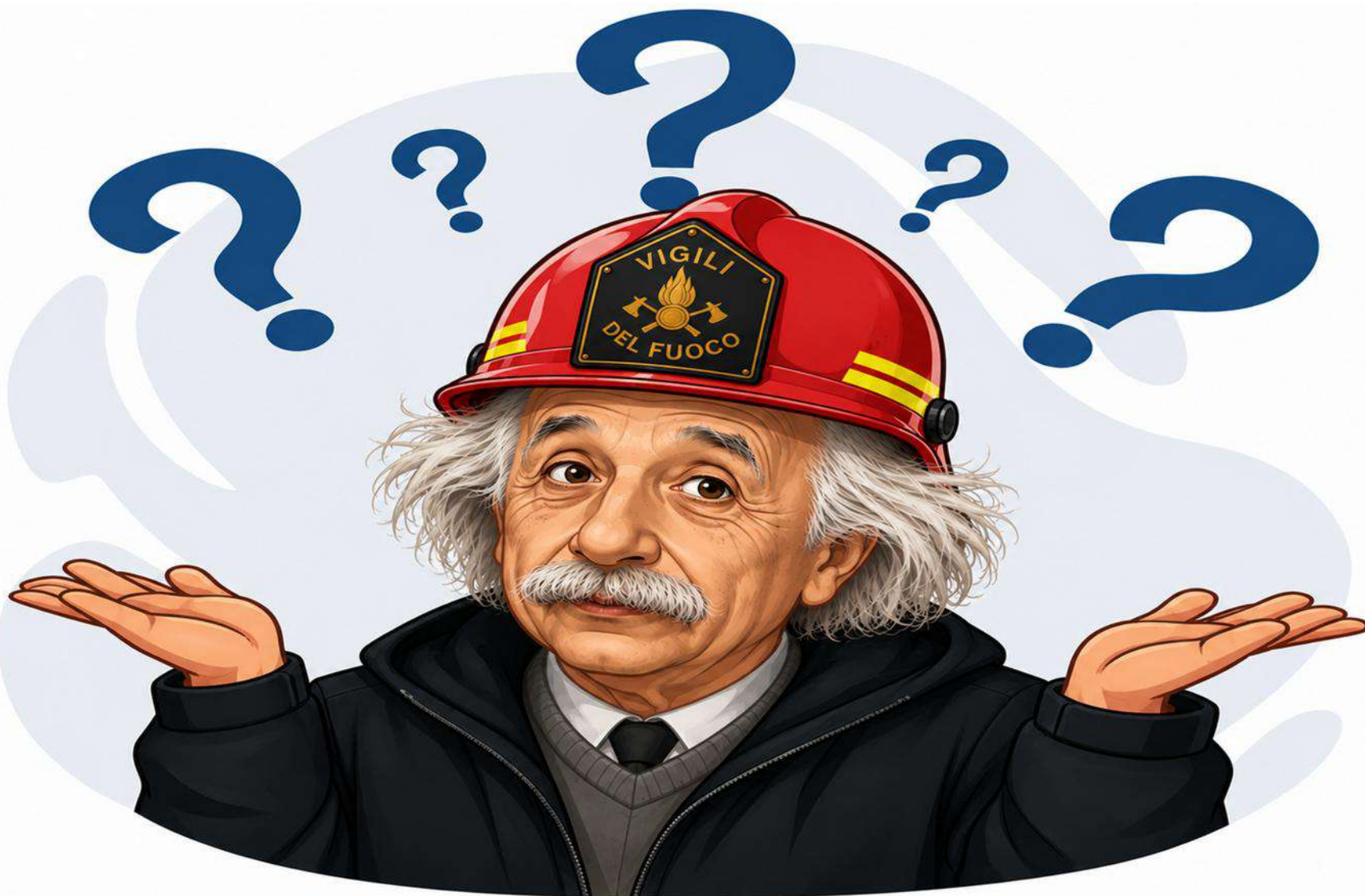
SIMBOLI DI RIFERIMENTO



Ascensore di soccorso



Ascensore antincendio





Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile
CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO
Direzione Regionale Lazio



Grazie per l'attenzione

