

UNIFRONT srl

Spin-off dell'Università di Padova

DETONAZIONE DI UNA MUNIZIONE A CARICAMENTO CHIMICO IN AMBIENTE SEMICONFINATO

DISPERSIONE DELL'AGENTE CHIMICO E MITIGAZIONE DELLE CONSEGUENZE

R. Bonora, A. Bona

E-mail: unifront.unipd@gmail.com

EXPLO 2010

AGENZIA INDUSTRIE DIFESA

STABILIMENTO MILITARE RIPRISTINI E RECUPERI DEL MUNIZIONAMENTO

NOCETO (PR)

OBBIETTIVI

- a) Modellizzazione della detonazione di un ordigno a caricamento chimico in un ambiente parzialmente confinato (blinda)

- b) Verifica della mitigazione delle conseguenze mediante l'impiego delle cortine d'acqua

Campi di applicazione dello studio

Safety

Valutazione del rischio in attività di demilitarizzazione



Security

Valutazione delle conseguenze di un'azione terroristica, dove la dispersione dell'agente aggressivo è operata da una carica esplosiva.

Tokyo Kamiyacho subway station



Demilitarizzazione

Fasi di sviluppo dell'evento

1. Detonazione, rottura del contenitore, produzione di un onda di pressione il cui impulso viaggia radialmente dal punto dell'esplosione in verso positivo e negativo;
2. Formazione e proiezione di aerosol le cui dimensioni e la distanza di ricaduta dipendono dalla quantità di esplosivo e dalla pressione sviluppata durante la detonazione;
3. Determinazione delle aree e della quantità di aerosol che si deposita;
4. Stima del tasso di evaporazione relativo ad ogni area interessata in funzione della quantità di agente che vi si deposita;
5. Computo della dispersione utilizzando un modello di dispersione non gaussiano e dati di input forniti dal modello per l'evaporazione;
6. Valutazione dell'efficienza delle cortine d'acqua come sistema di mitigazione della dispersione di vapori di Iprite.

1. Detonazione

Calcolo della *Pressione di scoppio* per il successivo computo della velocità iniziale delle particelle:

- (forza dell'esplosivo)/(superficie) = $1795216/432.04$ (N/cm²) = 41550000 Pa = 415.5 Bar
- equazione proposta da Lees

$$\mathbf{X = M^{1/3} \exp[3.5031 - 0.7241 \ln(P) + 0.0398 (\ln(P))^2]}$$

dove:

X = distanza (ft) alla pressione (P)

M = massa di TNT (lbs)

P = sovrappressione (psi)

Risolvendo abbiamo una sovrappressione di 615 Bar.

- Metodo NASA: 525 Bar
- Pressione assunta: 518 Bar

Dispersione attiva e passiva di un liquido

- **Dispersione attiva:** le particelle di aerosol si disperdono per effetto della cessione di energia propria precedentemente acquisita dall'esplosivo durante la reazione di detonazione.
- **Dispersione passiva:** le particelle di aerosol si disperdono a causa di forze esterne (es. vento)

Velocità iniziale delle particelle

- Data l'impossibilità di determinare la velocità dell'aerosol formato nei primi istanti, si è assunto che il liquido fuoriesca sotto forma di aerosol con la stessa velocità dei frammenti.

Calcolo tramite il modello NASA: 169 m/s

- Diametro esterno del recipiente	m	.155
- Lunghezza fasciame del recipiente	m	.68
- Spessore del recipiente	mm	16.6
- Frazione di gas nel recipiente		.001
- Lunghezza del frammento	m	.0002
- Larghezza del frammento	m	.0002
- Angolo di partenza del frammento	°	30
- Peso recipiente	kg	46.1
- Pressione di rottura	Pa	5.25E+07
- Velocità iniziale	m/s	169
- Max distanza a cui arriva il frammento	m	9
- Massima altezza a cui arriva il frammento	m	3
- Velocità finale	m/s	4

2. Formazione dell'aerosol

Fase attiva

La dimensione delle gocce di aerosol è stata valutata secondo l'equazione proposta da Ayer et al.

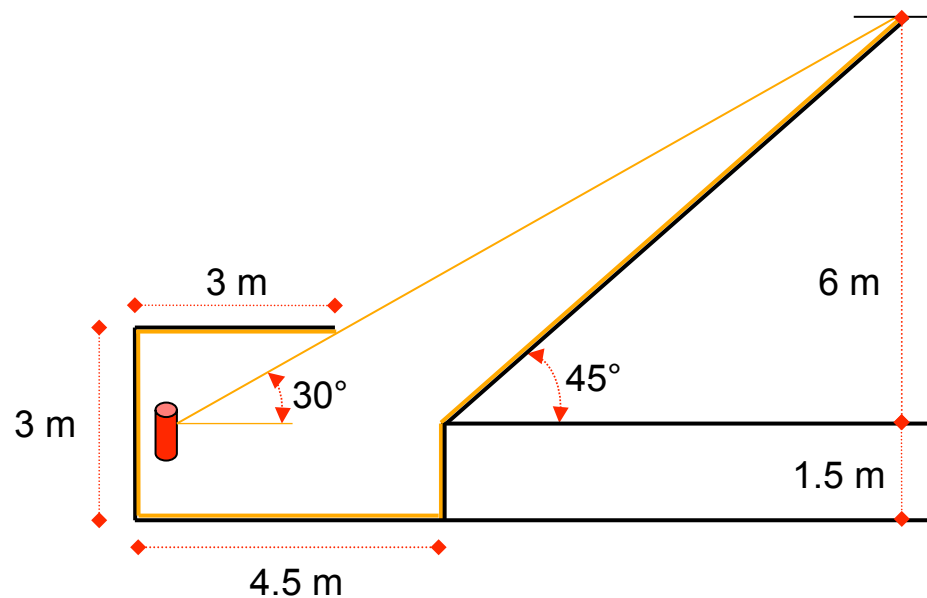
$$m = 38.962 M_R^{0.3617} = 205.6 \mu\text{m}$$

Dove:
$$M_R = \frac{W_T}{W_E}$$

- M_R - rapporto di massa
- W_E - forza dell'esplosivo espressa in grammi di TNT
- W_T - peso totale del materiale (esplosivo, materiale a rischio e qualsiasi materiale inerte) coinvolto nell'esplosione, (g).

3. Determinazione aree di deposizione

- Punto di detonazione nello spazio;
- Distanza massima di impatto delle particelle;
- Perimetro dell'area di deposizione all'esterno della blinda;
- Area totale in base al tipo caratteristiche superficiali.



Proiezione di aerosol

- a) Il modello NASA computa una gittata massima di 9 m e una altezza massima di 3 m.
- b) Dati calcolati con la formula:

$$y(x) = x \left(\tan \vartheta + \frac{g}{\mu v_0 \cos \vartheta} \right) + \frac{g}{\mu^2} \ln \left(1 - \frac{\mu}{\mu v_0 \cos \vartheta} x \right)$$

Utilizzando tali dati si stima che la gittata massima è di 10 m, creando così un area semicircolare sul terrapieno di raggio 8.48 m

x	y(x)
0	0,00
1	0,58
2	1,15
3	1,73
4	2,31
5	2,88
6	3,46
7	4,03
8	4,60
9	5,18
10	5,75
11	6,32
12	6,89
13	7,47

Quantità di aerosol che si deposita

Ipotesi:

- Distribuzione volumica uniforme dell'aerosol;
- Quantità specifica di aerosol contenuta nell'ipotetica piramide avente come base la superficie aperta della blindata e come vertice il punto di scoppio viene proiettata all'esterno;
- Quantità di agente che si deposita all'interno della blindata ottenuta dalla differenza tra la quantità di agente chimico totale e quantità proiettata all'esterno.

Superficie	(m²)	kg di iprite
Terreno	112.89	1.32
Cemento (esterno)	12.61	0.15
Cemento (interno)	45	3.83

Tabella Ripartizione del liquido sulle varie superfici

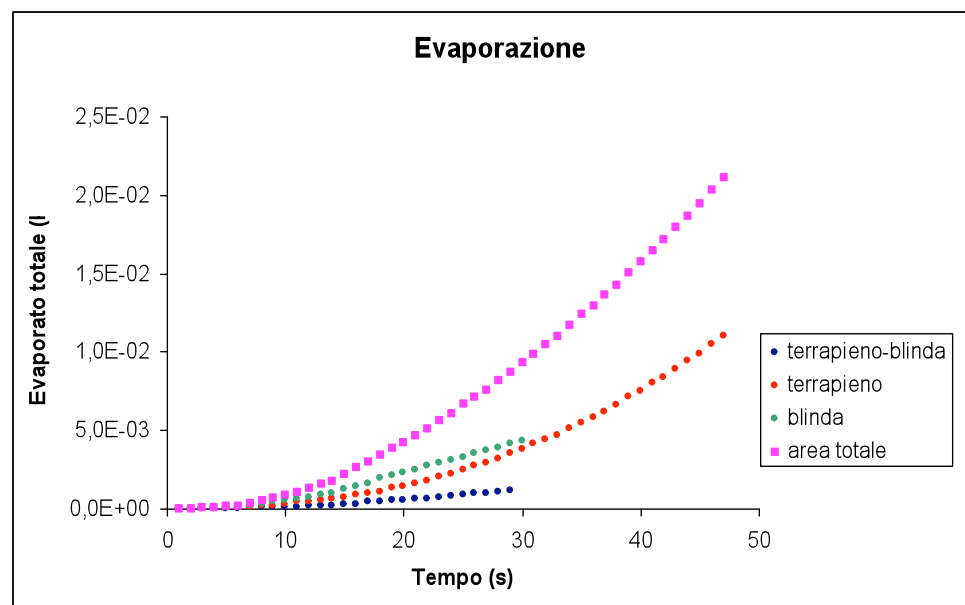
4. Stima del tasso di evaporazione

Calcolo del tasso di evaporazione:
modello di calcolo per l'evaporazione
istantanea

Dati di input:

- superficie
- massa Iprite depositata
- tipo di substrato
- temperatura ambiente
- temperatura del liquido

Rilascio istantaneo di liquido		
	Rateo (Kg/s)	Massa evaporata Kg/30s
Terrapieno	0.0006	0.0038
Superficie compresa tra il terrapieno e la blinda	0.0001	0.0011
Blinda	0.0002	0.0041
Sup. totale	0.0009	0.0090



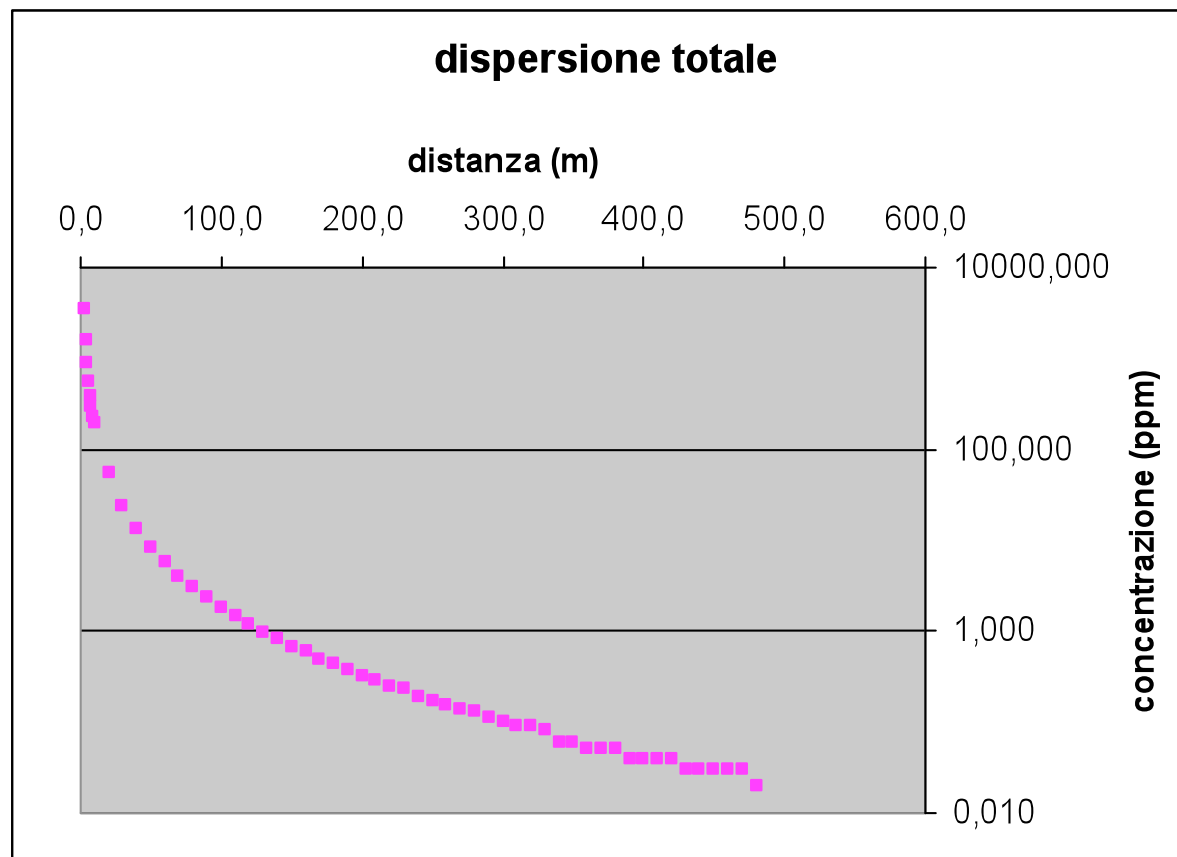
5. Computo della dispersione

- Modello di tipo non gaussiano
- Valori dei ratei di evaporazione calcolati utilizzati nel modello di calcolo per la dispersione
- Somma dei risultati ottenuti per ogni superficie per trovare la dispersione totale

Modello Huang		
Dati di input		
Fase o tipo di sostanza che fuoriesce		Liq.
Temperatura della sostanza che fuoriesce	K	298
Temperatura ambiente	K	293
Temperatura del substrato dove avviene il rilascio	K	293
Velocità del vento	m/s	2
Categoria di stabilità atmosferica		6
Parametro di rugosità	m	0.1
Altezza della sorgente	m	0.1
Larghezza pozza o sorgente	m	16.96
Portata dell'inquinante	kg/s	.0009
Concentrazione dell'inquinante	kg/g	1
Tempo di riferimento per la media	min	10
Passo di calcolo sull'asse Y	m	5
Quota di calcolo	m	1
Concentrazione di fine calcolo	ppm	.01

Computo della dispersione

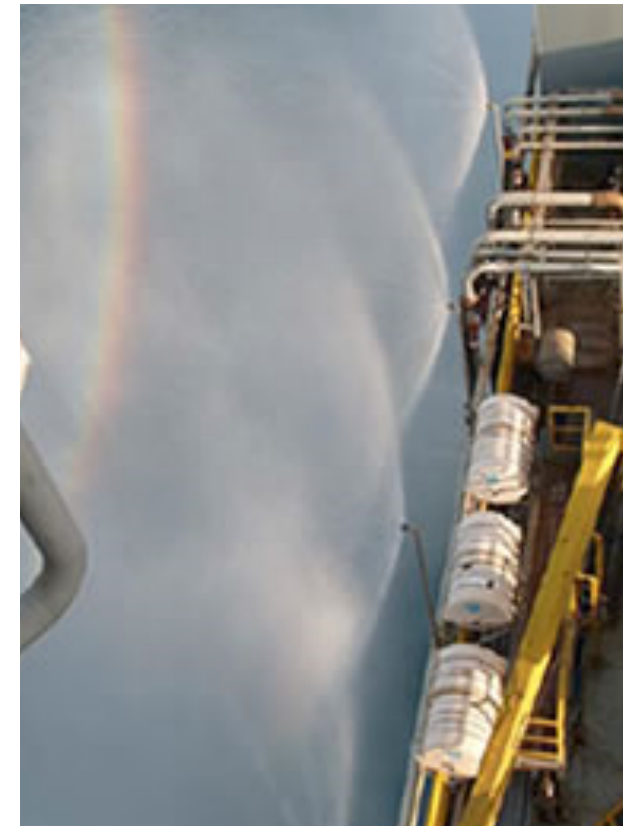
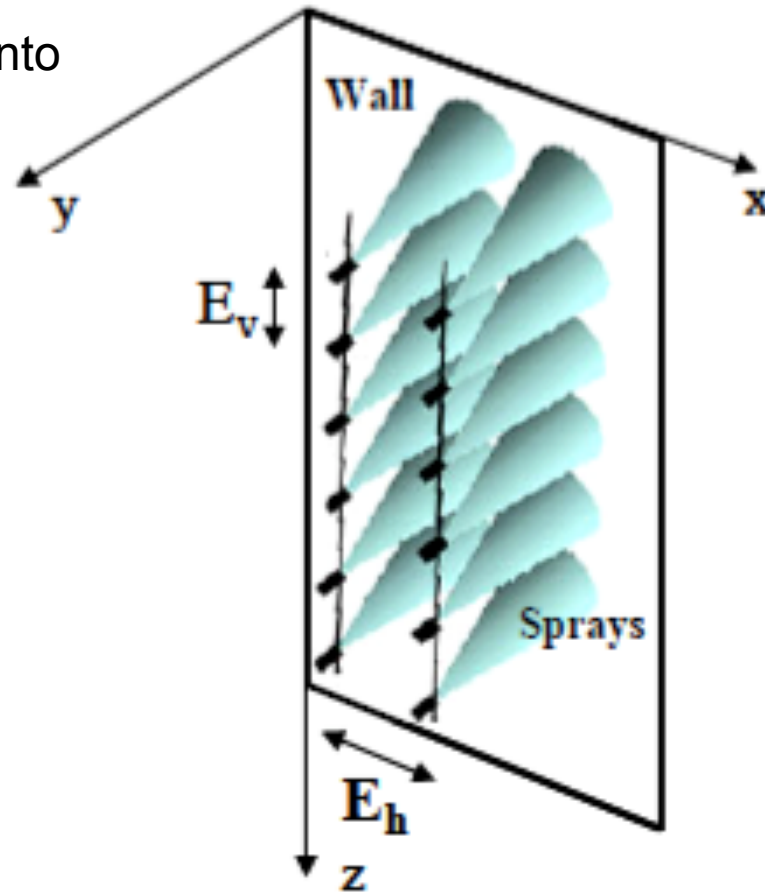
Applicazione del Modello Huang con dati di input:



Dispersione superficie totale; asse delle Y in scala logaritmica

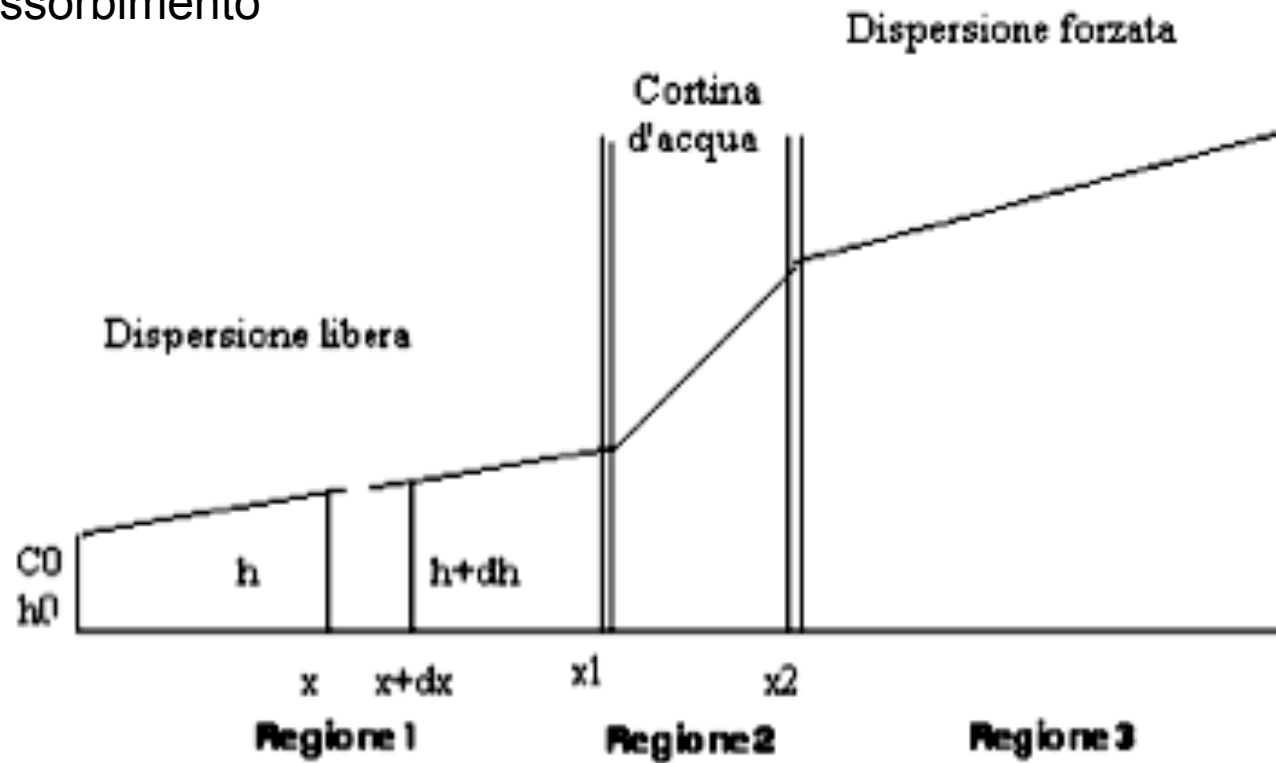
6. Le cortine d'acqua Funzione

- Diluizione
- Assorbimento



Le cortine d'acqua Funzione

- Diluizione
- Assorbimento



Dati di input per il dimensionamento della cortina e il calcolo della riduzione della concentrazione di iprite

- **Condizioni ambientali**
- **Valori di concentrazione di iprite calcolati col modello di dispersione**

Condizioni ambientali

Temperatura ambiente	°K	293
Temperatura del substrato dove avviene il rilascio	°K	293
Velocità del vento	m/s	2
Categoria di stabilità atmosferica		6
Parametro di rugosità	m	0.1
Altezza della sorgente	m	0.1
Concentrazione dell'inquinante	kg/kg	1
Tempo di riferimento per la media	min	10
Passo di calcolo sull'asse Y	m	5
Quota di calcolo	m	1

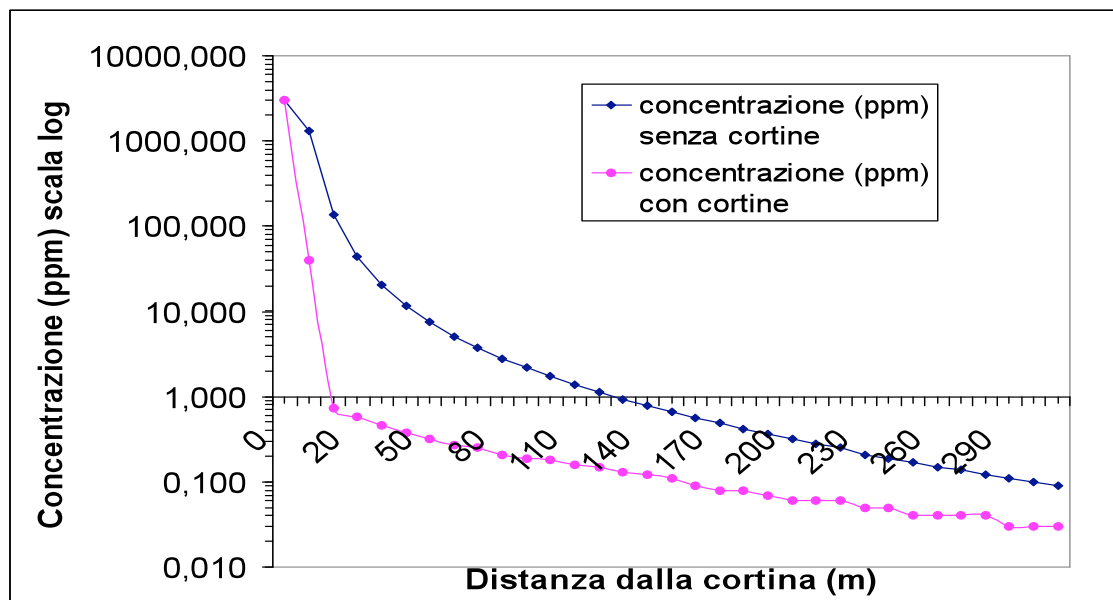
Dimensionamento della cortina d'acqua

Risultati di dimensionamento della cortina d'acqua in funzione della superficie di rilascio:

- Portata di acqua di 266 m³/h
- Pressione dell'acqua di 800 kPa
- Lunghezza cortina di circa 18 m

Angolo di uscita degli ugelli	°	60
Numero di flusso ugelli	L/(s·√Pa)	.0075
Pressione dell'acqua	KPa	800
Spaziatura degli spruzzatori	m	2
Distanza della cortina dalla sorgente	m	3
Estensione della cortina (lunghezza)	m	20
Umidità relativa dell'aria	Frazione	.75
Pressione parziale della sostanza nella soluz.	Pa	100
Diametro equivalente del getto	m	5.623
Lunghezza efficiente della cortina	m	17.747
Fabbisogno acqua	mc/h	265.64
Numero di ugelli necessario		11
Altezza muretto	m	2.027
Altezza efficiente della cortina	m	5.7

Andamento della concentrazione di Iprite con e senza cortina in funzione della distanza



- 12.30** LC_{t50} (ppm) (15L MV) 30 minuti di esposizione
- 0.77** EC_{t50} (ppm); effetti gravi; 120 minuti di esposizione; effetti medi 10 minuti di esposizione, percutaneo
- 0.38** EC_{t50} (ppm); effetti gravi; 30 minuti di esposizione, oculare
- 0.08** EC_{t50} (ppm); effetti medi; 2 minuti di esposizione, oculare
- 0.11** IDLH, 30 minuti di esposizione

Distanza (m)	Concentrazioni (ppm) Riduzione	
	Senza	Con cortina
0	2980,72	2980,72
1	1296,39	39,7
10	135,82	0,73
20	44	0,59
30	20,4	0,46
40	11,61	0,38
50	7,43	0,32
60	5,13	0,27
100	1,73	0,18
110	1,4	0,16
120	1,14	0,15
130	0,94	0,13
140	0,78	0,12
150	0,67	0,11
160	0,57	0,09
170	0,49	0,08
180	0,42	0,08
190	0,36	0,07
200	0,32	0,06
220	0,25	0,06
240	0,19	0,05
280	0,12	0,04
320	0,09	0,03
330	0,07	0,03
340	0,06	0,02

Conclusioni

1. Possibilità della descrizione dell'evento incidentale mediante la sua scomposizione e individuazione dei parametri chiave.
2. I risultati possono inserirsi in uno studio più approfondito per:
 - problematiche di *security* dovute ad uso di armi chimiche;
 - valutazione del rischio in operazioni di demilitarizzazione di ordigni a caricamento chimico.
3. Metodo per la progettazione delle cortine d'acqua come sistema per la mitigazione degli effetti della dispersione in atmosfera dal agente chimico.