



MINISTERO  
DELL'INTERNO

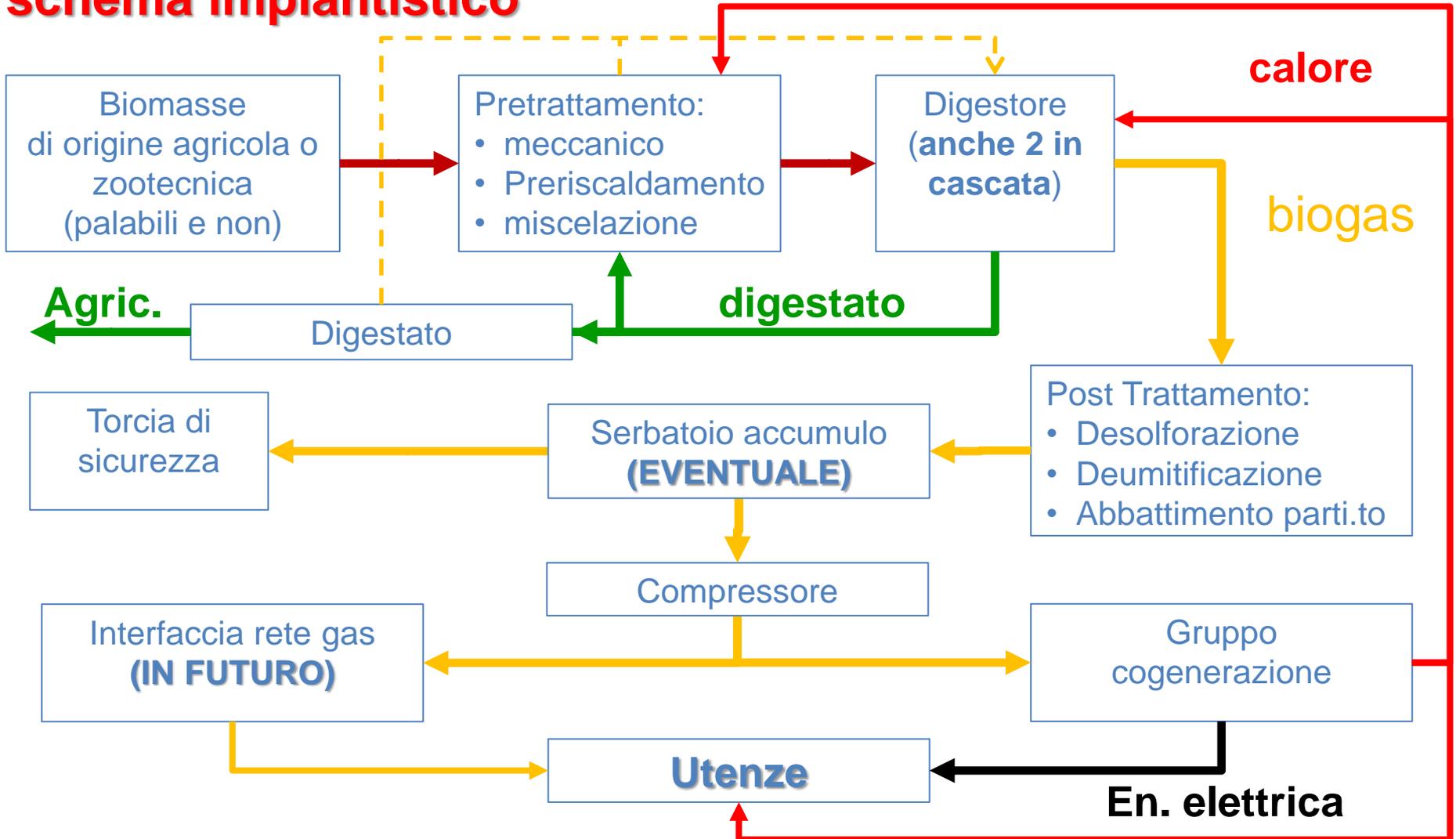


# CRITERI DI SICUREZZA ANTINCENDI NEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE E VALORIZZAZIONE DI BIOGAS DA BIOMASSE

Ing. Calogero TURTURICI  
Ing. Ciro BOLOGNESE



## schema impiantistico





## La composizione del biogas

<b>Componente</b>	<b>Volume</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	50-80%
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	50-20%
Azoto (N <sub>2</sub> )	<1%
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	<1%
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	<1%
Solfuro di idrogeno (H <sub>2</sub> S)	<1%



## Legislazione

- **Attività DPR 151 potenzialmente presenti:**
  - 1/C: Stabilimenti ed impianti ove si producono e/o impiegano gas infiammabili e/o comburenti con quantità globali in ciclo superiori a 25 Nm<sup>3</sup>/h;
  - 49/(A o B o C): impianti di cogenerazione di potenza complessiva superiore a 25 kW
  - 4/(B o C): depositi di gas infiammabili in serbatoi fissi
  - 2/C: Impianti di compressione/decompressione di gas infiammabili con potenzialità > 50 Nm<sup>3</sup>/h
  - 36/(B o C): Depositi di paglia, fieno, e altri “prodotti affini” con quantitativi superiori a 50 t (**forse!**)



## Legislazione

- Non esiste una specifica norma applicabile all'intero ciclo !!!
- Norme per le varie parti:
  - DM 24/11/1984 (per le unità di stoccaggio separate dal digestore)
  - DM 16/04/2008: norma UNI 9860 + adozione materiali compatibili con aggressività biogas;
  - DM 17/04/2008: dispositivi di sicurezza per il coordinamento dei livelli di pressione nell'impianto (punto 1.4 All.to A)
  - DM 13/07/2011: unità di cogenerazione
  - D.Lgs. 81/08:
    - art.46 c. 4 e paragrafo 4 All. IV (rischio incendio)
    - Titolo XI (rischio esplosione) ...



## Legislazione

- Non esiste una specifica norma applicabile all'intero ciclo !!!
- Norme per ATEX G:
  - UNI EN 1127: Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione - Parte 1: Concetti fondamentali e metodologia
  - CEI EN 60079-10-1: Atmosfere esplosive - Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas
  - Guida CEI 31-35:2012 Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)
  - Guida CEI 31-55: Guida e raccomandazioni per evitare i pericoli dovuti all'elettricità statica
  - UNI EN 13463-1 Apparecchi non elettrici (in ATEX) Metodo e requisiti di base



### Le restrizioni normative (per gli accumulatori)

Limitazione stoccaggi imposta da DM 24/11/84 Punto 2.12

Gasometri o accumulatori con capacità singola di accumulo	Protezione	Sicurezza interna	Sicurezza esterna		
			1 <sup>^</sup> cat	2 <sup>^</sup> cat	3 <sup>^</sup> cat
Fino a 5000 m <sup>3</sup>	4	5	-	-	20
Oltre 5000 m <sup>3</sup> e fino a 50000 m <sup>3</sup>	6	8	-	30	25
Oltre 50000 m <sup>3</sup>	8	10	40	35	-

1<sup>a</sup> categoria: > 120.000 m<sup>3</sup> - 2<sup>a</sup> categoria: oltre 20.000 e fino a 120.000 m<sup>3</sup> 3<sup>a</sup> categoria: < 20.000 m<sup>3</sup>

Nota alla tabella: Per gli accumulatori pressostatici la capacità singola è

**LIMITATA a 500 m<sup>3</sup>**

[Nota STC P180/4107 del 22/02/2001: DM 24/11/84 non cogente !!](#)



### Le richieste del mercato

Cupole gasometriche e/o stoccaggi di capacità > DM 24/11/1984 per:

- Esigenze di **polmonazione per continuità di esercizio cogeneratore** per evitare penali sul servizio reso dall'Autorità per l'Energia
- Esigenze di **minimizzazione componenti** e semplificazione impianto per il contenimento degli oneri di manutenzione e gestione
- Esigenze di **immissione in rete** (D.Lgs. 28/2011)

Pertanto, negli anni è stato necessario affrontare il problema

**DEL RISCHIO AGGIUNTIVO**



MINISTERO  
DELL'INTERNO



# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AGGIUNTIVO NEI GRANDI STOCCAGGI



## Rischio aggiuntivo dovuto alla quantità

- **ESISTE** per **rilascio istantaneo** per rottura catastrofica telo accumulatore
- **NON ESISTE** per **rilascio continuo** in quanto estensione ATEX è funzione di
  - $Q_g$  che dipende da  $P_{\text{storage}}$  e Dimensione SE:
  - Velocità aria  $w_a$  in prossimità della SE

Concentrandoci, pertanto, sul rilascio istantaneo ...



**Valutare rischio aggiuntivo per rilascio istantaneo significa**

**confrontare scenari esplosione per tre depositi formati da**

- N.1 accumulatore da  $500 \text{ m}^3$  (d'ora in poi  $D_{500}$ ) e
- N.1 accumulatore di  $K \times 500 \text{ m}^3$  ( $K > 1$ ) (d'ora in poi  $D_{K500}$ )
- $K$  accumulatori da  $500 \text{ m}^3$  ( $K > 1$ ) (d'ora in poi  $KD_{500}$ )

**Procedura seguita**

- Valutazione scenario sovrappressione con modelli di calcolo semplificati
- Individuazione distanze corrispondenti alle soglie di danno DM 09/05/2001
- Stima comparativa della probabilità del rilascio istantaneo e di inneschi  
attivi per  $D_{500}/KD_{500}/D_{K500}$



MINISTERO  
DELL'INTERNO



Calcolo sovrappressione e distanze ex DM 09/05/2001  
(rilascio istantaneo)

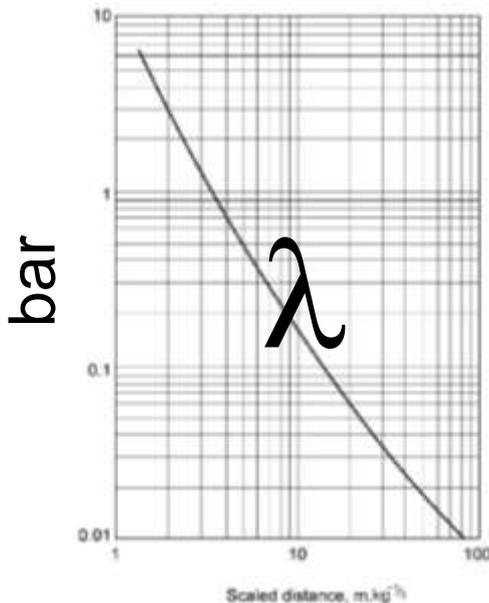


## Calcolo sovrappressione e distanze soglie DM 09/05/2001

Modello di calcolo semplificato: **TNT equivalente**

(determina effetti massa di TNT equivalente a quella del biogas)

$$r = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3}$$



$$M_{TNT} = \frac{M_S \cdot Q_S \cdot s}{Q_{TNT}}$$

$M_{TNT}$  = massa TNT equivalente in Kg,

$M_S$  = massa in Kg sostanza

$Q_S$  = calore combustione della sostanza,

$Q_{TNT}$  = 4690 = energia liberata in KJ da 1 Kg di TNT

$s$  = fattore di resa sostanza



## Calcolo sovrappressione e distanze soglie DM 09/05/2001

Modello di calcolo semplificato: **TNT equivalente**

### Massa equivalente di TNT

$$M_{TNT} = \frac{M_S \cdot Q_S \cdot s}{Q_{TNT}} = M_{CH_4} \cdot 10 \cdot 0,04 = 0,4 \cdot \rho \cdot V_{CH_4}$$

Sostanza	$Q_S/Q_{TNT}$	s
Metano, Etano, Propano, Butano	10	0.04

\* $Q_S$  e  $Q_{TNT}$  = rispettivamente, calore di combustione della sostanza e del TNT

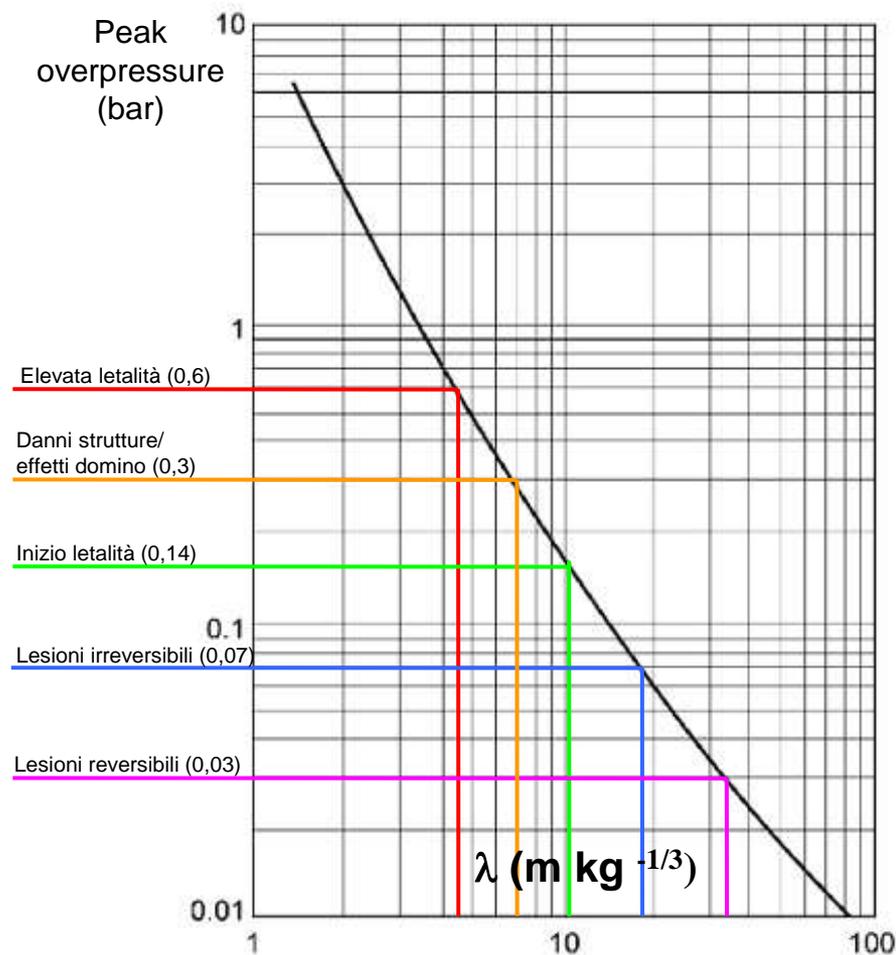
## Calcolo sovrappressione e distanze soglie DM 09/05/2001

Modello di calcolo semplificato: **TNT equivalente**

### Distanza ridotta $\lambda$

(alle soglie di danno DM 09/05/2001)

Soglia DM 09/05/2001	Valore (bar)	$\lambda$
Elevata letalità (spazi aperti)	0,6	<b>4,2</b>
Inizio letalità	0,14	<b>7</b>
Lesioni irreversibili	0,07	<b>19</b>
Lesioni reversibili	0,03	<b>32</b>
Danni alle strutture/Effetti domino	0,3	<b>7</b>





## Calcolo sovrappressione e distanze soglie DM 09/05/2001

Modello di calcolo semplificato: **TNT equivalente**

### Distanze r alle soglie di danno DM 09/05/2001 per Deposito $D_{500}$

$$r = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3} = \lambda \cdot (0.4 \cdot \rho \cdot V_{CH_4})^{1/3}$$

Soglia DM-09/05/2001	Valore (bar)	$\lambda$	$r_{500} = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3} = \lambda \cdot (0.4 \cdot \rho \cdot V_{CH_4})^{1/3}$
Elevata letalità ( $D_{EL}$ )	0,6	4,2	20.2
Inizio letalità	0,14	7	33.6
Lesioni irreversibili	0,07	19	91.3
Lesioni reversibili	0,03	32	153.7
Danni strutture/eff. domino	0,3	7	33.6

$\rho = 0.554$  (Guida CEI-31-35)

**Distanza esterna DM 24/11/84 in linea solo con  $D_{EL}$**   
**Altre distanze di danno tutte esterne all'insediamento ...**



## Calcolo sovrappressione e distanze soglie DM 09/05/2001

Modello di calcolo semplificato: **TNT equivalente**

Distanze  $r$  alle soglie di danno DM 09/05/2001 per Deposito  $D_{K500}$

$$r = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3} = \lambda \cdot (0.4 \cdot \rho \cdot V_{CH_4})^{1/3}$$

Soglia·DM·09/05/2001	Valore (bar)	$\lambda$	$r_{500} = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3} = \lambda \cdot (0.4 \cdot \rho \cdot V_{CH_4})^{1/3}$
Elevata·letalità·(D <sub>EL</sub> )	0,6	4,2	$20.2 \cdot x \cdot K^{1/3}$
Inizio·letalità	0,14	7	$33.6 \cdot x \cdot K^{1/3}$
Lesioni·irreversibili	0,07	19	$91.3 \cdot x \cdot K^{1/3}$
Lesioni·reversibili	0,03	32	$153.7 \cdot x \cdot K^{1/3}$
Danni·strutture/eff·domino	0,3	7	$33.6 \cdot x \cdot K^{1/3}$

$\rho = 0.554 \cdot (\text{Guida CEI 31-35})$

Quali DS per condizioni equivalenti ad un deposito ex DM 24/11/84 ???



MINISTERO  
DELL'INTERNO



Stima comparativa probabilità di rilascio istantaneo

tra gli stoccaggi

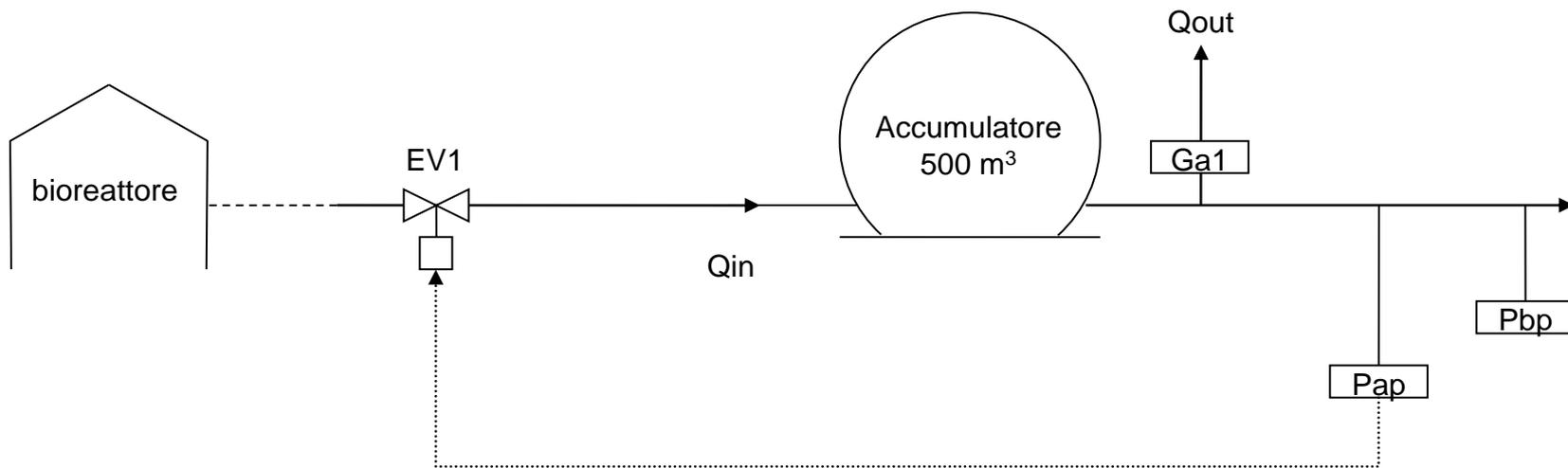
**K D<sub>500</sub> conforme a DM 24.11.84**

e

**D<sub>K500</sub> opportunamente ridonato rispetto a DM 24/11/84**

## Valutazione probabilità scenario rilascio istantaneo

Stoccaggio **K D<sub>500</sub> conforme** a DM 24.11.84

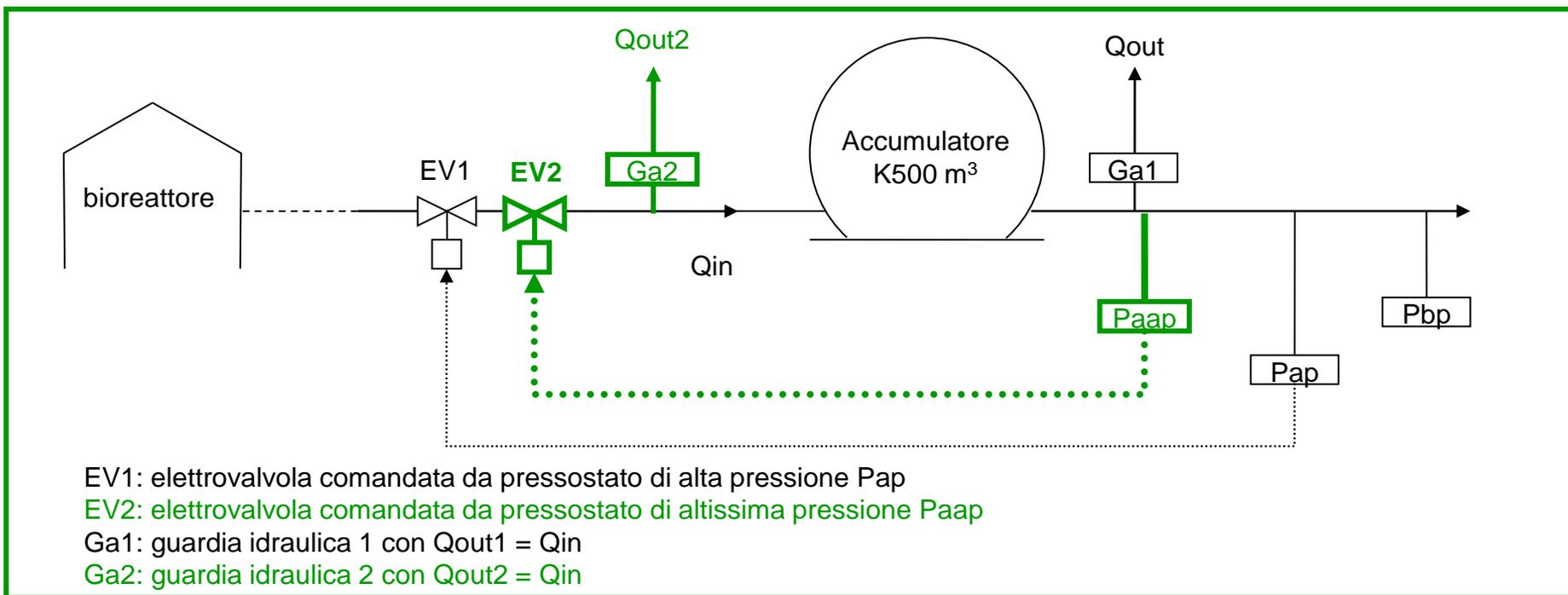


EV1: elettrovalvola comandata da pressostato di alta pressione Pap

Ga1: guardia idraulica 1 con  $Q_{out} = Q_{in}$

## Valutazione probabilità scenario rilascio istantaneo

Stoccaggio  **$D_{K500}$  ridondante** rispetto a 2.12.c.2 DM





## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

Possibili cause di rottura catastrofica:

- Difetto costruttivo membrana
- Pint > tensione rottura membrana per guasto impiantistico

### Difetto costruttivo membrana

- probabilità di squarcio **proporzionale alla superficie**
- Per la **forma sferica** la relazione tra le due superfici è la seguente:

$$\left[ S = 4\pi \left( \frac{3V}{4\pi} \right)^{2/3} \right] \quad S_{DK500} = 4\pi \left( \frac{3 * K \cdot 500}{4\pi} \right)^{2/3} = K^{2/3} S_{D500}$$

**Quindi ...**



## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

### Difetto costruttivo membrana

Se  $P_{D500}$  è la probabilità (anche ignota) di squarcio di  $D_{500}$ ,

**SI PUO' AFFERMARE CHE** quella di  $D_{K500}$  sarà pari a:

$$P_{DK500} = K^{2/3} P_{D500} > P_{D500}$$

Ma confrontando  $D_{K500}$  con  $KD_{500}$  otteniamo

$$P_{KD500} = K P_{D500} > K^{2/3} P_{D500} = P_{DK500} \text{ ovvero ...}$$

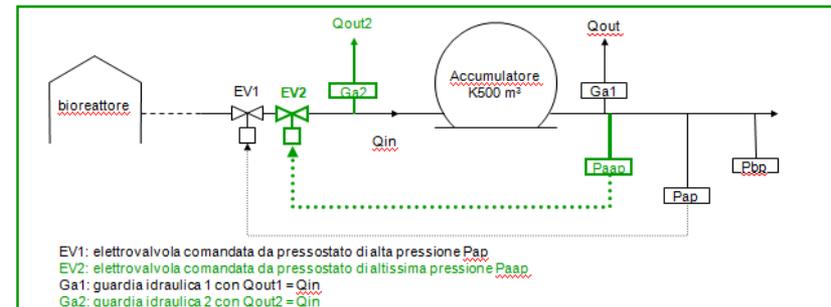
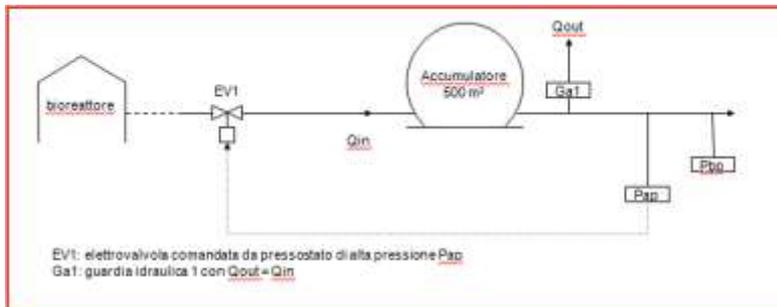
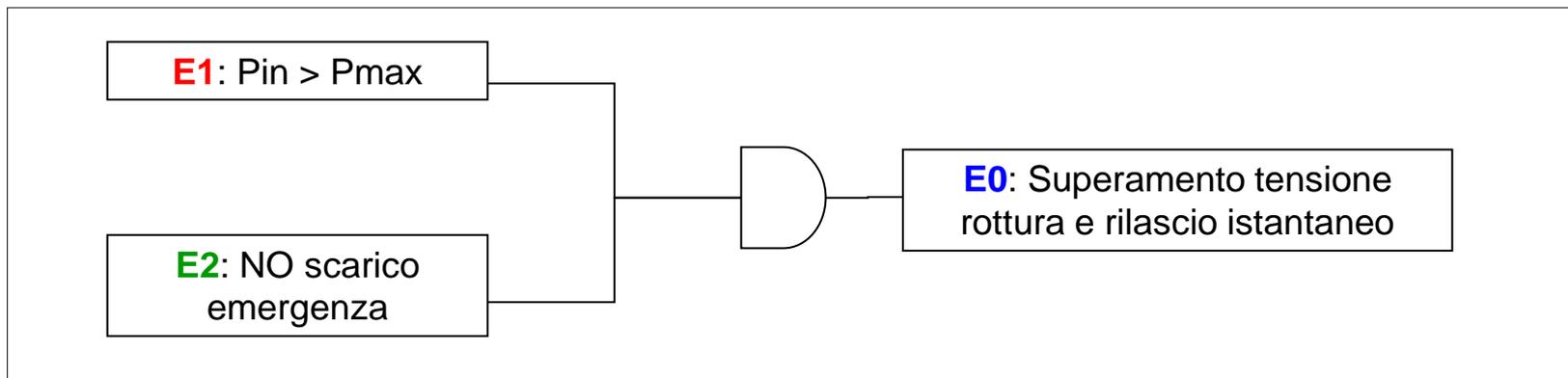
$$P_{\text{difetto Costruttivo}}: P_{DK500} < P_{KD500}$$



## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

### Pint > tensione rottura membrana per guasto impiantistico

(mancato controllo dei dispositivi di sicurezza)



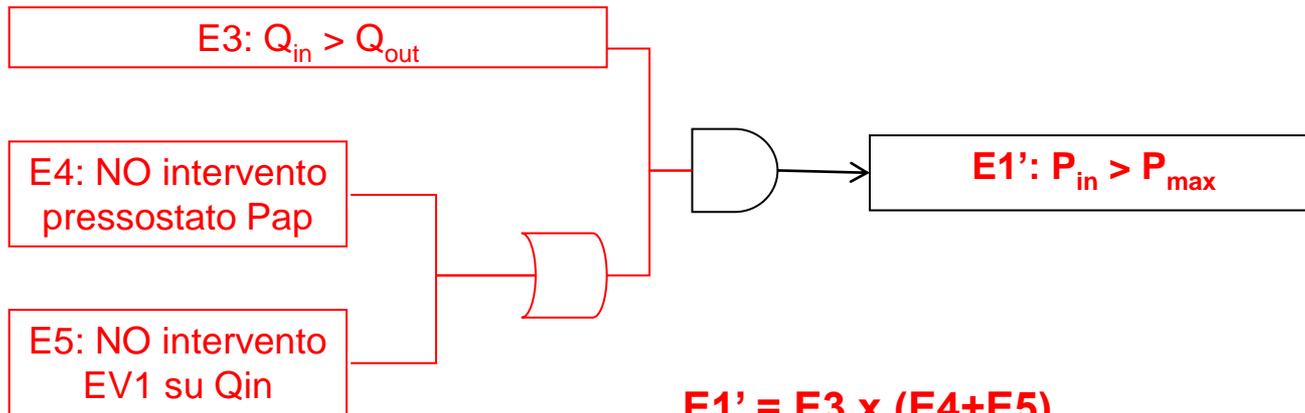


# Impianti valorizzazione biogas

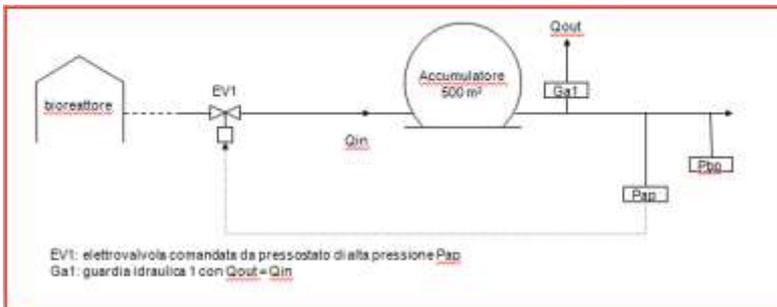
## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

**P<sub>int</sub> > tensione rottura membrana per guasto impiantistico**

Valutazione probabilità **E1'**:  $P_{in} > P_{max}$  in **D<sub>500</sub>**



**$E1' = E3 \times (E4+E5)$**



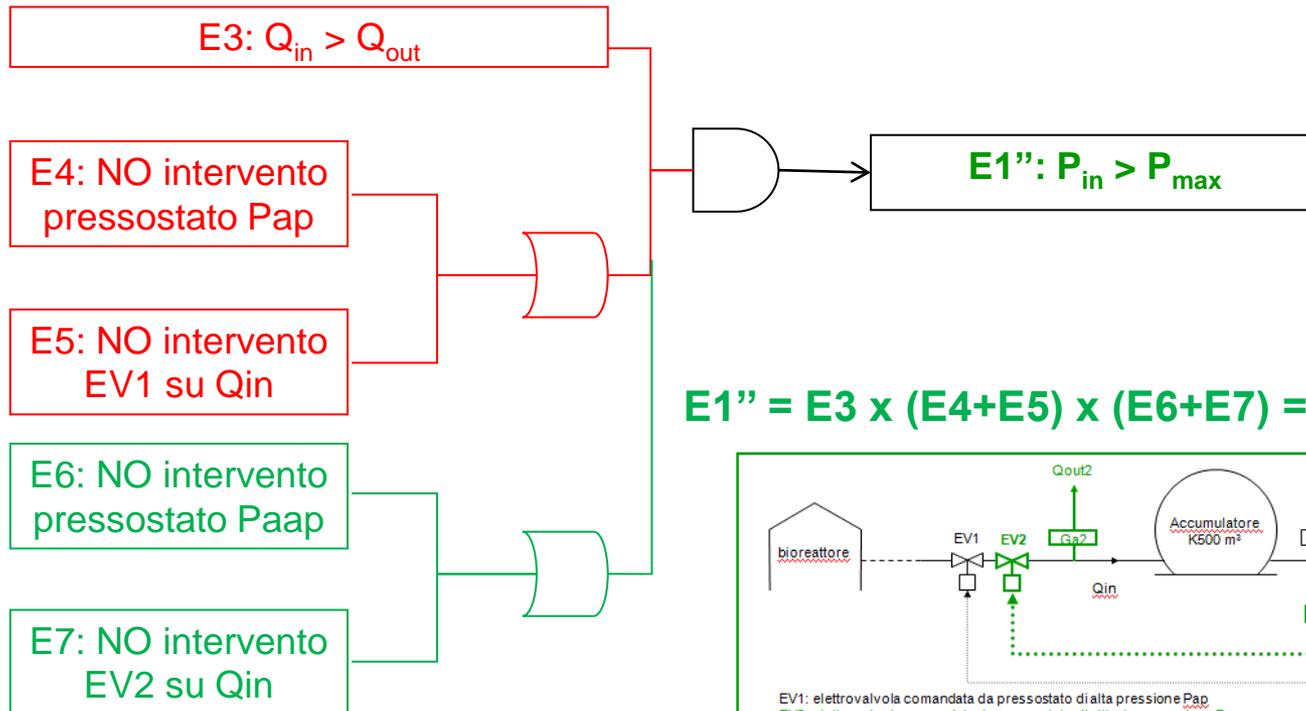


# Impianti valorizzazione biogas

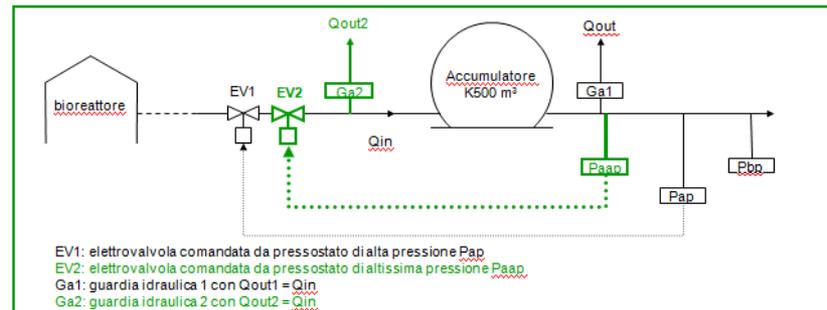
## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

**Pint > tensione rottura membrana per guasto impiantistico**

Valutazione probabilità **E1''**:  $P_{in} > P_{max}$  in **D<sub>K500</sub>**



$$E1'' = E3 \times (E4 + E5) \times (E6 + E7) = E1' \times (E6 + E7)$$





# Impianti valorizzazione biogas

## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

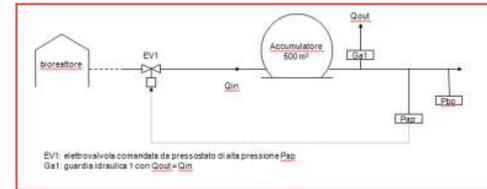
**Pint > tensione rottura membrana per guasto impiantistico**

Valutazione probabilità **E2'**: No scarico di emergenza in **D<sub>500</sub>**

E8: No intervento guardia Ga1

E2': NO scarico emergenza

$$E2' = E8$$



Valutazione probabilità **E2''**: No scarico di emergenza in **D<sub>K500</sub>**

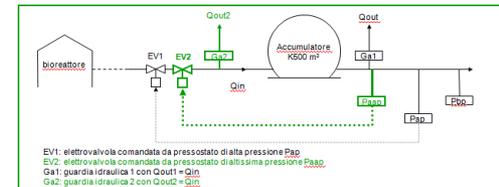
E8: No intervento guardia Ga1

E9: No intervento guardia Ga2



E2'': NO scarico emergenza

$$E2'' = E8E9$$





## Valutazione probabilità scenari (Fault tree analysis)

**Pint > tensione rottura membrana per guasto impiantistico**

**Valutazione E0': Superamento tensione rottura e rilascio D<sub>500</sub>**

$$E0' = E1' \times E2' = E3E4E8 + E3E5E8$$



**Valutazione E0'': Superamento tensione rottura e rilascio D<sub>K500</sub>**

$$E0'' = E1'' \times E2'' = E0' \times (E6E9 + E7E9) \ll E0' \quad [E6E9 + E7E9 \ll 1]$$



**Valutazione E0''': Superamento tensione rottura e rilascio KD<sub>500</sub>**

$$E0''' = K \times E0' > E0' \quad [K > 1]$$



...

Quindi, per la probabilità di di rottura da guasto impiantistico abbiamo ...

$$P_{\text{guasto impiantistico}}: P_{DK500} \ll P_{KD500}$$



MINISTERO  
DELL'INTERNO



# Valutazione comparativa del rischio di inneschi attivi



## Rischio di inneschi attivi

- Dipende da:
  - sorgenti di emissione e zone generate (**numero crescente con le unità di stoccaggio**)
  - Apparecchiature pericolose (**crescente con numero unità stoccaggio**) e relativa probabilità di guasto
  - Probabilità mancato intervento misure di neutralizzazione inneschi e/o di bonifica zone pericolose e/o mitigazione effetti esplosioni, (**entità dipendente da numero inneschi/SE, entrambi crescenti con unità stoccaggio**)

Ovvero ... il rischio di innesco aumenta con il numero di serbatoi



MINISTERO  
DELL'INTERNO



# **Stato dell'arte e controlli di prevenzione incendi**

## **Prospettive e Sviluppi**



## Stato dell'arte: il caso studio della provincia di Alessandria 29 S.C.I.A. presentate fra il 1 gennaio e il 31 dicembre 2012

In tutti i casi, richieste di adeguamento/nuova documentazione

### PER I SEGUENTI MOTIVI RICORRENTI ...

- Mancato coordinamento **soglie di intervento dei dispositivi** di controllo pressione secondo **DM 17/04/2008**
- Carenze nella **valutazione ATEX** secondo **D.Lgs. 81/08**
- Errata individuazione dei **riferimenti normativi** per **rete distribuzione**
- Carenza **formazione** operatori addetti agli impianti, sul rischio esplosione ex **art.294 bis** D.Lgs. 81/08)
- **Certificazioni in lingua straniera** rilasciate da installatori non iscritti **nel registro** delle imprese (accertamento requisiti D.Lgs. 59/2010)



## Stato dell'arte: il caso studio della provincia di Alessandria 29 S.C.I.A. presentate fra il 1 gennaio e il 31 dicembre 2012

In tutti i casi, richieste di adeguamento/nuova documentazione

### PER I SEGUENTI DUBBI DOCUMENTALI E TECNICI ...

- Regime di certificazione applicabile all'impianto biogas:  
**marcatura CE dell'assieme o DM 37/98 ???**
- Problemi di affidabilità delle torce di emergenza "calde",  
(normalmente spente):  
**meglio le torce fredde ???**



## Prospettive e sviluppi

- Negli ultimi 3 anni **investiti in Italia 3 mld di euro** in impianti a biogas.
- Attivi circa **mille impianti** per una potenza installata > 750 MW.
- Il Capo II del **D.Lgs. 28/2011** (2009/28/CE promozione e uso energia da fonti rinnovabili) ha **aperto le porte all'immissione in rete** del biogas opportunamente trattato;
- In Germania sono già presenti oltre **100 impianti connessi alla rete di distribuzione del gas** con portata superiore a 40.000 m<sup>3</sup>/h;
- Nei prossimi anni è atteso un **consistente numero di nuovi impianti**.

La definizione di una specifica linea guida in materia di prevenzione incendi appare quanto mai **auspicabile anche perché ...**



MINISTERO  
DELL'INTERNO



# Il Giorno di Lodi

**Brembio, 28/09/2013**

Esplode il serbatoio, veleni in roggia Incidente nell'impianto a biogas

(impianto della società **Brembio Energia**)

*fuoriuscita di digestato che hanno invaso una roggia vicina e il canale del  
Brembiolo*

**direttore di Arpa Lodi: "Pare che si sia verificata una rottura nel secondo  
digestore, forse per sovrappressione - Il tetto è saltato"**

**NON E' UN INCIDENTE DI INTERESSE VVF ...  
MA IN CASO DI INNESCO ATTIVO LO SAREBBE DIVENTATO**



MINISTERO  
DELL'INTERNO



Grazie per l'attenzione

Calogero TURTURICI  
Ciro BOLOGNESE