

A photograph showing a fire incident at a waste site. A large fire is burning in the background, with thick black smoke rising into the sky. A fire truck is on the right, with a hose spraying water onto the fire. Several firefighters in dark uniforms with reflective stripes are standing in the foreground, looking towards the fire. One firefighter's uniform has 'VIGILI DEL FUOCO' written on the back, and another has 'ARPA' on the back. The ground is covered in ash and debris.

**Basi tecniche per la definizione  
delle azioni di ARPA Lombardia  
durante eventi emergenziali  
relativi a incendi**

**MAGGIO 2020**

## INDICE

GLOSSARIO .....	5
PREMESSA.....	6
INTRODUZIONE.....	8
RIFERIMENTI LEGISLATIVI E DOCUMENTALI.....	9
1. RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DATI STORICI RELATIVI AD INCENDI .....	10
1.1 Scopo del lavoro.....	10
1.2 Scelta dei parametri.....	10
1.3 Raccolta dati.....	13
1.4 Caratteristiche dei dati analitici.....	14
1.5 Formazione dei PCDD/DF a seguito di combustione .....	15
1.6 Analisi dell'archivio storico dei PCDD/DF negli incendi di ARPA Lombardia.....	18
1.7 Conclusioni .....	29
1.8 Appendice 1 – Caratteristiche dei 45 incendi considerati.....	31
1.9 Appendice 2 – Profili incendi .....	33
2. ULTERIORI SOSTANZE TOSSICHE CHE SI FORMANO A SEGUITO DI COMBUSTIONE .....	35
2.1 Premessa.....	35
2.2 IPA .....	36
2.3 PCB .....	38
2.4 Ossido di carbonio .....	39
2.5 Anidride carbonica.....	39
2.6 Idrogeno solforato .....	40
2.7 Anidride solforosa.....	40
2.8 Ammoniaca .....	40
2.9 Acido cianidrico .....	40
2.10 Acido cloridrico .....	40
2.11 Diossido di azoto.....	41
2.12 Aldeide acrilica .....	41
2.13 Fosgene .....	41
2.14 Fenolo.....	41
2.15 Aldeide formica.....	41

2.16 Tabella riepilogativa .....	41
2.17Casi particolari .....	42
2.17.1 Presenza di Amianto negli incendi.....	42
2.17.2 Combustione di biomasse .....	44
3. STRUMENTAZIONE PORTATILE IN DOTAZIONE .....	46
3.1 Premessa.....	46
3.2 Finalità .....	46
3.3 Campo di applicazione.....	46
3.3 Scelta dello strumento .....	47
3.4 Strategie di campionamento.....	49
3.5 Rilevatore multigas .....	49
3.5.1 Sensore IBUT (PID).....	50
3.5.2 Sensore IR-CH4: .....	52
3.5.3 Sensori elettrochimici .....	52
3.5.4 Rilevatore multigas Dräger X-AM 7000: ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO in CAMPO .....	56
3.5.5 RESTITUZIONE DATI.....	58
3.5.6 COMUNICAZIONE RISULTATI - cosa scrivere sul verbale.....	59
3.6 Sistemi con Fiale Dräger.....	60
3.6.1 Kit per test simultanei .....	61
3.6.2 FIALE che necessitano accortezze PARTICOLARI in dotazione ad ARPA.....	65
3.6.3 Casi particolari per la lettura/utilizzo delle fiale .....	66
3.6.4 Pompa automatica per fiale Dräger X-act 5000.....	68
3.6.5 Pompa Dräger manuale.....	71
3.7 Campionamento in ambiente tramite CANISTER.....	75
3.7.1 Istruzione per campionamento aria con Canister .....	79
3.7.2 Restituzione dati.....	79
4. COMUNICAZIONE IN OCCASIONE DI EVENTI EMERGENZIALI .....	80
4.1 Premessa.....	80
4.2 Criteri di riferimento per l'efficacia della comunicazione .....	80
4.3 Contenuti minimi della comunicazione di ARPA in caso di incendio .....	81

## Informazioni legali

ARPA Lombardia e le persone che agiscono per conto di ARPA Lombardia non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento.

Il Documento è stato realizzato dal Gruppo di Lavoro *Tavolo coordinamento emergenze* di ARPA Lombardia.

ARPA LOMBARDIA – Agenzia regionale protezione dell'ambiente della Lombardia  
Via I. Rosellini 17 – 20124 Milano  
[www.arpalombardia.it](http://www.arpalombardia.it)

## *Elaborazione grafica*

Michela Grillo

Autori

Giuseppe Sgorbati (coordinatore)

Vorne Gianelle

Domenico Marchesini

Eleonora Cuccia

Michela Grillo

Matteo Valota

Alessandra Ferrari

Maria Teresa Cazzaniga

Elena Bravetti

## *Hanno collaborato:*

Alberto Dieli

Roberto Micheletti

Marina Betti

Patrizia Franchini

Nicoletta Pasqualini

Stefania Tantillo

## GLOSSARIO

**OMS:** Organizzazione Mondiale della Sanità

**GSS ARIA:** Gruppo di Supporto Specialistico Contaminazione Atmosferica

**IPA:** Idrocarburi Policiclici Aromatici

**PCDD/DF:** dibenzo-p-diossine (PCDD o “diossine”) e dibenzo-p-furani (PCDF o “furani”)

**TEQ/I-TEQ:** Fattore di tossicità equivalente

**PCB:** policlorobifenili

## PREMESSA

Le attività di risposta alle emergenze pongono una serie di dilemmi che non trovano frequentemente una risposta organizzata a priori. Quali sono gli elementi di rischio che vanno considerati? In che quantità? Dove?

Ad ARPA spetta il ruolo, non banale, di garantire adeguati livelli di conoscenza dello stato dell'ambiente e della sua possibile evoluzione, parte fondamentale del processo decisionale complessivo che vede coinvolti numerosi attori, a partire da chi ha il gravoso compito istituzionale di assumere decisioni, che comprendono anche la scelta dei "limiti" da considerare nello specifico scenario.

Le informazioni che ARPA è in grado di produrre, nell'immediato, sono necessariamente semplificate e standardizzate ed i tempi necessari per ottenere informazioni più dettagliate e specifiche spesso non sono compatibili con quelli imposti dal processo decisionale tipico delle emergenze.

Di conseguenza: come rendere più efficiente ed efficace, a parità di condizioni tecniche, di tempi e mezzi disponibili, il contributo di ARPA nella gestione di un'emergenza? Il dilemma della conoscenza è particolarmente gravoso quando sembra che non vi siano le condizioni per avere a disposizione tutte le informazioni ritenute necessarie per poter formulare decisioni cruciali.

Il dilemma della conoscenza viene risolto, frequentemente, attraverso l'esperienza.

L'aver affrontato in passato situazioni simili a quella da fronteggiare, e conoscere quale sia stata la loro storia, il loro sviluppo, le loro conseguenze, le azioni intraprese, crea le basi per quelle interpolazioni ed estrapolazioni che generano capacità di reazione, minimizzando l'errore, anche in assenza di un set completo di informazioni.

Ma l'esperienza, purtroppo, è un'entità eminentemente individuale, difficilmente trasferibile.

Questo documento affronta la sfida del trasferimento dell'esperienza per un tema particolarmente rilevante: gli incendi di depositi di rifiuti, legali o meno, e la conseguente presenza in ambiente di microinquinanti, a partire dalle diossine.

La scelta è stata fatta in considerazione della particolare rilevanza ambientale e di allarme sociale del fenomeno, la grande eterogeneità delle potenziali situazioni da affrontare e l'impossibilità di dare risposte di carattere analitico sui microinquinanti in tempi compatibili con i processi decisionali emergenziali.

Le esperienze condotte in ARPA sono state utilizzate per comporre un quadro sistematico, integrato, condiviso e, appunto, trasferibile. Si è cercato di tramutare una sequenza di singoli episodi in una storia ambientale, in una mappa leggibile ed interpretabile, nella quale fosse possibile mettere in evidenza elementi regolari, singolarità, tendenze, schemi ricorrenti. Si sono così anche messe al sicuro dal rischio dispersione e di perdita di memoria le numerosissime preziose informazioni accumulate in molti anni di lavoro sul tema del rapporto tra incendi e diossine.

Questo lavoro cerca di mettere a disposizione di tutti gli operatori e amministratori chiamati a operare nel corso di un'"emergenza incendio", uno strumento pragmatico, che permetta un dialogo, nei momenti cruciali delle decisioni di protezione dei cittadini, basato su dati condivisi a priori, che



consenta di discutere di quello che potrà accadere sulla base di quanto è già accaduto, su una base analitica e documentata.

Infine, questo documento è indirettamente un richiamo a considerare il nostro lavoro non solo come una risposta immediata ai compiti che ci vengono imposti dalla realtà, ma anche a compiere “quel passo in più” perché il patrimonio delle conoscenze e competenze dell’Agenzia a partire da quelle dei suoi singoli Operatori, non sia dissipato ma anzi divenga la base fondante della propria identità e per la ricerca dei percorsi e delle azioni nel futuro.

Giuseppe Sgorbati

## INTRODUZIONE

Il presente documento intende essere un riferimento tecnico per i funzionari di ARPA Lombardia chiamati ad intervenire sullo scenario incendio.

Vista l'esperienza degli anni passati, caratterizzati da molteplici episodi emergenziali relativi a incendi sia industriali che di rifiuti, si è ritenuto utile offrire ai tecnici delle indicazioni pratico-operative relative ad aspetti contingenti dell'evento emergenziale. In particolare, nel presente documento saranno sviluppate la tematica dell'eventuale rilevazione delle diossine, l'utilizzo della strumentazione portatile in dotazione al Gruppo Base e la relativa interpretazione dei dati e, infine, la modalità con cui procedere alla predisposizione delle comunicazioni verso l'esterno, sia quelle di carattere continuativo, da pubblicare sul sito Internet di ARPA che quelle formali di scenario, da inviare agli Enti e Amministrazioni del territorio.

All'interno di questo documento si possono quindi trovare dei riferimenti utili per quanto riguarda:

- l'emissione di diossine durante combustioni incontrollate
- indicazioni in merito all'utilizzo della strumentazione portatile in dotazione all'Agenzia
- indicazioni in merito alle comunicazioni durante le emergenze

Il documento può altresì rappresentare una sintesi utile anche per i principali stakeholder e gli altri Enti coinvolti nella gestione di questa tipologia di emergenze: quanto raccolto e rappresentato, in particolare circa le caratteristiche degli eventi e l'evoluzione temporale degli stessi, può servire ad inquadrare, almeno in prima battuta, uno scenario di riferimento, una possibile evoluzione nel tempo e alcuni principali descrittori ambientali.



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E DOCUMENTALI

1. Legge regionale 16 agosto 1999, n. 16 "Istituzione dell'Agenzia Regionale Protezione dell'Ambiente della Lombardia - ARPA"
2. Legge 28 giugno 2016, n. 132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale."
3. Decreto Legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 "Codice della Protezione Civile"
4. Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"
5. World Health Organization (WHO) – Air Quality Guidelines - Global Update 2005
6. PD.DG.031 – Manuale per la risposta alle emergenze di ARPA Lombardia
7. LG.DG.101 - Linee Guida sulle modalità di intervento del personale di ARPA facente parte del Gruppo Base nel corso di Emergenze Ambientali
8. IO.AR.017 – Intervento del Gruppo di Supporto Specialistico Contaminazione Atmosferica

# 1. RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DATI STORICI RELATIVI AD INCENDI

## 1.1 Scopo del lavoro

Da diversi anni ARPA Lombardia effettua, in occasione di incendi di diversa natura e durata, campionamenti in aria di sostanze che si possono considerare come “traccianti” dell’incendio in esame.

Le sostanze ricercate nel corso degli anni con regolarità sono diossine, furani e IPA; tali sostanze necessitano lunghi tempi di campionamento e soprattutto di analisi, incompatibili con la gestione immediata dell’emergenza in corso, ma sono in grado di consentire valutazioni a posteriori in merito alla dinamica e alla evoluzione dell’incendio. Diossine, furani e IPA, a differenza di altre sostanze liberate nel corso di incendi non determinano effetti tossici acuti, ma sono pericolose per il bioaccumulo. L’Agenzia dispone di un archivio di dati di questi composti raccolti in situazioni di emergenza, per definizione non omogenei tra loro, ma di estremo interesse. È infatti praticamente inesistente, a livello nazionale, una banca dati relativa a rilevazioni effettuate durante incendi a scala reale.

Lo scopo del presente lavoro è quello di mettere a sistema e valutare in maniera organica e integrata i dati storici relativi alle rilevazioni effettuate durante gli incendi nei quali ARPA ha eseguito tali valutazioni, per pervenire alla definizione di scenari tipo o di qualche forma di correlazione “predittiva” che possa essere utilizzata durante le fasi dell’emergenza per decidere se fare o meno campionamenti di microinquinanti e per fornire indicazioni di massima circa la possibile evoluzione dell’evento, in attesa delle analisi reali.

## 1.2 Scelta dei parametri

Il monitoraggio dell’aria durante un incendio ha come obiettivo principale la raccolta di informazioni che consentano nei tempi tecnici previsti la determinazione di elementi utili per una conseguente valutazione dell’impatto ambientale dell’incendio, sia dal punto di vista ambientale sia per le successive determinazioni di ordine sanitario.

A tal fine è quindi importante la scelta di cosa, quando, come e dove monitorare. In particolare, è necessario che il monitoraggio faccia riferimento a traccianti il più possibile specifici dell’incendio, altrimenti potrebbe risultare molto difficile attribuire i risultati delle rilevazioni effettuate all’evento.

Ad esempio, nel periodo invernale in certe valli montane la combustione di biomasse ai fini del riscaldamento domestico è cosa molto diffusa; tale combustibile è attualmente una fonte importante di IPA. Pertanto, il monitoraggio dei soli IPA durante un incendio in tali località e nei periodi freddi dell'anno non permetterebbe di discriminare il contributo emissivo dell'incendio rispetto alle altre sorgenti e quindi di valutare correttamente l'impatto dell'incendio stesso.

Altra esigenza per poter fare una adeguata interpretazione dei risultati del monitoraggio è avere a disposizione serie storiche di dati con le quali confrontarsi.

Ulteriore elemento da considerare nella scelta dell'inquinante da monitorare durante un incendio è l'esistenza di norme nazionali o internazionali ovvero documenti contenenti raccomandazioni, indirizzi, ecc., che possano costituire riferimenti.

In un incendio sono moltissime le sostanze che possono essere prodotte. Prima di monitorare una qualsiasi di queste sostanze è necessario chiedersi preventivamente il significato del dato che si andrà a produrre; infatti l'esperienza ha dimostrato che l'eventuale incapacità di circostanziare il risultato può avere diverse conseguenze, tra le quali anche la generazione di allarmismo ingiustificato.

Sulla base di tutte le considerazioni precedenti sono stati scelti quali inquinanti "traccianti" tipici di un incendio, così da distinguere il suo impatto da altre fonti di inquinamento, la classe delle diossine e dei furani (PCDD-DF), insieme alla classe degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Ciò non esclude ovviamente, in casi specifici, l'opportunità di monitoraggio anche di altre sostanze.

È importante ricordare che per i PCDD-DF non è previsto un limite di legge. Pertanto, quale primo riferimento si possono considerare le concentrazioni di PCDD-DF di fondo ovvero determinate in condizioni non alterate; data la complessità e l'onerosità delle analisi di PCDD-DF, i dati storici per questa classe di inquinanti non sono molto numerosi, ovvero non sono estesi a tutto il territorio lombardo né fanno riferimento a serie temporali lunghe. Tuttavia, dai dati presenti negli archivi dell'Agenzia alcune utili considerazioni si ritiene si possano comunque trarre; nella tabella sottostante si riportano le concentrazioni di PCDD-DF rilevate nel tempo in alcune località lombarde in occasione di specifici progetti di monitoraggio della qualità dell'aria.

Località	Provincia	Periodo		PCDD-DF media (pgTEQ/m <sup>3</sup> )
		dal	al	
Bottanuco	BG	20 dicembre 2016	28 febbraio 2017	0.075
Filago	BG	20 dicembre 2016	28 febbraio 2017	0.030
Madone	BG	20 dicembre 2016	28 febbraio 2017	0.046
Bergamo	BG	20 dicembre 2016	28 febbraio 2017	0.029
Brescia Via Cantore	BS	2 dicembre 2013	24 marzo 2014	0.021
Brescia Via Cantore	BS	28 dicembre 2015	24 febbraio 2016	0.117
Brescia Circoscrizione	BS	2 dicembre 2013	24 marzo 2014	0.035
Brescia Villaggio Sereno	BS	2 dicembre 2013	24 marzo 2014	0.028
Milano Via Pascal	MI	27 luglio 2013	16 agosto 2013	0.010
Milano Via Pascal	MI	10 febbraio 2014	10 marzo 2014	0.034
Dorno	PV	22 dicembre 2016	7 febbraio 2017	0.035
Galliavola	PV	2 dicembre 2017	7 febbraio 2017	0.012
Parona	PV	22 luglio 2013	16 agosto 2013	0.056
Parona	PV	10 febbraio 2014	10 marzo 2014	< 0.060
Pieve Albignola	PV	22 dicembre 2016	31 dicembre 2016	0.027
Pieve Albignola	PV	5 febbraio 2017	25 febbraio 2017	0.014

TABELLA 1

Dalla tabella risulta che, in condizioni di qualità dell'aria non alterata da eventi emissivi straordinari, la concentrazione di PCDD-DF è generalmente inferiore 0.10 pgTEQ/m<sup>3</sup>, valore considerato come concentrazione di riferimento tipica in ambito urbano.

L'OMS nel suo documento "Air Quality Guide Lines for Europe" non suggerisce alcun valore di limite per l'aria ambiente, dal momento che l'esposizione della popolazione a PCDD-DF per inalazione diretta costituisce solo una piccola percentuale - generalmente inferiore al 5% - di quanto l'uomo assume normalmente ogni giorno attraverso il cibo. Pertanto, l'OMS individua solo un valore di 0.30 pgTEQ/m<sup>3</sup> (300 fgTEQ/m<sup>3</sup>) come indicativo della presenza di una sorgente locale che necessita di essere individuata e controllata; tale valore non è quindi rilevante ai fini degli effetti sanitari diretti da inalazione, ma al fine di evitare la dispersione prolungata di questi inquinanti nell'ambiente e da qui, nel tempo, attraverso il meccanismo del bio-accumulo che va ad alterare la catena alimentare, l'esposizione dell'uomo. Nel caso degli incendi la sorgente è nota e, generalmente, superata la fase acuta, nell'arco delle 24/48 ore successive i valori dei contaminanti atmosferici rientrano nei livelli normalmente registrati nelle zone monitorate nel medesimo periodo dell'anno.

Pertanto, una concentrazione di PCDD-DF inferiore a **0.30** pgTEQ/m<sup>3</sup> (300 fgTEQ/m<sup>3</sup>) è stata considerata quale riferimento per il rientro ad una condizione indicativa di un **impatto non significativo** sulla qualità dell'aria di un incendio, fatto salvo ovviamente eventuali altri specifici indicatori.

## 1.3 Raccolta dati

I campionamenti di diossine e IPA in aria con campionatori ad alto volume vengono effettuati dal GSS-CA in orario di reperibilità e dal personale dell'UO Qualità dell'Aria durante il normale orario di servizio, in occasione di incendi presso installazioni industriali e/o depositi di rifiuti per i quali è prevista una durata prevista approssimativa dell'evento superiore alle 6 h. L'individuazione di tale durata minima di riferimento deriva principalmente dal fatto che solo incendi di lunga durata possono assicurare il campionamento di un quantitativo adeguato da sottoporre all'analisi, anche considerando i tempi di spostamento e di installazione del campionatore. Durate inferiori dell'incendio non consentirebbero alcuna rilevazione utile.

Il campionamento viene effettuato mediante sistemi di prelievo ad alto volume, che sono in grado di lavorare con flussi dell'ordine di 200 litri/minuto o maggiori, ovvero dell'ordine di 10 m<sup>3</sup>/h o più. Si tratta quindi di flussi di prelievo di un ordine di grandezza superiore a quello impiegato dai più tradizionali sistemi di prelievo utilizzati nelle Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). I sistemi utilizzati, inoltre, non fanno alcuna particolare selezione del particolato aerodisperso, cioè non sono dotati di selettore per la frazione PM<sub>10</sub> o PM<sub>2.5</sub>. Si utilizzano sistemi di prelievo ad alto volume poiché è necessario raccogliere quantità importanti di polveri aerodisperse, dell'ordine della decina milligrammi di polvere, affinché, con le tecniche analitiche in uso, si riescano a raggiungere adeguati limiti di rilevabilità (dell'ordine di 10 fg/m<sup>3</sup> per i vari congeneri dei PCDD-DF). Il campione di polvere è raccolto su filtri a membrana; considerati gli elevati flussi e volumi di prelievo, si utilizzano filtri a matrice di fibre (in microfibre di vetro o in fibre di quarzo), gli unici con adeguata capacità di carico e basso rischio di intasamento.

In serie al filtro a membrana, i sistemi ad alto volume utilizzati sono dotati di un alloggiamento ove viene posta una spugna cilindrica di poliuretano (PUF) capace di adsorbire le PCDD-DF che possono sfuggire al filtro poiché non presenti in fase particolata; le analisi dei PCDD-DF fino ad ora sono state effettuate sul campione complessivo (filtro e PUF) così da avere i PCDD-DF aerodispersi totali, cioè la somma dei PCDD-DF in fase particolata e in fase gassosa. Nella maggior parte delle situazioni trattate il primo campionamento ha una durata di circa 12 ore, con volumi campionati di circa 150 m<sup>3</sup>, i campionamenti successivi sono realizzati con durata di 24 ore.

La scelta del sito di prelievo è stata effettuata laddove possibile, in ordine di priorità, secondo i seguenti criteri: in area abitata, prevalentemente sottovento ai fumi, in un'area corrispondente ad un recettore sensibile (es. scuola, ospedale, casa di riposo, etc.), in una proprietà pubblica (scuola pubblica, area di proprietà comunale, caserma dei carabinieri, etc.) con disponibilità di alimentazione elettrica, in un sito sicuro sia per gli operatori che per la strumentazione. L'ordine di priorità è conseguenza degli obiettivi del monitoraggio precedentemente esposti.

Il fatto di non poter disporre a priori di siti confrontabili non permette sempre un confronto diretto delle concentrazioni assolute rilevate nelle diverse situazioni indagate; di questo aspetto si è tenuto conto nelle elaborazioni successive. Tuttavia, i dati consentono un confronto delle concentrazioni relative osservate, allo scopo di poter "pesare" il singolo evento in relazione agli altri.

## 1.4 Caratteristiche dei dati analitici

Le sostanze determinate sono di norma relative alle seguenti famiglie di composti:

- PCCD/DF (Diossine)
- IPA (Idrocarburi policiclici aromatici)

Nella tabella sono riportati i singoli composti appartenenti alla famiglia PCCD/DF con i relativi fattori di tossicità equivalente, così come rispettivamente desunti I-TEF NATO/CCMS dal “International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxin and related compounds, 186, 1988” e TEF OMS da “The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds”

CAS NR <sup>1</sup>	PCCD/DF	IUPAC NAME	I-TEF NATO/CCMS 1988	TEF OMS 2005
1746-01-6	2,3,7,8 TCDD	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	1	1
40321-76-4	1,2,3,7,8 PeCDD	1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxin	0.5	1
39227-28-6	1,2,3,4,7,8 HxCDD	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzodioxin	0.1	0.1
57653-85-7	1,2,3,6,7,8 HxCDD	1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	0.1	0.1
19408-74-3	1,2,3,7,8,9 HxCDD	1,2,3,7,8,9- Hexachlorodibenzo-p-dioxin	0.1	0.1
35822-46-9	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	1,2,3,4,6,7,8-Heptadichlorodibenzo-p-dioxin	0.01	0.01
3268-87-9	OCDD	1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlorodibenzo-p-dioxin	0.001	0.0003
51207-31-9	2,3,7,8 TCDF	2,3,7,8-Tetradichlorodibenzofuran	0.1	0.1
57117-41-6	1,2,3,7,8 PeCDF	1,2,3,7,8-Pentadichlorodibenzofuran	0.05	0.03
57117-31-4	2,3,4,7,8 PeCDF	2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofuran	0.5	0.3
70648-26-9	1,2,3,4,7,8 HxCDF	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuran	0.1	0.1
57117-44-9	1,2,3,6,7,8 HxCDF	1,2,3,6,7,8- Hexachlorodibenzofuran	0.1	0.1
60851-34-5	2,3,4,6,7,8 HxCDF	2,3,4,6,7,8- Hexachlorodibenzofuran	0.1	0.1
72918-21-9	1,2,3,7,8,9 HxCDF	1,2,3,7,8,9- Hexachlorodibenzofuran	0.1	0.1
67562-39-4	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	1,2,3,4,6,7,8- Hexachlorodibenzofuran	0.01	0.01
55673-89-7	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-Heptadichlorodibenzofuran	0.01	0.01
39001-02-0	OCDF	1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlorodibenzofuran	0.001	0.0003

TABELLA 2

<sup>1</sup> Il CAS NR è il numero identificativo univoco di ogni sostanza attribuito dal Chemical Abstract Service, divisione della American Chemical Society

In questo modo è possibile esprimere la concentrazione totale dei PCDD-DF come sommatoria delle concentrazioni assolute dei diversi congeneri, ciascuna moltiplicata per il relativo TEF:

$$C_{TEQ} = \sum_i C_i TEF_i$$

dove  $C_i$  è la concentrazione rilevata dell' $i$  –esimo congenere e  $TEF_i$  il relativo fattore di tossicità equivalente.

Per gli IPA, fino al tutto il 2018, si determinavano i seguenti congeneri:

CAS NR	IPA	IUPAC Name
56-55-3	B(a)A	Benzo(a)antracene
207-08-9	B(k)F	Benzo(k)fluorantene
205-82-3	B(j)F	Benzo(j)fluorantene
205-99-2	B(b)F	Benzo(b)fluorantene
50-32-8	B(a)P	Benzo(a)pirene
193-39-5	Ind(1,2,3,c,d)P	Indeno(1,2,3,c,d)pirene
53-70-3	dB(a,h)A	Dibenzo(a,h)antracene
192-65-4	dB(a,e)P	Dibenzo(a,e)pirene
191-30-0	dB(a,l)P	Dibenzo(a,l)pirene
189-55-9	dB(a,i)P	Dibenzo(a,i)pirene
189-64-0	dB(a,h)P	Dibenzo(a,h)pirene
191-24-2	B(g,h,i)Perilene	Benzo(g, h, i,)perilene

TABELLA 3

Poiché nella valutazione dei risultati, come già descritto in precedenza, è necessario confrontarsi con riferimenti normativi o comunque con serie storiche consolidate, dal 2019 vengono determinati i primi 8 congeneri in tabella, ovvero quelli previsti dalla normativa vigente sulla qualità dell'aria (Decreto Legislativo 155/10) e per i quali esistono lunghe e sistematiche serie storiche in almeno 14 siti di differente classificazione in Lombardia.

Dati gli obiettivi del presente documento, nel seguito verrà trattato solo il tema dei PCDD/DF. Le altre sostanze saranno oggetto di approfondimento in futuri aggiornamenti.

## 1.5 Formazione dei PCDD/DF a seguito di combustione

Durante un incendio hanno luogo molteplici processi di tipo chimico e fisico

Tra i processi fisici identifichiamo:

- riscaldamento
- evaporazione di sostanze

Tra i processi chimici identifichiamo:

- combustione



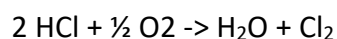
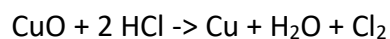
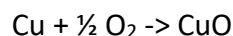
- pirolisi
- decomposizioni
- reazioni tra i processi di combustione

Questi processi dipendono dal calore di evaporazione delle sostanze. Si possono sviluppare differenti processi chimici in dipendenza da molti fattori come la temperatura, l'estensione dell'incendio, la distribuzione della temperatura. Inoltre, la combustione può essere completa o incompleta e questo aspetto ha influenza sui prodotti che si formano.

Quando la temperatura e l'ossigeno sono sufficienti si ha la completa ossidazione della sostanza. Sostanze che contengono carbonio (C) e idrogeno (H) bruciando si trasformano in CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Quando abbiamo una combustione non completa o un'ossidazione non completa si formano oltre che CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, anche CO e altri prodotti. Il fumo si forma in caso di combustione non completa. Questi prodotti sono chiamati prodotti di combustione secondaria, perché si generano dalla decomposizione delle sostanze originarie. In assenza di ossigeno il riscaldamento produce pirolisi che può dare origine a molti altri composti dei quali non è possibile prevedere tipologia e numero. Sono sempre possibili anche reazioni tra i prodotti di combustione, molte delle quali possono avvenire contemporaneamente.

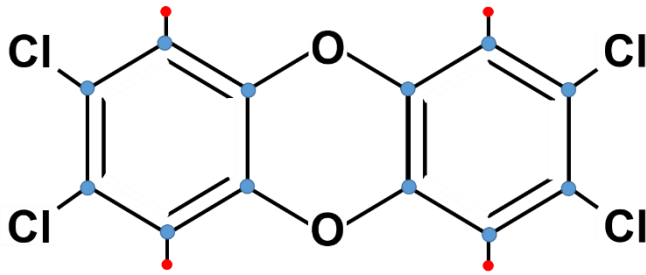
Se sono presenti etero atomi (Cl, S e similari) oltre alle sostanze di cui sopra si genera HCl, COCl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e COS. I prodotti di combustione secondaria dovuti alle reazioni tra i prodotti di combustione primaria sono normalmente difficilmente prevedibili. Esiste un'eccezione, rappresentata dai PCDD/DF.

È dimostrato che i composti della famiglia delle diossine si formano durante la fase iniziale della combustione di materiali, quando la combustione genera HCl gassoso, in presenza di catalizzatori metallici, quali ad esempio il rame e il ferro. Responsabile principale della formazione di composti appartenenti alla famiglia delle diossine è il cloro "organico", cioè cloro legato a composti organici polimerici, ad esempio il polivinilcloruro (PVC). La presenza di cloro e di metalli nel materiale combusto pone le due principali condizioni per la formazione delle diossine. Il cloro, nella forma di acido cloridrico gassoso viene liberato durante la combustione dalla dereticolazione dei polimeri clorurati a circa 300 °C, quindi forma cloro gassoso se l'acido viene a reagire con l'ossido di un metallo di transizione in forma bivalente, quale ferro o meglio il rame, secondo la cosiddetta reazione di Deacon:

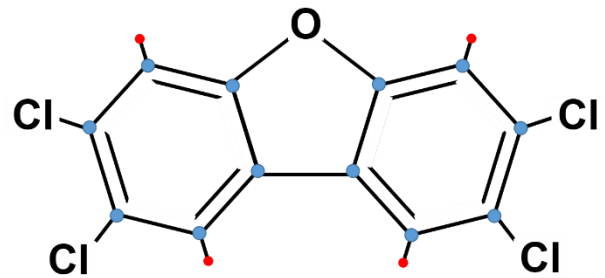


Il cloro risultante si lega agli anelli benzenici durante la fase di combustione sostituendosi ad atomi di carbonio negli anelli benzenici. Nell'immagine seguente si riporta la formula di struttura del 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-diossina, il congenere denominato anche "diossina di Seveso" e del 2,3,7,8 tetraclorodibenzofurano.

2,3,7,8 TCDD  
2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina  
 $C_{12}H_4Cl_4O_2$

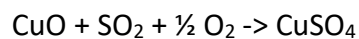


2,3,7,8 TCDF  
2,3,7,8 tetraclorodibenzofurano  
 $C_{12}H_4Cl_4O$



La struttura dei PCDD è quindi quella di due anelli benzenici tra loro legati da 2 atomi di ossigeno con un numero variabile di atomi di cloro che sostituiscono gli atomi di idrogeno. Nei PCDF i due anelli benzenici sono tra loro legati da un atomo di carbonio dei rispettivi anelli benzenici e da un atomo di ossigeno.

La presenza di zolfo nel materiale in combustione porta rapidamente alla passivazione del rame e quindi all'inibizione della funzione di catalizzatore:



Il primato nella produzione di HCl e nella realizzazione della reazione di Deacon è posseduto dal cloro organico a scapito del cloro inorganico, per una semplice considerazione di tipo chimico fisico: il cloro organico è legato a polimeri che a 300 °C dereticolano e formano HCl, mentre alla stessa temperatura il cloruro di sodio o di calcio non produce alcuna emissione gassosa di HCl, a meno che non si trovi assorbito sulla superficie di argille o di altre forme silicatiche che possono formare dei catalizzatori. È anche provato che le stesse fly ash divengono catalizzatori per il cloruro di sodio, di calcio e di potassio per formare HCl. Un'ulteriore considerazione si deve fare circa il ruolo dell'ossigeno nella combustione. In presenza di ossigeno in difetto o comunque in miscela non ridondante, nella combustione a bassa temperatura si formano IPA (idrocarburi policiclici aromatici), i quali reagiscono con il cloro gassoso durante il percorso dei fumi e possono formare organoclorurati. Affinché si formino diossine, quindi, devono essere presenti tutte queste condizioni:

1. presenza di sostanze clorate, di tipo prevalentemente organico
2. presenza di metalli di transizione (Fe, Cu)
3. presenza di sostanze che forniscono idrogeno (materiali organici)
4. temperature comprese tra 200 e 500 °C
5. combustione in presenza di ossigeno in difetto
6. assenza di zolfo

La termodinamica dei processi di sintesi delle diossine è fortemente favorita da reazioni a più bassa temperatura, sia per motivi energetici che entropici. Questo è il motivo per cui gli impianti in cui la

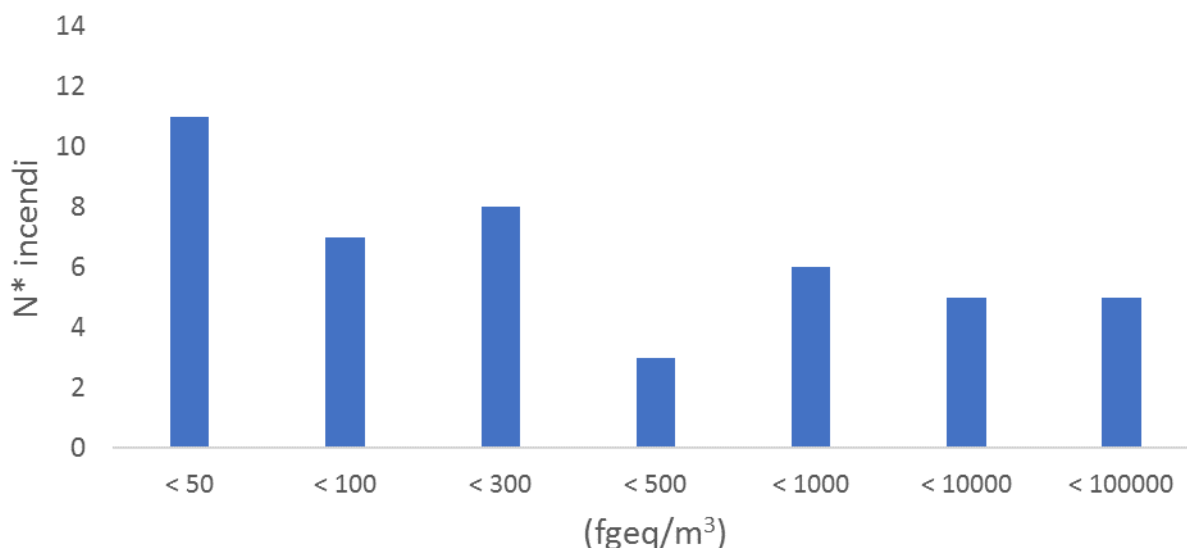
combustione può portare alla formazione delle stesse, sono costretti a funzionare a temperature elevate, indipendentemente dalla convenienza generale dei processi. Per evitarne la formazione in fase di raffreddamento, è necessario introdurre processi di quenching (spegnimento o raffreddamento rapido), sfruttando così aspetti cinetici per contrastarne la stabilità termodinamica.

Le diossine, stante la loro alta temperatura di ebollizione (e di fusione), non si ritrovano primariamente in forma gassosa, ma solida, quindi per quanto riguarda l'emissione atmosferica, nel particolato. Le diossine si generano anche in assenza di combustione, ad esempio nella sbiancatura della carta e dei tessuti fatta con cloro e nella produzione di clorofenoli, specie quando la temperatura non è ben controllata. Può essere il caso della produzione degli acidi 2,4-diclorofenossiacetico e 2,4,5-triclorofenossiacetico, noti diserbanti. Per quanto riguarda i processi di combustione, possiamo ritrovarle in: industrie chimiche, siderurgiche, metallurgiche, industrie del vetro e della ceramica, nel fumo di sigaretta, nelle combustioni di legno e carbone (es. barbecue, camini e stufe), nella combustione (accidentale o meno) di rifiuti solidi urbani avviati in discarica o domestici, nella combustione di rifiuti speciali obbligatoriamente inceneribili (esempio rifiuti a rischio biologico, ospedalieri) in impianti inadatti, nei fumi delle cremazioni, delle centrali termoelettriche e degli inceneritori.

## 1.6 Analisi dell'archivio storico dei PCDD/DF negli incendi di ARPA Lombardia

In questo lavoro sono stati analizzati 45 incendi verificatisi tra il 2013 ed il 2019 in Lombardia; nella Tabella in allegato 1 sono riportate le caratteristiche principali degli incendi considerati.

Sono state dunque prese in considerazione le concentrazioni delle diverse diossine (PCDD) e furani (PCDF) rilevati, espressi come concentrazione totale tra la fase gassosa e la fase particolata. Per ogni incendio è stata anche calcolata la concentrazione totale dell'insieme dei congeneri, espressa in termini di tossicità equivalente alla 2,3,7,8, TetraCloroDibenzoDiossina (2,3,7,8 TCDD – detta anche “diossina di Seveso”) tenuto conto dei fattori di tossicità indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2005 (TEF OMS 2005). Per il calcolo della tossicità equivalente, quando presenti valori inferiori al limite di rilevabilità, è stata utilizzata la metà di tale valore. Gli incendi presentano concentrazioni totali espresse in termini di tossicità equivalente di PCDD/DF molto diverse tra loro (tra 1 e 100.000 fgTEQ/m<sup>3</sup>) (Figura 1). Sono emersi 19 incendi con un valore di concentrazione di diossine e furani totali maggiore del valore di riferimento di 0,30 pgTEQ/m<sup>3</sup> (300 fgTeq/m<sup>3</sup>) individuato dall'OMS quale indicativo di una situazione di inquinamento in atto meritorio di approfondimento.



**Figura 1: Distribuzione del numero degli incendi considerati in 7 classi di concentrazione.**

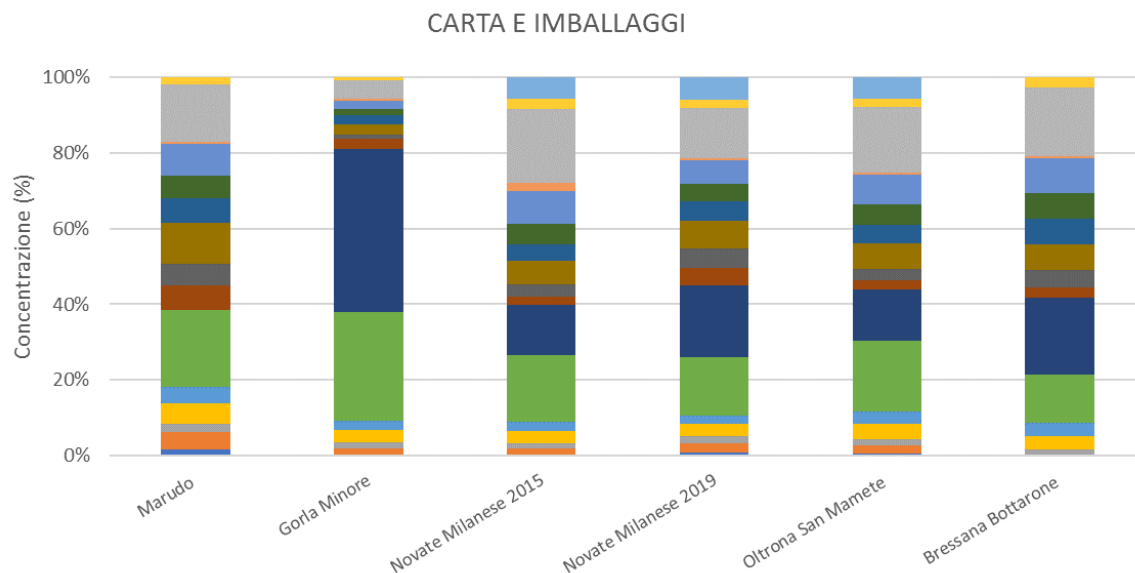
Anche le concentrazioni dei singoli composti di diossine e furani sono molto diverse tra gli incendi, sia in termini di concentrazioni assolute, sia in termini di concentrazioni relative. Per valutare la presenza o meno di caratteristiche comuni tra gli incendi dal punto di vista delle diossine e furani emessi, sono stati costruiti i profili degli incendi considerati, ovvero le concentrazioni percentuali di PCDD e PCDF rispetto alla somma totale di essi. Nella costruzione dei profili sono stati considerati solo le diossine ed i furani presenti con concentrazione maggiori del limite di rilevabilità.

Sono stati considerati inizialmente solo i dati raccolti durante il primo giorno successivo all'incendio e, come prima analisi, gli incendi sono stati divisi per categorie a partire dalla tipologia di materiale combusto. In **Figura 2** è riportata la legenda relativa a tutte le figure seguenti; per non appesantire il testo, questa non verrà più ripetuta, ma il codice colore rimarrà invariato.

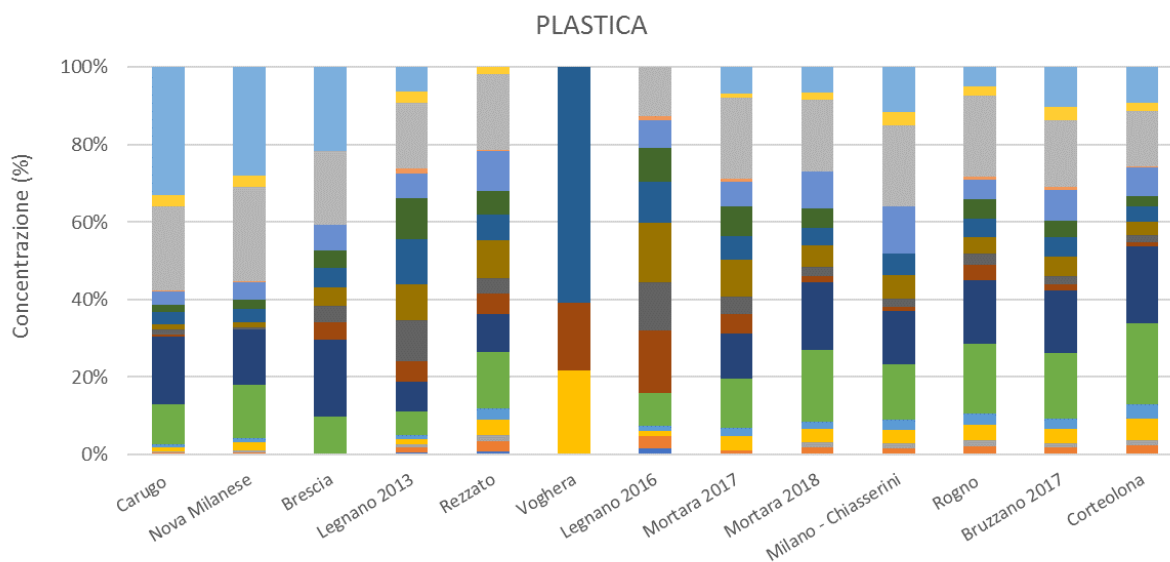
Sono state individuate 5 classi di materiale combusto denominate **Carta e Imballaggi, Plastica, Materiale vario, Attività e Materiali Ferrosi** (Figure 3-7). Purtroppo, non è sempre stato possibile essere precisi nell'individuazione esatta del materiale bruciato durante gli incendi, soprattutto perché nella maggior parte dei casi non brucia una sola tipologia di materiale. Nella categoria **Attività** rientrano gli incendi che non coinvolgono rifiuti o altra specifica tipologia di materiale.



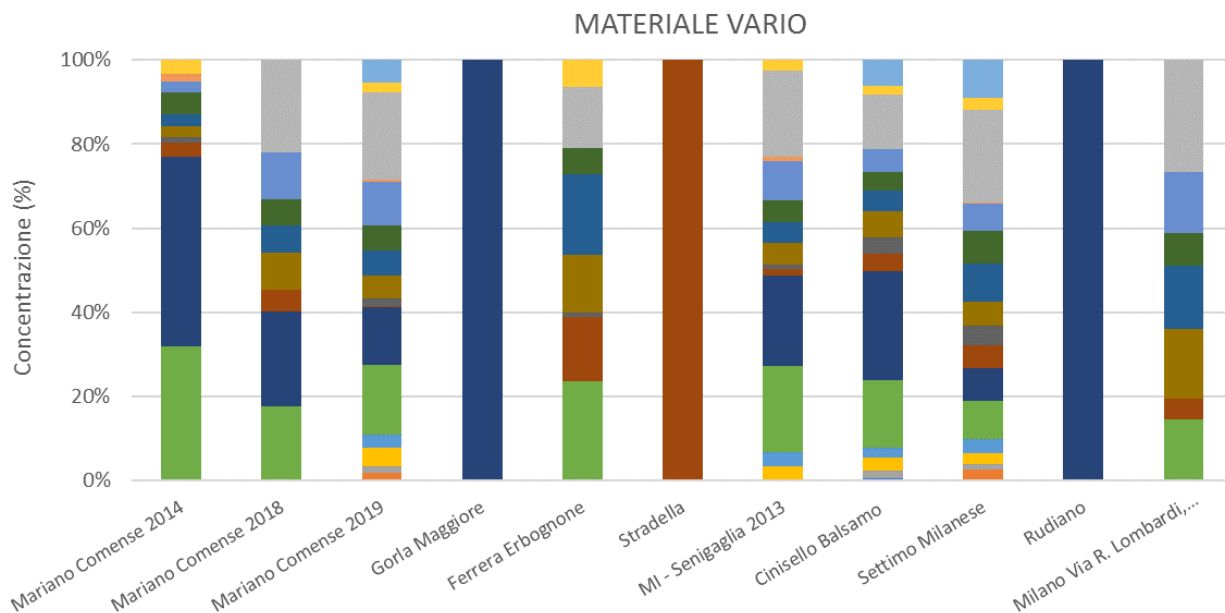
**Figura 2: legenda valida per tutte le figure successive.**



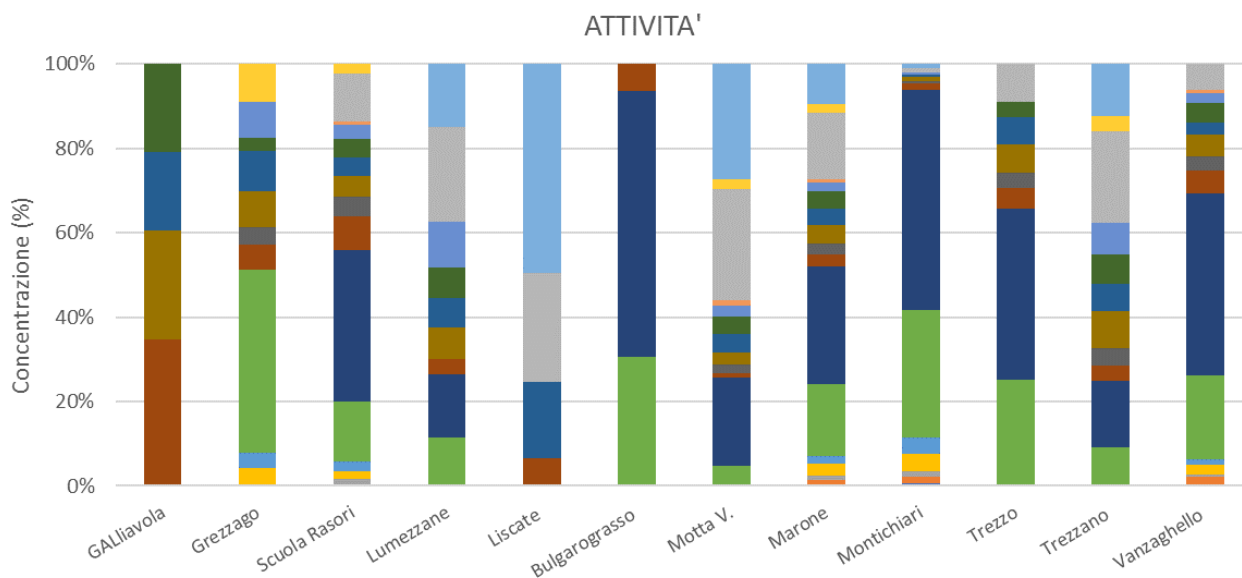
**Figura 3: Profili degli incendi aventi come combustibile prevalente carta e imballaggi (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**



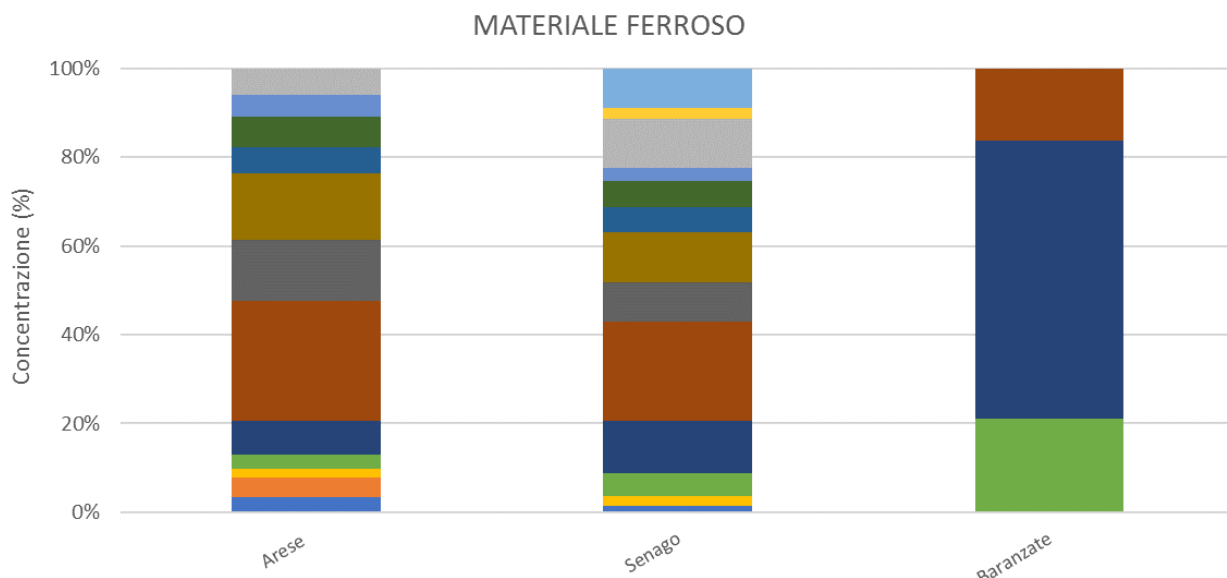
**Figura 4: Profili degli incendi aventi come combustibile prevalente plastica (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**



**Figura 5: Profili degli incendi aventi come combustibile prevalente rifiuti misti (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**



**Figura 6: Profili degli incendi aventi come combustibile prevalente materiale legato ad attività di vario tipo e non classificati nei gruppi precedenti (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**



**Figura 7: Profili degli incendi aventi come combustibile prevalente materiale metallico (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**

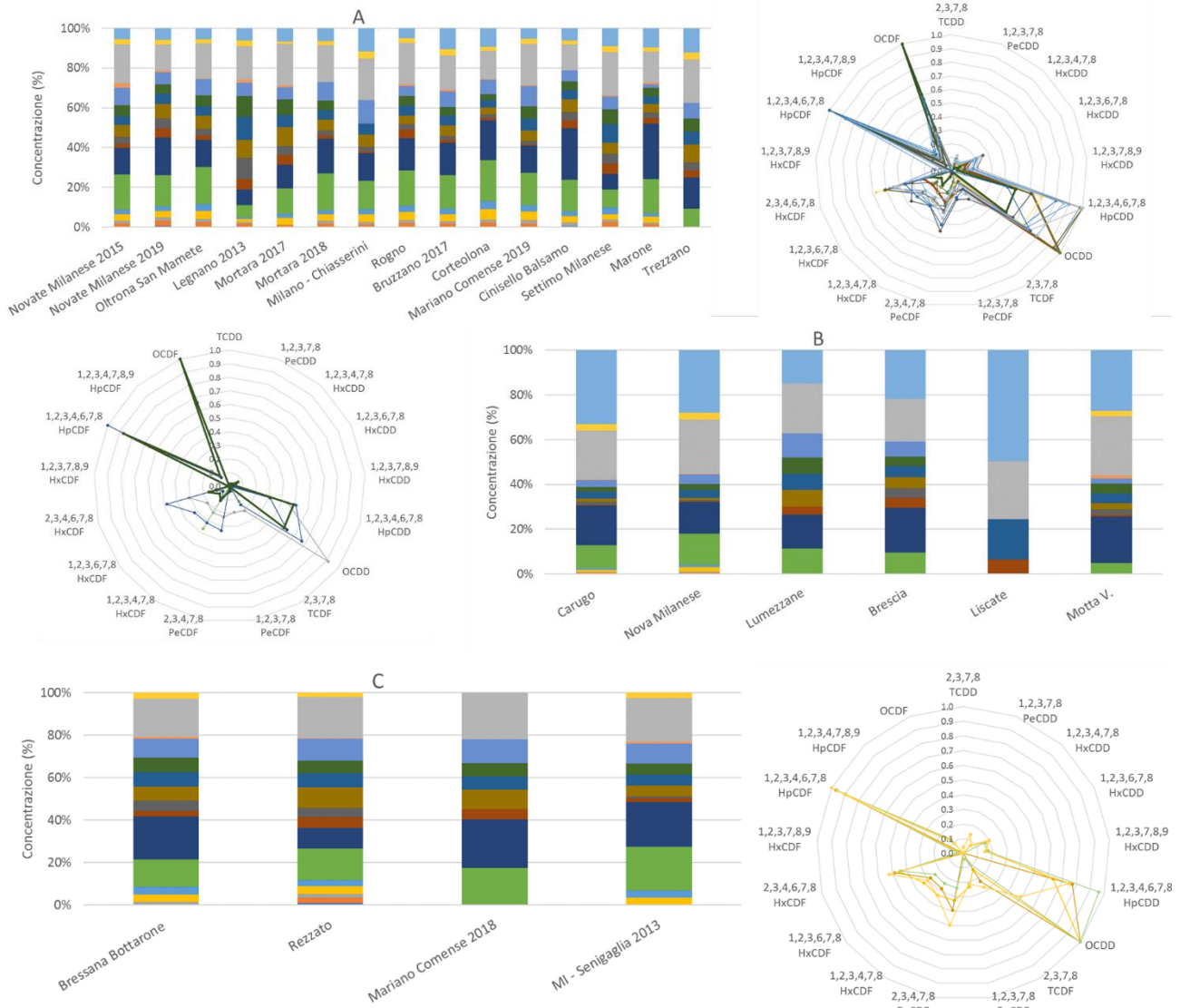
Non sembra essere presente uno specifico profilo comune all'interno delle categorie di materiale combusto, tuttavia si osservano alcune caratteristiche simili. La categoria che racchiude gli incendi che coinvolgono materiale plastico mostra principalmente profili che contengono tutte le diossine ed i furani ed in particolare sembra presente costantemente l'OCDF.

Nelle combustioni della carta sembrano invece dominanti le diossine 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD e OCDD. Si nota inoltre che quando si ha materiale ferroso o metallico, la presenza di oli lubrificanti insieme all'effetto catalizzatore dei metalli produce specifiche diossine, in particolare la 2,3,7,8, TCDF.

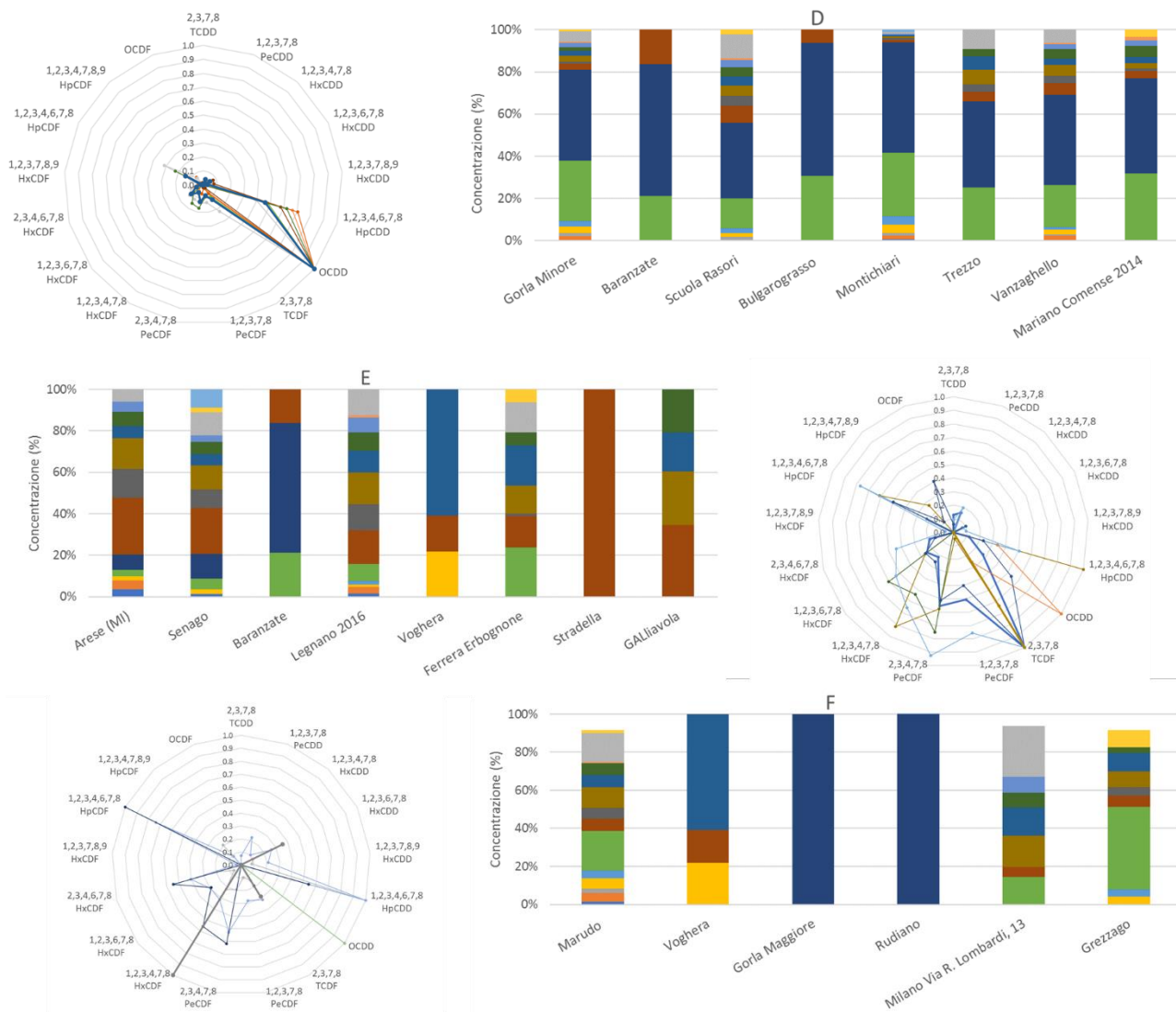
La presenza del furano 2,3,7,8 TCDF è riscontrabile anche nei profili di alcuni incendi inseriti in altre categorie. Questo suggerisce la presenza di materiale ferroso anche in incendi dove il materiale combusto prevalente era di altra natura.

Sulla base di queste considerazioni gli incendi considerati sono stati riclassificati in categorie simili a partire dai loro profili piuttosto che dalle informazioni raccolte a priori. In questo modo sono state identificate 6 categorie di profili simili tra loro (Figure 8 - 9). La classe denominata A raccoglie gli incendi durante i quali si ha emissione della maggior parte delle diossine e furani, in particolare 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD e OCDD come diossine e 1,2,3,4,6,7,8 HpCDF come furano. La categoria B sembra caratterizzata dal furano OCDF, insieme a OCDD e 1,2,3,4,6,7,8 HpCDF. La terza classe C è caratterizzata dall'emissione di 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD e OCDD come diossine e 1,2,3,4,6,7,8 HpCDF, mentre la classe D è caratterizzata dall'emissione di quasi solo diossine (in particolare 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD e OCDD). La categoria E è caratterizzata dalla presenza del furano 2,3,7,8, TCDF, mentre la categoria F raccoglie gli incendi che non rientrano nelle categorie precedenti. Quello che emerge è che nella categoria A sono presenti nel profilo tutte le diossine ed i furani, mentre nelle categorie successive queste spariscono ad una ad una fino alla classe F che contiene in prevalenza incendi con profili caratterizzati da una o poche diossine o furani. Nei profili delle classi A, B e C sono presenti sia le diossine che i furani, mentre nei profili delle successive classi sono presenti quasi esclusivamente diossine.





**Figura 8: Profili degli incendi considerati, divisi per profili comuni, calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma negli istogrammi, e come percentuale rispetto al congenere presente in concentrazione massima nelle rose.**



**Figura 9: Profili degli incendi considerati, divisi per profili comuni, calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma negli istogrammi, e come percentuale rispetto al congenere presente in concentrazione massima nelle rose.**

L'analisi dei profili è stata inoltre effettuata tenendo in considerazione gli specifici fattori TEQ per ogni congenere (cfr. Appendice B); nei profili così calcolati prevalgono le diossine e i furani che hanno fattori TEQ maggiori di 0.5, ovvero 2,3,7,8 TCDD, 1,2,3,7,8 PeCDD, 2,3,4,7,8 PeCDF.

Allo scopo di indagare non solo i profili degli incendi ma anche la concentrazione totale equivalente di PCDD/DF in Figura 10 è mostrata la distribuzione in numero degli incendi in 7 diverse classi di concentrazione totale equivalente di PCDD/DF per le diverse categorie di materiale combusto individuate. Si nota come gli incendi in cui sono coinvolti materiali in plastica ed in carta sono distribuiti nelle classi di concentrazione superiori a 300 fgeq/m<sup>3</sup>, mentre gli incendi appartenenti alla categoria "attività" presentino in prevalenza concentrazioni totali inferiori a 300 fgeq/m<sup>3</sup>, fatto salvo per due incendi molto rilevanti quali Marudo (filati) e Montichiari ( falegnameria) nei quali sono andati a fuoco diverse decine di m<sup>3</sup> di materiale.

Anche gli incendi categorizzati come materiale vario presentano in prevalenza concentrazioni totali inferiori a 300 fgeq/m<sup>3</sup>, fatto salvo alcuni casi dove è possibile che fosse presente materiale plastico.

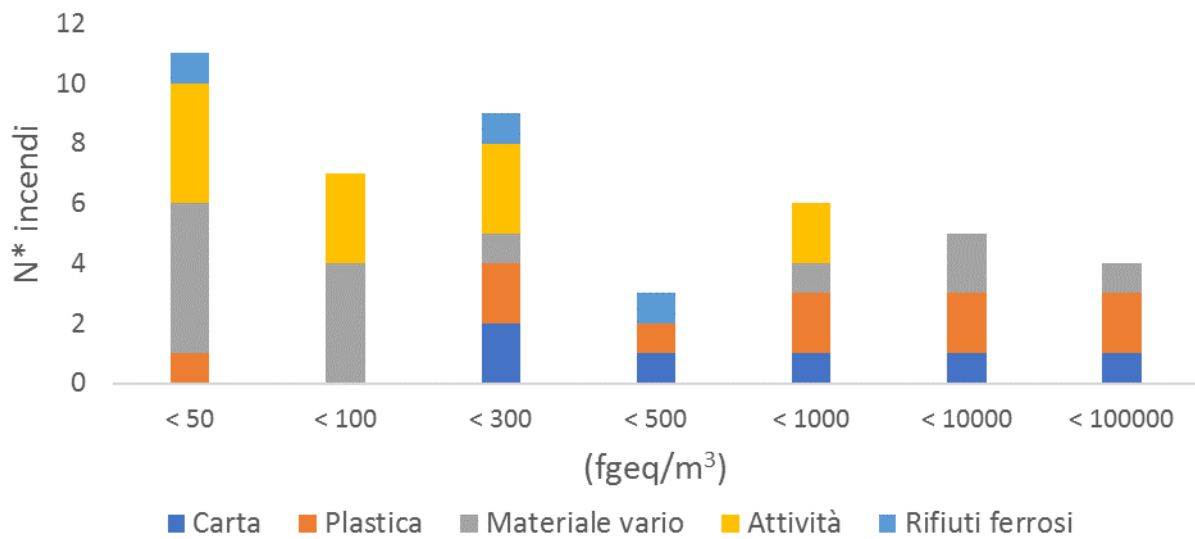


Figura 10: Distribuzione del numero degli incendi considerati in 7 classi di concentrazione, divisi per materiale combusto.

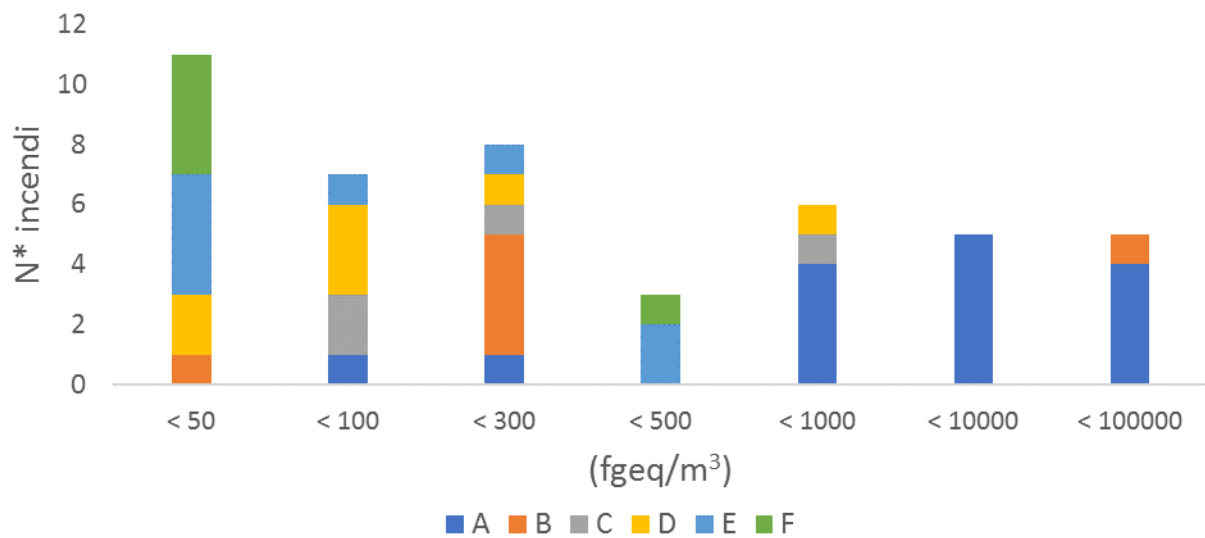
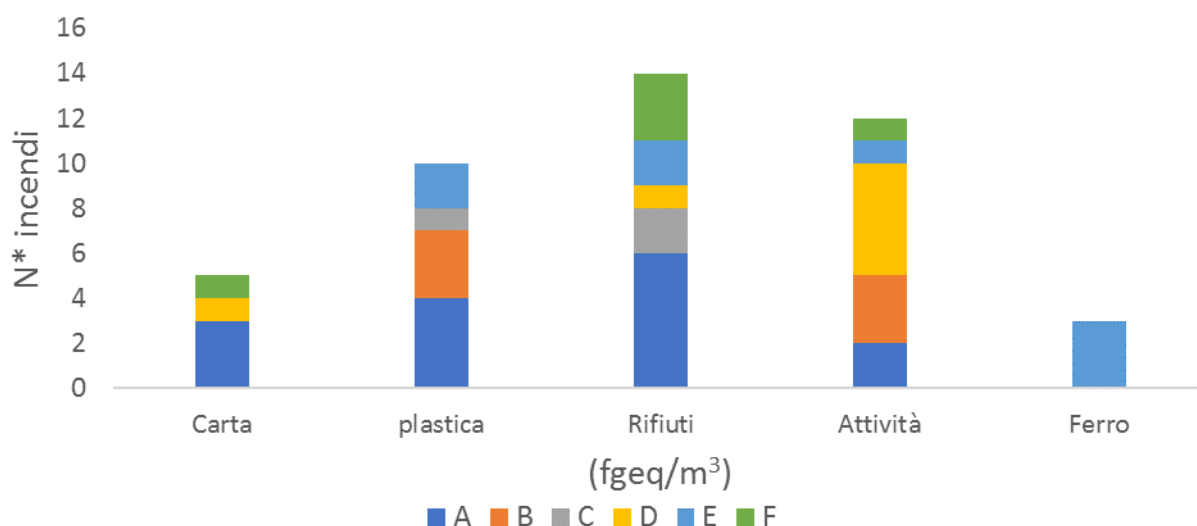


Figura 11: Distribuzione del numero degli incendi considerati in 7 classi di concentrazione divisi per categorie di profili.

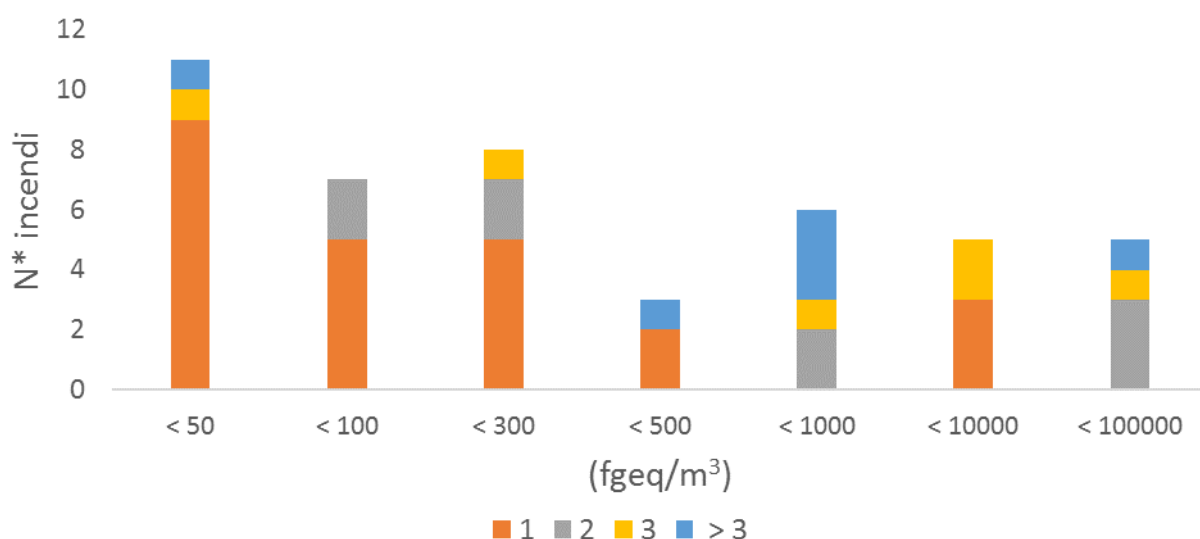


**Figura 12: Confronto tra le classi di profili simili e le tipologie di materiale combustibile.**

Nuovamente è stata costruita la distribuzione in numero delle concentrazioni totali equivalenti separata per categorie di profili simili (Figura 11); si nota come gli incendi della categoria A, ovvero la categoria che presenta tutte le diossine e furani, sia quella che presenta le maggiori emissioni dal punto di vista della concentrazione totale equivalente. In Figura 12 sono mostrate le classi di profili simili che riscontriamo nelle diverse categorie di combustibile allo scopo di evidenziare una possibile associazione tra categorie di profili simili ai gruppi di incendi accomunati dal materiale combusto. Non sembra esserci evidenza di un'associazione diretta tra le due categorie. Probabilmente la tipologia di materiale combusto non è l'unico parametro da cui dipende la concentrazione delle diossine e dei furani emessi.

Non sono purtroppo note esattamente le caratteristiche dei luoghi in cui si sono sviluppati gli incendi (campo aperto, campo chiuso), ma da una prima ricerca è emerso che non sembra esserci un legame tra le categorie di profili e la configurazione del luogo dell'incendio. In Figura 13 è mostrata la distribuzione del numero degli incendi considerati in 7 classi di concentrazione, espressa in  $f_{geq}/m^3$ , divisi per numero di campioni raccolti quale indicatore della durata dell'incendio.

I dati in Figura 13 suggeriscono una tendenza alla proporzionalità tra la durata dell'incendio e la concentrazione totale equivalente misurata. Questo porta a pensare ad una possibile correlazione tra la massa di materiale bruciato e la concentrazione totale equivalente prodotta.



**Figura 13: Distribuzione del numero degli incendi considerati in 7 classi di concentrazione divisi per numero di campioni raccolti.**

In seguito, è riportata una tabella (Tabella 4) che mostra il range di concentrazioni riscontrate in base al materiale combusto. In tale tabella sono riportate le concentrazioni relative a tutti i giorni di misura.

Materiale combusto	Numero di giorni di campionamento	Concentrazione TEQ misurata durante il primo campionamento	Concentrazione TEQ misurata durante il secondo campionamento	Concentrazione TEQ misurata durante il terzo campionamento	Concentrazione TEQ misurata durante il quarto campionamento
		fg <sub>TEQ</sub> /m <sup>3</sup>	fg <sub>TEQ</sub> /m <sup>3</sup>	fg <sub>TEQ</sub> /m <sup>3</sup>	fg <sub>TEQ</sub> /m <sup>3</sup>
Carta	1 gg	268 – 1710 (3)	---	---	---
	> 1 gg	169 – 23901 (3)	72 – 3663 (3)	21 (1)	---
Plastica	1 gg	20 – 1166 (5)	---	---	---
	> 1 gg	506 – 23562 (5)	10 – 307 (5)	9 - 176 (4)	33 - 146 (2)
Rifiuti	1 gg	9 – 7281 (7)	---	---	---
	> 1 gg	38 – 74344 (7)	17 -89669 (7)	37 – 1480 (4)	169 - 1596 (2)
Attività	1 gg	24 – 133 (7)	---	---	---
	> 1 gg	11 – 981 (5)	17 – 445 (5)	53 - 57 (2)	7 (1)
Ferro	1 gg	5 – 117 (2)	---	---	---
	> 1 gg	321 (1)	169 (1)	46 (1)	17 (1)

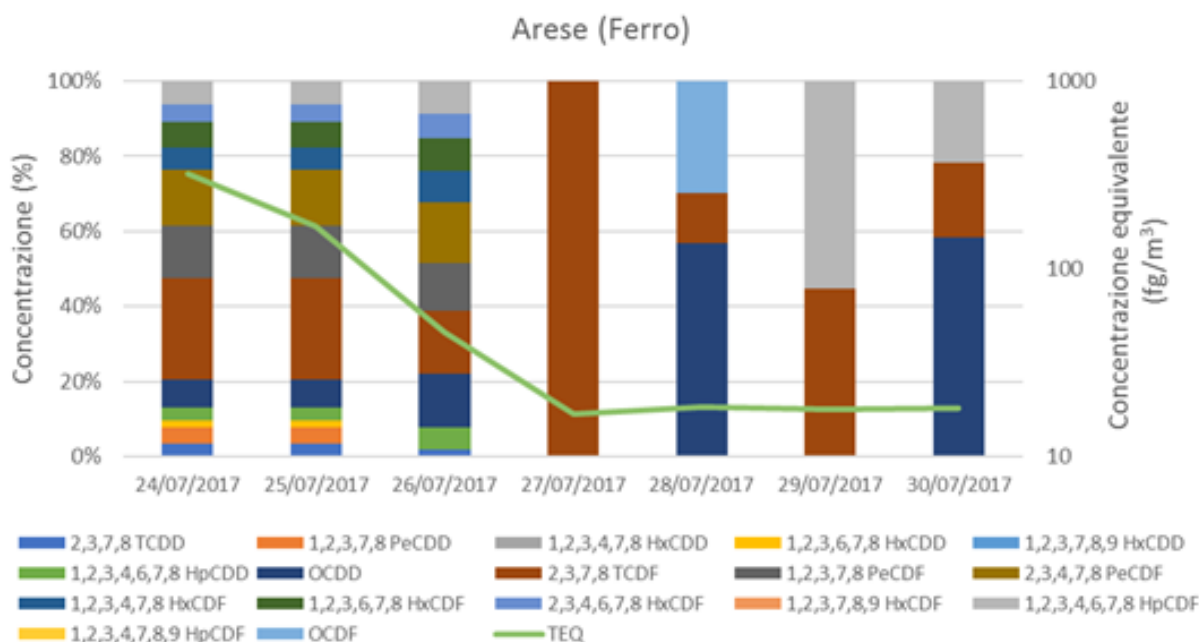
TABELLA 4

Dai dati precedenti risulta che la concentrazione maggiore di PCDD-DF si riscontra negli incendi di maggior durata; questo indica che le emissioni di diossine e furani sono maggiori in misura proporzionale al quantitativo di materiale disponibile alla combustione. Tra gli incendi che emergono per concentrazione di PCDD-DF vi sono quelli dove è presente materiale in plastica.

Dalla lettura della Tabella 4 risulta che anche per incendi di breve durata (1 giorno), se vi è coinvolto materiale plastico (anche in forma non prevalente come ad esempio carta imballata), le

concentrazioni di PCDD-DF superano il valore di riferimento OMS di 0,30 pgTeq/m<sup>3</sup> (300 fgTeq/m<sup>3</sup>), indicativo di una situazione di inquinamento di diossine in atto.

Nei grafici seguenti (Figura 14 - 15) sono mostrati i profili relativi a due incendi durante i quali sono stati effettuati campionamenti per più giorni consecutivi. È possibile osservare l'evoluzione temporale dell'emissione dell'incendio, sia in termini di concentrazione totale equivalente che in termini di diossine e furani emessi rispetto alla somma totale di essi (profili). Si nota come durante i primi giorni successivi all'incendio i profili rimangano pressoché costanti, mentre durante gli ultimi giorni di campionamento non sono più presenti tutte le diossine ed i furani ma rimangono solo presenti alcuni di essi.



**Figura 14: Profili relativi diversi giorni di campionamento successivi all'incendio avvenuto ad Arese (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**

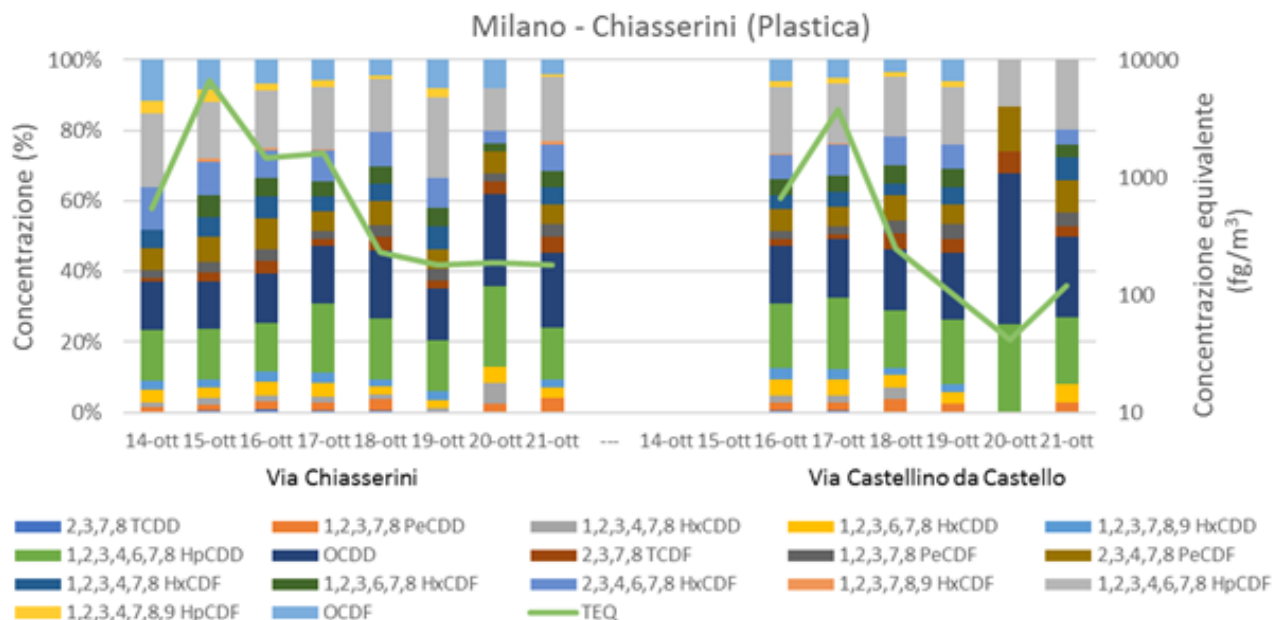


Figura 15: Profili relativi diversi giorni di campionamento successivi all'incendio avvenuto a Milano Via Chiasserini (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).

In alcune situazioni le concentrazioni di diossine possono risultare maggiori il secondo giorno dell'evento in relazione all'abbassamento della temperatura di combustione legato alle attività di spegnimento.

## 1.7 Conclusioni

Partendo dall'analisi dei dati di campionamento di diossine nell'aria effettuati in occasione di incendi in Lombardia, si è cercato da una parte di raggruppare gli eventi in macrocategorie merceologiche e dall'altra di stabilire dei possibili raggruppamenti partendo dall'analisi del finger print delle diossine. È stata inoltre identificata una matrice in cui indicare, per ogni macrocategoria di incendio, il range storico dei quantitativi di diossine trovati.

Sulla base dei dati raccolti finora e delle analisi effettuate è possibile concludere che sono attese concentrazioni di PCDD/DF superiori al valore di riferimento OMS di 0.30 pgTeq/m<sup>3</sup> (300 fgTeq/m<sup>3</sup>), indicativo di una situazione di inquinamento di diossine in atto, quando si ha combustione di materiale plastico o cartaceo in presenza di metalli; le concentrazioni attese sono superiori al valore di riferimento anche nel caso in cui la quantità di materiale coinvolto è tale da prolungare l'evento per oltre un giorno, indipendentemente dal materiale combusto prevalente.

Da un punto di vista pratico, sono stati individuati alcuni elementi di miglioramento che si possono così sintetizzare:

- sensibilizzazione dei Gruppi Base sull'importanza di acquisire delle informazioni fondamentali sulla natura dell'incendio soprattutto se relativo a rifiuti (tipologia del



materiale coinvolto, quantità, combustione all'aperto o al chiuso) al fine di avere più elementi per una più completa interpretazione dei risultati;

- formazione del personale di ARPA avente compiti di gestione dell'evento e interpretazione dei dati al fine di consentire la previsione dello sviluppo di diossine durante l'evento, la previsione di eventuali altre sostanze e composti con tossicità acuta che potrebbero generarsi dalla combustione di taluni materiali, a partire dalle informazioni raccolte dal personale in campo e negli archivi di ARPA relative all'insediamento o impianto coinvolto nell'incendio.

## 1.8 Appendice 1 – Caratteristiche dei 45 incendi considerati

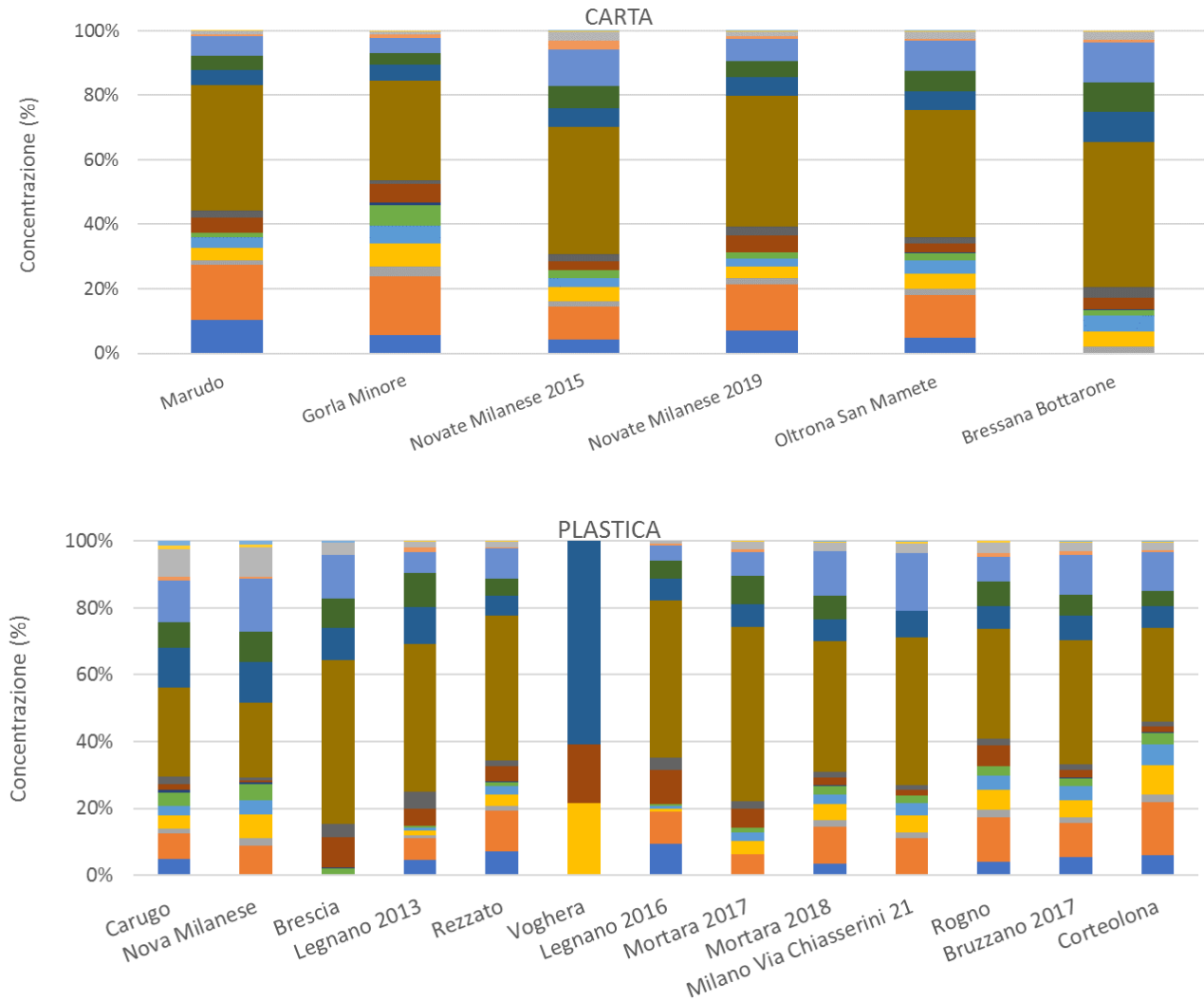
Località	Anno	n° campioni	Materiale combusto
Arese (MI)	2017	7	Rifiuti ferrosi
Baranzate (MI)	2017	1	Cava "Ronchi": rifiuti vari
Brescia	2017	1	"Pexi.Lab": produzione plastica, plexiglas policarbonato, PVC, PETG
Bressana Bottarone (PV)	2013	1	"Magi": riciclaggio materiale ferroso, carta e cartone
Bruzzano (MI)	2017	7	"Ditta Carluccio": Rifiuti speciali non pericolosi
Bulgarograsso (CO)	2018	1	Esplosa cisterna contenente solventi
Carugo (CO)	2018	2	"MDS Impianti", "Suomy Motosport"
Cinisello Balsamo (MI)	2017	2	Rifiuti non pericolosi in particolare materassi, carta, poliuretano, lana e parti in plastica
Corteolona (PV)	2018	3	Rifiuti plastici e gomme di autoveicoli
Ferrera Erbognone (PV)	2015	1	"Ceraminati": trattamento rifiuti, in particolare deposito oli esausti
Galliavola (PV)	2017	20	Raffineria
Gorla Maggiore (VA)	2017	1	Discarica: rifiuti vari
Gorla Minore (VA)	2015	3	Cartiera
Grezzago (MI)	2014	1	Inceneritore-termovalorizzatore
Legnano (MI)	2013	1	Materiale plastico, guarnizioni per infissi, arredamenti
Legnano (MI)	2016	1	Materiale plastico in magazzino abbandonato
Liscate (MI)	2018	1	"Muller and Koster": profumi
Lumezzane (BS)	2018	2	"SIL": sistemi di raffreddamento per auto; materiale plastico ma anche legno dei bancali
Mariano Comense (CO)	2014	1	Discarica: rifiuti speciali non pericolosi di natura eterogenea( tra cui materassi, divani, etc.)
Mariano Comense (CO)	2018	2	Discarica: rifiuti speciali non pericolosi di natura eterogenea( tra cui materassi, divani, etc.)
Mariano Comense (CO)	2019	3	Discarica: rifiuti speciali non pericolosi di natura eterogenea( tra cui materassi, divani, etc.)
Marone (BS)	2019	3	"Feltri Marone s.p.a.": capannoni industriali /filati
Marudo (LO)	2015	1	"Lodigiana Maceri": Carta da macero

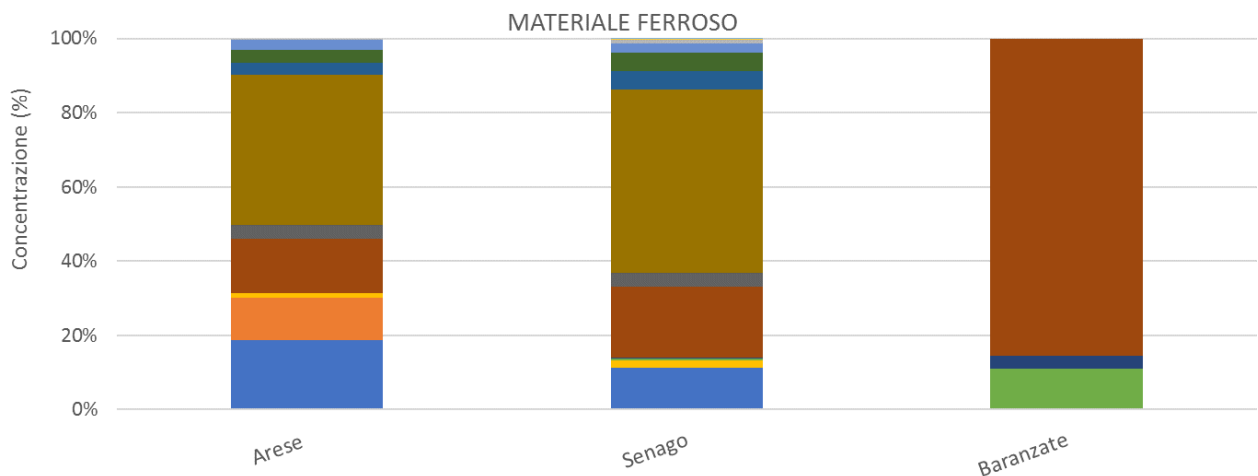
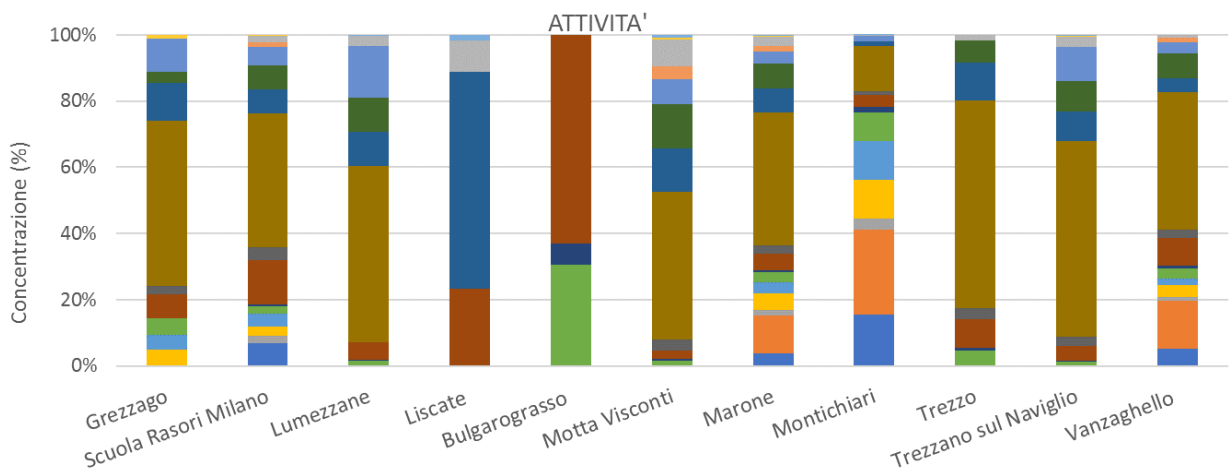
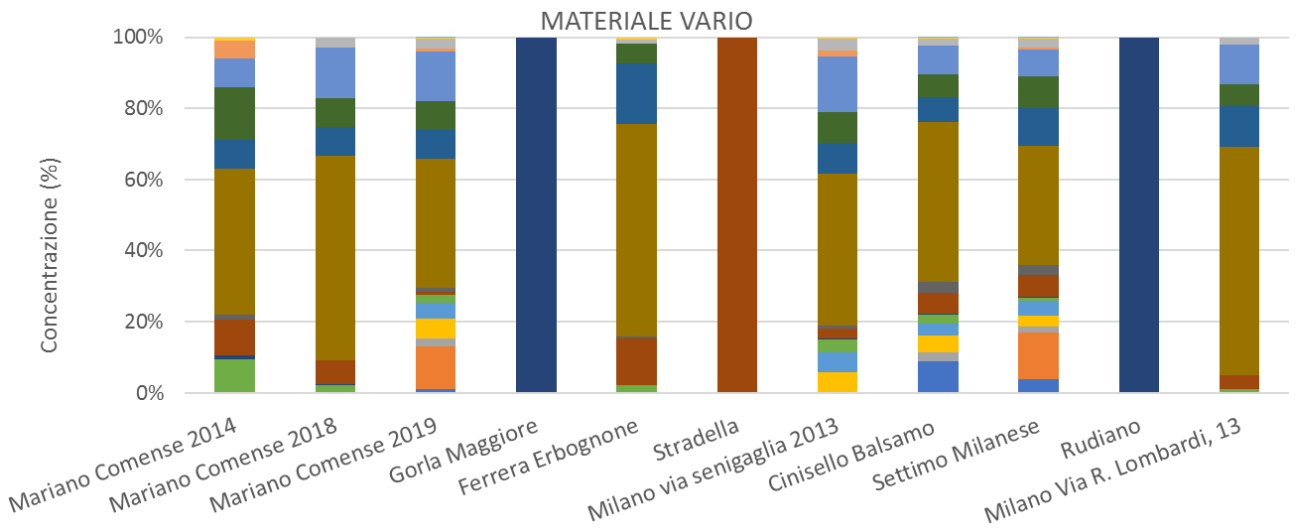
Località	Anno	n° campioni	Materiale combusto
Milano - Scuola Rasori	2017	1	Scuola
MI-Via Chiasserini 21	2018	8	Ditta "IPB": Deposito Rifiuti
MI-Via Privata Senigallia	2013	1	"Ditta Carluccio": Rifiuti speciali non pericolosi (copertoni di automobili e di camion, parte di veicoli demoliti e altro materiale plastico)
MI-Via R. Lombardi, 13	2018	1	Materassi, mobili dismessi, etc. (potenzialmente plastica)
Montichiari (BS)	2017	2	Falegnameria: cataste di pallet in legno
Mortara (PV)	2018	3	"Eredi Bertè": rifiuti speciali, contenenti anche plastica
Mortara 2017	2017	5	"Eredi Bertè": rifiuti speciali, contenenti anche plastica
Motta Visconti (MI)	2019	1	Solventi per inchiostri
Nova Milanese	2015	1	Seruggia Trasporti e capannoni accanto (lampadari e materiale plastico)
Novate Milanese (MI)	2015	2	"Ri.Eco": carta da macero e imballaggi vari (plastica e legno)
Novate Milanese (MI)	2019	2	"Ri.Eco": carta da macero e imballaggi vari (plastica e legno)
Oltrona San Mamete (CO)	2018	1	Rifiuti, sfridi di plastica e altro materiale cartaceo
Rezzato (BS)	2014	4	Rifiuti plastici
Rogno (BG)	2019	2	Smaltimento rifiuti "Valcart": rifiuti di elettronica e rifiuti indifferenziati contenenti plastica
Rudiano (BS)	2018	3	Scarti vegetali (ramaglie, sfalci, potature foglie, erba, ceneri provenienti da impianti di combustione o pirolisi di sanse esauste, matrici ligneo cellulose non trattate)
Senago (MI)	2017	1	"Ditta Galli": rottami e rifiuti (legname, cavi elettrici, etc.)
Settimo Milanese (MI)	2019	1	Legno, gomma, plastica, carta e cartone
Stradella (PV)	2017	1	Broni-Stradella: rifiuti vari
Trezzano sul Naviglio	2017	2	"Ex Scapa-Geneaz": deposito di alimentari contenente celle frigorifere
Trezzo sull'Adda (MI)	2017	1	Pavimental: pannelli fonoassorbenti
Vanzaghello (MI)	2014	1	confezionamento abbigliamento
Voghera (PV)	2015	1	Materiale plastico (contenitori per alimenti)

TABELLA 5

## 1.9 Appendice 2 – Profili incendi

**Figura B1: Profili degli incendi calcolati tenendo in considerazione gli specifici fattori TEQ per ogni congenere divisi per materiale prevalente (calcolati per ogni diossina e furano come percentuale sulla somma).**





## 2. ULTERIORI SOSTANZE TOSSICHE CHE SI FORMANO A SEGUITO DI COMBUSTIONE

### 2.1 Premessa

In questo capitolo vengono riportate alcune informazioni su sostanze, diverse da diossine e furani, che possono crearsi nel corso dei processi di combustione tipici degli incendi.

Durante un incendio hanno luogo molteplici processi chimici e fisici.

Tra i processi fisici è possibile identificare:

- riscaldamento
- evaporazione di sostanze

Tra i processi chimici si identificano invece:

- combustione
- pirolisi
- decomposizioni
- reazioni tra i processi di combustione

Questi processi dipendono dal calore di evaporazione delle sostanze. I processi chimici si differenziano in funzione di molti fattori come la temperatura, l'estensione dell'incendio, la distribuzione della temperatura. Inoltre, la combustione può essere completa o incompleta e questo aspetto ha influenza sui prodotti che si formano. Quando la temperatura e l'ossigeno sono sufficienti si ha la completa ossidazione della sostanza.

Sostanze che contengono C e H bruciando si trasformano in CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O; quando si assiste a una combustione non completa o un'ossidazione non completa si formano CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e altri prodotti. Il fumo si forma in caso di combustione non completa. Questi prodotti sono chiamati prodotti di combustione secondaria, perché si generano dalla decomposizione delle sostanze originarie.

In assenza di ossigeno il riscaldamento produce la pirolisi che può dare origine a molti composti, dei quali non è possibile prevedere tipologia e numero. Sono sempre possibili anche reazioni tra i prodotti di combustione, molte delle quali possono avvenire contemporaneamente.

Durante un incendio possono diffondersi nelle zone circostanti anche le sostanze incombuste: si stima dal 1 al 10% di quelle con un alto punto di ebollizione e all'incirca 1-2% di quelle con basso punto di ebollizione (fino al 10%). Le percentuali si riferiscono al totale delle sostanze emesse durante l'incendio.

## 2.2 IPA

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) costituiscono una vasta classe di composti organici la cui caratteristica strutturale è la presenza di due o più anelli benzenici uniti tra loro. Sono noti IPA con un numero d'anelli variabile da 2 a 7 che, secondo la posizione in cui è avvenuta la condensazione, si presentano sotto forma di diversi isomeri.

La numerosità della famiglia cresce considerando la possibile presenza di sostituenti (alchile, arile, idrossi, nitro, amino) sugli anelli aromatici e/o eteroatomi negli anelli stessi. Sono usualmente suddivisi in funzione del peso molecolare e del numero d'atomi in IPA leggeri (2-3 anelli condensati) e IPA pesanti (4-6 anelli).

In particolare, con il nome di IPA si individuano quei composti contenenti solo atomi di carbonio e idrogeno (vale a dire gli IPA non sostituiti e i loro derivati alchil-sostituiti), mentre con il nome più generale di "composti policiclici aromatici" s'intendono anche i derivati funzionali (es. i nitro-IPA) e gli analoghi eterociclici (es. gli aza-areni).

Le proprietà chimico-fisiche degli IPA sono legate ai sistemi coniugati degli elettroni  $\pi$  e variano piuttosto regolarmente con il numero degli anelli ed il peso molecolare. A temperatura ambiente tutti gli IPA sono comunque allo stato solido. Presentano un alto punto di fusione e d'ebollizione, una bassa pressione di vapore e una scarsissima solubilità in acqua; in genere la solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare del peso molecolare.

Gli IPA sono solubili nella maggioranza dei solventi organici e sono molto lipofili. La pressione di vapore generalmente tende a diminuire con l'aumentare del peso molecolare e questa circostanza influenza le differenti percentuali con cui i singoli IPA sono assorbiti sul particolato atmosferico.

Composti a basso peso molecolare sono quasi totalmente presenti nella fase gassosa, mentre composti con 5 o più anelli sono per lo più assorbiti sul particolato atmosferico. Gli IPA sono chimicamente piuttosto stabili, sebbene in seguito a foto-decomposizione in presenza d'aria e luce danno luogo a molti prodotti d'ossidazione, soprattutto chinoni ed endoperossidi. Studi sperimentali hanno evidenziato la capacità degli IPA di reagire anche con ossidi d'azoto e acido nitrico per formare nitroderivati, nonché con ossidi di zolfo e acido solforico per formare i relativi acidi solfinici e solfonici.

Gli IPA si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. Il meccanismo di formazione degli IPA durante il processo di combustione è alquanto complesso; consiste principalmente nella ripolimerizzazione di frammenti d'idrocarburo, che si formano durante il processo noto come cracking (la frammentazione in numerose parti delle molecole più grosse del combustibile a contatto con il fuoco). La reazione di ripolimerizzazione avviene soprattutto in condizioni di mancanza d'ossigeno e, conseguentemente, la velocità di formazione degli IPA aumenta con il diminuire del rapporto ossigeno/combustibile.

Sulla base dei processi di formazione sopra descritti, le sorgenti di formazione degli IPA possono essere numerose:

1. processi industriali vari (in particolare: produzione d'alluminio, ferro e acciaio, fonderie);
2. lavorazioni del carbone e del petrolio;

3. impianti di generazione d'energia elettrica;
4. inceneritori;
5. riscaldamento domestico (specialmente a legna e carbone);
6. emissione veicolare;
7. incendi di foreste;
8. combustioni in agricoltura;
9. fumo di tabacco;
10. vulcani, che possono rappresentare una sorgente naturale con un impatto locale rilevante.

Proprio a causa di queste numerose fonti, gli IPA sono ubiquitari e si diffondono in tutti i comparti ambientali. Durante ogni processo di formazione, gli IPA sono sempre presenti come classe (mai come composti singoli) in miscele complesse, contenenti anche altre sostanze e classi chimiche. Per lo stesso motivo, si ritrovano come classe nei vari comparti ambientali e matrici (aria, acqua, suolo e alimenti) alle quali è comunemente esposta la popolazione. Gli IPA contenenti quattro anelli, o un numero inferiore, in genere rimangono in forma gassosa quando sono immessi nell'atmosfera. Nell'arco delle 24 ore iniziano poi a degradarsi attraverso una sequenza di reazioni radicaliche. Di contro, gli IPA con più di quattro anelli benzenici non permangono a lungo nell'atmosfera come molecole gassose. A causa della loro bassa tensione di vapore, tendono rapidamente a condensarsi e ad essere adsorbiti sulla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere. Anche gli IPA con due-quattro anelli aderiscono a tali particelle nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura. Poiché molte particelle di fuliggine hanno dimensioni tali da poter essere respirate, gli IPA possono penetrare nei polmoni mediante la respirazione.

Sebbene gli IPA rappresentino solo circa l'1 ‰ del particolato atmosferico, la loro presenza come inquinanti dell'aria rappresenta un importante problema sanitario poiché molti di essi si sono rivelati cancerogeni su animali da laboratorio. A tal riguardo, il più noto e comune idrocarburo policiclico aromatico con accertato effetto cancerogeno è il benzo[a]pirene (cinque anelli benzenici condensati). La contaminazione alimentare da IPA può avere una duplice origine: ambientale e da tecnologia di produzione.

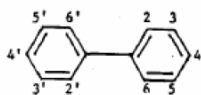
Negli alimenti non sottoposti a trasformazione, la presenza degli IPA è essenzialmente dovuta a contaminazione ambientale: deposizione di materiale particolato atmosferico (ad esempio su grano, frutta e verdure), assorbimento da suolo contaminato (ad esempio patate), assorbimento da acque di fiume e di mare contaminate (ad esempio molluschi, pesci e crostacei).

Sorgenti comuni di IPA negli alimenti trasformati o lavorati sono invece i trattamenti termici (cottura alla griglia e al forno e frittura) e alcuni processi di lavorazione. Tra questi ultimi di estrema rilevanza sono i processi d'essiccazione di matrici alimentari attraverso i fumi di combustione (ad esempio nel caso degli oli vegetali) e i processi d'affumicatura con i metodi tradizionali.

La presenza di IPA nell'acqua potabile è generalmente trascurabile e occasionalmente riconducibile alla cessione dai rivestimenti, in catrame o bitume, delle condutture di distribuzione dell'acqua stessa.



## 2.3 PCB



Bifenili policlorurati (PCB) – è un gruppo di sostanze chimiche organiche sintetiche note come idrocarburi clorurati che includono qualsiasi sostanza chimica della molecola bifenilica che è stata clorata a vari livelli. La formula chimica per PCB può essere rappresentata come  $\text{Cl}_{12} \text{C}_{12}\text{H}_{(10-n)}$ , dove  $n$  è il numero di atomi di cloro nell'intervallo 1–10. Esistono 209 singoli isomeri (o "congeneri"). Il termine "omologo" viene utilizzato per indicare tutti i PCB con lo stesso numero di cloro (ad es. Triclorobifenili).

Gli omologhi con differenti schemi di sostituzione vengono definiti isomeri. Ad esempio, l'omologo diclorobifenile contiene 12 isomeri. La somma dei PCB può talvolta riferirsi alla somma di sette singoli isomeri PCB (congeneri) chiamati "sette olandesi". Questi sono comunemente riportati come  $\Sigma\text{PCB}_7$  e includono PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 e PCB-180. Per motivi di trasparenza, è buona norma segnalare gli isomeri specifici indicati quando si riportano i PCB di somma. I PCB hanno elevata capacità termica, bassa conduttanza, sono inerti con acidi e alcali, hanno una buona solubilità in grassi, oli e solventi organici e sono a prova di esplosione. All'aumentare del contenuto di cloro, anche lo stato di aggregazione dei PCB cambia, così come altre proprietà, inclusa la loro stabilità nell'ambiente. Con un contenuto di cloro dal 19 al 43%, i prodotti hanno una forma cristallina, 43–56% - a forma di olio, 57–69% - semisolido e a forma di resina, e dal 67 al 70% - di nuovo cristallino.

Composto	CAS NR	Formula	Peso Molecolare	Numero di isomeri
Monochlorobiphenyls	27323-18-82	$\text{C}_{12}\text{H}_9\text{Cl}$	189	3
Dichlorobiphenyls	25512-42-9	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_2$	233.1	12
Trichlorobiphenyls	25323-68-6	$\text{C}_{12}\text{H}_7\text{Cl}_3$	257.5	24
Tetrachlorobiphenyls	26914-33-0	$\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_4$	292	42
Pentachlorobiphenyls	25429-29-2	$\text{C}_{12}\text{H}_5\text{Cl}_5$	396	46
Hexachlorobiphenyls	26601-64-9	$\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_6$	361	42
Heptachlorobiphenyl	28655-71-2	$\text{C}_{12}\text{H}_3\text{Cl}_7$	395.3	24
Octachlorobiphenyls	31472-83-0	$\text{C}_{12}\text{H}_2\text{Cl}_8$	430	12
Nonachlorobiphenyls	53742-83-0	$\text{C}_{12}\text{HCl}_9$	464.2	3
Decachlorobiphenyls	2051-24-3	$\text{C}_{12}\text{Cl}_{10}$	498.6	1

TABELLA 2

Il numero e la posizione delle molecole di cloro attaccate al bifenile influenzano la tossicità dei singoli PCB. Alcuni PCB (PCB complanari) sono stati identificati come "diossina-simili" con tossicità relative 100-1000 volte superiori a quelle associate ad altri congeneri di PCB. Questi PCB, proprio come le diossine / furani, hanno fattori di equivalenza tossici (TEF).

I PCB sono solo moderatamente solubili in acqua. La loro solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare della clorinità (ad esempio la solubilità del monochlorobifenile è 5,9 mg/L, e quella del decaclorobifenile - 0,015 mg/L). Anche la volatilità dei PCB diminuisce all'aumentare della clorinità.

I PCB industriali sono liquidi viscosi incolori o giallastri con punto di ebollizione da 325 a 390 °C e punto di congelamento fino a 30-70 °C sotto zero.

Il contenuto di cloro varia dal 42 al 54% in massa. La produzione globale totale di PCB tra il 1930 e il 1993 è stata stimata in 1.324 milioni di tonnellate (Brevik et al., 2002a).

I PCB sono stati utilizzati sia per applicazioni nominalmente chiuse (ad es. Condensatori e trasformatori, trasferimento di calore e fluidi idraulici) che in applicazioni di tipo aperto (ad es. Ritardanti di fiamma, inchiostri, adesivi, microincapsulamento di coloranti per carta da duplicazione senza carbonio, vernici, estensori di pesticidi, plastificanti, supporti per catalizzatori poliolefinici, mezzi di montaggio per vetrini per microscopi, rivestimenti superficiali, isolanti a filo e rivestimenti metallici).

Le principali fonti di emissione di PCB nell'ambiente possono essere suddivise in 5 gruppi:

- 1) produzione di PCB e prodotti (apparecchiature) contenenti PCB;
- 2) utilizzo di prodotti contenenti PCB;
- 3) utilizzo di PCB e materiali contenenti PCB;
- 4) emissione da serbatoi inquinati da PCB;
- 5) processi termici

I PCB, al pari di PCCD-DF si possono generare in caso di incendio<sup>2</sup>, avendo come precursore i clorobenzeni. La combustione di PCB dà luogo a Clorofenoli e diossine in particolare a dibenzofurani<sup>3</sup>. Il meccanismo che porta alla formazione delle dibenzodiossine appare più articolato e tortuoso, per questo motivo se ne formano meno.

## 2.4 Ossido di carbonio

L'ossido di carbonio, o monossido di carbonio, o ossido carbonico, si va a formare a seguito di una combustione dove è presente carbonio e una scarsa quantità di ossigeno (quindi soprattutto in ambienti chiusi o poco areati). L'ossido di carbonio va ad alterare direttamente la composizione del sangue, poiché si lega direttamente all'emoglobina e ne impedisce il corretto trasporto di ossigeno ai tessuti. La morte sopraggiunge dunque per asfissia. Basta una concentrazione dell'1,3% per provocare incoscienza nel giro di pochi istanti e la morte in pochi minuti. Respirare monossido di carbonio ad una concentrazione dello 0,05% può portare alla morte in 3 ore. È assolutamente inodore, incolore e insapore.

## 2.5 Anidride carbonica

---

<sup>2</sup> [https://www.iafss.org/publications/aofst/7/130/view/aofst\\_7-130.pdf](https://www.iafss.org/publications/aofst/7/130/view/aofst_7-130.pdf)

<sup>3</sup> Analytical Chemistry of PCBs Di Mitchell D. Erickson :  
<https://books.google.it/books?id=23laDwAAQBAJ&pg=PR46&lpg=PR46&dq=pcb+meccanism+formation+in+fire&source=bl&ots=yZVCNTMfo1&sig=ACfU3U3-vGaTvoCovAR-outzq2zd3N56Zw&hl=it&sa=X&ved=2ahUKewjVxPePh7LIAhWB16QKHV93AeAQ6AEwFnoECAkQAQ#v=onepage&q=pcb%20meccanism%20formation%20in%20fire&f=false>

L'anidride carbonica è un gas asfissiante che viene prodotto in grandi quantità durante gli incendi generici se c'è un'alta concentrazione di ossigeno. L'accelerazione della respirazione è tra gli effetti che produce sull'organismo umano. Di conseguenza, se la combustione ha prodotto altri gas tossici, la presenza di anidride carbonica contribuisce a una loro maggiore inalazione. Una concentrazione del 10 % di anidride carbonica nell'aria è letale.

## 2.6 Idrogeno solforato

Se il materiale combustibile che ha provocato l'incendio conteneva zolfo, uno dei gas prodotti è l'idrogeno solforato. È proprio allo zolfo che si deve l'odore particolare di questo gas, simile alle uova marce, odore che sparisce nel giro di pochi istanti. Una concentrazione tra lo 0,04% e lo 0,07% è più che sufficiente a provocare vertigini e vomito. L'idrogeno solforato in una concentrazione maggiore attacca il sistema nervoso e ne provoca il blocco, oltre a provocare affanno. Lo zolfo è presente in materiali quali la lana, la gomma, le pelli, la carne e i capelli.

## 2.7 Anidride solforosa

Gas che si forma a seguito di un incendio causato da un combustibile contenente zolfo (lana, gomma, pelli, carne, capelli, ecc.) e contatto con una grande quantità di aria. Normalmente viene prodotto in quantità modeste, a meno che l'incendio non sia causato direttamente da zolfo puro. È un gas che irrita le mucose degli occhi e le vie respiratorie, e una concentrazione dello 0,05% nell'aria basta per poterlo considerare pericoloso.

## 2.8 Ammoniaca

Si forma nella combustione di materiali contenenti azoto, come la lana, la seta, l'acrilico, materiali fenolici o resine melamminiche. Irrita occhi, naso, gola e polmoni. Per una esposizione di mezz'ora a una concentrazione di ammoniaca nell'aria compresa tra 0,25-0,65% l'organismo umano può riportare gravi danni duraturi. In certi casi subentra la morte.

## 2.9 Acido cianidrico

Viene prodotto soprattutto dalla combustione di lana, seta, resine acriliche, uretaniche o poliamminiche, quando l'ossigeno che alimenta il processo è scarso. È un gas altamente tossico che ad una concentrazione dello 0,3% nell'aria può portare alla morte, ed ha un caratteristico odore di mandorle amare. Lo ione cianuro di questo gas reagisce direttamente con le cellule e ne blocca la respirazione. A causa della sua tossicità, è necessario indossare protezioni quando si interviene in locali in cui si è sprigionato questo gas.

## 2.10 Acido cloridrico

L'acido cloridrico si sviluppa a seguito di incendi di materiali plastici, che spesso contengono cloro. È un acido corrosivo per i metalli, e in più di un incendio è stata osservata la corrosione di metalli

presenti nella zona. È estremamente tossico, lo 0,01% di acido cloridrico disciolto nell'aria impiega solo mezz'ora per uccidere un essere umano. Viene avvertito facilmente, dato che irrita immediatamente le mucose ed ha un odore pungente.

## 2.11 Diossido di azoto

Anche questo è un gas molto tossico, come l'acido cloridrico, lo 0,02-0,07% di perossido di azoto nell'aria risulta mortale in pochi minuti. È un vapore nitroso di colore rosso-bruno che si forma a seguito di combustione di materiali contenenti azoto, quali la nitrocellulosa, il nitrato di ammonio o altri nitrati organici.

## 2.12 Aldeide acrilica

Questo gas si forma in combustioni di materiali derivati dal petrolio, oli o grassi. È altamente tossico ed irritante. Concentrazioni superiori a 10 p.p.m. (parti per milione) possono essere mortali.

## 2.13 Fosgene

Come l'acido cloridrico, anche il fosgene, o cloruro di carbonile, si sviluppa a seguito di combustione di materiali plastici o altri che contengono cloro, soprattutto se l'incendio si verifica in un luogo chiuso. Ha un odore di fieno ammuffito ed è incolore. Fosgene concentrato nell'aria per lo 0,003% risulta letale respirato per mezz'ora. Nonostante questo, gli effetti non si presentano immediatamente, ma tra le 24 e le 72 ore dopo l'esposizione. Dopo l'inalazione, reagisce con l'acqua presente nel tratto respiratorio e si scompone in monossido di carbonio e acido cloridrico, provocando la morte per una combinazione di emorragie interne e insufficienza respiratoria.

## 2.14 Fenolo

Sviluppato dalla combustione del nylon e bachelite. I gas tossici irritano le mucose specie quelle degli occhi. Gli effetti nocivi sono a carico del sistema nervoso centrale con mal di testa, ronzio, vertigini, respirazione affannosa e polso debole.

## 2.15 Aldeide formica

Si sviluppa dalle resine fenoliche ed amminoplastiche (piatti e bicchieri), poliammidiche e poliuretaniche (cuscini, materassi, imbottiture ecc.). Gas altamente infiammabile e altamente tossico se ingerito o respirato, molto irritante per occhi e mucose. La presenza delle sostanze dipende dalla fase dell'incendio, dalle temperature raggiunte, dalle sostanze in combustione.

## 2.16 Tabella riepilogativa

A temperature più basse si formano i composti meno ossidati (ad esempio: aldeidi e composti con stato di ossidazione più basso) e più pericolosi. A temperature più elevate la combustione produce la massima ossidazione e quindi i composti meno pericolosi (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O), quindi durante lo spegnimento con l'abbassamento delle temperature si possono formare composti più pericolosi.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa:

Gruppo di sostanza	Prodotti di combustione
Sostanze contenenti alogeni	HCl, Cl <sub>2</sub> , COCl <sub>2</sub> , HF
Sostanze contenenti azoto	NO <sub>x</sub> , HCN
Sostanze contenenti zolfo	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, COS
Sostanze contenenti cianuri	HCN, NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub>
Policloro-aromatici	PCDD-DF*, HCl, Cl <sub>2</sub> , COCl <sub>2</sub>
Policloro-bifenili	PCDD-DF*
Nitrato di ammonio	NO <sub>2</sub>
Fosfato di ammonio	NO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Solfato di ammonio	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
Cloruro di potassio	HCl
PVC	HCl, Cl <sub>2</sub> , COCl <sub>2</sub>
materiali derivati dal petrolio, oli o grassi	CH <sub>2</sub> =CHCHO
Lana, capelli, gomma, pelli, carni	H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub>
lana, la seta, l'acrilico, materiali fenolici o resine melamminiche	NH <sub>3</sub>
nitrocellulosa, il nitrato di ammonio o altri nitrati organici	N <sub>2</sub> O
lana, seta, resine acriliche, uretaniche o poliamminiche (es: tessili, caschi)	HCN
Nylon, bachelite	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
piatti e bicchieri (fenoliche ed amminoplastiche), cuscini, materassi, imbottiture (resine poliammidiche e poliuretaniche)	HCHO

TABELLA 3

\*Si stima 1-10 mg di PCCD-DF di 2,3,7,8 TCDD per ogni kg sostanza bruciata (Green Book TNO 1992, Capitolo 4, pag 15).

## 2.17 Casi particolari

### 2.17.1 Presenza di Amianto negli incendi

Nel caso di incendi, non è raro che tra i materiali coinvolti vi sia anche l'amianto: i Vigili del Fuoco dispongono di specifiche procedure di intervento ma alcune informazioni sono utili anche per gli operatori ARPA che intervengono sul luogo dell'evento.

È difficile stabilire a priori e con certezza la presenza o meno di MCA (Materiale Contenente Amianto), per i molti campi di applicazione e la grande diffusione che questi materiali hanno avuto dagli inizi del '900 fino al 1991, anno nel quale, in Italia, ne è stata disposta la dismissione dalla produzione e dal commercio, la cessazione dell'estrazione, dell'importazione, dell'esportazione e dell'utilizzazione. Inoltre, i comportamenti illeciti finalizzati ad evitare gli obblighi di smaltimento determinano la dispersione di questi materiali tra i normali rifiuti urbani e in discariche illegali. Essendo stati prodotti nel corso degli anni conglomerati composti da un impasto di cemento e fibra di vetro o di fibre vegetali come la canapa, utilizzati per realizzare manufatti generalmente indistinguibili a vista da quelli realizzati con asbesto (amianto), l'effettiva presenza dell'amianto può essere stabilita esclusivamente con metodi analitici di laboratorio.

A solo titolo di esempio si citano, in un elenco certamente non esaustivo, gli scenari d'intervento nei quali è ragionevole che sussista la maggiore probabilità di presenza di MCA e le sue possibili forme:

Scenari	MCA
Incendi o crolli di capannoni, edifici industriali, tettoie - Incendi o crolli di strutture originariamente adibite a studi cinematografici - Incendi di edifici con strutture in acciaio - incendi o crolli di edifici in genere - Incendi di centrali termiche per produzione di acqua calda o di vapore - Taglio di casseforti, armadi blindati, porte tagliafuoco	lastre, ondulati, vasche e cassoni di accumulo, tegole, canne (fumarie e di ventilazione) e tubazioni in fibrocemento - coibentazioni e pannelli insonorizzanti - ricoprimenti a spruzzo delle strutture in cemento armato e delle travature metalliche con impasto di amianto e leganti (gesso, calce, cemento) - ricoprimenti a spruzzo delle pareti e dei solai con impasto di amianto e colle - pavimenti e piastrelle in vinyl-amianto - corde in tessuto e guarnizioni di tenuta - pannelli, materassini e corde di coibentazione - coibentazioni in fibrocemento e in fibrocartone applicate o meno su cemento o laterizio refrattario - lastre e intonaci in gesso-amianto - fioriere
- Incendi di sterpaglie	- manufatti in cemento-amianto

NOTA: il fibrocemento viene spesso chiamato "Eternit", dal nome del suo principale produttore.

L'amianto è un minerale che, pur essendo piuttosto friabile, è formato da fasci di fibre molto resistenti alla trazione, che possono però sfibrarsi e ridursi a dimensioni respirabili, depositandosi nei polmoni o nella pleura causando un potenziale danno ai tessuti che può evolversi in neoplasia. L'amianto, o asbesto, è un insieme di minerali del gruppo dei silicati, serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli. I minerali che sono classificati dalla normativa italiana come amianto sono:

Tipologia di amianto <sup>4</sup>	CAS NR	Formula chimica	Temperatura di decomposizione
Crisotilo (amianto bianco)*	12001-29-5	$[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]_n$	600-850 °C
amosite (amianto bruno)*	12172-73-5	$[(Mg,Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	600-900 °C

<sup>4</sup> [http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/Val\\_Amianto\\_documento\\_completo.pdf](http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/Val_Amianto_documento_completo.pdf)

Tipologia di amianto <sup>4</sup>	CAS NR	Formula chimica	Temperatura di decomposizione
antofillite	17068-78-9	$[(Mg,Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	NR**
crocidolite (amianto blu)*	12001-28-4	$[NaFe^{2+}3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	400–900 °C
tremolite	14567- 73-8	$[Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	950–1040 °C
actinolite	12172-67-7	$[Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	NR

\*le più diffuse, \*\*NR, non riportata

Alle varietà di amianto sono associati diversi livelli di pericolo per la salute, tuttavia questo fattore potrà difficilmente essere preso in considerazione nelle fasi operative. Un aspetto importante nella valutazione del rischio rappresentato dall'amianto è lo stato di aggregazione del MCA. La letteratura indica due forme principali:

- fortemente agglomerato (matrice forte, matrice compatta, materiali non friabili) materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici;
- debolmente agglomerato (matrice debole, materiali friabili) materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale.

Rispetto a questa suddivisione talvolta sono annoverati a parte gli amianti allo stato puro.

Per ulteriori dettagli sulle modalità operative dei Vigili del Fuoco si rimanda al documento delle loro Procedure di Intervento, da cui sono state estratte le informazioni sopra riportate<sup>5</sup>.

## 2.17.2 Combustione di biomasse

Criticamente legate alle proprietà delle biomasse sono le emissioni inquinanti generate dalla combustione. Gli inquinanti primari formati sono: materiale di particolato (PM), CO, HC, ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, principalmente NO e NO<sub>2</sub>) e ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>, principalmente SO<sub>2</sub>). Possono essere emessi anche gas acidi come per esempio HCl e altri metalli pesanti. CO e HC, comprendenti componenti organici volatili (VOC) e idrocarburi aromatici policiclici (IPA) sono prodotti di combustione incompleta.

Queste specie sono largamente controllate dalla stechiometria e dall'umidità del combustibile vero e proprio. I metalli pesanti possono essere presenti in concentrazioni elevate in certi combustibili derivanti da legno urbano e RDF (combustibili derivati da rifiuti), specialmente se sono presenti legni trattati oppure verniciati.

Il PM include: fuliggine, ceneri, fumi condensati (catrami e oli) e materiali irritanti comprendenti VOC e IPA. Gran parte delle particelle generate dalla combustione è inferiore a particelle di dimensione aerodinamiche di 1 µm. Particelle respirabili di 10 µm o anche più piccole costituiscono un pericolo per la respirazione, dato che rimangono profondamente trattenute all'interno degli alveoli dei polmoni. Materiale particolato generato meccanicamente e comprendente particelle sottili e ceneri tende ad essere paragonato agli aerosol della combustione. La silice di origine biologica presente in alcuni materiali, come per esempio la paglia di riso, viene parzialmente

<sup>5</sup> [https://vigilidelfuoco.usb.it/fileadmin/archivio/vigilidelfuoco/Procedura\\_intervento.pdf](https://vigilidelfuoco.usb.it/fileadmin/archivio/vigilidelfuoco/Procedura_intervento.pdf)

rilasciata come materiale particolato fibroso diventato recentemente di grande preoccupazione per le malattie respiratorie.



## 3. STRUMENTAZIONE PORTATILE IN DOTAZIONE

### 3.1 Premessa

ARPA Lombardia si è dotata di un Sistema per la Risposta alle Emergenze che prevede, tra l'altro, la presenza di personale, inserito nei "Gruppi Base (GB)" in ogni Dipartimento Provinciale, da attivare per interventi sul posto in caso di eventi emergenziali.

I Gruppi Base rappresentano il primo livello di risposta dell'Agenzia in situazioni di emergenza. Gli operatori di ARPA che intervengono sullo scenario costituiscono la prima interfaccia verso le Amministrazioni locali e verso le altre strutture di emergenza presenti in campo.

Per la gestione di alcuni eventi emergenziali può non essere sufficiente il solo coinvolgimento dei Gruppi Base. Può essere invece necessaria l'attivazione dei GSS (Gruppi di Supporto Specialistico) che costituiscono il secondo livello di risposta all'emergenza.

I Gruppi di Supporto Specialistico (GSS), con copertura territoriale sopra dipartimentale, sono in grado di supportare i Gruppi Base nell'attività di Guardia Ambientale.

I GSS svolgono la loro funzione di supporto, sia a campo che da remoto, nelle valutazioni e nei processi decisionali, in termini di analisi delle situazioni in essere che di svolgimento di attività analitica in strutture laboratoristiche per l'erogazione di analisi di tipologia predeterminata.

### 3.2 Finalità

Scopo di questa sezione è quello di inquadrare l'utilizzo della strumentazione assegnata ai Gruppi Base definendone la finalità, la modalità d'uso e la restituzione dei dati per le prime osservazioni dirette della presenza di contaminazione delle matrici ambientali.

La strumentazione viene analizzata con lo scopo di:

- definirne la finalità d'impiego,
- offrire una traccia operativa per l'impiego immediato della stessa,
- presentare i dati (limiti di rilevabilità, unità di misura, significato del dato)
- fornire dati di riferimento per eventuali comparazioni.

### 3.3 Campo di applicazione

Relativamente agli interventi in emergenza, statisticamente la matrice **ARIA** risulta coinvolta per circa il 30%, nella fattispecie per il 20% in caso di molestie olfattive e per il 10% in caso di incendi.

La misura degli inquinanti in aria è particolarmente difficile, soprattutto quando si rende necessaria durante eventi incidentali quali incendi, incidenti di trasporto coinvolgenti sostanze pericolose etc. In ambito emergenziale la difficoltà maggiore proviene dalla compresenza nell'aria di numerosi gas e vapori anche tossici non noti a priori.

La scelta della dotazione strumentale risponde alla necessità di avere dei risultati quali-quantitativi in tempi brevi per supportare le autorità di Protezione Civile nella salvaguardia della popolazione, per esempio in caso di incendio.

Gli strumenti utilizzabili per l'analisi della matrice aria si dividono in strumenti:

- **a lettura diretta:** (rilevatore multigas e le fiale Dräger) che restituiscono i dati quasi istantaneamente, ma tali valori sono approssimativi e quindi da considerarsi qualitativi;
- **a lettura indiretta:** (canister e i campionatori ad alto volume) che servono a prelevare un campione, con supporti di prelievo che devono essere successivamente conferiti al laboratorio; gli stessi poi vengono analizzati con tempi di restituzione che variano da alcune ore a qualche giorno.

**NOTA:** spesso i risultati analitici dei campioni avviati al laboratorio, per la tempistica analitica associata alle diverse matrici, possono essere disponibili solo dopo che l'evento di emergenza si è chiuso; diventano quindi dati inutilizzabili per la fase gestionale nell'immediatezza dell'evento, mentre possono risultare utili nel post emergenza o nella individuazione di eventuali responsabilità.

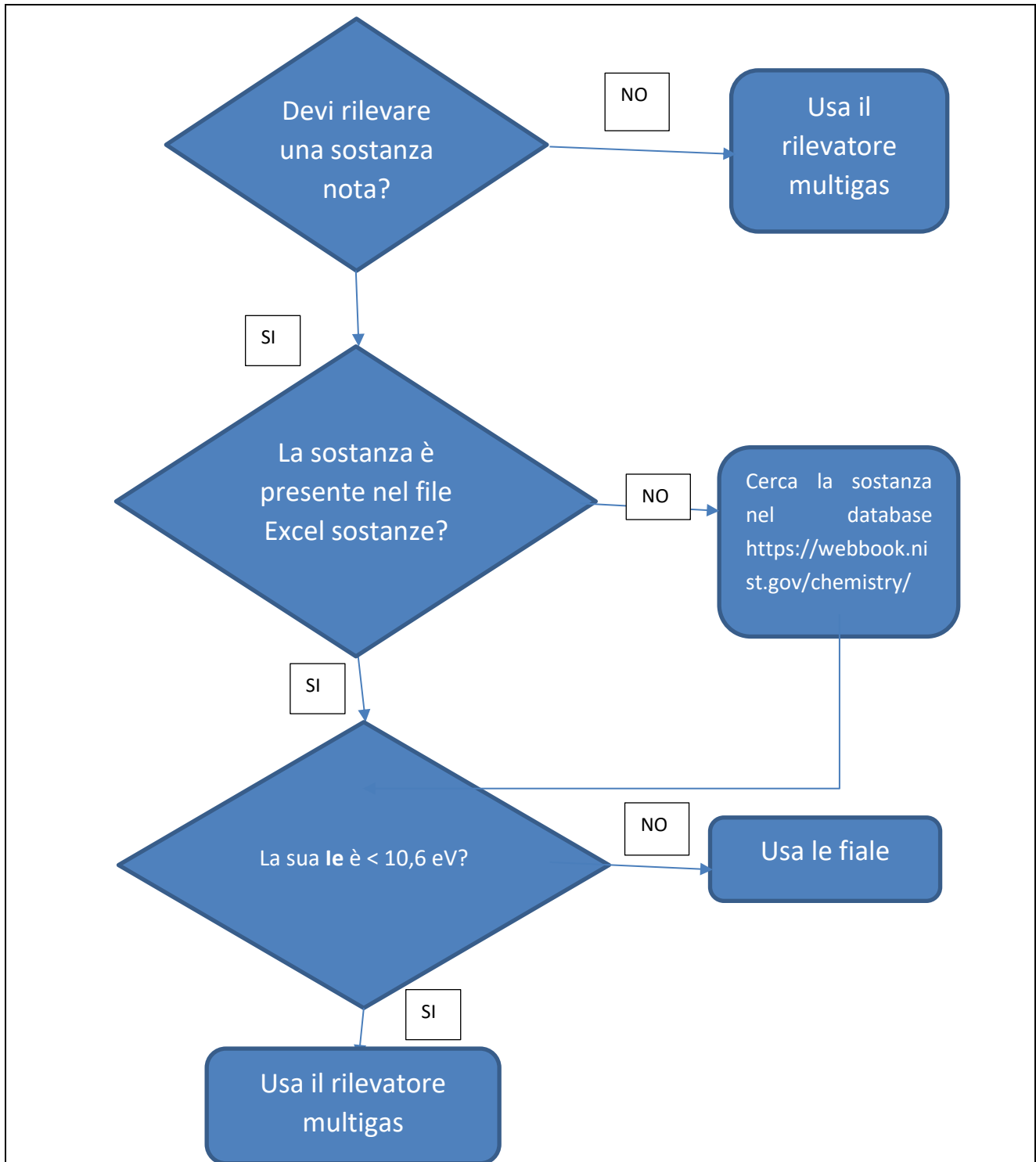
### 3.3 Scelta dello strumento

La scelta dello strumento dipende dalla sostanza o miscela che si intende investigare e dalla concentrazione più o meno elevata. La sostanza potrebbe essere nota a priori, come nel caso di incidenti relativi ad aziende RIR con scenari di rischio ben delineati, oppure ignota, come nel caso di incendi di materiale vario.

Nel caso di sostanza nota, è necessario appurare se il rilevatore multigas lo può rilevare. In caso negativo si può procedere con le fiale.

Nel caso di molestie olfattive che notoriamente, per talune sostanze, sono rilevabili dal naso umano a concentrazioni molto basse, potrebbe essere utile l'utilizzo del canister.

La scelta dello strumento più adatto può seguire lo schema di flusso di seguito rappresentato.



Nei paragrafi che seguono si farà riferimento alla strumentazione attualmente in uso in ARPA: la citazione di marche e modelli specifici è esclusivamente motivata dal fatto che attualmente rappresentano la strumentazione in dotazione dei gruppi base di ARPA Lombardia. Le considerazioni, per categoria, sono comunque riferibili anche a strumentazione di analoga tipologia.

### 3.4 Strategie di campionamento

Il Gruppo Base giunto in campo compie una serie di monitoraggi speditivi della qualità dell'aria al confine della zona rossa a conferma di quanto solitamente già fatto dai Vigili del Fuoco o per eventualmente suggerire alle autorità locali una estensione della "zona rossa" ai fini della protezione dell'ambiente.

Le misure speditive, da intendersi come qualitative e quindi da valutare per ordini di grandezza, vanno effettuate sottovento, in prossimità di luoghi "sensibili" (es. ospedali, scuole, ecc..) da concordare preferibilmente con le autorità locali e ATS.

E' consigliato attendere almeno 5 minuti prima di confermare la lettura del dato fornito dallo strumento. Si consiglia inoltre di georeferenziare il dato fotografando lo schermo.

Con una semplice foto è possibile avere: ora, posizione e valori.



### 3.5 Rilevatore multigas

L'apparecchio Dräger X-am 7000 è uno strumento portatile di rilevamento gas per il monitoraggio continuo delle concentrazioni di più gas presenti nell'aria.

Lo strumento Dräger X-am 7000, rivelatore multigas, in dotazione ad ARPA, è in grado di rilevare attraverso i sensori installati tutti gli idrocarburi presenti nell'aria, anche in assenza di ossigeno (O<sub>2</sub>), tranne l'idrogeno (H<sub>2</sub>); lo strumento rileva anche il monossido di carbonio (CO), l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), e l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S).

Gli idrocarburi sono rilevati sia per l'aspetto *esplosività* che per l'aspetto *tossicità*. L'esplosività è valutata con sensore a infrarossi Ex-IR tarato con metano (CH<sub>4</sub>), che misura la concentrazione di idrocarburi nell'atmosfera secondo il principio dell'assorbimento delle irradiazioni infrarosse; la tossicità è valutata tramite il sensore PID a fotoionizzazione con lampada UV, tarato con isobutilene (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>).

I sensori a tecnologia elettrochimica, che rilevano la presenza in concentrazione di ppm (parti per milione) di monossido di carbonio (**CO**), di ammoniaca (**NH<sub>3</sub>**), e di acido solfidrico (**H<sub>2</sub>S**), non sono

selettivi al 100%, ma sono disturbati da possibili interferenti, il cui elenco è consultabile sulla scheda tecnica specifica per ogni sensore.

Il rivelatore è robusto, protetto da un rivestimento in gomma contro urti, impermeabile all'acqua, ed è certificato **ATEX (ATmosphères Explosives)**: vuol dire che lo possiamo usare anche in atmosfere potenzialmente esplosive.

#### Sensori DrägerSensor

Spazio per un massimo di 5 sensori:  
3 sensori elettrochimici e 2 catalitici  
o a infrarossi  
oppure un rivelatore  
a fotoionizzazione (PID).

#### Allarmi

visivo a 360° e acustico  
multitono > 100 dB.



#### Involucro robusto

Resistente e impermeabile all'acqua con  
rivestimento in gomma integrato.

#### Ampio display

Strutturato chiaramente e  
resistente ai graffi, con  
informazioni visualizzate  
in normale testo.

I rivelatori multigas in dotazione all'Agenzia (Dräger X-AM 7000) sono dotati di cinque sensori, tutti indipendenti fra di loro; ciò significa che lo strumento è utilizzabile anche nel caso in cui non funzionino uno o più sensori.

Di seguito si descrivono le caratteristiche peculiari di ogni sensore:

### 3.5.1 Sensore IBUT (PID)

Il sensore IBUT(PID) è un fotoionizzatore con lampada a raggi UV da 10.6 eV.

La sensibilità del sensore è di **0.1 ppm**. Questo sensore analizza gli idrocarburi in termini di tossicità ed è tarato con isobutilene (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>).

È adatto a rilevare i **composti organici volatili (COV)**. Una lampada a raggi UV posta all'interno dell'apparecchio emette fotoni di energia definita in grado di provocare l'allontanamento di un elettrone da determinati composti chimici, trasformando, di fatto, una molecola in uno ione carico positivamente. Tale strumento non riesce a rilevare tutti i composti, ma esclusivamente quelli ionizzabili con la lampada a disposizione che, generalmente, fornisce un'energia fotonica pari a **10.6 eV** e quindi ionizza solo le molecole di quei composti che hanno un potenziale di ionizzazione inferiore a tale valore.

Un fotoionizzatore con lampada a raggi UV da **10.6 eV** è adatto a rilevare i COV, ovvero quei composti caratterizzati dalla presenza di carbonio associata a uno o più elementi quali idrogeno, alogeni, ossigeno, zolfo, fosforo, silicio o azoto (ad eccezione degli ossidi di carbonio e dei carbonati e bicarbonati inorganici) e aventi una marcata tendenza a passare alla fase vapore.

- Alla famiglia dei **COV** appartengono moltissimi composti, tra i quali si distinguono:

- **idrocarburi aromatici** (benzene, etilbenzene, toluene, xilene, composti dotati di anello esagonale benzenico);
- **idrocarburi alifatici saturi** (come il **butano** e **l'ottano**, composti binari contenenti solo legami C-C semplici), gli **idrocarburi alifatici insaturi** (come butadiene e isobutilene, composti binari contenenti almeno un legame multiplo C=C o C≡C);
- **chetoni** (come **acetone** o **metiletilchetone**, composti in cui un atomo di carbonio oltre ad essere legato doppiamente con l'ossigeno ha gli altri due legami liberi agganciati ad altrettanti gruppi alchilici e/o arilici);
- **aldeidi** (come **l'acetaldeide**, composti in cui è presente il gruppo alchilico o arilico che si lega al gruppo aldeidico costituito da un atomo di carbonio legato doppiamente all'ossigeno ed avente un legame con l'idrogeno ed uno libero – quello cui si aggancia il gruppo alchilico o arilico);
- **alcoli** (derivati dagli idrocarburi e costituiti dal gruppo alchilico – idrocarburo binario privato di un atomo d'idrogeno – unito al gruppo ossidrilico-OH, come ad es. **l'isopropanolo** e **l'etanolo**);
- **ammine** (composti ove uno o più atomi **d'idrogeno dell'ammoniaca sono sostituiti da gruppi alchilici o arilici, es. dietilammina**);
- **ammidi** (composti ove un atomo di carbonio oltre a legarsi con un gruppo alchilico o arilico e con doppio legame all'ossigeno, ha un legame con il gruppo ammidico-NH<sub>2</sub>);
- **composti dello zolfo** (come i **mercaptani** o i **solfuri organici**, comunque derivati dall'acido solfidrico i cui atomi di idrogeno sono sostituiti rispettivamente da uno o due gruppi alchilici).

**È importante sapere che il** PID misura anche sostanze che, pur non appartenendo alla famiglia dei COV, hanno un potenziale di ionizzazione inferiore a 10.6 eV quali l'ammoniaca, l'ossido di azoto, l'idrazina, il bromo, lo iodio, l'arsina e la fosfina.

Al contrario, il PID con lampada da **10.6 eV non riesce** a rilevare sostanze quali:

- il fosgene
- i tossici comuni (monossido di carbonio, anidride solforosa, acido cianidrico)
- i gas naturali (metano, etano)
- i componenti principali dell'aria (ossigeno, azoto, anidride carbonica, vapore acqueo)
- i gas freon
- l'ozono

in quanto richiederebbero l'utilizzo di una lampada con potenziale di ionizzazione superiore.

Esistono poi alcune sostanze molto reattive, quali l'idrazina, il salicilato di metile, il fenolo, il dimetil metilfosfonato, che sono facilmente assorbite dal filtro e dalla tubazione di aspirazione dello strumento, per cui la lettura che si ricava rilevando gli stessi risulta assai inferiore a quella reale; in questo caso lo strumento andrebbe privato del tubo di aspirazione e del filtro, compreso quello metallico, e ricalibrato.

Il range di misura va da 1 a 2000 ppm, quindi **concentrazioni inferiori a 1 ppm non vengono rilevate**. Se siamo in presenza di odori NON è necessariamente DETTO CHE IL PID rilevi dei valori. Il naso è molto più raffinato, ma di certo possiamo dire che, per le sostanze che il PID è in grado di rilevare, NON siamo in presenza di concentrazioni pericolose.

Anche le sostanze che non hanno un impatto odorigeno rilevabile dal naso umano, possono essere individuate dal PID (con le accortezze di cui sopra).

### 3.5.2 Sensore IR-CH4:

Il sensore IR-CH4 è un trasformatore di misura per misurare la concentrazione di idrocarburi nell'atmosfera secondo il principio dell'assorbimento di irradiazioni infrarosse.

Questo sensore misura l'esplosività ed è tarato con il metano (CH<sub>4</sub>). Il sensore Ex-IR (scheda tecnica DrägerSensor®Smart IR-Ex-6810460) che rileva l'esplosività, lavora nella zona sicurezza che va dallo 0 al 100% del LIE (Limite Inferiore di Esplosività). Lo strumento in dotazione riporta la dicitura in inglese LEL.

Si ricorda che 1% (in volume) = 10000 ppm (parti per milione)

La soglia di allarme per l'aspetto esplosività è suddivisa in pre-allarme A1, impostato al 20% del LIE, e in allarme principale A2, impostato a 40% del LIE, ampiamente entro il limite fissato per la zona di sicurezza.

Il sensore può essere utilizzato per rilevare gas e vapori elencati nella tabella seguente. Il sensore può anche essere sensibile ad altri gas e vapori

Gas / Vapour	CAS-No.	Formula	Display of measured Value in % LEL (for cal. to 0.85 % propane by vol.)	Cross sensitivity factor f
Aceton / Acetone	67-64-1	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	15	3,29
Acetylen / Acetylene	74-86-2	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	not possible	-
Benzol / Benzene	71-43-2	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	9	5,50
Butadien -1,3 / Butadiene -1,3	106-99-0	CH <sub>2</sub> CHCHCH <sub>2</sub>	13	3,85
Cyclohexan / Cyclohexane	110-82-7	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	on request	-
Cyclopentan / Cyclopentane	287-92-3	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	52	0,96
Dimethylether	115-10-6	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	62	0,81
Ethan / Ethane	74-84-0	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	76	0,66
Ethanol / Ethylalcohol	64-17-5	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	64	0,78
Ethen / Ethene	74-85-1	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	9	5,56
Ethylacetat / Ethylacetate	141-78-6	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	31	1,63
Ethylacrylat	140-88-5	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	23	2,17
i-Butan / i-Butane	75-28-5	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	49	1,02
i-Buten	115-11-7	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	32	1,56
Methanol	67-56-1	C <sub>1</sub> H <sub>4</sub> O <sub>1</sub>	93	0,54
Methylchlorid / Methyl chloride	74-87-3	C <sub>1</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>1</sub>	42	1,19
Methylenchlorid / Methylene chloride	75-09-2	C <sub>1</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	12	4,16
Methylethylketon	78-93-3	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>1</sub>	28	1,79
n-Heptan / n-Heptane	142-82-5	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	45	1,11
n-Hexan / n-Hexane	110-54-3	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	42	1,19
n-Nonan / n-Nonane	111-84-2	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	on request	-
n-Octan / n-Octane	111-65-9	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	32	1,56
n-Pentan / n-Pentane	109-66-0	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	54	0,93
Propane	74-98-6	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	50	1,00
n-Propanol / n-Propylalcohol	71-23-8	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	31	1,60
o-Xylol / o-Xylene	95-47-6	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	on request	-
Toluol / Toluene	108-88-3	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	14	3,50

### 3.5.3 Sensori elettrochimici

I sensori elettrochimici (descritti nei punti a, b, c seguenti) sono noti per avere degli interferenti che possono falsare le misure riportate dallo strumento. A seconda delle reazioni che avvengono



nel sensore, il gas interferente può sia diminuire – ad esempio sullo schermo possono comparire anche numeri negativi – sia aumentare la reale concentrazione del gas monitorato.

Dal punto di vista della sicurezza, un interferente negativo rappresenta un rischio più alto rispetto ad uno positivo, perché sottostima la risposta del gas target (il gas monitorato) e ne ritarda gli allarmi.

a. Sensore CO: cella elettrochimica con sensibilità di 1 ppm

Gas/Vapor	Chem. symbol	Concentration	Display in ppm CO	
			without select. filter	with select. filter
Acetone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	1000 ppm	≤20	0 <sup>1)</sup>
Acetylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	200 ppm	≤500	≤50
Ammonia	NH <sub>3</sub>	200 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	30 Vol.-%	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Chlorine	Cl <sub>2</sub>	20 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Dichlormethane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1000 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.2 Vol.-%	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	200 ppm	≤ 400	0 <sup>1)</sup>
Ethene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	50 ppm	≤25	≤10
Ethyl acetate	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	1000 ppm	≤150	0 <sup>1)</sup>
Formaldehyde	HCHO	20 ppm	≤30	0 <sup>1)</sup>
Hydrogen	H <sub>2</sub>	0.1 Vol.-%	≤90	≤90
Hydrogen chloride	HCl	40 ppm	≤6	0 <sup>1)</sup>
Hydrogen cyanide	HCN	50 ppm	≤10	0 <sup>1)</sup>
Hydrogen sulphide	H <sub>2</sub> S	30 ppm	≤120	0 <sup>1)</sup>
Methane	CH <sub>4</sub>	5 Vol.-%	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Methanol	CH <sub>3</sub> OH	175 ppm	≤150	≤2
Nitrogen dioxide	NO <sub>2</sub>	20 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Nitrogen monoxide	NO	25 ppm	50	0 <sup>1)</sup>
Phosgene	COCl <sub>2</sub>	50 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Phosphine	PH <sub>3</sub>	5 ppm	≤20	0 <sup>1)</sup>
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1 Vol.-%	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Sulphur dioxide	SO <sub>2</sub>	25 ppm	≤25	0 <sup>1)</sup>
Tetrachlorethene	CCl <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub>	1000 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Tetrahydrothiophene	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S	5 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Toluene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	1000 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Trichlorethene	CHClCCl <sub>2</sub>	1000 ppm	0 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>

® DrägerSensor is a trademark of Dräger, registered in Germany.

1) no effect

2) negative display



b. Sensore H2S: cella elettrochimica con sensibilità di 0.1 ppm

Gas / Vapore	Simboli chim.	Concentrazione	Indicazione in ppm di H <sub>2</sub> S
Acetone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	1000 ppm	≤4
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	200 ppm	0 <sup>1)</sup>
Cloro	Cl <sub>2</sub>	20 ppm	≤2 <sup>(-2)</sup>
Acido cloridrico	HCl	40 ppm	0 <sup>1)</sup>
Acido cianidrico	HCN	50 ppm	0 <sup>1)</sup>
Solfuro dimetile	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	20 ppm	≤6
Dimetildisolfito	CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>	20 ppm	≤13
etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,2 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Etanolo	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	200 ppm	≤2
Etantiolo	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	10 ppm	≤5
Etilene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1000 ppm	≤10
Etino	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,6 % vol.	≤10
Etilmercaptano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	20 ppm	≤10
Esano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,6 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	1,5 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Solfuro di carbonio	CS <sub>2</sub>	15 ppm	0 <sup>1)</sup>
Monossido di carbonio	CO	125 ppm	≤3
Metano	CH <sub>4</sub>	5 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Metanolo	CH <sub>3</sub> OH	200 ppm	≤10
Metilmercaptano	CH <sub>3</sub> SH	20 ppm	≤15 ppm
Fosgene	COCl <sub>2</sub>	50 ppm	0 <sup>1)</sup>
Fosfina	PH <sub>3</sub>	5 ppm	≤5
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Anidride solforosa	SO <sub>2</sub>	20 ppm	≤4
Biossido d'azoto	NO <sub>2</sub>	20 ppm	0 <sup>1)</sup>
Monossido d'azoto	NO	20 ppm	≤10
sec-Butilmercaptano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> S	20 ppm	≤7
tert- Butilmercaptano	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CSH	20 ppm	≤10
Tetraidrotiofene	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S	20 ppm	≤4
Toluene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	0,6 % vol.	0 <sup>1)</sup>
Idrogeno	H <sub>2</sub>	1 % vol.	≤10
Xilolo	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,5 % vol.	≤4

® DrägerSensor is a trademark of Dräger, registered in Germany.

1) no effect

2) negative display

c. Sensore NH<sub>3</sub>: cella elettrochimica con sensibilità di 1 ppm

Gas/Vapor	Chem. symbol	Concentration	Display in ppm NH <sub>3</sub>
Acetylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	200 ppm	0 <sup>1)</sup>
Acetone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	1000 ppm	0 <sup>1)</sup>
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1.5 Vol.-%	≤5 <sup>(-2)</sup>
Carbon monoxide	CO	200 ppm	0 <sup>1)</sup>
Chlorine	Cl <sub>2</sub>	10 ppm	≤20 <sup>(-2)</sup>
Ethene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1000 ppm	≤3
Hydrogen	H <sub>2</sub>	1000 ppm	≤3
Hydrogen cyanide	HCN	25 ppm	≤3
Hydrogen sulphide	H <sub>2</sub> S	20 ppm	≤50
Methane	CH <sub>4</sub>	10 Vol.-%	0 <sup>1)</sup>
Methanol	CH <sub>3</sub> OH	200 ppm	≤3
Nitrogen dioxide	NO <sub>2</sub>	20 ppm	≤10 <sup>(-2)</sup>
Nitrogen monoxide	NO	20 ppm	≤10
Phosphine	PH <sub>3</sub>	5 ppm	≤8
Sulphur dioxide	SO <sub>2</sub>	20 ppm	0 <sup>1)</sup>
Tetrahydrothiophene	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S	10 ppm	≤10

® DrägerSensor is a trademark of Dräger, registered in Germany.

1) no effect

2) negative display

### 3.5.4 Rilevatore multigas Dräger X-AM 7000: ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO in CAMPO



Le sostanze idrocarburiche sono suddivise, in funzione dell'esplosività, in tre zone:

- zona di sicurezza, dove non vi è presenza di idrocarburi;
- zona di esplosività, dove vi è una miscela idonea di aria e idrocarburi da cui potrebbe innescarsi un'esplosione;
- zona di saturazione, dove vi è la presenza di idrocarburi in assenza di aria; ciò rende l'ambiente pericoloso e irrespirabile senza condizioni di esplosività.

Le soglie di allarme impostate per i vari sensori sono riportate nella tabella sottostante.

Parametro	Range di misura		Max
IR- CH <sub>4</sub>	A1=20%	A2=40%	100%
PID	A1=1000 ppm	A2=2000 ppm	2000 ppm
CO	A1=30 ppm	A2=60 ppm	500 ppm
NH <sub>3</sub>	A1=20 ppm	A2=40 ppm	200 ppm
H <sub>2</sub> S	A1=5 ppm	A2=10 ppm	100 ppm

**N.B.** Si consiglia di attendere almeno 5 minuti in ogni posizione di misura prima di rilevare il dato e di fotografare lo schermo in modo da fissare i valori, posizione, data e ora.

Istruzioni per l'uso

**Sensori attivi per: I BUT (PID) - H<sub>2</sub>S - NH<sub>3</sub> - IR CH<sub>4</sub> - CO**

**Accorgimenti iniziali:**

1. Dopo l'utilizzo lasciare sempre l'apparecchio nell'apposito alloggiamento di alimentazione; lo strumento emette un suono quando viene rimosso dall'alimentatore e questo indica solamente che non è più collegato alla rete di alimentazione e che sta utilizzando la batteria;
2. la posizione di utilizzo consigliata è quella verticale;
3. Per l'accensione dello strumento occorre tenere premuto il tasto OK per più di 3 secondi (se non si aspettano i 3 secondi l'apparecchio resta spento) e dopo la visualizzazione di un conto alla rovescia lo strumento si attiva.
4. Lo strumento, durante il funzionamento, genera un segnale opzionale di attività ogni sei secondi, emettendo un bip di breve durata che conferma il suo corretto funzionamento.

**Fasi della procedura di accensione**, che si devono eseguire PRIMA dell'arrivo sullo scenario:

<b>fase 1</b>	inizio autotest: <ul style="list-style-type: none"><li>• segnale acustico di accensione apparecchio;</li><li>• la spia di allarme si accende brevemente=test degli elementi di allarme;</li><li>• Il LED di funzionamento <b>VERDE</b> si accende;</li><li>• si visualizzano le informazioni relative alla configurazione (data e ora);</li><li>• vengono elencati i sensori attivi;</li><li>• viene visualizzato l'autotest completato</li></ul>
<b>fase 2</b> (può essere interrotta premendo il tasto OK)	per ogni sensore attivo sono visualizzati il valore massimo del campo di misura e i valori impostati per le soglie di allarme
<b>fase 3</b>	viene visualizzato il tempo di riscaldamento residuo per ogni sensore e al termine compare l'elenco dei sensori con l'unità di misura e lo strumento è pronto per eseguire le misure.

**Riconoscimento degli allarmi**

L'allarme prevede un segnale acustico e un allarme visivo (**spia rossa**)

**Preallarme A1 relativo alle concentrazioni:** si tratta di un segnale acustico intermittente associato ad una spia rossa di allarme lampeggiante; viene visualizzato il tipo di gas, il valore di misura e in alternanza **unità/» A1«**; premendo il tasto OK si spegne il segnale acustico, mentre la spia rossa di allarme e la visualizzazione alternata di **unità/» A1«** spariscono solo quando il livello di concentrazione ridiscende al di sotto della soglia di allarme.

**Allarme di flusso nella funzione pompa:** segnale acustico intermittente e spia rossa fissa di allarme; tutti i campi di misura sono privi di valori e mostrano **»---«**; nella riga inferiore del display compare un messaggio di errore; in questo caso, per rimuovere l'allarme premere il tasto OK; il segnale acustico e la spia di allarme rossa si spengono.

**Allarme per errori relativi all'apparecchio e ai sensori:** segnale acustico interrotto e spia di allarme rossa fissi, oltre al simbolo speciale » X « sul bordo destro del display.

**Nota Bene:** questi ultimi due tipi di allarme vanno tempestivamente segnalati al responsabile dello strumento

**Preallarme relativo alla batteria:** segnale acustico intermittente associata ad una spia di allarme rossa lampeggiante; inoltre, sul bordo destro del display, lampeggia il simbolo raffigurante una pila. Per il buon mantenimento della batteria è consigliabile scaricare completamente la batteria ogni 3 mesi, per mantenere la sua funzionalità.

**Spegnimento dell'apparecchio:** tenere premuti contemporaneamente i tasti » ▲ « e » ▼ « per più di 3 secondi durante i quali viene visualizzato un conto alla rovescia.

### 3.5.5 RESTITUZIONE DATI

**In caso di incendio:**

**1.** Se il valore misurato dal sensore IBUT(PID) è prossimo allo zero (fino a 10 ppm circa), e lo stesso fanno il sensore di  $\text{NH}_3$  (anche con valori negativi) e il sensore di  $\text{H}_2\text{S}$ , allora stiamo misurando prodotti da combustione «classici», associati ad una ossidazione completa o comunque significativa. Tale condizione non rappresenta una criticità.

**2.** Se il parametro IBUT(PID) segnala valori significativamente diversi da zero (da 15 a 20 ppm in su circa) e gli altri sensori non segnalano nulla, allora siamo in probabile presenza di COV prodotti da combustione non stechiometrica. Tale situazione rappresenta invece una criticità e richiede un allontanamento immediato. Allontanarsi e se ci sono persone residenti consigliare la chiusura di finestre.

**3.** Nella zona di ricaduta dei fumi è probabile trovare valori misurati dai sensori CO e  $\text{NH}_3$  diversi da 0, dovuti sia ad interferenti che ai loro propri valori (vedi tabelle interferenti)

### 3.5.6 COMUNICAZIONE RISULTATI - cosa scrivere sul verbale

**Ogni volta che si utilizza il PID** durante un intervento emergenziale o NON emergenziale utilizzare la seguente dicitura nel VERBALE di sopralluogo:

*“Durante l’intervento è stato utilizzato lo strumento **Dräger X-AM 7000** con alloggiati i seguenti sensori per la misura speditiva di alcuni composti aeriformi:*

- *PID fotoionizzatore per composti organici volatili (VOC),*
- *IR-Ex per misura di campo di esplosività*
- *CO per misura monossido di carbonio e interferenti*
- *H<sub>2</sub>S per misura di acido solfidrico e interferenti*
- *NH<sub>3</sub> per misura ammoniacca e interferenti.”*

**(\*\*\* SE SONO STATI SEMPRE ZERO\*\*\*):** Durante l’intervento non sono stati rilevati valori al di sopra del limite di rilevabilità dei singoli sensori, pertanto si tende ad escludere la presenza di tali sostanze e dei relativi interferenti.

**(\*\*\* SE C’E’ STATO QUALCOSA DIVERSO DA ZERO MA NO ALLARME\*\*\*):** *durante l’intervento si sono rilevati i valori massimi riferiti ai seguenti parametri: XXXXXX (per il PID usare la dicitura VOC). Tali valori evidenziano la probabile presenza di tali sostanze o dei relativi interferenti. Da una prima ipotesi tali valori sono riconducibili a XXX (dipende dalla situazione). Tale aspetto non riveste caratteristica di criticità immediata ma sarà comunque oggetto di approfondimento da parte di ARPA. Seguirà relazione approfondita (XX da usare se necessario)*

**(\*\*\* SE E’ SUONATO L’ALLARME\*\*\*):** *durante l’intervento si sono rilevati per i seguenti parametri XXXXXX (per il PID usare la dicitura VOC) valori significativi e critici superando i livelli di attenzione preimpostati nello strumento. Si è pertanto consigliato alle autorità presenti una particolare attenzione per la popolazione esposta evidenziando la necessità di evitare che i vapori vengano a contatto.*

### 3.6 Sistemi con Fiale Dräger

Le fiale Dräger consentono l'acquisizione immediata dei risultati della misurazione, senza dover inviare campioni a un laboratorio di analisi in quanto il risultato della misura è leggibile direttamente sulla scala graduata della fiala stessa.

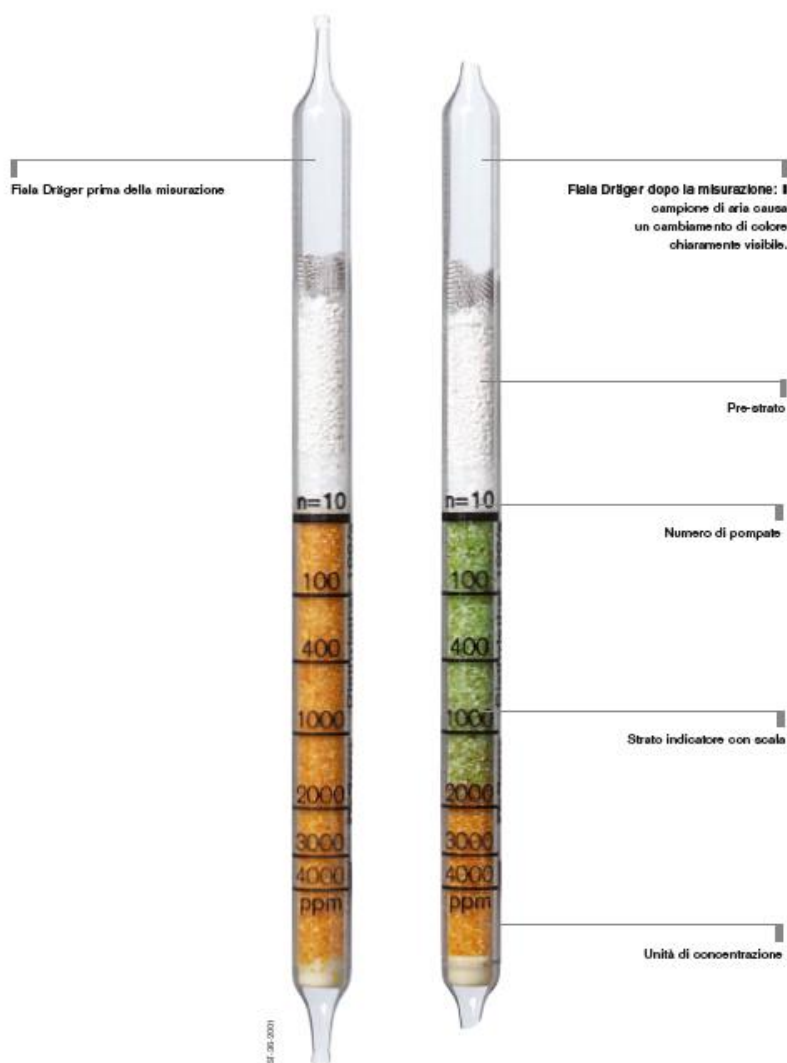
La fiala Dräger consiste in una provetta in vetro sigillata, contenente un reagente chimico solido/liquido che reagisce alla presenza di un particolare gas o vapore attraverso un caratteristico cambiamento di colore.

Per generare tale reazione, viene aspirata nella fiala una quantità predefinita di aria ambiente utilizzando una pompa manuale per fiale Dräger, oppure una pompa automatica Dräger X-act 5000.

I sistemi con Fiale Dräger sono solitamente basati su criteri colorimetrici: in caso di **cambiamento** (virata) del colore il risultato del campionamento è da intendersi come positivo. **Questi sistemi vanno intesi come indicatori di presenza della sostanza ricercata.** In caso venga verificata la presenza della sostanza rilevata allontanarsi e far allontanare.

Fiala 1 Dräger **prima** della misurazione, nuova e integra.

Fiala 2 Dräger **dopo** la misurazione: il campione di aria causa un cambiamento di colore chiaramente visibile (notare le due estremità aperte).



Direttamente sulle fiale sono indicati il numero delle pompate (ad es. n=10), lo strato indicatore con la scala delle concentrazioni rilevate e l'unità di misura delle concentrazioni. Per ottenere un dato semi-quantitativo devono essere effettuate tutte le "pompate" indicate sulla fiala. Grazie alla scala graduata sono sufficienti anche piccole quantità di gas per consentire all'utente di leggere e interpretare facilmente il risultato.



Le fiale sono solitamente specifiche per la rilevazione di una sola sostanza; tuttavia possono essere utilizzate più fiale contemporaneamente, con i dovuti accorgimenti, al fine di rilevare più sostanze.

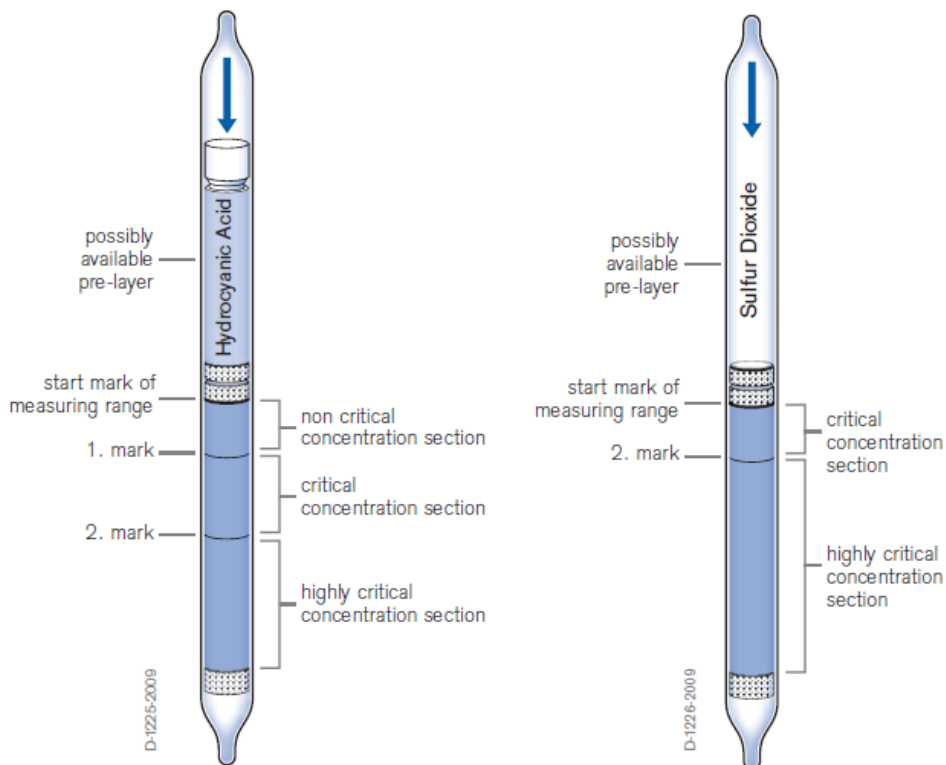
### 3.6.1 Kit per test simultanei

**I kit per test simultanei** Dräger comprendono cinque fiale Dräger disposte in parallelo in una custodia in gomma. L'aria da testare viene inviata contemporaneamente a tutte le fiale attraverso un adattatore utilizzando la pompa (manuale o automatica). Queste ultime rilevano gas inorganici derivanti da combustione e gruppi di sostanze organiche. Il principale vantaggio dell'utilizzo del set rispetto alla singola fiala Dräger consiste nella significativa riduzione del tempo di misura e nella rilevazione di cinque inquinanti in maniera simultanea.

Da ricordare che i kit per test simultanei Dräger non hanno una scala di lettura riportante la concentrazione in ppm, bensì riportano intervalli che contraddistinguono zone critiche da zone non critiche, basate sui valori limite individuati per i luoghi di lavoro. In questo caso, le informazioni desumibili dal campionamento sono le seguenti:

- concentrazione non critica
- concentrazione critica
- concentrazione molto critica





Se la concentrazione risultasse critica o molto critica, per conoscere la reale concentrazione (dato che nel test di scrematura non si legge) si possono utilizzare le rispettive singole fiale Dräger o strumenti selettivi della singola sostanza rilevata (es. sensori elettrochimici).

La scelta dei gas inorganici da rilevare nei kit per test simultanei è stata fatta considerando che durante gli incendi si sviluppano numerosi prodotti di combustione. Tra questi ci sono 11 gas inorganici che di norma sono sempre presenti. Di questi, 10 sono misurabili con due dei test-set mentre l'undicesimo, che è l'idrogeno fosforato e può presentarsi durante incendi di fertilizzanti o durante l'utilizzo di agenti fumiganti in agricoltura, può essere misurato con la rispettiva singola fiala Dräger.

Per gli incidenti che riguardano solventi e altri vapori organici si può utilizzare il terzo set disponibile.





Per eseguire il test simultaneo al fine di rilevare più analiti contemporaneamente, occorre disporre del supporto di collegamento. Per i test simultanei con 5 fiale, TUTTE devono essere aperte da entrambe le estremità. Inserire le fiale negli appositi fori e collegarle con un tubo alla pompa. NON è possibile lasciare spazi vuoti nell'adattatore del test simultaneo.

Uno schema delle sostanze che possono essere rilevate e misurate con i **Test-Set** è riportato di seguito.

<b>Simultaneous Test-Set I for inorganic fumes</b>		
<b>Sostanza</b>	<b>cod.</b>	<b>range</b>
Acido Cloridrico/acido nitrico	1/a	10-200 ppm
Acido cianidrico	2/a	2-75 ppm
Monossido di carbonio	10/b	100-3000 ppm
Ammoniaca	5/a	5-700 ppm
Fumi nitrosi	2/a	2-100 ppm

<b>Simultaneous Test-Set II for inorganic fumes</b>		
<b>Sostanza</b>	<b>cod.</b>	<b>range</b>
Anidride solforosa (SO <sub>2</sub> )	1/c	10-200 ppm
Cloro	0.2	0,2-30 ppm
Acido solfidrico (H <sub>2</sub> S)	1/c	1-200 ppm
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	0.1%a	0,1-6 %
Fosgene	0.25/c	0,25-15 ppm

<b>Simultaneous Test-Set III for organic vapors</b>		
<b>Sostanza</b>	<b>cod.</b>	<b>range</b>
Acetone	100/b	100-12000 ppm
Toluene	100/a	100-1800 ppm
Alcool	25/a	25-5000 ppm
Esano	100/a	100-3000 ppm
Percloroetilene	10/b	1-500 ppm



Le fiale devono tutte essere collegate al supporto in gomma con la freccia nera, visibile nella foto a fianco, indicante il verso del flusso d'aria che passa all'interno della stessa. La freccia nera identifica quindi anche l'estremo della fiala che deve essere collegata alla pompa di aspirazione.

Non utilizzare MAI fiale che sono già state aperte, magari in occasioni precedenti o che risultano scadute. La data di scadenza è riportata chiaramente sulla confezione e sulla singola fiala non è indicata.

Se ci si accorge che la dotazione non è più utilizzabile, contattare il referente dell'attrezzatura che si occuperà di gestire la situazione.

DOPO l'uso, non disperdere nell'ambiente le fiale utilizzate.

### 3.6.2 FIALE che necessitano accortezze PARTICOLARI in dotazione ad ARPA

La maggior parte delle fiale in dotazione sono "pronte all'uso" ovvero non necessitano di accorgimenti particolari; è sufficiente aprirle alle estremità e collegarle alla pompa di aspirazione; tuttavia, alcune richiedono un momento di attenzione in più da parte dell'operatore in campo. Le modalità specifiche per ogni fiala sono riportate nella confezione.

Di seguito si espongono le peculiarità di alcune fiale in dotazione ad ARPA che necessitano di attenzione prima dell'uso



Il sistema riportato nella figura, che rappresenta una tipologia di fiala per la misura dell'acetaldeide, è costituito da due fiale distinte collegate da un giunto in gomma.

Per procedere al campionamento occorre separare le due fiale, romperle alle estremità e riposizionarle ripristinando il collegamento iniziale mediante il giunto in gomma. Fatto ciò si può procedere al campionamento secondo le modalità consuete.

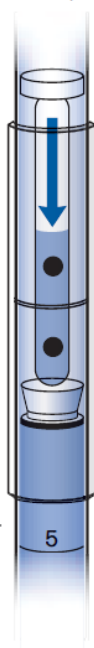
Examples include:

Dräger-Tube with reagent ampoule (content is granular preparation)



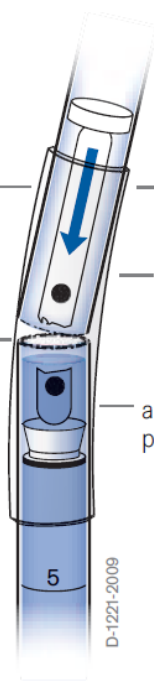
indication layer

Oil Mist 1/a,  
Mercaptan 20/a



shrink-wrap tubing

breakable point



upper section of ampoule

exterior of glass tube and reagent ampoule broken

ampoule preparation

D-1221-2009

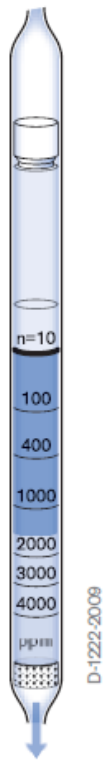
La fiala per la rilevazione dei mercaptani riportata nella figura sopra, contiene all'interno, oltre al substrato solido, un'altra fiala di reagente liquido. Questo tipo di fiala è protetta da un rivestimento plastico sul quale è segnalato da indicatori (vedi figura) il punto in cui bisogna procedere alla rottura.

Dopo aver rotto la fiala interna e quella esterna, ci si deve assicurare che il liquido contenuto in quella interna si sia riversato sul substrato di quella esterna. DOPO si può procedere alla rilevazione consueta.

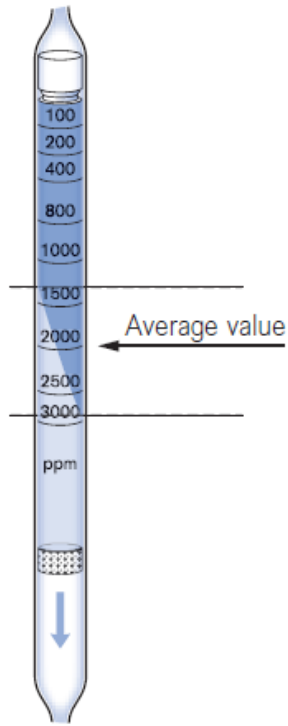
La fiala dell'acido solforico ( $H_2SO_4$ ) non dispone di una scala graduata di lettura della concentrazione in ppm o  $mg/m^3$  pertanto, per determinare la misura, si utilizza una fiala di riferimento presente all'interno della confezione.

### 3.6.3 Casi particolari per la lettura/utilizzo delle fiale

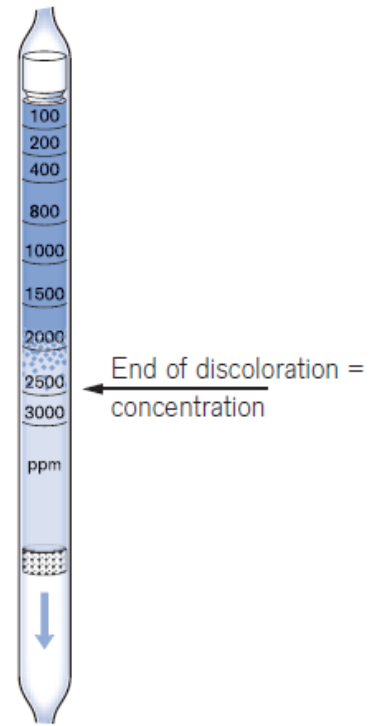
Quasi tutte le fiale hanno una "zona filtro" prima del substrato che permette la rilevazione della sostanza che stiamo ricercando (esempio 1). Questo consente di avere un risultato definito e identificabile da una linea netta di colorazione, tuttavia alcune fiale, non avendo questa zona, potrebbero presentare dopo il campionamento colorazioni non uniformi all'interno dello strato di adsorbimento (esempi 2 e 3); in questi casi la lettura del risultato deve tenere conto di alcuni accorgimenti necessari, in base all'interfaccia di colorazione e il risultato ottenuto rappresenta un valore medio, come meglio esposto in figura.



Example 1



Example 2



Example 3

### 3.6.4 Pompa automatica per fiale Dräger X-act 5000



La pompa è progettata per la misurazione con le fiale per la rilevazione rapida e le fiale e i sistemi di campionamento Dräger. La struttura a menu, semplice e intuitiva, garantisce la massima facilità di utilizzo grazie alla navigazione che consente di selezionare le modalità di funzionamento, all'elettronica e al software di controllo. Uno dei principi fondamentali di questo sistema è la capacità di fornire le caratteristiche di flusso richieste per le fiale Dräger, riducendo i tempi medi di misurazione delle fiale per la rilevazione rapida che necessitano di un maggior numero di pompate. Un codice a barre stampato sull'etichetta posta sul retro della confezione delle fiale rapide Dräger contiene tutti i parametri di misurazione utili. Semplicemente passando il codice a barre sopra il lettore della pompa, sarà possibile visualizzare direttamente sul display il nome della sostanza da misurare, il numero di pompate necessario e il campo di misurazione corrispondente.

La pompa Dräger X-act 5000 regola automaticamente la portata. Subito dopo aver impostato il tempo di campionamento, la misurazione può iniziare. Alla fine della misurazione, la pompa si arresta automaticamente. Sul display appariranno i dati impostati, il tempo trascorso e il volume pompato.

L'apparecchio Dräger X-act 5000 è una pompa automatica, utilizzata in combinazione con fiale a rilevamento rapido Dräger.

Le fiale e i sistemi di campionamento vengono utilizzati per la raccolta attiva di sostanze organiche volatili nell'aria degli ambienti di lavoro, di locali chiusi e di aree ambientali.

Il dispositivo è dotato di un lettore di codici a barre incorporato, che emette un fascio laser (100%, onda continua, regolazione non possibile) invisibile durante il funzionamento.



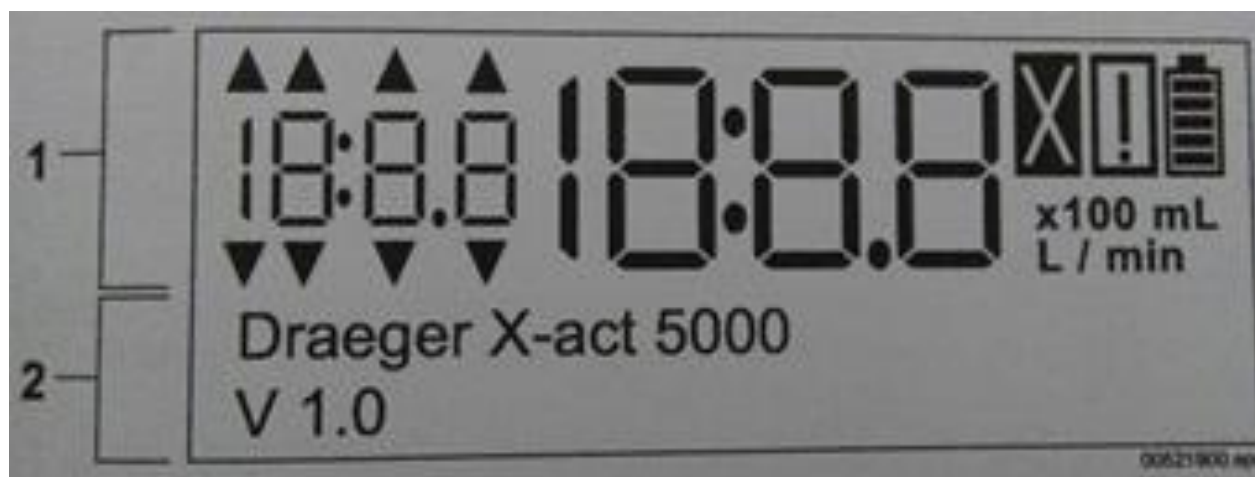


Il codice a barre (Fig.1) è stampato sul retro dell'etichetta della confezione delle fiale a rilevamento rapido Dräger.

Il dispositivo Dräger X-act 5000 indica il numero delle pompate, il nome del gas da misurare, e in base ai dati dei codici a barre, visualizza le istruzioni per l'utente.

Il display (Fig.2) di Dräger X-act 5000 si divide in due parti, 1 e 2.

Fig.1




La parte 1 indica:

il numero di pompate, la portata del flusso, la durata della misurazione, le unità di volume, i codici di errore e altri simboli:

**X** simbolo di "errore" visualizzato assieme ad un codice errore o ad un messaggio scritto

**!** simbolo di "avvertenza" visualizzato assieme ad un messaggio scritto

In alto a dx compare il simbolo batteria

 barra in movimento indica un'operazione in corso

**"Ex"** nessuna misurazione in aree a rischio esplosione

La parte 2 visualizza i menù e le opzioni.



## Istruzioni per l'uso Pompa Automatica Draeger X-act 5000

Prima dell'utilizzo verificare la carica della batteria.

Staccare lo spinotto posteriore di alimentazione, se l'apparecchio è collegato alla presa fissa.

Per l'accensione premere il tasto **OK**, tenere premuto fino alla fine del conto alla rovescia (3-2-1), a quel punto si attiva una illuminazione **verde** ai lati dello strumento e compare la seguente videata:



Attendere sino alla comparsa della scritta:

Leak Test (che significa “test di tenuta”).

Per fare tale prova usare una fiala di **Calibration Tube X-act 5000**.

Inserire la fiala **CHIUSA** nello spazio della maniglia, schiacciare **ok** fino a quando compare:

- Remove any tube      premere **ok**
- INSERT CLOSED TUBE premere **ok**

Al termine compare la scritta “**Leak test stop**” e i led **verdi** si illuminano alternativamente. Successivamente premere **ok**. A quel punto lo strumento visualizzerà le seguenti voci, alle quali bisogna dare conferma premendo **ok**:

- Short-term tube      **ok**
- Measurement air      **ok**
- Barcode operation air **ok**
- Scan barcode      **ok**

e passare in orizzontale il codice a barre **BarcodeX-act 5000** presente sull'astuccio contenente le fiale per l'analisi della sostanza che ricerchiamo. Premere **ok**.

- Selezionare la concentrazione idonea premendo **ok**.
- Lo strumento eseguirà in automatico il prelievo basandosi sul tempo che è codificato nel codice a barre specifico per ogni sostanza.
- Alla fine comparirà la scritta “**finish**” accompagnata dall'accensione luminosa del led **verde**.

Per spegnere lo strumento premere contemporaneamente le due frecce sino alla fine del conto alla rovescia (3-2-1); a quel punto si attiva la pompa e compare la scritta PUMP FLUSHING con conto alla rovescia che parte da 10. Finito il ciclo, lo strumento si spegne.

### Istruzioni operative per la ricerca specifica della FORMALDEIDE

Per la ricerca della formaldeide in concentrazione da **0.2 a 5 ppm** usare una **singola** fiala Barcode x-act 5000 (DA INSERIRE IN DIREZIONE DELLA FRECCIA)

Per la ricerca della formaldeide in concentrazione **inferiore a 0.2 ppm (INSERIRE NELLA DIREZIONE DELLA FRECCIA LA FIALA BARCODE X-act 5000 E COLLEGARE CON IL GOMMINO LA FIALA 8101141)** usare l'estensione del campo di misura **in combinazione** con la fiala attivatrice (Ordine N.8101141): **con tale modalità il range va da 0.04 a 0.5 ppm, n=100**, poiché la valutazione viene effettuata in base alla scala calibrata per 20 aspirazioni, **dividere il valore della scala per 5**

### 3.6.5 Pompa Dräger manuale

Questa pompa manuale non richiede alimentazione elettrica e pertanto può essere utilizzata ovunque, anche negli ambienti potenzialmente esplosivi. E' una pompa robusta, utilizzabile con una sola mano e quindi idonea alla misurazione anche in ambienti dall'accesso difficoltoso.



Con la pressione manuale esercitata la pompa viene azionata ed un contatore analogico, posto in alto a destra, indica chiaramente il numero di pompate effettuate. Il contatore può essere azzerato premendo un piccolo pulsante all'interno di un foro posto in prossimità del conteggio.

La fine di ogni pompata è indicata chiaramente dal ritorno nella posizione iniziale del soffiato della pompa e dal cambiamento di colore del foro centrale nella zona blu rotonda. Si può notare nella seconda foto sopra, che il foro appare di colore argento e questo indica che la pompa è ritornata nella posizione di partenza. Quando la pompa è in aspirazione, il colore del foro è nero (foto sotto).

La fiala può essere collegata direttamente alla pompa o tramite un tubicino in gomma.



**N.B.** prima di iniziare la misurazione si DEVONO rompere ENTRAMBE le estremità della fiala in vetro che si vuole utilizzare al fine di consentire il passaggio dell'aria all'interno della fiala stessa.

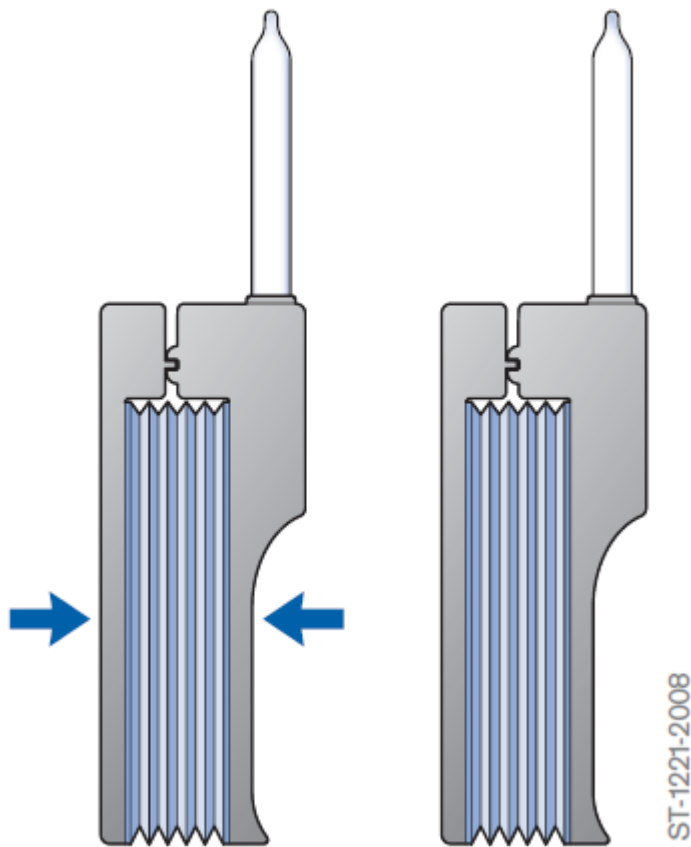
Ci sono due modi alternativi per aprire le fiale:



1. mediante il “temperino” apposito, in dotazione, metodo preferibile perché consente una rottura regolare; dopo aver inserito la fiala nell'apposito foro, identificato con il numero 1, si deve ruotare la fiala come se fosse una matita, in modo tale da permetterne l'incisione. Successivamente, inserendo la stessa fiala, dallo stesso lato, nel foro indicato con il numero 2, si deve premere la fiala verso l'interno del foro. Il pezzo di vetro che si stacca viene raccolto dal temperino che è dotato di contenitore. Il contenitore del temperino si può svuotare successivamente tramite l'apertura a vite manuale.

Le istruzioni di utilizzo sono riportate, sia sulla scatola che sul rompi-fiala.



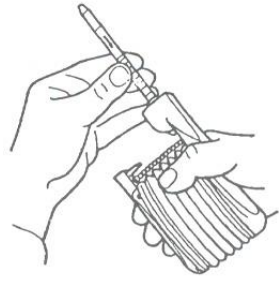
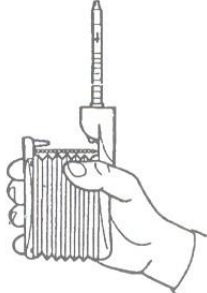
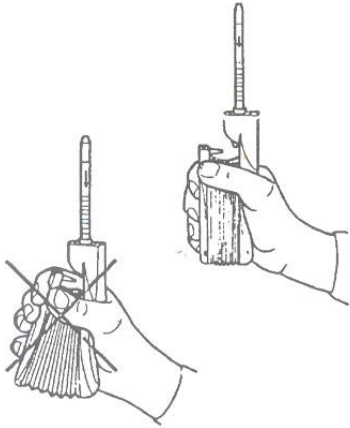

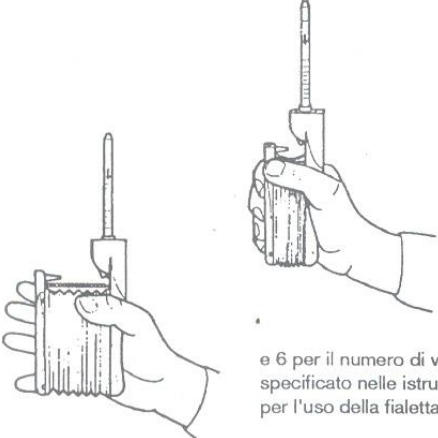
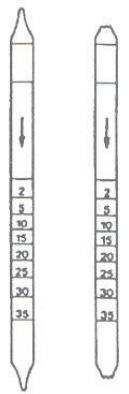
- tramite il foro presente sulla pompa stessa, posto sul lato opposto al contatore. Individuato il foro, si inserisce la punta della fiala e si ruota la fiala in modo da incidere la stessa usando la lama presente all'interno del foro. In questo caso la rotazione non è guidata e l'incisione potrebbe risultare irregolare, causando incrinature sul vetro della fiala e con possibile dispersione in ambiente. Successivamente, mantenendo la punta della fiala all'interno del foro, si esercita una leggera pressione inclinando la fiala in modo tale da permetterne l'apertura.



E' possibile effettuare un test speditivo di tenuta in campo. Il test consiste nell'inserire una fiala integra, CHIUSA, nel sistema di aspirazione dopo aver premuto il soffietto della pompa. Se il soffietto della pompa non ritorna nella posizione iniziale, significa che il sistema è a tenuta e non ci sono perdite.



## ISTRUZIONI PER L'USO DELLA POMPA A SOFFIETTO

<p>1. Controllare la tenuta della pompa prima di iniziare la misurazione</p> <p>Inserire a tenuta una fialetta non ancora aperta nella pompa e comprimere totalmente la pompa a soffiETTO</p>  <p>Se la pompa, entro 1 minuto, non ritorna nella posizione iniziale significa che è a perfetta tenuta</p>	<p>2. Spezzare entrambe le estremità della fialetta</p> <p>entro l'apposito occhiello della pompa</p>  <p>... oppure utilizzando l'apri-fialetta</p>	<p>3. Inserire a tenuta la fialetta aperta entro la pompa, la freccia deve essere rivolta verso la pompa</p>  <p>Se si utilizza un tubo di prolungamento occorre, come prima cosa, collegare il tubo alla pompa e poi inserire la fialetta entro l'estremità libera del tubo</p>
<p>4. Afferrare la pompa come appare in figura</p> 	<p>5. Comprimere totalmente la pompa</p> 	<p>6. Rilasciare la pompa</p> <p>L'aspirazione avviene automaticamente</p>  <p>e termina quando la catenella è completamente tesa</p>
<p>7. Ripetere le operazioni 5</p>  <p>e 6 per il numero di volte specificato nelle istruzioni per l'uso della fialetta in uso</p>		<p>8. Valutare il risultato della misurazione in base alle istruzioni per l'uso della fialetta che è stata utilizzata</p>  <p>Fialetta non ancora usata      Fialetta usata</p>

COMESA DRAEGER Industrial Safety Division  
 20090 Assago (MI) - Via Edison, 6 - Tel. (02) 45792.1 - Telex 326812 - Fax (02) 48843390

### 3.7 Campionamento in ambiente tramite CANISTER



I canister sono un sistema di campionamento attivo costituito da un contenitore di acciaio sottovuoto dotato di manometro, utilizzato per la determinazione analitica delle sostanze organiche volatili disperse nella matrice aria. Durante il campionamento, dopo aver aperto la valvola di apertura/chiusura del canister, il sistema, a causa della differenza di pressione presente, richiama aria al proprio interno sino a raggiungere lo stato di equilibrio. Normalmente il riempimento del canister dura qualche secondo (la durata dipende da quanto viene aperta la valvola).

Il campionamento tramite canister è di tipo istantaneo: è il prelievo di un campione di aria in un'unica soluzione in un punto determinato ed in un tempo più o meno breve.

È da considerarsi rappresentativo delle condizioni presenti all'atto del prelievo; si può utilizzare tale tipo di campionamento per controlli estemporanei derivanti da necessità contingenti o per determinare effetti istantanei sull'ambiente.

È da considerare inoltre che tale tipo di campionamento è utilizzabile anche per tempi più prolungati, se il supporto è dotato di idonei riduttori di flusso (portata di aspirazione), per consentire la raccolta alla portata desiderata o nell'area desiderata.

Una volta raccolto il campione, la valvola deve essere chiusa e il canister inviato al laboratorio. La restituzione dei dati avverrà dopo circa una settimana tramite l'emissione di rapporti di prova (RdP) da parte della U.O. Laboratorio.

I canister in dotazione ad ARPA sono in acciaio rivestiti internamente con Silonite, hanno una capacità di 6 litri, una valvola di sicurezza e un dado di chiusura in ottone finalizzato a evitare perdite di vuoto accidentali dovute ad aperture della valvola di sicurezza.

Questo tipo di campionamento non può essere utilizzato in presenza di gas aggressivi quali gas fortemente acidi (es. HCl) o fortemente basici (es. NH<sub>3</sub>), o in presenza di campioni di aria con elevata polverosità.

I Canister sono mantenuti puliti e pronti all'uso dalla U.O. Laboratorio, sezione Laboratorio Microinquinanti, secondo le modalità definite nel MT.BS.018 *"Determinazione GC/MS di Sostanze Organiche Volatili (SOV) campionate mediante Canister"*.

I parametri analizzati dal Laboratorio di Milano sono elencati in PG.MS.004.A06\_MI: *"Substrati di captazione (aeriformi e particolato): tabelle delle metodiche analitiche e limiti di quantificazione - Laboratorio di Milano"*.



ANALITI	Limite di Quantificazione ppbmol	METODO DI ANALISI
Diclorodifluorometano (FREON 12)	0,50	EPA TO15 1999
1,2-diclorotetrafluoroetano (FREON 114)	0,50	EPA TO15 1999
Clorometano	0,50	EPA TO15 1999
Cloroetene (cvm)	0,50	EPA TO15 1999
1,3-butadiene	0,50	EPA TO15 1999
Bromometano	0,50	EPA TO15 1999
Cloroetano	0,60	EPA TO15 1999
Triclorofluorometano (FREON 11)	0,50	EPA TO15 1999
1,1,2-trifluoro-1,2,2-tricloroetano (FREON 113)	0,50	EPA TO15 1999
1,1-dicloroetene	0,50	EPA TO15 1999
Diclorometano	0,50	EPA TO15 1999
trans-1,2-dicloroetene	0,50	EPA TO15 1999
1,1-dicloroetano	0,50	EPA TO15 1999
cis-1,2-dicloroetene	0,50	EPA TO15 1999
triclorometano	0,50	EPA TO15 1999
1,1,1-tricloroetano	0,50	EPA TO15 1999
1,2-dicloroetano	0,50	EPA TO15 1999
tetraclorometano	0,50	EPA TO15 1999
Benzene	0,50	EPA TO15 1999
Tricloroetilene	0,50	EPA TO15 1999
1,2-dicloropropano	0,50	EPA TO15 1999
cis-(Z) 1,3-dicloropropene	0,50	EPA TO15 1999
trans-(E) 1,3-dicloropropene	0,60	EPA TO15 1999
Toluene	0,50	EPA TO15 1999
1,1,2-tricloroetano	0,50	EPA TO15 1999
Tetracloroetilene	0,50	EPA TO15 1999
Clorobenzene	0,65	EPA TO15 1999
Etilbenzene	0,50	EPA TO15 1999
m+p-xilene	1,50	EPA TO15 1999
Stirene	1,50	EPA TO15 1999
o-xilene	0,65	EPA TO15 1999
1,1,2,2-Tetracloroetano	1,50	EPA TO15 1999
1,3,5-trimetil-benzene	1,50	EPA TO15 1999
1,2,4-trimetil-benzene	1,50	EPA TO15 1999

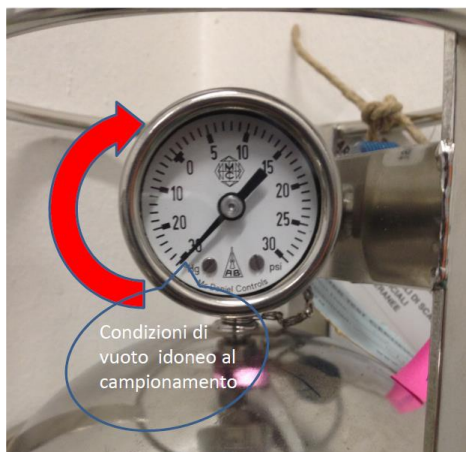
I parametri analizzati dal Laboratorio di Brescia sono in PG.MS.004.A06\_BS: "Substrati di captazione (aeriformi e particolato): tabelle delle metodiche analitiche e limiti di quantificazione - Laboratorio di Brescia";

SOIL GAS:SUPPORTO B - canister		
ANALITI	Limite di Quantificazione ppbmol	METODO DI ANALISI
Diclorodifluorometano (FREON 12)	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2-diclorotetrafluoroetano (FREON 114)	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Clorometano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Cloroetene (cvm)	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,3-butadiene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Bromometano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Cloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Triclorofluorometano (FREON 11)	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1,2-trifluoro-1,2,2-tricloroetano (FREON 113)	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1-dicloroetene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Diclorometano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
trans-1,2-dicloroetene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1-dicloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
cis-1,2-dicloroetene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
triclorometano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1,1-tricloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2-dicloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
tetraclorometano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Benzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Tricloroetilene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2-dicloropropano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
cis-(Z) 1,3-dicloropropano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
trans-(E) 1,3-dicloropropano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Toluene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1,2-tricloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Tetracloroetilene*	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Clorobenzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Etilbenzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
m+p-xilene	1,00	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Stirene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
o-xilene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,1,2,2-Tetracloroetano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,3,5-trimetil-benzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2,4-trimetil-benzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,3-dicloro-benzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2-dicloro-benzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2,4-triclorobenzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
esaclorobutadiene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
isopropilbenzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2,3-tricloropropano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Solfuro di carbonile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Metilmercaptano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Etilmercaptano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Solfuro di carbonio -IPM-NPM	1,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
SOIL GAS:SUPPORTO B - canister		
Terbutilmercaptano	1,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Tetraidrotiofene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999



Metilsolfuro	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Dimetildisolfuro	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Dimetiltrisolfuro	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Isopentano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
isopropanolo	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
MTBE	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Cicloesano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
2,3-dimetilpentano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-eptano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-octano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
2,3-dimeteptano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-nonano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
3-etiltoluene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-decano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
1,2,,3trimetilbenzene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
p-isopropiltoluene	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
butilcicloesano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-undecano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
somma alifatici C5-C8	1,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
somma alifatici C9-C12	1,25	M.Int. rif. EPA TO15 1999
somma aromatici C9-C10	1,25	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acetaldeide	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acetonitrile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acetone	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acrilonitrile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Bromuro di etile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acetato di metile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Metiletilchetone	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
acetato di vinile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Butanale	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
aldeide isovalerica	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Metilisobutilchetone	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Acetato di butile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
Cloruro di benzile	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
n-esano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999
isottano	0,50	M.Int. rif. EPA TO15 1999

La valvola mantiene il vuoto nel canister prima del campionamento e lo sigilla una volta che il campione è stato raccolto. **ATTENZIONE AL VALORE DI VUOTO (DEVE ESSERE -30 psi)**



Con il canister si campionano le sostanze organiche volatili disperse nella matrice aria, la tecnica di campionamento prevede l'acquisizione dell'aria in modo istantaneo, con un tempo di campionamento che mediamente va tra i 10 e 30 secondi.

Questo tipo di campionamento non può essere utilizzato in presenza di gas aggressivi quali gas fortemente acidi (es. HCl) o fortemente basici (es. NH<sub>3</sub>), o in presenza di campioni di aria con elevata polverosità.

I Canister sono mantenuti puliti e pronti all'uso dalla U.O. Laboratorio, sezione Laboratorio Microinquinanti, secondo le modalità definite nel MT.BS.018 *“Determinazione GC/MS di Sostanze Organiche Volatili (SOV) campionate mediante Canister”*.

### 3.7.1 Istruzione per campionamento aria con Canister

Per effettuare il campionamento è sufficiente svitare manualmente il dado in ottone e aprire la valvola. Si sentirà l'aria fluire all'interno del canister e dopo circa 10-30 secondi si DEVE richiudere la valvola a garanzia di tenuta del canister e riavvitare il dado di protezione.

Per non pregiudicare il campionamento è bene mantenere il canister lontano da fonti emissive che potrebbero alterare l'aria da prelevare.

L'altezza a cui effettuare il campionamento deve essere determinata considerando la presenza di eventuali ostacoli posti in prossimità del punto di prelievo. Per il campionamento finalizzato alla determinazione della qualità dell'aria, si consiglia possibilmente di posizionare il canister a circa 1,5 m da terra.

Per un prelievo rappresentativo dell'evento da controllare, si devono tenere in considerazione la direzione e velocità del vento, e il tempo di durata dell'evento, che possono incidere sull'esito analitico.

### 3.7.2 Restituzione dati

Campionando mediante canister è opportuno procedere sempre effettuando prelievi del fondo ambientale per poter escludere le contaminazioni ambientali di fondo.

Nel caso del canister, più che di valori assoluti si tratta di valutare eventuali variazioni relative (fondo-zona inquinata da indagare, inizio-fine evento etc...) in zone e momenti temporali scelti con un intento preciso.

## 4. COMUNICAZIONE IN OCCASIONE DI EVENTI EMERGENZIALI

### 4.1 Premessa

Il presente documento ha lo scopo di individuare elementi minimi - in termini di criteri e contenuti - per gestire la comunicazione in occasione di eventi emergenziali, in particolare per i casi di incendi presso attività produttive o presso depositi, anche non autorizzati, di rifiuti.

Per la stesura della scheda si è fatto riferimento al documento Protocollo di indirizzo operativo per la comunicazione SNPA nelle emergenze ambientali, ove sono indicati concetti omogenei di comunicazione per tutte le componenti del SNPA, finalizzati a migliorare le azioni comunicative nella fase di gestione delle emergenze ambientali. Queste situazioni, infatti, risultano spesso piuttosto complesse da gestire non solo dal punto di vista tecnico, ma anche per il fatto di suscitare grande attenzione dal punto di vista mediatico, coinvolgendo soggetti molto diversi tra loro e con interessi talvolta addirittura contrapposti. Non a caso, la classificazione di una emergenza ambientale dal punto di vista della comunicazione non dipende tanto dall'esito, quanto dalla percezione che i media e la popolazione hanno della problematica.

### 4.2 Criteri di riferimento per l'efficacia della comunicazione

La comunicazione durante eventi di emergenza risulterà tanto più efficace quanto più sarà in grado di trasmettere messaggi chiari e immediatamente comprensibili per i destinatari.

Mutuandoli dal protocollo SNPA, si riportano di seguito alcuni criteri generali che occorre tenere presenti per gestire l'azione di comunicazione in modo tale che la stessa risulti consistente ed efficace, favorendo una corretta percezione del livello di rischio/gravità dell'evento dal punto di vista dell'impatto ambientale, di competenza di ARPA, senza generare allarmismi né, al contrario, sottovalutazione dei potenziali effetti derivanti da un episodio di incendio all'interno di una attività produttiva.

- Le azioni di comunicazione sono da curare in continuità, dai primi minuti dell'evento e per tutta la sua durata. Dal momento che la relazione finale di un intervento, comprensiva di tutte le valutazioni di dettaglio, potrebbe essere divulgata anche molto tempo dopo la chiusura della fase di emergenza, è necessario fornire per tempo elementi utili ad una valutazione del possibile impatto dell'incendio sulle matrici ambientali interessate, con particolare riferimento alle emissioni in atmosfera che, anche visivamente, costituiscono il più evidente impatto percepibile dalla popolazione.
- La comunicazione deve, pertanto, avvenire in modo tempestivo e deve essere esauriente e non equivocabile, in particolare per quanto concerne l'ubicazione dell'evento, le aree coinvolte e i possibili effetti sulle matrici ambientali. È necessaria la collaborazione dei tecnici presenti sul posto che, oltre a confermare l'indirizzo indicato sul modulo emergenze, devono inviare al più presto anche immagini della squadra al lavoro e dell'evento in corso, a supporto delle notizie da pubblicare.

- Le informazioni che vengono comunicate devono essere scientificamente corrette e il più possibile oggettive. Eventuali valutazioni di merito, ad esempio riferite agli esiti analitici e a valutazioni dei possibili effetti generati dalle emissioni sulle matrici ambientali, devono essere sintetiche e chiare, tali da non lasciare spazio a interpretazioni e/o fraintendimenti.
- Il linguaggio va adattato al pubblico per rendere la comunicazione facilmente comprensibile. Anche laddove venissero forniti dati di tipo tecnico, quali dati di concentrazione dei parametri in aria (IPA, diossine, ecc.), occorre favorirne la comprensione e l'interpretazione, per esempio fornendo valori cui riferire i risultati ottenuti dalle analisi dei filtri.
- La collaborazione tra i tecnici presenti sul campo presso il luogo dell'incendio e gli esperti della comunicazione favorisce una miglior gestione dell'emergenza. Sarebbe, inoltre, opportuno individuare un coordinatore della comunicazione per lo specifico evento emergenziale, che costituisca punto di sintesi delle informazioni da rilasciare.
- È indispensabile prestare attenzione a che i vari canali di comunicazione – sito web, URP, social media, ufficio stampa, interviste rilasciate – veicolino tutti lo stesso messaggio e non diano informazioni non coerenti tra loro o addirittura discordanti.

### 4.3 Contenuti minimi della comunicazione di ARPA in caso di incendio

Si è proceduto ad una analisi di dettaglio dei comunicati pubblicati sul sito internet istituzionale di ARPA Lombardia, a partire dal 2017 ad oggi, riferiti a casi di incendi.

Da una lettura comparata e consecutiva nel tempo dei vari casi, è stato possibile identificare quelli che si ritengono i contenuti principali di un comunicato, che non possono mancare, nonché fornire indicazioni di frasi o pezzi di testo, in grado di rappresentare nella maniera più adeguata le informazioni che si vogliono diffondere. È importante anche poter disporre anche di immagini dell'evento, che rendano il testo immediatamente contestualizzabile, senza ricorrere ad immagini d'archivio.

#### ✓ Esposizione dei fatti:

- ubicazione precisa dell'incendio

*“Attivata poco dopo le 22.30 del 14 ottobre, la squadra emergenze di Arpa Lombardia sta intervenendo sul luogo dell'incendio divampato intorno alle 20.30 di questa sera a XXXX, in via XXXXXX, in una ditta che tratta rifiuti.”*

*“Le fiamme hanno coinvolto il capannone di 5000 m2 della ditta XXXXX dove i VVF segnalano la presenza di derrate alimentari e di celle frigorifere.”*

- elementi di contesto

*“Nella zona circostante sono presenti insediamenti produttivi, commerciali e in parte residenziali. La ditta si trova nei pressi della tangenziale ovest.”*

*“Nell'area sono presenti diverse baracche abusive e l'incendio ha interessato rifiuti di varia natura raccolti dagli occupanti delle stesse (per lo più rifiuti ingombranti e materiale ferroso).”*

*“La ditta XXXXX è una nuova AIA.”*

- cosa è accaduto o sta accadendo di cui si vuole informare il pubblico  
*“I VVF stanno procedendo con le operazioni di spegnimento dell'incendio.”*  
*“Le operazioni di spegnimento sono ormai concluse.”*

✓ Descrizione dell'intervento di ARPA:

- modalità di coinvolgimento di ARPA  
*“I Vigili del fuoco hanno richiesto, tramite Sala operativa di Protezione civile, l'intervento della squadra emergenze di Arpa Lombardia sul luogo dell'incendio.”*  
*“È stato attivato anche il gruppo specialistico della qualità dell'aria per il campionamento ad alto volume dei microinquinanti.”*
- azioni effettuate dai tecnici ARPA intervenuti sul posto  
*“I tecnici della squadra di emergenza hanno anche installato un campionatore ad alto volume.”*  
*“I tecnici del Centro regionale monitoraggio qualità dell'aria dell'Agenzia hanno installato un campionatore ad alto volume per valutazione della contaminazione atmosferica.”*  
*“Il Gruppo specialistico qualità dell'aria dell'Agenzia ha posizionato un altro campionatore ad alto volume per la misura di microinquinanti e diossine, come richiesto anche dalla Procura.”*  
*“Questa mattina sarà prelevato e sostituito il secondo filtro del campionatore ad alto volume per il monitoraggio dei microinquinanti, posizionato nella zona dell'incendio.”*  
*“Dall'inizio dell'evento, Arpa ha costantemente proseguito con i monitoraggi degli inquinanti 'tradizionali', attesi nei casi di incendio, fra i quali, ad esempio, monossido di carbonio, ammoniaca, acido solfidrico, anidride solforosa, ossidi di azoto.”*  
*“Il primo filtro è stato appena inviato al laboratorio per le relative analisi ai fini della determinazione di IPA, PCB e Diossine”*

✓ Informazioni circa eventuale attività analitica eseguita da ARPA:

- indicazione circa le tempistiche di restituzione dei risultati delle analisi  
*“Il filtro è ora nei laboratori di Arpa per le relative analisi ai fini della determinazione di eventuali IPA, PCB e Diossine e bisognerà aspettare 72 ore per i risultati, tempo minimo necessario.”*  
*“Il primo campione verrà prelevato e inviato al laboratorio Arpa domani nella mattinata, quando potrà anche essere valutata l'eventuale necessità di proseguire con il monitoraggio.”*  
*“Questa mattina, è stato prelevato e inviato al laboratorio Arpa anche il secondo filtro del campionatore ad alto volume. Il monitoraggio dei microinquinanti proseguirà fino a domani.”*  
*“Le prime risultanze analitiche saranno disponibili nella giornata di martedì.”*

È fondamentale dare riferimenti chiari a chi attende informazioni, evitare frasi troppo generiche tipo: *“Il campionamento è concluso in quanto non è più presente fumo. I risultati saranno disponibili tra alcuni giorni.”*

- comunicazione dei primi risultati delle analisi condotte

*“I tecnici di Arpa, intervenuti con strumenti di misurazione portatile (PID), hanno comunque provveduto a effettuare alcune misure della qualità dell’aria che hanno escluso la presenza degli inquinanti legati all’incendio. Infatti, gli esiti delle misurazioni speditive non hanno evidenziato la presenza degli inquinanti traccianti degli incendi: monossido di carbonio e composti organici volatili.”*

*“Al momento, i primi rilevamenti speditivi, effettuati dai tecnici del dipartimento XXX dell’Agenzia, non hanno mostrato variazioni dei parametri indagati (CO, NH3, COV).”*

*“Riguardo agli inquinanti convenzionali monitorati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell’aria di XXXX - biossidi di zolfo, ossidi di azoto e Pm10 - si informa che anche oggi non si rilevano valori anomali riconducibili all’incendio in corso.”*

*“Le verifiche speditive, effettuate dai tecnici della squadra emergenze a partire dalle prime fasi dell’intervento, non hanno dato riscontri significativi dal punto di vista ambientale.”*

*“La squadra emergenze Arpa sta effettuando rilievi speditivi con apposita strumentazione, nelle aree circostanti più critiche per un’eventuale ricaduta, che al momento non stanno evidenziando una presenza significativa dei contaminanti rilevabili.”*

Evitare commenti generici, soprattutto in casi di qualche criticità, che potrebbero generare delle errate interpretazioni e contribuire a generare allarmismo tra la popolazione:

*“Arpa Lombardia sta eseguendo monitoraggi con strumentazione portatile che ha evidenziato un lieve incremento dell’ammoniaca nell’aria.”*

*“Tracce di contaminanti, tra cui ammoniaca e monossido di carbonio, inferiori ai livelli minimi di allarme.”*

*“Il valore della concentrazione totale delle diossine e dei furani (PCDD-DF) è risultato pari a 0.5 picogrammi per metrocubo, in termini di tossicità equivalente, a conferma di una parziale alterazione della qualità dell’aria dovuta all’evento in corso.”*

*“Le analisi hanno evidenziato una concentrazione di inquinanti, già presenti nel primo campionamento con canister (Diclorofluorometano, Diclorometano, Benzene, Toluene) a cui si sono aggiunti altri composti, rientranti nei valori attesi in un tipico ambiente urbano, pur registrando un aumento nei valori medesimi.”*

Nel momento in cui si comunicano dei numeri, occorre fornire anche dei valori di riferimento, in modo che anche l’eventuale lettore privo di conoscenza tecnica possa contestualizzare e comprendere i risultati ottenuti, anche solo in termini comparativi con altri eventi dello stesso tipo:

*“I valori registrati nelle prime ore dell’evento rientrano nella fascia inferiore della casistica riferita agli incendi più importanti avvenuti dal 2017 in Lombardia.”*

*“I risultati delle analisi, che man mano si stanno completando, sembrano confermare i trend di valori di concentrazione della fascia medio bassa, rispetto ad altri casi analoghi.”*

*“Si nota quindi che, grazie anche all'operato dei Vigili del Fuoco e alle condizioni atmosferiche favorevoli alla dispersione delle sostanze rilasciate dalla combustione, già dal secondo giorno i valori dei contaminanti atmosferici nell'abitato sono rientrati nei livelli normalmente registrati nella zona, nel medesimo periodo dell'anno.”*

*“Il Benzo(a)pirene, unico IPA (idrocarburo policiclico aromatico) normato in Lombardia, viene rilevato con concentrazioni inferiori a 0.07 ng/m<sup>3</sup> nella stagione estiva, mentre nei mesi più freddi può superare i 5 ng/m<sup>3</sup>, in particolare nelle aree dove si fa un uso esteso delle combustioni di biomassa per il riscaldamento domestico. Le concentrazioni degli IPA, gli idrocarburi policiclici aromatici, sono risultate coerenti con i valori che in città vengono misurati nel periodo invernale.”*

Va valutato invece, se entrare nel dettaglio numerico spinto (comunque le indicazioni che evocano livelli di riferimento per l'esposizione umana vanno, per quanto possibile, condivise con l'autorità sanitaria competente), tipo:

*“Sono 0.50 per il primo campionario e 0.44 per il secondo i picogrammi equivalenti per metro cubo (pgTEQ/m<sup>3</sup>) i livelli di concentrazione in aria di diossine e furani (PCDD-DF). La concentrazione di benzo(a)pirene è inferiore a 0.33 e 0.66 ng/m<sup>3</sup>. Le concentrazioni di PCDD-DF sono lievemente superiori al valore di 0.3 pgTEQ/m<sup>3</sup> per esposizioni prolungate nel tempo, oltre il quale l'OMS suggerisce di indagare la presenza di sorgenti da porre sotto controllo. Tale valore è indicato come riferimento non per gli effetti sanitari diretti da inalazione, ma al fine di evitare la dispersione prolungata di questi inquinanti nell'ambiente e da qui, nel tempo, all'uomo. Per quanto riguarda gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA), la normativa prevede un limite sulla concentrazione media annuale, pari a 1 ng/m<sup>3</sup>, per il solo benzo(a)pirene, (B(a)P).”*

*“È importante ricordare che per i PCDD-DF non è previsto un limite di legge.*

*L'esposizione per inalazione diretta, che può avvenire durante un incendio, costituisce solo una piccola percentuale - generalmente inferiore al 5% dell'esposizione totale - di quanto l'uomo assume normalmente ogni giorno attraverso il cibo. Le concentrazioni nell'aria da e oltre i 0.30 pgTEQ/m<sup>3</sup> vengono considerate dall'OMS come indicative di una sorgente locale che necessita di essere individuata e controllata, non per gli effetti sanitari diretti da inalazione, ma al fine di evitare la dispersione prolungata di questi inquinanti nell'ambiente e da qui, nel tempo, all'uomo. Nel caso degli incendi la sorgente è nota e generalmente, superata la fase acuta, nell'arco delle 24/48 ore successive i valori dei contaminanti atmosferici rientrano nei livelli normalmente registrati nelle zone monitorate, nel medesimo periodo dell'anno.”*

✓ Informazioni di supporto alle valutazioni degli impatti di un incendio:

- condizioni meteo



*“Arpa ha attivato inoltre il proprio gruppo specialistico contaminazione atmosferica per le opportune valutazioni del caso e il servizio meteo per indicazioni sulla direzione del vento, necessarie al posizionamento delle strumentazioni.”*

*“Il servizio meteo di Arpa riferisce che il vento soffia da S-S-O in direzione N-N-E e tendenzialmente non cambierà direzione nel corso della giornata.”*

*“Il bollettino meteo di Arpa Lombardia prevede ancora piogge per le prossime ore.”*

✓ Altre informazioni di competenza ARPA:

- verifica delle modalità di raccolta e smaltimento delle acque di spegnimento dell'incendio

*“I tecnici hanno inoltre verificato il corretto smaltimento delle acque di spegnimento dell'incendio e informato il gestore del depuratore, dove verranno convogliate.”*

*“Le acque di spegnimento dell'incendio sono state correttamente raccolte e convogliate nel sistema di contenimento presente in azienda.”*

*“Già a partire dalle prime ore dell'incendio, è stata posta particolare attenzione alla gestione delle acque di spegnimento, fornendo indicazione al Gestore per il corretto collettamento delle stesse all'impianto di depurazione.”*

✓ Eventuali dichiarazioni rilasciate, di cui va espressamente citata la fonte delle informazioni:

*“I valori rilevati sono in linea con le attese e comunque più bassi di quanto già rilevato, anche recentemente, in incendi analoghi. – spiega Bruno Simini, presidente dell'Agenzia – Inoltre, con lo spegnimento dell'incendio e grazie alle condizioni meteo favorevoli previste per i prossimi giorni, è presumibile il totale abbattimento delle emissioni.”*

Anche in riferimento all'esperienza maturata in questi ultimi anni, si mettono in evidenza alcuni altri aspetti ai quali è necessario prestare adeguata attenzione ai fini della efficacia della comunicazione.

- Nella scelta del titolo della notizia/comunicato è opportuno prediligere un criterio di uniformità, allo scopo di facilitare l'identificazione dell'evento di cui si tratta.

Per questo è utile indicare come prima informazione che si tratta di un incendio e il Comune interessato e successivamente inserire nel titolo quello che si vuole mettere in evidenza: *“Incendio a XXXXXXXXX - ...”*

In alternativa, può essere opportuno esplicitare la ditta presso cui è avvenuto l'incendio e il Comune ove la stessa è ubicata e successivamente quello che si vuole mettere in evidenza con la notizia: *“Incendio ditta XXXX, a YYYYYY - ....”*

La prima parte del titolo non va modificata per tutti i successivi aggiornamenti; questa accortezza permette di identificare in maniera univoca l'evento di cui si tratta.

Negli aggiornamenti successivi di un evento vanno sempre esplicitati data e ora dell'aggiornamento: l'indicazione dell'orario è importante perché consente di monitorare



l'evolversi dell'evento, soprattutto nel caso in cui vengano emessi più comunicati nello stesso giorno (es. "Aggiornamento h. 21.30 - 18/6/2019"). Appare molto utile, ai fini della possibilità di ripercorre i fatti, riportare sotto il comunicato lo storico dei comunicati/notizie già pubblicati in precedenza per lo stesso evento.

- È indispensabile curare alcuni elementi di dettaglio, tra cui in particolare: date o orari delle comunicazioni, qualità delle immagini, didascalie delle foto, titoli delle tabelle e dei grafici, unità di misura, loghi.
- Limitarsi a riportare i fatti e le azioni svolte dal personale di ARPA, senza commenti riferiti ad attività non di competenza ARPA
- Ricordare di effettuare una comunicazione conclusiva alla chiusura definitiva dell'emergenza