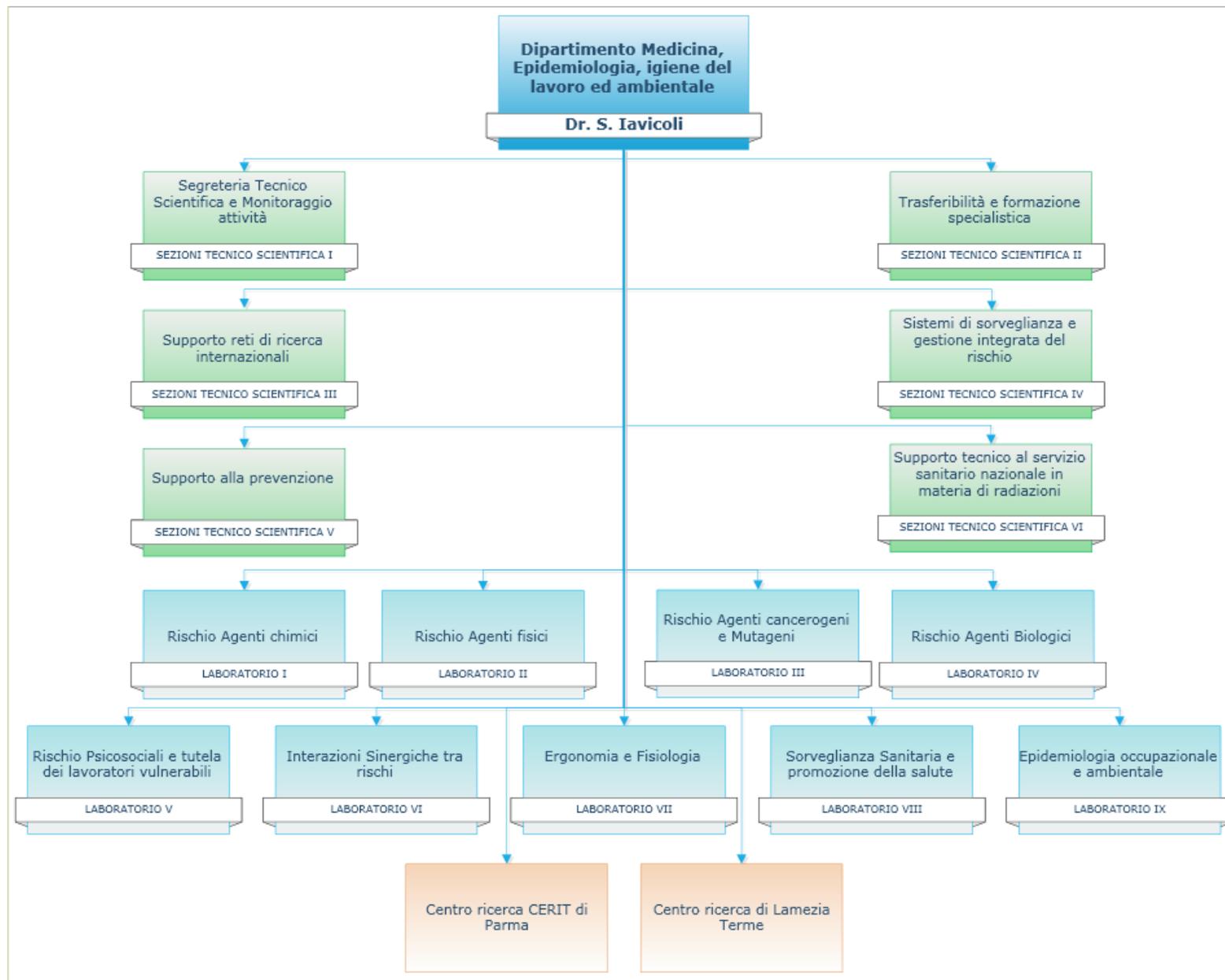


BRIC ID 12/2016: Progettazione e sviluppo di un sistema sensoriale per la misura di composti volatili e la identificazione di microorganismi di interesse occupazionale

La ricerca INAIL sulla valutazione dell'esposizione da agenti chimici

Dr.ssa Giovanna Tranfo





- Il Laboratorio Rischio Agenti Chimici svolge attività di ricerca e sperimentazione relativamente all'esposizione ad agenti chimici nei luoghi di lavoro e di vita, che possono avere effetti avversi sull'uomo e il suo ambiente, alla cui prevenzione provvedono principalmente il D.Lgs. 81/2008 e i Regolamenti REACH e CLP.
- Mette a punto e standardizza metodologie di rilevazione, campionamento ed analisi
- Esegue monitoraggi finalizzati alla valutazione delle condizioni di inquinamento chimico degli ambienti di lavoro
- Analizza e studia le diverse fasi dei cicli produttivi al fine dell'individuazione di misure di prevenzione individuali e collettive.



D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Il Titolo IX “Sostanze pericolose”, D. Lgs. 81/08 e s.m.i., è così articolato:

- ✓ **Capo I** – Protezione da agenti chimici
- ✓ **Capo II** – Protezione da agenti cancerogeni e mutageni
- ✓ **Capo III** – Protezione dai rischi connessi all’esposizione all’amianto



Sistema di sorveglianza Infor.MO, al quale contribuiscono le Regioni e l’INAIL, è alimentato dalle inchieste sugli infortuni condotte dai “Servizi di Prevenzione nei Luoghi di Lavoro” delle ASL e permette di monitorare i fattori di rischio per ricavare indicazioni utili a fini prevenzionali

Capo I

Protezione da agenti chimici

Articolo 222 - Definizioni

1. Ai fini del presente capo si intende per:

1.a) agenti chimici: tutti gli **elementi** o **composti chimici**, sia da soli sia nei loro miscugli, allo stato naturale o ottenuti, utilizzati o smaltiti, compreso lo smaltimento come rifiuti, mediante qualsiasi attività lavorativa, siano essi prodotti intenzionalmente o no e siano immessi o no sul mercato;

2.b) **agenti chimici pericolosi**:

1. agenti chimici che soddisfano i criteri di classificazione come pericolosi
2. agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi ai sensi del presente articolo comportano un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro **proprietà' chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche** e del **modo in cui sono utilizzati**

Rischio chimico

Rischi per la sicurezza (**infortunio**)

Sono rischi infortunistici associati alle proprietà chimiche generali e chimico-fisiche degli agenti chimici

Procurano lesioni anatomiche da traumi meccanici (onda d'urto), termici (radiazione termica) e chimici (corrosione - ustione)

Rischi per la salute (**malattia professionale**)

Sono rischi connessi alle proprietà tossicologiche degli agenti chimici

Agiscono a livello cellulare o a livello degli organi o del corpo umano attraverso l'insorgenza "malattie

Rischio Chimico: le dimensioni del problema

**Valori
limite di
esposizione
Professionale
contenuti nel
Dlgs. 81/08: circa 150**

**REACH:
Sostanze registrate 22460 (ottobre 2019)**

CAS: 156 milioni di sostanze scoperte dall'inizio dell'800

Valore limite di esposizione professionale - VLEP

Se non altrimenti specificato, è il limite **della concentrazione media** di una sostanza pericolosa nell'aria, ponderata in funzione del tempo, rilevabile entro la zona di respirazione di un lavoratore, in relazione ad un periodo di riferimento determinato stabilito negli Allegati al D. Lgs. 81/08 e s.m.i.

Esempio:

- *Ammoniaca gassosa, 14 mg/m³ media su 8 ore o breve termine 36 mg/m³ media su 15 minuti*
- *Acetone 10 mg/m³ media su 8 ore, no limite a breve termine*

Esistono molte sostanze tossiche utilizzate in ambienti di lavoro per le quali non sono stabiliti valori limite in quanto non c'è consenso sulla relazione dose risposta.

Allegato XXXVIII
Valori limite di esposizione professionale

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	NOME DELL'AGENTE CHIMICO	VALORE LIMITE				NOTAZIONE ⁽³⁾
			8 ore ⁽⁴⁾		Breve Termine ⁽⁵⁾		
			mg/m ³ ⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	mg/m ³ ⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	
200-467-2	60-29	Dietiletere	308	100	616	200	
200-662-2	67-64-1	Acetone	1210	500	-	-	-
200-663-8	67-66-3	Cloroformio	10	2	-	-	Pelle
200-756-3	71-55-6	Tricloroetano, 1,1,1-	555	100	1110	200	-
200-834-7	75-04-7	Etilammina	9,4	5	-	-	-
200-863-5	75-34-3	Dicloroetano, 1,1-	412	100	-	-	Pelle
200-870-3	75-44-5	Fosgene	0,08	0,02	0,4	0,1	-
200-871-9	75-45-6	Clorodifluorometano	3600	1000	-	-	-
201-159-0	78-93-3	Butanone	600	200	900	300	-
201-176-3	79-09-4	Acido propionico	31	10	62	20	-
202-422-2	95-47-6	o-Xilene	221	50	442	100	Pelle
202-425-9	95-50-1	Diclorobenzene, 1, 2-	122	20	306	50	Pelle
202-436-9	95-63-6 1,2,4	Trimetilbenzene	100	20	-	-	-
202-704-5	98-82-8	Cumene	100	20	250	50	Pelle
202-705-0	98-83-9	Fenilpropene, 2-	246	50	492	100	-
202-849-4	100-41-4	Etilbenzene	442	100	884	200	Pelle
203-313-2	105-60-2	e-Caprolattame (polveri e vapori) ⁸⁾	10	-	40	-	-
203-388-1	106-35-4	Eptano-3-one	95	20	-	-	-
203-396-5	106-42-3	p-Xilene	221	50	442	100	Pelle
203-400-5	106-46-7	Diclorobenzene, 1,4-	122	20	306	50	-
203-470-7	107-18-6	Alcole allilico	4,8	2	12,1	5	Pelle
203-473-3	107-21-1	Etilen glicol	52	20	104	40	Pelle
203-539-1	107-98-2	Metossipropanolo-2,1-	375	100	568	150	Pelle
203-550-1	108-10-1	Metilpentano-2-one,4-	83	20	208	50	-
203-576-3	108-38-3	m-Xilene	221	50	442	100	Pelle
203-603-9	108-65-6	2-Metossi-1-metiletilacetato	275	50	550	100	Pelle
203-604-4	108-67-8	Mesitilene (1,3,5-trimetilbenzene)	100	20	-	-	-
203-628-5	108-90-7	Clorobenzene	47	10	94	20	-
203-631-1	108-94-1	Cicloesanone	40,8	10	81,6	20	Pelle
203-632-7	108-95-2	Fenolo	7,8	2	-	-	Pelle
203-726-8	109-99-9	Tetraidrofurano	150	50	300	100	Pelle
203-737-8	110-12-3	5-metilesan-2-one	95	20	-	-	-
203-767-1	110-43-0	eptano-2-one	238	50	475	100	Pelle
203-808-3	110-85-0	Piperazina (polvere e vapore) ⁸⁾	0,1	-	0,3	-	-
203-905-0	111-76-2	Butossietanolo-2	98	20	246	50	Pelle
203-933-3	112-07-2	2-Butossietilacetato	133	20	333	50	Pelle
204-065-8	115-10-6	Etile dimetilico	1920	1000	-	-	-
204-428-0	120-82-1	1,2,4-Triclorobenzene	15,1	2	37,8	5	Pelle
204-469-4	121-44-8	Trietilammina	8,4	2	12,6	3	Pelle
204-662-3	123-92-2	Acetato di isoamile	270	50	540	100	-
204-697-4	124-40-3	Dimetilammina	3,8	2	9,4	5	-
204-826-4	127-19-5	N,N-Dimetilacetammide	36	10	72	20	Pelle
205-480-7	141-32-2	Acrilato di n-butile	11	2	53	10	-
205-563-8	142-82-5	Eptano, n-	2085	500	-	-	-
208-394-8	526-73-8	1,2,3-Trimetilbenzene	100	20	-	-	-
208-793-7	541-85-5	5-Metileptano-3-one	53	10	107	20	-
210-946-8	626-38-0	Acetato di 1-metilbutile	270	50	540	100	-
211-047-3	628-63-7	Acetato di pentile	270	50	540	100	-
	620-11-1	Acetato di 3-amile	270	50	540	100	-
	625-16-1	Acetato di terz-amile	270	50	540	100	-
215-535-7	1330-20-7	Xilene, isomeri misti, puro	221	50	442	100	Pelle
222-995-2	3689-24-5	Sulfotep	0,1	-	-	-	Pelle

continua.....

La norma UNI EN 689/2018

- Strategia di **misurazione** dell'esposizione ad agenti chimici **nelle atmosfere** dei luoghi di lavoro
- **Confronto** dell'esposizione per inalazione dei lavoratori con **valori limite** di esposizione occupazionale (**VLEP**)

Risultati della caratterizzazione

Azioni

Stima > OELV

Proporre misure di gestione del rischio (RMM risk mitigation measures)

Stima <<OELV

Conformità – no misure- prossima rivalutazione

Informazioni insufficienti

Piano di campionamento

RIVALUTAZIONE PERIODICA

Annex I: Intervallo delle misurazioni periodiche

$(GM \text{ o } AM) < 0,1 \text{ OELV}$	36 mesi
$0,1 \text{ OELV} < (GM \text{ o } AM) < 0,25 \text{ OELV}$	24 mesi
$0,25 \text{ OELV} < (GM \text{ o } AM) < 0,5 \text{ OELV}$	18 mesi
$0,5 \text{ OELV} < (GM \text{ o } AM)$	12 mesi

Cosa succede nel frattempo?

Durata campionamento rispetto al periodo di riferimento del VLEP
(Appendice D)

Se l'esposizione è costante durante il turno di lavoro il tempo di campionamento può essere minore del periodo di riferimento con un minimo di 2 ore

Se l'esposizione è variabile durante il turno di lavoro il tempo di campionamento deve essere maggiore di 2 ore e più vicino possibile al periodo di riferimento

Monitoraggio ambientale: il campionamento

- Campionamento ed analisi con strumenti a lettura diretta (sensori, GC portatile, IR ecc.ecc)
- Per adsorbimento su particolari supporti e successiva analisi strumentale (indiretta)

Campionamento Personale: valutazione dell'aereodispersione nelle zone respiratorie dell'operatore



Campionamento di Area: valutazione dell'aerodispersione diffusa nell'ambiente





Monitoraggio ambientale: il trattamento dei campioni

Separazione degli analiti dalla matrice mediante:

- impiego di solventi di estrazione;
- trattamento in bagno ad ultrasuoni;
- centrifugazione;
- separazione del surnatante;
- procedure di estrazione in fase solida (SPE)



Analisi

Analita	Esempio	Tecnica
Composti organici volatili	Benzene, VOCs, IPA	Gas cromatografia
Composti organici non volatili	Chemioterapici, fitofarmaci, solventi organici, metaboliti, molecole biologiche	Cromatografia liquida (HPLC)
Inorganici	Metalli	AAS, ICP

Perché una misura real time?

Misurazioni tradizionali

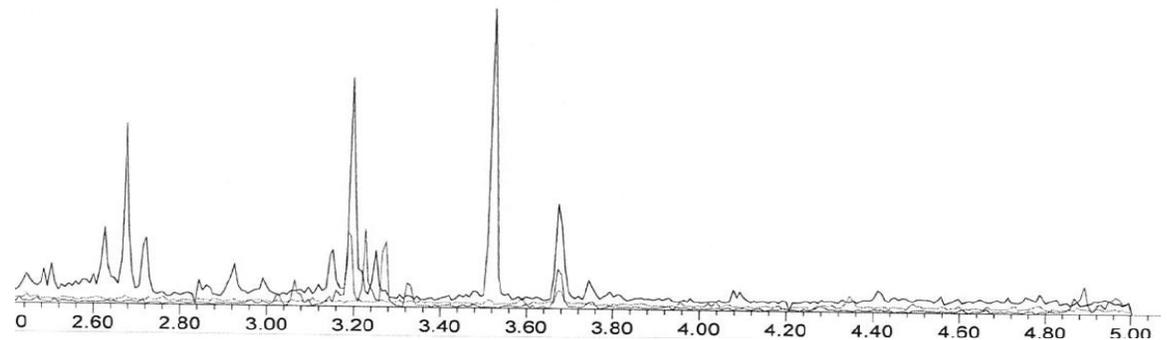
Valore mediato sul tempo di campionamento per

- confronto con i VLEP
- 8 ore
- 15 minuti
- Nessuna informazione su picchi, valore minimo, valore massimo

Misurazioni real time

Serie di valori istantanei per

- Monitorare il profilo di esposizione per applicare la 689
- Confronto con valori limite di esposizione CEILING
- Evidenziare eventuali picchi di esposizione dovuti a perdite, incidenti, comportamenti scorretti
- Conoscere i reali livelli di esposizione a sostanze cancerogene (registro esposizioni – riduzione al minimo)
- Allarme



Lo strumento deve essere composto da:

- 1. un sistema di aspirazione/captazione dell'aria**
- 2. un sistema di rivelazione per la/le sostanze considerate**

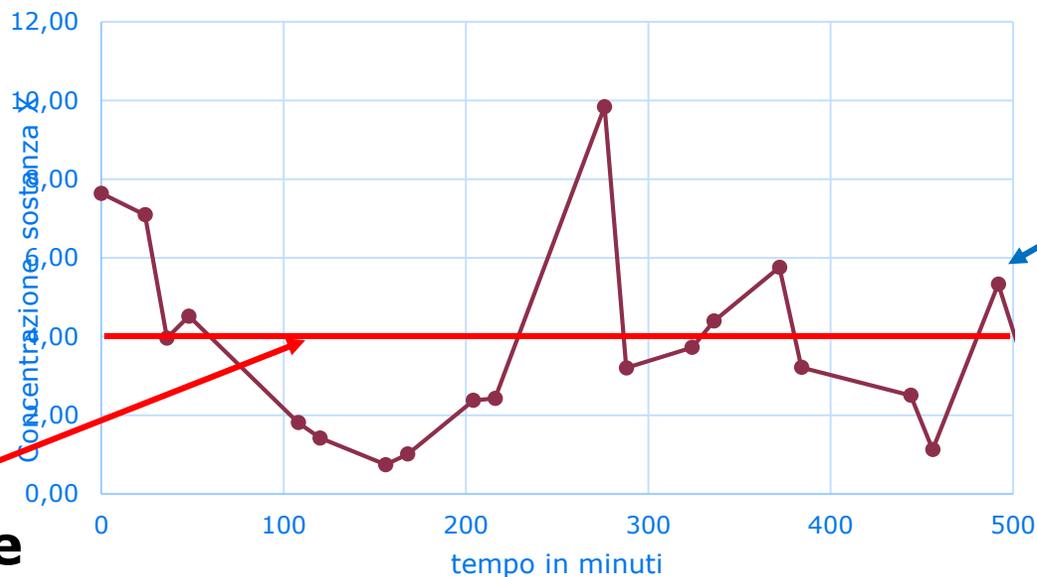
Dal punto di vista del **principio di funzionamento** i sistemi di rivelazione possono essere raggruppati in:

- **Elettrochimico**
- **Spettrochimico**
- **Termochimico**
- **Gascromatografico**
- **A spettrometria di massa**

Sebbene molti gas tossici siano anche infiammabili (per esempio l'Ammoniaca, L'Ossido di Carbonio o il Metanolo), non è possibile usare i sensori per gas combustibili per la misura di gas tossici, in quanto la sensibilità necessaria è ben al di sotto del limite di rilevabilità possibile con un sensore per gas infiammabili

I metodi validati per la misura dell'esposizione ad agenti chimici in ambienti di lavoro forniscono una risposta off line e mediata nel tempo; utilizzarli per catturare l'eterogeneità spazio-temporale e identificare picchi di inquinamento avrebbe costi proibitivi.

Monitoraggio per 8 ore



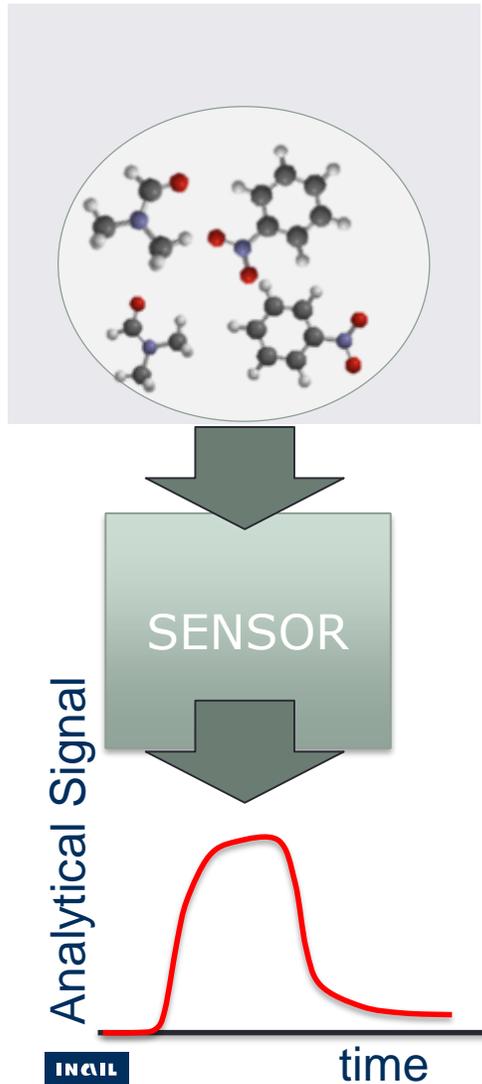
20 misure per 8 ore
Range 0,74 – 9,84
mg/m³

1 misura per 8 ore
Valore medio = 4 mg/m³

SENSORI

Dispositivi che si trovano in diretta interazione con il sistema misurato ed effettuano la trasformazione della grandezza d'ingresso in un segnale (misure real time)

**Sono i componenti fondamentali di
STRUMENTI A LETTURA DIRETTA**



TIPI di STRUMENTI

Gli strumenti a lettura diretta possono essere utilizzati per zona, processo o monitoraggio personale, e possono essere divisi in quattro classi in base al peso:

- **personali:** strumenti di dimensioni tali da poter essere indossati da una persona (entro 500 grammi)
- **portatili:** strumenti di dimensioni tali da poter essere facilmente trasportati da un individuo (entro i 12 kg)
- **trasportabili:** sono quelli che richiedono un carrello o altro supporto per il movimento da o verso il sito di monitoraggio (13 – 25 kg)
- **monitor stazionari:** peso superiore a 25 Kg

Alimentati da una batteria, ma per quelli di maggiori dimensioni può essere richiesta una presa di corrente elettrica.

- ✓ Sensibilità: minima quantità rivelabile
- ✓ Accuratezza: vicinanza della risposta al valore vero
- ✓ Specificità: certezza che il segnale sia generato dalla sostanza cercata

SITUAZIONE	PRESTAZIONI RICHIESTE
<p style="text-align: center;">Allarme per rischio di incidente</p>	Risposta veloce
	Sensibilità non critica
	Accuratezza moderata
	Specificità moderata
<p style="text-align: center;">Monitoraggio dei lavoratori per assolvere gli obblighi di legge</p>	Tempo di risposta non critico
	Sensibilità moderata
	Elevata Accuratezza
	Elevata specificità
<p style="text-align: center;">Monitoraggio real time</p>	Tempo di risposta veloce
	Sensibilità elevata
	Elevata Accuratezza
	Elevata specificità

Interferenze ambientali

Il monitor deve essere esposto alle temperature ed umidità estreme definite dal produttore, condizioni nelle quali deve misurare concentrazioni da 1/10 a 2 volte I valori limite dell'analita (se esistenti) o tre concentrazioni considerate bassa, media e alta, e fornire risposte entro il 10% dei valori veri.

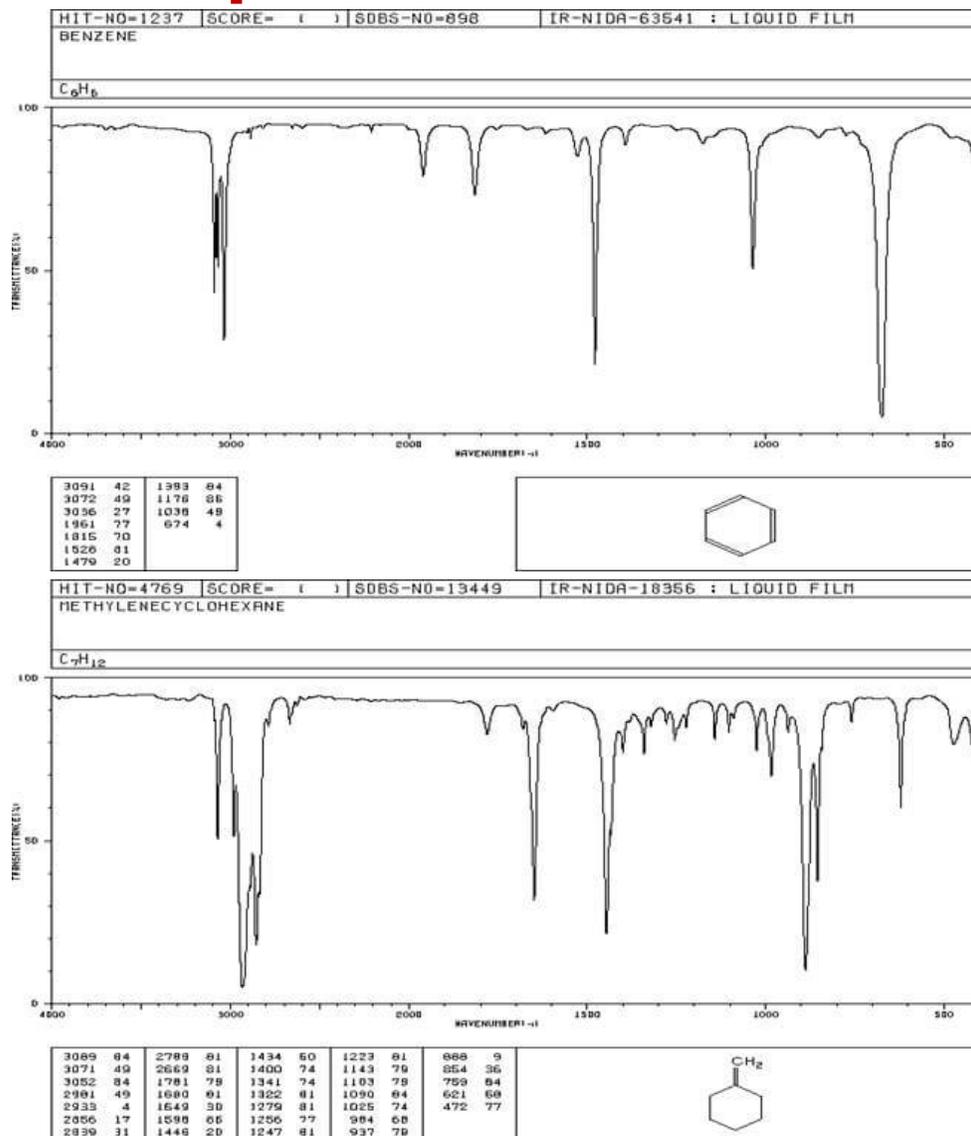
Interferenze elettromagnetiche

Se un monitor deve essere usato in prossimità di una possibile sorgente di interferenza elettromagnetica gli effetti su di esso devono essere verificati.

Cadute e vibrazioni

Devono essere condotti test per cadute e vibrazione secondo le specifiche di standard internazionali

Specificità



Altre problematiche:

Sicurezza – compatibilità con l’impianto

Calibrazione- Taratura

Avvelenamento

Posizionamento

Numero di sensori necessario

Bibliografia

NIOSH TECHNICAL REPORT - Components for Evaluation of Direct-Reading Monitors for Gases and Vapors - DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (NIOSH) Publication No. 2012-162, July 2012

Gas Cromatografi

I gas cromatografi rappresentano una famiglia distinta di monitor in quanto affrontano simultaneamente la **separazione (specificità)** e la **rilevazione** nel monitoraggio in igiene industriale, e sono un settore in cui ricerca e sviluppo sono attualmente in corso.

In termini di rilevazione di gas e vapori presenti nell'aria, i rivelatori utilizzati in un gas cromatografo (GC) per applicazioni di igiene industriale sono il FID e il PID.

Ci sono diversi **gas cromatografi portatili** disponibili commercialmente, che rendono possibile il trasferimento in campo delle tecniche analitiche di laboratorio.

Tuttavia l'unico rivelatore in grado di fornire un'identificazione non ambigua dei componenti di una miscela è lo spettrometro di massa.

Uno spettrometro di massa determina la massa dei singoli frammenti in cui sono stati convertiti gli ioni molecolari.

Gas cromatografi a lettura diretta con rivelatori a spettrometria di massa sono attualmente utilizzati solo per i campionamenti di area a causa delle loro dimensioni e dei requisiti di alimentazione. Inoltre sono limitati all'analisi di composti organici volatili.



UN NUOVO APPROCCIO ALLA SENSORISTICA

BRIC ID 12-2016



- **INAIL DIMEILA – Lab. Rischio Agenti Chimici**
- **Università di Tor Vergata – Dipartimento di Ingegneria Elettronica**
- **CNR- Istituto Inquinamento Atmosferico**
- **Università Roma Tre – Facoltà di Scienze**

“Progettazione e sviluppo di un sistema sensoriale per la misura di composti volatili e la identificazione di microorganismi di interesse occupazionale”



L'obiettivo del bando (INAIL BRIC ID12-2016) è la realizzazione di un sistema modulare per il monitoraggio degli inquinanti chimici in ambienti di lavoro, in tempo reale e con specificità e sensibilità compatibili con i valori limite di esposizione professionale (VLEP).



Cerca nel portale 

ISTITUTO

ATTIVITÀ

ATTI E DOCUMENTI

COMUNICAZIONE

SERVIZI PER TE

SUPPORTO

ACCEDI AI SERVIZI ONLINE

[Home](#) > [Attività](#) > [Ricerca e Tecnologia](#) > [Finanziamenti per la ricerca \(Bric\)](#) > [Bando Bric 2016](#)

- > Prevenzione e sicurezza
- > Assicurazione
- > Prestazioni
- > Ricerca e Tecnologia
 - > Finanziamenti per la ricerca (Bric)
 - > Bando Bric 2018
 - > **Bando Bric 2016**
 - > Bando Bric 2015
 - > Progetto Spaic
 - > Borse di studio per la ricerca
 - > Formazione in collaborazione con le Università
 - > Centri di competenza
 - > Area salute sul lavoro
 - > Area sicurezza sul lavoro

Bando Bric 2016

L'Inail indice una procedura valutativa per l'affidamento di ricerche in collaborazione finalizzate al raggiungimento degli obiettivi di ricerca programmati dall'Istituto e al consolidamento della rete scientifica in attuazione del Piano di attività 2016-2018.

Aviso:

in data 15/12/2016 è stata pubblicata l'errata corrige al testo integrale del Bando Bric 2016.

Destinatari delle collaborazioni

Enti di ricerca pubblici e i relativi dipartimenti dotati di autonomia gestionale, istituti di ricovero e cura a carattere scientifico, università e dipartimenti universitari.

Le risorse finanziarie

Per l'attivazione del sistema di collaborazioni è previsto un finanziamento, per l'esercizio 2016, pari ad € 9.260.400,00 a valere sulle risorse stanziare per la Missione ricerca nel bilancio di previsione dell'Inail.

Presentazione delle proposte

Le proposte progettuali dovranno essere presentate a firma del rappresentante legale dei destinatari istituzionali o di un suo delegato compilando il modulo di domanda di cui all'allegato 2 ed inviate, tramite posta elettronica certificata (Pec), all'indirizzo e-mail bandobric@postacert.inail.it entro e non oltre le ore 24 di lunedì 16 gennaio 2017. La modalità di presentazione delle proposte è descritta nel bando integrale.

Contatti

Per informazioni ed assistenza sul presente Bando è disponibile il seguente indirizzo e-mail: helpbric@inail.it

Nuovi obiettivi

- I valori limite e le norme sono basate sulla pericolosità delle sostanze
- Le casistiche degli infortuni e malattie professionali non sono collegati in modo univoco a particolari agenti chimici
- Quali sono le sostanze che hanno causato realmente più incidenti?
- **Obiettivo: sviluppare e validare per queste sostanze dei sensori sensibili e specifici, miniaturizzati ed indossabili**



Grazie per l'attenzione....

...domande?

g.tranfo@inail.it

