DIFESA NBCR – LABORATORIO MOBILE SHELTERIZZATO DEL COMANDO PROVINCIALE DEI VIGILI DEL FUOCO DI ROMA

Gullì R. (1) , Mari G. (2), Sturchio E. (2), Amendola L. (3), Garibaldi C. (1)
(1) Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Roma, Nucleo Regionale NBCR, Via Genova 3, 00184 Roma
(2) Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, DIPIA, Via Urbana 167 00184 Roma
(3) ARPA Lazio, Via Saredo 52, 00173 Roma

INTRODUZIONE

Le competenze istituzionali del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, nell'ambito di interventi coinvolgenti sostanze convenzionali e di origine non convenzionale, sono definite per Legge e da disposizioni della Difesa Civile. Dopo l'11 settembre il CNVVF ha fatto un notevole sforzo in termini di investimenti economici e nella formazione del personale per consentire il travaso delle esperienze già consolidate su interventi di tipo convenzionale, ad eventi di altra origine. Alla luce di quanto maturato in questi anni, cadenzati anche dalla gestione di macro eventi di notevole rilevanza (esequie santo Padre, Olimpiadi di Torino, ecc) è emersa la necessità di procedere alla realizzazione di laboratori mobili, il cui compito è quello di consentire una prima e rapida analisi *in situ*, utile alla migliore definizione del problema in atto ed alla individuazione delle contromisure urgenti eventualmente necessarie.

La possibilità di eventi plurimi, che condurrebbero al limite, stressandolo, il modello di risposta, con un forte impegno di tutte le risorse in campo, amplifica la funzione strategica del laboratorio mobile, dotato di marcata autonomia funzionale, facilmente dispiegabile in posizione sicura e baricentrica rispetto agli eventi stessi e rapidamente riposizionabile. Non trattandosi, come per gli omologhi militari, di un modulo ingegnerizzato in pressione positiva per operare all'interno in una zona contaminata, l'unità mobile è stata ideata per essere attivata in prossimità di un'area resa potenzialmente pericolosa a seguito di un evento incidentale di tipo industriale o di un possibile attacco terroristico NBCR; si è ritenuto quindi dare priorità alla salvaguardia dell'ambiente "civile" esterno, ponendo il laboratorio mobile in leggera depressione rispetto all'atmosferico, allo scopo di prevenire il rischio di eventuali fuoriuscite di agenti nocivi dal laboratorio stesso. In condizione operativa il laboratorio shelterizzato, in grado di funzionare sia a terra che a bordo del mezzo di trasporto, riceve i campioni, i quali, precedentemente posti in sicurezza, vengono conferiti senza il diretto contatto tra gli operatori esterni e quelli interni.

Essendo gli scenari, in cui si ipotizza l'utilizzo del laboratorio mobile, eterogenei e in parte imprevedibili, la capacità tecnico-analitica è stata dimensionata per affrontare le più diverse evenienze, confrontandosi con gli evidenti limiti logistici. Sono state quindi identificate le tecniche nel campo chimico, biologico e radiologico, che potessero configurarsi sia come first responder tools da integrarsi agli strumenti portatili in caso di eventi terroristici non convenzionali, sia come analisi di secondo livello nel caso di contaminazioni ambientali (inquinamento falde o nubi tossiche), nonché la funzione "sentinel" per alcuni aspetti biologici.

1.0 STRUTTURA DELLO SHELTER

Il Laboratorio Campale Mobile NBCR shelterizzato è un sistema completamente equipaggiato, specificatamente realizzato in risposta al requisito operativo espresso dai Nuclei NBCR dei Vigili del Fuoco. Il sistema è in grado di essere proiettato e dispiegato a ridosso della zona dove è intervenuta l'emergenza, consentendo lo svolgimento della propria attività e fornendo risultati attendibili in un tempo contenuto dal ricevimento del campione. Il sistema è concepito per potere operare in completa autonomia funzionale.

1.1 Caratteristiche operative e tecniche del sistema
1.1.1 Requisiti generali

Dimensioni	Conforme alla norma ISO 668 type 1CC (20 ft.)
Trasportabilità	Intermodale - conforme ISO 668 e UNI 8323. Non ne è prevista la trasportabilità per via aerea
Scarramento	Lo shelter è dotato di impianto oleodinamico di sollevamento per una autonomia di carramento e scarramento. L'impianto può essere alimentato anche dall'impianto elettrico del veicolo di trasporto. È possibile la movimentazione con gru o fork lift.
Tipologia costruttiva	Costruzione a travi portanti in acciaio e pareti di tamponamento in multistrato, coibentate. La tipologia costruttiva è tale da rendere il sistema idoneo all'utilizzo rude, dispiegamenti ripetuti, in una ampia gamma di condizioni ambientali.
Vita operativa	Nessuna prescrizione di vita limite, per il sistema e le sue parti. L'esecuzione di una corretta manutenzione, secondo le prescrizioni del Manuale Tecnico, consente una vita operativa minima di 20 anni.
Configurazione di trasporto	Gli arredi e gli equipaggiamenti imbarcati sono saldamente ancorati alla struttura dello shelter. Tutta la strumentazione è di alta qualità, predisposta a resistere alle vibrazioni. I materiali fragili sono fissati allo shelter o alloggiati in appositi contenitori logistici di trasporto.
Operratività	Lo shelter è igegnerizzato per essere la completa operatività sia sul mezzo di trasporto che scarrato

Figura 1. Vista d'insieme del laboratorio mobile shelterizzato

1.1.1 **Requisiti ambientali** Conformi allo STANAG 2895, aree climatiche A1, A2, C2

Temperature operative	-19°C / +55°C
Umidità relativa	gamma 3% - 100%
Irraggiamento solare	1200 W / m2
Velocità del vento	36 m/s (raffica) – 28 m/s (costante) max
Carico neve	300 N / m2 max
Tenuta	IP54 min.
Altitudine	Pressione da 375 a 1775 mbar

1.1.2 Configurazione

Equipaggiamenti di base	Frigoriferi da laboratorio, frigo portatile, centrifuga, autoclave, boiler.
Equipaggiamenti di missione	Isolatore (glove box) classe BL- 3, GC/MS completo di desorbitore, cappa BL - 2, cappa chimica da banco, schermo per spettrometria

1.1.3 Sistemi ed impianti

Climatizzazione	Riscaldamento, ventilazione e condizionamento (HVAC). Bruciatore “webasto” per riscaldamento.
Pressurizzazione	Area laboratorio in depressione, rispetto all’ambiente esterno.
Filtrazione aria	Filtrazione HEPA degli scarichi delle cappe, della “glove box”, del GC/MS. Filtrazione HEPA dell’aria in entrata ed in uscita dal laboratorio. Possibilità di aggiungere filtro NBC.
Elettrico	Alimentazione da rete 50 Hz power 220 VAC. Generatore imbarcato da 18 KVA, per l’autosufficienza energetica.
Gruppo di continuità (UPS) strumenti	Alimenta le utenze privilegiate per 30 minuti, in caso di interruzione di energia.
Gruppo di continuità (UPS) shelter	Consente la continuità di funzionamento di tutte le apparecchiature elettriche di bordo durante la commutazione automatica da/a rete esterna a/da gruppo elettrogeno, per un tempo non inferiore ai 15’
Comando e controllo	Installazione di linee telefoniche e trasmissione dati (LAN). Predisposizione per apparati radio. Rete wireless interna.
Idraulico	Sul fondo dello shelter sono posizionati due serbatoi in acciaio inox, da 300 litri, per lo stoccaggio dell’acqua di alimentazione e per quella di recupero. I serbatoi sono muniti di scaldiglia per evitare il ghiacciamento.
Varie	Predisposizione per la localizzazione GPS.

1.1.4 Sicurezza dell’uomo e dell’ambiente

Layout interno	Il movimento del personale addetto è libero da ostacoli ed impedimenti.
Materiali	Le pareti interne ed i banchi da lavoro sono realizzati in acciaio inox. I pavimenti sono rivestiti in lamiera di acciaio inox con finitura anti-sdrucciolo, resistente agli agenti chimici sanitizzanti conforme alla norma EN 649. Gli armadi, le cassettiere e le altre strutture di servizio e contenimento delle dotazioni di bordo sono realizzati in lamiera di acciaio UNI 5335-64, di spessore 10/10 e verniciati con resine epossidiche ecologiche antigraffio.
Cablaggi	I cablaggi elettrici ed idraulici sono annegati nelle pareti. Se esterni, sono separati dalle pareti per consentire la procedura di decontaminazione.
Accessi e porte	Le porte si aprono verso l’esterno. La porta di accesso al laboratorio è dotata di maniglione antipanico e pannello trasparente. L’accesso al laboratorio in condizione operativa è autorizzato dall’interno. E’ presente un impianto intercomunicante con l’esterno.

Illuminazione	Assicurati 500 lux ad 1 metro da terra, nella zona laboratorio (UNI 10380); classe di qualità della limitazione dell'abbagliamento di livello A e resa di colore Ra' di livello 1A. E' presente un sistema di illuminazione di emergenza alimentato a 24 V CC.
Impianto elettrico	Realizzato in accordo alle normative CEI.
Prevenzione incendi	Il laboratorio è dotato di un sistema di allarme antincendio conforme alla norma UNI 9795. Nel laboratorio e nel vano tecnico sono presenti estintori a CO2
Lavaocchi	Il lavandino in acciaio Inox incorpora un lavaocchi estraibile.
Acque di scarico	Il serbatoio di raccolta delle acque di scarico può essere addizionato di prodotti bonificanti (sanificanti e/o inertizzanti). Una pompa sommersa provvede allo smaltimento delle acque reflue verso serbatoi esterni, con possibilità di scarico per gravità, in caso di emergenza.
Cassetta di primo soccorso	Contenuto conforme ai requisiti del D. Lgs. 626/94. E' posizionata in prossimità della porta di ingresso al laboratorio.
Emergenza	Sono presenti due pulsanti di emergenza per la disattivazione totale delle componenti elettriche, uno interno, sempre attivo, e uno esterno, non attivo con il laboratorio in condizione operativa. Internamente è installato un pulsante per l'attivazione di un allarme generico di emergenza, provvisto di avvisatore ottico e acustico esterno.

2.0 ISOLATORE

Il dispositivo tecnologico, di cui è dotato il laboratorio mobile, che permette una sicura gestione dei campioni sospetti è l'isolatore. L'isolatore, anche detto "glove box", oppure "cappa BL3" (se ci si riferisce alla classificazione data dalla BS 5726), è la macchina che permette il più alto grado di contenimento possibile nell'introduzione del campione dall'esterno e nella sua preparazione per l'analisi vera e propria. Prima di descrivere qualche particolare tecnico dell'isolatore, occorre ricordare che l'isolatore è costituito principalmente da un involucro che racchiude un piccolo volume entro il quale avvengono le operazioni sulle sostanze giudicate potenzialmente pericolose. Si tratta quindi di un dispositivo di protezione "collettiva" che contiene il pericolo "alla fonte". Tale premessa consente di evidenziare che, con l'utilizzo di tale macchina tecnologicamente avanzata, viene rispettato lo spirito della Direttiva Europea 89/391/EEC (Council Directive 89/391/EEC - 12 June 1989 - introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work) che ha dato vita, col suo recepimento italiano, dapprima al notissimo Decreto Legislativo 626/94 e, più recentemente, al Testo Unico sulla Sicurezza del Lavoro (D. Lgs. 81 del 9/4/2008).

In particolare, si sottolinea quanto viene espresso dall'articolo 15 (misure generali di tutela), nei punti:

a) valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza;
c) eliminazione dei rischi … in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico;
d) rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione ……;
e) riduzione dei rischi alla fonte;
i) priorità delle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale

Dai precedenti brevi estratti dalle norme di legge, appare chiaro come gli isolatori (e le altre apparecchiature di "alto contenimento") rispettino in pieno le richieste di:

- contenimento del rischio "alla fonte", l'isolatore confina un volume protetto attorno alla sorgente di agente pericoloso;
- rispetto dei principi ergonomici, poiché evita agli operatori di indossare pesanti scafandri (peraltro difficilmente utilizzabili nei ridotti spazi del laboratorio mobile);
- adeguamento alle moderne tecnologie, trattandosi di quanto di più avanzato esista in campo tecnologico.

Tornando quindi alla descrizione tecnica dell'isolatore, si può dire che esso svolge la sua funzione di protezione dell'operatore dagli agenti nocivi principalmente grazie ad una serie di barriere "fisiche" che confinano un volume ben definito dal resto dell'ambiente di lavoro. Tali barriere sono costituite da lamiere metalliche, da materiale plastico e da vetro. All'interno di questo volume, l'agente nocivo può muoversi liberamente. L'intervento dell'operatore all'interno del volume confinato è permesso dai guanti che sono installati sulle pareti dell'isolatore mentre la visibilità è garantita da superfici trasparenti (vetro o materiale plastico).

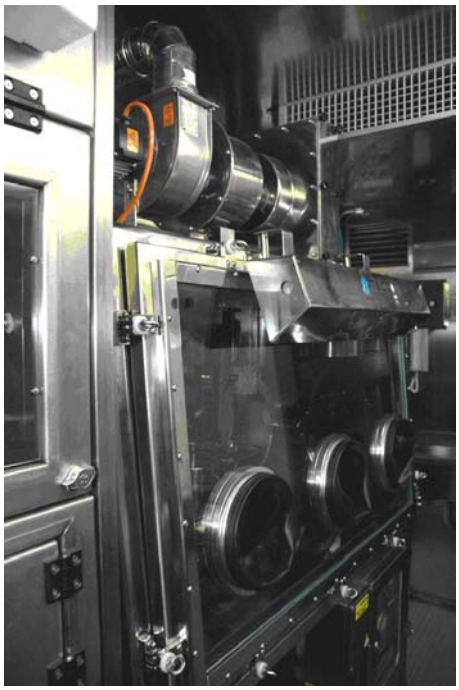

Figura 2. Vista frontale dell'isolatore installato nel laboratorio mobile

Allo scopo di aumentare ulteriormente la sicurezza offerta dalle barriere fisiche permanenti che confinano gli agenti pericolosi in un volume ben preciso, si è messo a punto un sistema "attivo" che mantiene all'interno del volume dell'isolatore una pressione leggermente negativa rispetto al laboratorio che è l'ambiente dove operano i tecnici.

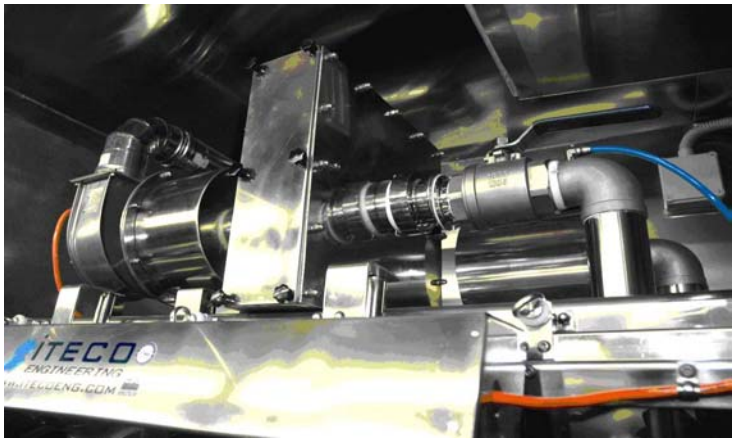

Figura 3. Dettaglio del sistema di filtrazione dell'aria espulsa e del relativo ventilatore per il mantenimento della depressione

Tale depressione garantisce la non fuoriuscita di agenti tossici nemmeno in condizioni anomale o di guasto quali ad esempio, il trafilamento da una guarnizione, la rottura di un guanto o l'apertura accidentale del portello dell'isolatore. In tali condizioni, infatti, grazie alla pressione negativa

all'interno dell'isolatore, sarebbe l'aria esterna ad entrare e non viceversa. Occorre infatti evitare le fuoriuscite dell'aria interna all'isolatore, portatrice degli agenti potenzialmente nocivi.

In quanto al sistema di mantenimento della depressione, esso è costituito da un ventilatore che lavora con l'ausilio di una serie di filtri, di valvole e di strumenti. In particolare il sistema di filtrazione dell'aria espulsa è oggetto di particolari attenzioni per potere garantire di non diffondere gli agenti nocivi. Viene filtrato sia il particolato, mediante un filtro ad alta efficienza, che le sostanze chimiche mediante adsorbimento con carboni attivi.

Dato che la tecnologia degli isolatori è utilizzata quando si è in presenza di sostanze fortemente nocive, risulta ovvia l'importanza di dotarsi di un adeguato sistema di pulizia dell'interno dell'isolatore. I sistemi di pulizia sono identificati con l'acronimo inglese CIP "Clean In Place" per indicare che l'apparecchiatura viene lavata "in loco" senza bisogno di spostarla in una postazione di lavaggio o all'interno di una macchina lavatrice.

Nell'isolatore in questione risultano particolarmente comode le due "pistole" spruzzatrici di prodotto decontaminante che viene distribuito da un sistema di due serbatoi pressurizzati che sono in grado di fornire il liquido nelle quantità e con le caratteristiche richieste. Il sistema CIP è dedicato all'isolatore ed alla camera "di passaggio" di cui si dirà in seguito. Lo smaltimento della soluzione esausta del lavaggio avviene per mezzo di una vasca facilmente rimuovibile e collegata con lo scarico dell'isolatore stesso con valvole che permettono di sganciare la vasca da smaltire senza sversamento della soluzione liquida. A questo proposito è bene fare notare che il costruttore ha prestato una particolare attenzione alla facilità di drenaggio (superfici raccordate per evitare spigoli concavi difficili da pulire) delle superfici dell'isolatore e alla loro finitura superficiale (a specchio) con rugosità di soli 0.5 μm (micron).

Figura 4. Visione esterna della pass-box con sistema di interblocco pneumatico

L'isolatore di cui è dotato il laboratorio mobile è del tipo "a camera unica", cioè costituito da un unico ambiente (a differenza di altre realizzazioni più complesse che contano più di una camera). Se non fossero installati alcuni accessori di cui si dirà in seguito (pass-box e sistema di smaltimento rifiuti), l'isolatore così costituito sarebbe soggetto a qualche difficoltà di utilizzo, specialmente in relazione al flusso dei materiali. Infatti il passaggio di materiali, strumentazioni, campioni ed attrezzature tra l'interno dell'isolatore e l'ambiente di lavoro (laboratorio mobile) potrebbe avvenire soltanto dopo avere bonificato perfettamente l'isolatore. Occorre impedire che l'ambiente di lavoro sia messo in diretta comunicazione con il volume interno dell'isolatore che potrebbe essere contaminato. Ci si rende facilmente conto che tali operazioni di pulizia e bonifica richiederebbero dei tempi di effettuazione che non sono compatibili con lo scopo per il quale è stato costruito l'intero laboratorio mobile (pronto intervento).

Uno dei dispositivi che danno maggiore flessibilità di utilizzo all'isolatore è il cosiddetto "pass-box". Si intende col termine "pass-box" una camera più piccola, adiacente alla camera principale, con due porte: una rivolta verso l'ambiente esterno al container (che costituisce il laboratorio stesso) ed un'altra rivolta verso la camera principale dell'isolatore. Il pass-box è privo di finestre e di guanti e non è dotato di un sistema di controllo della pressione negativa come la camera principale. Ha invece la possibilità di essere bonificato tramite una pistola spruzzatrice che viene manovrata dall'operatore esterno al laboratorio (il quale operatore, indossa lo scafandro).

L'introduzione dei campioni da analizzare avviene tramite le seguenti operazioni in successione: (1) apertura della porta esterna del pass-box; (2) introduzione dei campioni nel pass box da parte dell'operatore esterno; (3) la porta esterna viene chiusa e ciò è necessario per potere procedere in quanto l'isolatore è dotato di un interblocco che impedisce la contemporanea apertura accidentale della porta di comunicazione tra il pass-box e la camera principale; (4) apertura della porta tra il pass box e la camera dell'isolatore e successivo passaggio del campione da introdurre dal pass-box alla camera principale (si noti che l'operatore "interno" deve afferrare col guanto il campione da introdurre in camera principale ed è quindi stato necessario valutare attentamente le dimensioni dell'isolatore e del pass box stesso); (5) chiusura della porta interna del pass box da parte dell'operatore che opera all'interno del laboratorio; (6) ri-apertura della porta esterna del pass box e bonifica del pass box stesso a cura dell'operatore esterno che, come già detto, può avvalersi di una pistola di lavaggio collegata con il sistema di bonifica (CIP).

Un altro utile accessorio dell'isolatore è senz'altro il sistema di espulsione di oggetti funzionante mediante film tubolare in plastica termosaldabile. Lo smaltimento può interessare contenitori vuoti (ma contaminati) che hanno già esaurito la loro funzione, oppure attrezzi usa e getta, come palette o sacchetti o altri accessori. Dapprima (A) si pone l'oggetto da smaltire nel vano cilindrico prominente rispetto alla camera dell'isolatore. Per far ciò occorre aprire dall'interno una apposita porta che divide la camera principale dal vano cilindrico. E' bene che l'apertura di questa porta sia preceduta da un controllo che il film tubolare esterno sia effettivamente presente e precedentemente saldato oppure nuovo. Dopodichè (B) si procede alla saldatura vera e propria della porzione di film tubolare in plastica di dimensioni sufficienti a contenere gli oggetti da avviare allo smaltimento. Infine (C) si taglia (di solito con l'ausilio della macchina termosaldatrice stessa) la sacca così creatasi e contenente all'interno gli oggetti da smaltire insieme ad un certo quantitativo di aria potenzialmente contaminata. Ovviamente lo smaltimento di questo sacchetto dovrà avvenire in sicurezza e con procedure e smaltitori affidabili e sicuri.

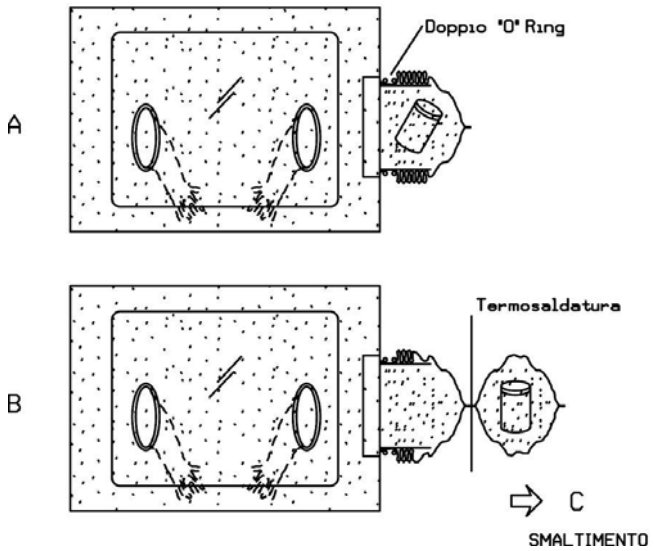

Figura 5. Schema del sistema di smaltimento a film tubolare

Figura 6. Particolare del sistema di smaltimento a film tubolare

I sistemi sopra descritti sono sempre dotati di una successione di scanalature e anelli di tenuta che permette la facile e sicura sostituzione del film continuo tubolare con uno nuovo quando si arriva al termine del tubolare vecchio. In casi eccezionali il sistema a film continuo tubolare termosaldabile può servire anche per il trasferimento di campioni ed altri oggetti che debbano poi essere riutilizzati altrove a patto che si proceda alla rottura e conseguente apertura del sacchetto termosaldato all'interno della camera di un isolatore. In questa situazione, infatti, ci si trova immediatamente a contatto con la porzione di aria contaminata che è stata intrappolata all'interno del tubolare.

Per quanto riguarda le operazioni da svolgere all'interno della camera principale dell'isolatore e la relativa dotazione di strumenti, si può dire che esse avranno a che fare principalmente con la preparazione dei campioni per renderli analizzabili in altre successive apparecchiature sia di analisi chimica, biologica e radiologica. In particolare è stato previsto un capillare di passaggio tra l'isolatore e lo spettrometro di massa installato accanto. Tale capillare consentirà il passaggio di campioni liquidi e gassosi senza alcuna manipolazione da parte degli operatori. Infine la camera dell'isolatore è stata dimensionata in modo da potere ospitare un analizzatore InfraRosso il cui elemento sensibile è collegato senza fili (wireless) alle altre parti dello strumento di analisi.

3.0 ANALISI CHIMICA

La problematica, per gli enti pubblici che si occupano a diverso titolo di soccorso tecnico urgente, di predisporre sistemi di analisi chimica da utilizzare on-site, è stata affrontata in diversi contesti. Le soluzioni proposte, sia di carattere civile che militare, convergono sulla necessità di avere a disposizione un "contenitore trasportabile" dove concentrare le strumentazioni da utilizzare per le analisi. Evidentemente, poiché il contenitore si realizza con shelter, container shelterizzati o furgoni attrezzati, le scelta delle tecnologie analitiche da mettere in campo è limitata sia dallo spazio a disposizione sia dalla impossibilità di trattare il campione in laboratorio prima dell'analisi strumentale. Comunque, l'interesse di chi è chiamato ad effettuare questo genere di attività, è indirizzato prevalentemente verso sostanze chimiche che si possono riassumere nelle seguenti categorie:

- sostanze tossiche di uso industriale
- inquinanti organici
- armi chimiche e sostanze assimilabili

La problematica analitica si concentra quindi sulla identificazione di composti puri e sulla determinazione di sostanze organiche in aria per i composti volatili e in matrici ambientali per quelli semi e non volatili. La tecnica principe per le analisi di specie organiche è la gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa. Questa tecnica permette in tempi relativamente brevi (circa 30

minuti) l'analisi qualitativa degli analiti per confronto degli spettri ottenuti con una libreria contenente più di 100.000 spettri di riferimento.

Per l'allestimento del mezzo mobile, nonostante esistano in commercio strumenti portatili e trasportabili, anche con specifiche militari e dalle ridottissime dimensioni, è stato scelta una soluzione da banco e cioè la Agilent 6890-5975. La scelta effettuata infatti permette di poter contare su un supporto tecnico dalla ditta fornitrice in tempi sempre rapidi. Inoltre, poiché la macchina acquistata è in dotazione a diversi laboratori pubblici specialistici (ARPA, CETLI, RACIS), nonché ai Nuclei Regionali NBCR dei Comandi di Venezia, Milano e Torino, è possibile condividere metodi di analisi e confrontare i risultati. Per poter analizzare i campioni di aria la macchina è stata affiancata da un desorbitore Markes con airserver. Con questo accessorio è possibile analizzare cartucce di carbone o tenax campionate sul posto, aria in sacche, gas in bombole o aria in canister. Il GC-MS è installato all'interno di un armadio in acciaio Inox di contenimento posto in leggera depressione, per evitare, in caso di perdite, l'immissione di analita all'interno dello shelter; viene parimenti esalato il calore generato durante il funzionamento dello strumento attraverso uno scarico filtrato verso l'esterno. È anche possibile collegare lo strumento ad una linea di campionamento esterna al mezzo mobile. Lo strumento è configurato con due colonne cromatografiche in modo da permettere l'utilizzo sia del desorbitore sia dell'iniettore split/splittles senza alcun ulteriore intervento. A completamento di queste tecniche, in caso di necessità di campionamento con tute protettive totali, vista la difficoltà degli operatori a utilizzare pompe di campionamento, è stato realizzato in collaborazione con la ditta Chromline un campionatore SPME (solid phase micro extraction), bonificabile e facilmente utilizzabile anche con i guanti in butile.

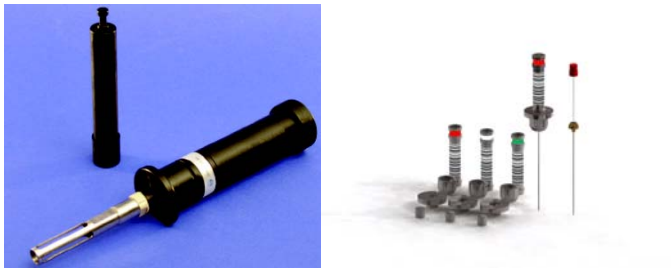

Figura 7. Campionatore bonificabile per fibre SPME

La fibra esposta in ambiente contaminato, viene quindi desorbita direttamente nell'iniettore del GC-MS, riducendo al minimo le operazioni da effettuare. Con la tecnica spme è facilmente realizzabile, anche all'interno del laboratorio mobile, l'analisi in GC-MS di campioni ambientali (acqua, suolo, fanghi) tramite esposizione e iniezione diretta.

Figura 8. Spettrometria IR con ATR eseguita all'interno dell'isolatore

Per l'analisi immediata di sostanze pure solide o liquide, anche inorganiche, è stato acquistato uno strumento FT-IR con cella in trasmissione e ATR. Anche in questo caso è, a parità di dimensioni e peso, è stato preferito uno strumento di utilizzo prettamente civile, il Bruker mod. ALPHA, su cui è garantito un supporto tecnico costante. La tecnica FT-IR permette, tramite confronto con librerie, l'analisi istantanea di pesticidi, droghe, polveri incognite, esplosivi, sostanze tossiche. In virtù delle caratteristiche costruttive lo strumento può essere utilizzato sia in versione portatile al di fuori del

mezzo, sia all'interno della glovebox per eliminare qualsiasi contatto diretto del campione con gli operatori.

Infine, allo scopo di realizzare un set di determinazioni utili in caso di sospetta contaminazione di pozzi o acquedotti, la strumentazione in dotazione al mezzo prevista dal progetto iniziale, è stata implementata con uno spettrofotometro UV-Vis, un lettore di piastre ELISA, un pHmetro, un torbidimetro e un luminometro per saggi ecotossicologici.

In conclusione l'attuale configurazione del mezzo mobile permette in situazioni di emergenza di effettuare a livello qualitativo le analisi chimiche nei seguenti scenari:

- Dispersione aerea di sostanze tossiche organiche da impianti industriali
- Dispersione di sostanze tossiche organiche in acque superficiali e sotterranee
- Analisi di campioni ambientali inquinati
- Presenza di sostanze odorigene in ambiente urbano
- Identificazione di sostanze chimiche tossiche in caso di evento terroristico
- Identificazione di alterazione nella qualità dell'acqua distribuita dalla rete acquedottistica
- Identificazione di sostanze incognite rinvenute in circostanze sospette

4.0 ANALISI BIOLOGICHE

Una rapida identificazione e gestione di una crisi di tipo naturale o indotta al fine di limitare il numero di persone contaminate, può essere effettuata attraverso le analisi molecolari sui campioni sospetti. In particolare la tecnica Real-Time Polymerase Chain Reaction (R-T PCR), è una metodologia sofisticata, altamente specifica e sensibile, che permette di seguire durante l'intera reazione l'amplificazione del DNA target mediante un controllo indiretto della formazione del prodotto. La R-T PCR convenzionale è stata adattata per generare un segnale misurabile costante, che è direttamente correlato alla quantità dei prodotti di amplificazione ed è in grado di misurare, in tempo reale, la fluorescenza che si genera, grazie all'impiego di marcatori fluorescenti durante la reazione PCR. Il numero di cicli necessari per generare un segnale significativo viene chiamato "ciclo di soglia" (Ct), e viene misurato durante la fase di PCR quando l'efficienza è ancora costante ed è inversamente proporzionale alla quantità iniziale di DNA.

Figura 9. PCR R.A.P.I.D della IDAHO TECHNOLOGY INC.

Le caratteristiche del contenimento e le procedure operative adottate consentono al personale specializzato di lavorare in sicurezza ai fini di tutelare la salute dell'operatore stesso e dell'ambiente. Il campione sospetto, dopo la preparazione nell'isolatore, viene inattivato attraverso trattamento in autoclave per poter essere lavorato senza rischi in cappa BL2.

L'unità mobile dispone, secondo lo standard adottato dal C.N.VV.F., di un strumento PCR R.A.P.I.D (Ruggedized Advanced Pathogen Identification Device), per l'amplificazione di DNA, che viene posto, in fase operativa, sotto cappa al momento del suo utilizzo. Lo strumento PCR RAPID prodotto dalla IDAHO TECHNOLOGY INC., permette l'identificazione del DNA, e non delle tossine, di diversi agenti biologici, quali: B. anthracis, Brucella spp, F. Tularensis, Y. Pestis, Variola Listeria, C. Botulinum E. Coli 0157, Salmonella, Campylobacter, Criptosporidium. Tale strumento prevede l'utilizzo di reagenti liofilizzati, l'analisi simultanea di 32 campioni in tempi brevi (20 - 25 minuti).

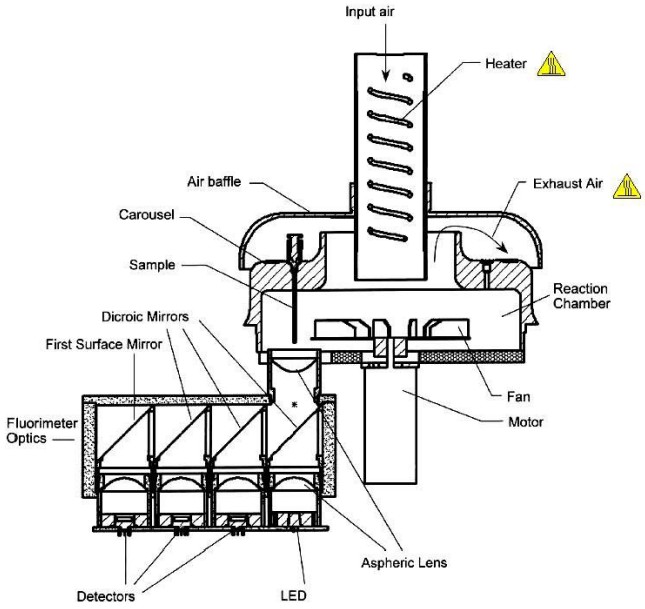

Figura 10. Schema della struttura interna del RAPID

5.0 ANALISI RADIOLOGICHE

Le funzioni radiometriche del laboratorio mobile vengono principalmente svolte con l'uso di un analizzatore multicanale per spettrometria gamma; si tratta di un metodo di analisi che consente la determinazione qualitativa e quantitativa di nuclidi radioattivi gamma emittenti in un materiale. I raggi gamma sono onde elettromagnetiche provenienti da transizioni nucleari tra due diversi livelli energetici; si possono rappresentare come quantità discrete di energia (fotoni) che si propagano nel vuoto alla velocità della luce, con energia proporzionale alla frequenza di radiazione ($E=h\nu$). I raggi γ interagiscono con la materia in modo discontinuo, sostanzialmente diverso da quello degli elettroni e delle particella cariche, attraverso tre processi fondamentali: l'effetto Compton, l'effetto fotoelettrico e la produzione di coppie. La tecnica della spettrometria gamma consente di determinare la distribuzione energetica dei fotoni γ e esprime il dato come uno spettro determinato dal numero di impulsi in funzione dell'energia della radiazione. Lo spettrometro è costituito da tre parti principali: il rivelatore che può essere o meno inserito in un sistema di schermatura per minimizzare la misura di fondo, il complesso elettronico di analisi degli impulsi composto da preamplificatore, amplificatore e convertitore analogico – digitale, e il sistema di memorizzazione e visualizzazione dei dati, nonché quello di analisi.

Il rivelatore installato nel laboratorio mobile è del tipo al Germanio iperpuro (HPGe) raffreddato in un criostato con azoto liquido, ed è ordinariamente collocato in una schermatura in piombo ad apertura frontale. Al rivelatore è collegato un analizzatore multicanale Ortec DigiDART da 16K canali, interfacciabile con un PC portatile; i software di analisi e di gestione dello strumento sono: ScintiVision-32 Gamma-Ray Analysis con NaI e il GammaVision-32 Gamma-Ray Analysis con HPGe. Il Digidart può essere utilizzato, se necessario, direttamente in campo, e pertanto indipendentemente dal laboratorio shlterizzato, con un'autonomia operativa fino a 9 ore; in tale configurazione viene più convenientemente impiegato un rivelatore allo Ioduro di Sodio attivato al

Tallio - NaI(Tl). Nel laboratorio sono presenti tutti i materiali per la preparazione di matrici ambientali. Il campione conferito al laboratorio viene, per consolidata procedura operativa, preventivamente valutato sotto il profilo radiometrico al momento del prelievo; tuttavia, a scopo precauzione, l'operazione può essere ripetuta con una strumentazione portatile di opportune dimensioni introdotta attraverso il portello laterale nella glove box. Allo scopo viene generalmente utilizzato un radiametro Automess AD6.

L'esame di campioni di acqua potabile viene effettuata in spettrometria liquida utilizzando il modello Triathler della Hidex, che concentra in un unico apparecchio le funzioni di spettrometro γ, con un cristallo di 1,25 pollici di NaI(Tl), luminometro (3x107 CPS), e contatore per spettrometria liquida (2 - 2000 keV).

BIBLIOGRAFIA

[1] STANAG 4632 ed. 1 "Deployable NBC Analytical Laboratory".

[2] Chemical Weapons Convention Chemicals Analysis: Sample Collection, Preparation and Analytical Methods.Edited by Markku Mesilaakso.2005 John Wiley & Sons,

[3] Standardized Analytical Methods for Use During Homeland Security Events EPA/600/R-04/126B - September 2005

[4] Technologies and Techniques for Early Warning Systems to Monitor and Evaluate Drinking Water Quality: A State-of-the-Art Review . EPA/600/R-05/156 August 25, 2005

[5] American Society for Mass Spectrometry. 2001, 12, 683–693 Environmental and Forensic Applications of Field-Portable GC-MS: An Overview. B. A. Eckenrode

[6] Journal of Chromatography A, 1067 (2005) 285–294 Towards smaller and faster gas chromatography–mass spectrometry systems for field chemical detection. Smith P.A. et al.

[7] Trends in Analytical Chemistry, Vol. 23, No. 4, 2004 Detection of gas-phase chemical warfare agents using field-portable gas chromatography–mass spectrometry systems: instrument and sampling strategy considerations. Smith P.A.

[8] Radiation detection and measurement. Second edition. Glenn f. Knoll

[9] Sicurezza dei sistemi acquedottistici nei confronti di possibili atti terroristici. Rapporto ISTISAN 05/4 Istituto Superiore di Sanità. M. Ottavini, R. Drusiani, L. Lucentini, E. Ferretti, L. Bonadonna