

ESPOSIZIONE A BENZENE PRESSO OPERATORI AGLI IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE CARBURANTI NELLA CITTA' DI CAGLIARI

*F. Di Gangi**, *I. Cadeddu**, *G. Novembre***

* INAIL - Direzione Regionale Sardegna- Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione;

** INAIL - Direzione Centrale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Viene proposto il risultato di un'indagine effettuata sul territorio del Comune di Cagliari, condotta direttamente presso gli operatori dei distributori. L'indagine ha lo scopo di conoscere l'effettiva esposizione a benzene da parte dei benzinai. L'attenzione è stata focalizzata sulla esposizione complessiva durante una giornata lavorativa-tipo, e sulla ricerca delle operazioni più a "rischio" espositivo, anche al fine di valutare la reale efficacia dei dispositivi di riduzione del rischio, contenuti nella Legge 413/1997, ossia la diminuzione della concentrazione di benzene e l'applicazione di sistemi di recupero vapori sugli erogatori. Verranno proposti i risultati di campionamenti tradizionali, usando campionatori "passivi", e analisi in gascromatografia (GC), insieme a campionamenti "attivi", utilizzando sacche in Tedlar e GC portatile.

SUMMARY

The result of a research made directly on workers in petrol stations over the Cagliari municipality territory is proposed here. The research aims to assess the real level of benzene on which petrol pump attendants are exposed. Attention has been focused on the whole time exposure during a standard day work, and on the determination of the most hazardous operations, aiming also to evaluate the real effectiveness of hazard-control disposals, as in Law 413/1997, namely the reduction of benzene concentration and the use of vapor-retrieval disposals over the pumps. The results of traditional sampling will be shown, using passive samplings and gas-chromatography (GC) analysis, as well as active samplings, together with Tedlar bags and portable GC.

1. PREMESSA

Le emissioni di miscele di polveri inalabili e composti organici volatili causate dal traffico auto-veicolare sono ritenute da anni fonte di diverse malattie relative all'apparato cardiorespiratorio. Inoltre, determinate sostanze presenti nelle benzine, siano esse "super" o "verdi", sono da tempo sotto osservazione dai principali istituti di ricerca sul cancro. Valga come esempio il lavoro svolto dalla IARC (International Agency for Research on Cancer). Dalle ricerche effettuate da questi istituti appare oramai evidente che il benzene, presente nelle benzine "verdi", sia una delle sostanze potenzialmente in grado di generare forme tumorali maligne, e la forma tumorale che di solito viene associata all'esposizione a benzene è la leucemia mieloide acuta. Dal punto di vista tossicologico, il benzene è una sostanza pericolosa (può essere assorbito dall'organismo in vari modi, ma soprattutto per contatto o inalazione). A dosi elevate esercita un

effetto deprimente sul sistema nervoso, mentre l'intossicazione cronica comporta problemi a livello di midollo osseo, con gravi effetti anche sul sangue.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

In Italia solo recentemente è stato affrontato il problema dell'esposizione a benzene da parte dei lavoratori che durante le loro mansioni possono venirne a contatto. In Italia il decreto legislativo n° 626 del 19/09/1994, riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro, inizialmente non considerava il benzene. Tale mancanza è stata superata con il D.Lgs. n° 66 del 25/02/2000 che impone un limite di esposizione professionale per questa ed altre sostanze (allegato VIII bis del D.Lgs. 626/1994), ponendolo pari a $3,25 \text{ mg/m}^3$, ovvero 1 ppm. Di solito in Italia, mancando per la maggior parte delle sostanze dei limiti di esposizione professionale espressamente previsti dal nostro ordinamento, si prendono a riferimento quelli dell'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), denominati TLV. In questo caso, però, la legge italiana ha previsto un valore limite che è diverso da quello previsto dall'ACGIH, che recentemente lo ha portato a 1.6 mg/m^3 , ovvero 0.5 ppm, ossia esattamente la metà del valore italiano. Il NIOSH (the National Institute for Occupational Safety and Health) invece, prevede un limite di esposizione professionale pari a 0.325 mg/m^3 , ovvero 0.1 ppm, ben dieci volte inferiore al valore limite italiano. Dal suo avvento, la cosiddetta "benzina verde" venne erroneamente definita più "pulita" rispetto alle benzine precedenti, perché priva del piombo tetraetile utilizzato sino ad allora come antidetonante. Tuttavia, per conservare le proprietà antidetonanti garantite dal piombo, la benzina "verde" veniva arricchita in idrocarburi aromatici (tra i quali il benzene). In pratica si sostituiva un composto neurotossico con uno cancerogeno. Dal 1994 la normativa italiana è corsa ai ripari. Nel D.Lgs. 626/1994 è anche sancito il principio dell'illegittimità di esporre i lavoratori a sostanze cancerogene, le quali dovrebbero essere sostituite con materiali sprovvisti di tali effetti ovvero, nell'impossibilità tecnica di sostituzione, utilizzate esclusivamente a ciclo chiuso. In tal senso, nel settembre 1995, con il decreto legge n° 407/1995, viene stabilita una concentrazione di benzene pari all'1,4% in volume sul periodo 1° luglio 1997/30 giugno 1999, e un limite dell'1% a partire al 1° luglio 1999. Inoltre è stato fatto obbligo alle compagnie petrolifere di dotare gli impianti di erogazione di carburanti di nuova realizzazione a partire dal 1° gennaio 1996 di dispositivi di recupero di vapori di benzina e di estendere tale dotazione all'intera rete nazionale entro il 31 dicembre 1999. I diversi decreti legge sono stati poi trasformati in legge dello Stato, n° 413/1997. L'art. 1 comma 1 di tale legge prevede che "dal 1° luglio 1998, il tenore massimo consentito di benzene e di idrocarburi aromatici totali nelle benzine è fissato, rispettivamente, nell'1 per cento in volume e nel 40 per cento in volume." Inoltre, sempre all'art. 1 comma 2 "..... è stabilita un'ulteriore riduzione, a decorrere dal 1° luglio 2000, del tenore massimo di idrocarburi aromatici nelle benzine, di cui al comma 1.....". Si osserva infine che l'art. 4, Commi 2 e 3, recita: "2. Dalla data di entrata in vigore della presente legge, tutte le pompe di distribuzione delle benzine presso gli impianti nuovi di distribuzione dei carburanti devono essere dotate di dispositivi di recupero dei vapori di benzina. 3. Entro il 1° luglio 2000 l'intera rete delle pompe di distribuzione delle benzine presso gli impianti preesistenti di distribuzione dei carburanti deve essere attrezzata con dispositivi di recupero dei vapori di benzina."

3. MATERIALI E METODI

La ricerca è stata effettuata secondo due direttrici diverse. La prima ha previsto l'uso di campionatori passivi, modello Radiello. I campioni sono stati utilizzati ed analizzati secondo la

metodica UNICHIM 1382 (ed.1999) allegato I. Sono state determinate le quantità assolute di benzene adsorbito, e dal numero d'ore d'utilizzo si è ottenuta la concentrazione. Nelle diverse stazioni di rifornimento si sono utilizzati, ove possibile, almeno due campionatori. Il primo, personale (vedi Figura 1), per conoscere l'effettiva quantità di benzene alla quale l'operatore è esposto nella giornata lavorativa. Il secondo di tipo ambientale (vedi Figura 2), posto all'interno dell'area della stazione di rifornimento, onde conoscere l'esposizione generica alla quale è sottoposto chiunque graviti nell'area di rifornimento.



Figura 1



Figura 2

Va ricordato che l'orario di lavoro degli operatori alle pompe generalmente non è quello standard di otto ore giornaliere. Esistono lavoratori che fanno orario continuato, altri che inframmezzano una pausa dalle 12.30 alle 14.30/15.00, e cambiano anche gli orari di inizio e di fine giornata lavorativa. In parallelo si è cercato di determinare le concentrazioni di punta durante l'attività lavorativa. Appare evidente che l'attività a maggiore esposizione è proprio quella di pompaggio. In quella fase il lavoratore è esposto ai vapori in uscita dalla pompa (in parte riassorbiti dal sistema di recupero vapori). Questa esposizione porta ad un assorbimento che avviene in due modi distinti: attraverso i polmoni e attraverso la pelle. Il sistema utilizzato è quindi di tipo attivo, e avviene in due punti distinti all'interno della stessa fase lavorativa. Nel primo caso si utilizza una pompa (vedi Figura 3) a flusso di aspirazione costante (di norma 2 l/sec), che campiona in una sacca di Tedlar l'aria presente all'altezza del volto dell'operatore durante le fasi di rifornimento. Nel secondo caso, mantenendo costante il flusso di aspirazione, si campiona l'aria presente all'altezza della mano durante la stessa fase.



Figura 3



Figura 4

Il contenuto di queste sacche, una volta portate in laboratorio, viene analizzato utilizzando un gascromatografo portatile PE Photovac Voyager con rivelatore PID (Vedi Figura 4). Tale metodica rispetta la norma NIOSH 3700. I valori rilevati sono direttamente in ppm (e ricalcolati poi in mg/m^3), e permettono di conoscere la concentrazione massima di benzene alla quale viene esposto un operatore ogniqualvolta effettua un rifornimento. I risultati analitici sono consultabili negli Allegati 1 e 2, e comprendono i valori finali, il giorno del campionamento, la sede (descritta da un numero di codice), le condizioni climatiche e la fascia oraria all'interno della quale sono stati effettuati i diversi rilievi. Nella Figura 5 è possibile vedere una schermata relativa ad un'analisi effettuata su un campione di aria.

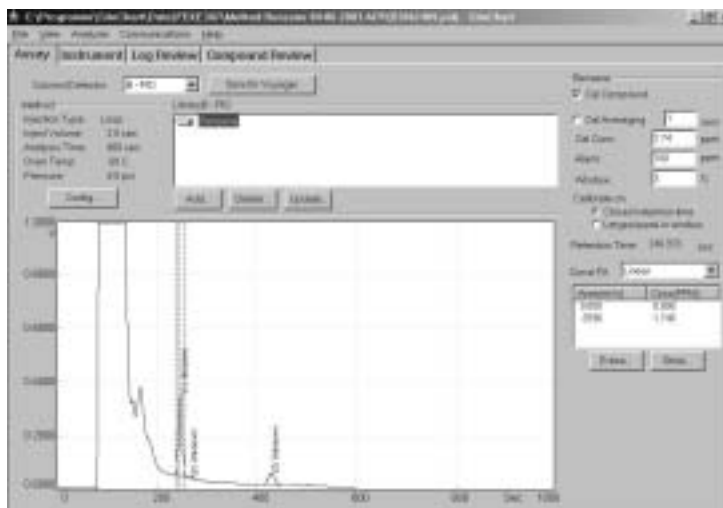


Figura 5

Il picco del benzene è caratteristico e ben differenziato dagli altri. Appare inoltre evidente la presenza di un picco molto più grande. Tale picco rappresenta la quantità quasi complessiva di tutte le altre sostanze, aromatiche e non, presenti nei vapori e diverse dal benzene, che sono presenti nelle formulazioni delle benzine. La presenza di tali sostanze è stata confermata dall'azienda che produce le benzine e le vende ai diversi distributori del territorio di Cagliari, la SARAS S.p.A. Raffinerie Sarde. Dalla documentazione prodotta dalla SARAS si evince che il benzene ha sempre una concentrazione, come percentuale in volume, inferiore all'1%, ed inoltre che la concentrazione totale degli aromatici è compresa tra il 7% ed il 33%. Si ricorda che le diverse benzine non sono identiche, vuoi per scelta dell'azienda distributrice, vuoi per la composizione chimica della materia prima della raffinazione, che non è sempre costante.

4. LETTURA E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Inizialmente vanno considerati i risultati del campionamento con il metodo Radiello. I prelievi sono stati effettuati in 12 diverse stazioni. Soltanto per una, la n° 3, è stato previsto un secondo campionamento. Va aggiunto che tutte le stazioni hanno installato il sistema di recupero vapori

previsto dalla legge. La prima osservazione, è che i diversi campionamenti ambientali denotano una concentrazione di benzene inferiore rispetto ai campionamenti personali effettuati nelle stesse stazioni durante le medesime giornate. Il valore massimo riscontrato è pari a 0.09 mg/m^3 . In alcuni casi il valore è al di sotto del LOD (Limit Of Detection), ossia del limite di rilevabilità dello strumento utilizzato. In un caso è minore del LOQ (Limit Of Quantification), ossia del valore minimo di concentrazione impostato nella retta di taratura dello strumento. Il valore riportato è quindi stato messo tra parentesi, indicando che si tratta di un'estrapolazione. Ben diversa appare la situazione osservando i dati dei campionamenti personali. I valori ottenuti sono tra loro molto differenti. Si passa da un valore massimo di 0.63 mg/m^3 ad un minimo pari a 0.12 mg/m^3 . Tali valori sono tutti inferiori al limite di esposizione professionale previsto dalla Normativa Italiana, e pari a 3.25 mg/m^3 . Occorre però fare due diverse considerazioni: 1) Il calcolo è stato effettuato supponendo una giornata lavorativa tradizionale di 8 ore, ma il lavoro degli operatori alle pompe di benzina, di norma, prevede giornate lavorative dalla durata variabile. Supponendo che l'esposizione sia stata sempre di 10 ore non di 8, i valori riportati nell'Allegato 1 appaiono sottostimati. Ipotizzando che la concentrazione trovata sia pari a 0.6 mg/m^3 , imponendo un tempo di esposizione pari a 10 ore, si otterrebbe una concentrazione superiore, pari a 0.75 mg/m^3 , 2) i limiti di esposizione professionale previsti da altri organi internazionali, come la NIOSH o l'ACGIH, sono diversi da quelli Italiani, e spesso inferiori. Secondo la NIOSH, ad esempio, molti dei valori riscontrati sarebbero superiori alla norma di legge italiana (che è pari a 0.325 mg/m^3). Appare quindi evidente che, pur essendo nel rispetto delle leggi italiane, non è del tutto corretto parlare di sostanziale sicurezza dell'ambiente di lavoro da un punto di vista dell'esposizione.

E' stata anche fatta una comparazione con un lavoro analogo, effettuato nel 1999/2000 (Veneri L. *et al*, 2002) con la medesima metodica di campionamento e di analisi, su 19 stazioni di servizio carburante dell'area cittadina di Forlì. Da quella ricerca risultava che l'esposizione a benzene, in impianti con il sistema di recupero vapori, era pari, come valore medio, a $57 \mu\text{g/m}^3$, e nettamente inferiore a quella in impianti senza recupero vapori, che era pari, sempre come valore medio, a $187 \mu\text{g/m}^3$. I valori ottenuti negli impianti con recupero vapori appaiono molto minori rispetto a quelli riportati nell'Allegato 1.

Va aggiunto che ogni campionamento dipende dalle condizioni atmosferiche. Una maggior ventilazione, o una temperatura ambientale minore, o anche la pioggia (ma non è il caso di questi rilievi), possono diminuire l'esposizione (e, al contrario, aumentarla). La valutazione dei dati ottenuti con il Voyager mostra un unico dato sufficientemente stazionario: l'esposizione alla mano (ossia all'altezza dell'erogatore) appare generalmente minore rispetto a quella all'altezza del volto. Sembra plausibile che il sistema di recupero vapori (quando funzionante) riesca a proteggere più efficacemente la zona mano-braccio. In conclusione è possibile affermare che gli operatori alle stazioni di rifornimento carburanti, nonostante la diminuzione del tenore di benzene nelle benzine e l'uso di sistemi di recupero vapori, siano comunque esposti a benzene. Le dosi appaiono inferiori ai limiti imposti dalla legge italiana, ma comunque non sono tali da poter affermare che questa particolare mansione sia esente dal rischio specifico.

BIBLIOGRAFIA

ACGIH : Inquinanti in ambienti di lavoro, *VADEMECUM PER L'AMBIENTE*, LUGLIO 2002.

IAVARONE I., LAGORIO S.: Esposizione a benzene in ambiente urbano: il ruolo della qualità dei carburanti, *NOTIZIARIO DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ*, GIUGNO 1997, Vol. 10, N° 6.

VENERI L., ALBONETTI A., NIZZOLI C.: Valutazione dell'esposizione attuale a benzene nelle stazioni di servizio carburante, *RISCH'2002*, 2002, pag. 452.

ALLEGATO 1
RESOCONTO CAMPIONAMENTO E ANALISI CON RADIELLO

Bede Campionamento	Data	Ora inizio	Ora fine	Genere di Campionamento	Condizioni climatiche	Risultati (Quantità assoluta in µg)	Tempo campionamento	Risultati (Concentrazione in ng/m ³)
2	05/06/03	9.00	17.10	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	15.8	310	0.03
3	05/06/03	9.55	17.20	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	2.69	265	0.13
8	10/06/03	9.30	17.05	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	4.72	275	0.21
9	10/06/03	9.45	17.15	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	2.62	260	0.12
10	10/06/03	9.55	17.25	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	9.79	310	0.38
10	10/06/03	10.00	17.26	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	0.97	445	0.03
4	17/06/03	8.35	16.55	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	6.22	320	0.23
4	17/06/03	8.40	16.55	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	1.44	495	0.03
11	17/06/03	9.40	17.15	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	7.29	275	0.2
11	17/06/03	9.45	17.10	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	< LOD	445	
12	19/06/03	8.40	17.00	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	2.93	230	0.14
12	19/06/03	8.45	17.05	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	1.26	500	0.03
1	19/06/03	9.05	15.40	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	12.6	395	0.4
1	19/06/03	9.05	15.42	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 32° circa	2.91	397	0.09
6	24/06/03	8.55	16.55	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	10.9	330	0.4
6	24/06/03	8.55	16.55	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	0.93	480	0.02
7	24/06/03	9.35	17.25	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	11.25	470	0.3
7	24/06/03	9.35	17.25	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	< LOD (0.87)	470	(0.02)
3	26/06/03	9.05	16.10	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	2.68	265	0.12
3	26/06/03	9.05	16.10	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	< LOD	425	
13	26/06/03	9.55	16.20	Personale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	8.23	250	0.4
13	26/06/03	10.00	16.20	Ambientale	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	< LOD	440	

ALLEGATO 2
RESOCONTO CAMPIONAMENTO E ANALISI CON VOYAGER

Sede	Punto di campionamento	Data	Ora	Condizioni climatiche	Risultati (mg/m ³)
1	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore). Distribuiti 10 Euro	15/04/03	10.15	Temp. 16°	0.293
1	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti). Pieno	15/04/03	10.25	Temp. 16°	0.515
1	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore). Distribuiti 25 Euro	15/04/03	10.28	Temp. 17°	1.414
2	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	05/05/03	9.30	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	Benzene al di sotto dell'limite di rilevabilità dello strumento
2	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	05/05/03	9.40	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	0.36
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	05/05/03	10.00	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	22.84
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	05/05/03	10.10	Cielo sereno, debole ventilazione, 26° circa	14.53
4	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	17/05/03	8.45	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	0.15
4	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	17/05/03	8.55	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	0.38
5	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	17/05/03	9.10	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	0.91
5	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	17/05/03	9.15	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	0.66
6	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	24/05/03	9.00	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	0.10
6	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	24/05/03	9.00	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	0.95
6	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	24/05/03	16.15	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	3.66
6	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	24/05/03	16.40	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	7.25
7	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	24/05/03	9.40	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	0.62
7	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	24/05/03	10.00	Cielo sereno, debole ventilazione, 28° circa	2.47
7	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	24/05/03	17.10	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	4.72
7	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	24/05/03	17.30	Cielo sereno, debole ventilazione, 31° circa	5.00
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	26/05/03	9.10	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	0.37
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	26/05/03	9.25	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	0.44
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa diretta sull'erogatore).	26/05/03	9.30	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	1.21
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	26/05/03	9.35	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	2.34
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	26/05/03	9.40	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	1.91
3	Pompaggio durante rifornimento (Presa altezza volti).	26/05/03	9.45	Cielo sereno, debole ventilazione, 30° circa	1.48