

## Esposizione a benzene in ambiente urbano: il ruolo della qualità dei carburanti

Ivano Iavarone e Susanna Lagorio

**I**l traffico autoveicolare costituisce una delle principali sorgenti di inquinamento atmosferico nelle aree urbane, insieme al riscaldamento domestico e ad eventuali insediamenti industriali. Le implicazioni sanitarie dell'esposizione a miscele complesse di polveri inabili e composti organici volatili assumono particolare rilevanza a causa della nota cancerogenicità di alcuni componenti chimici, quali il benzene.

Negli anni 1991-1993 la concentrazione atmosferica del benzene in venti città italiane variava tra 14 e 89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (medie annuali) con un valore medio di 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Raccolta dei pareri espressi dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale nel 1994. 1995. Roma, Istituto Superiore di Sanità. (*Serie Relazioni*, 95/2). p. 43-49], mentre in aree rurali le concentrazioni atmosferiche di benzene sono generalmente inferiori ai 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [WHO. 1993. (*Environmental Health Criteria*, 150). Geneva, WHO].

Ai livelli di concentrazione ambientale di benzene riscontrabili nelle aree urbane italiane (14-89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) corrispondono dosi di assorbimento polmonare comprese tra 270 e 540  $\mu\text{g}$  al giorno, in funzione del livello di attività fisica che si svolge.

Nel 1988 era stato lanciato un allarme sui rischi connessi all'uso della benzina senza piombo, in particolare da parte di veicoli sprovvisti di marmitta catalitica [Salvi, G. 1988. *Staffetta Quotidiana Petrolifera*, 167: 9-10]. L'allarme derivava dal fatto che, per conservare le proprietà antidetonanti garantite dal piombo, la cosiddetta benzina "verde" veniva arricchita in idrocarburi aromatici. Paradossalmente, dunque, alla riduzione dell'emissione in atmosfera del piombo, un composto di cui è nota l'attività neurotossica ed ematotossica, si accompagnava l'aumento delle emissioni di benzene, un cancerogeno noto per l'uomo.

Nel novembre 1994 l'Autorità garante della concorrenza e del mercato (Antitrust) considerò le campagne di lancio della benzina "verde" sul mercato italiano come "pubblicità ingannevole" e proibì l'uso dell'aggettivo "verde" per designare il carburante senza piombo.

Nello stesso anno la Commissione consultiva tossicologica nazionale (CCTN) del Ministero della Sanità stimava che i casi di leucemia attribuibili all'esposizione a benzene tra la popolazione generale in Italia potessero essere compresi tra qualche decina e qualche centinaio (17-246) all'anno [Raccolta dei pareri

espressi dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale nel 1994. 1995. (*Serie Relazioni*, 95/2). p. 30-33]. Tale stima era basata sull'entità del rischio unitario di leucemia associato all'esposizione a benzene, come valutata da diversi organismi internazionali (variabile tra 4 e 29 casi per milione di individui esposti per tutta la vita a 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene) e su una valutazione dell'esposizione media a benzene della popolazione generale italiana. Per quanto concerne gli effetti dell'esposizione professionale, ad esempio tra gli addetti all'erogazione di carburanti, la CCTN stimava che su 1.000 lavoratori esposti a 480  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,16 ppm) di benzene per l'intera vita lavorativa (40 anni), ci si potesse attendere di osservare da 0,5 a 2,1 casi in eccesso di leucemia.

Va rilevato, a questo proposito, che un aumento di rischio per alcuni tipi di tumore, benché di modesta entità, è stato rilevato fra i benzinai della regione Lazio con riferimento agli anni 1981-1992. In particolare, tra i gestori delle piccole stazioni di rifornimento si osservavano eccessi di mortalità per tumore dell'esofago (SMR = 3,4; IC 90% = 1,2-7,8), neoplasie cerebrali (SMR = 2,7; IC 90% = 1,1-5,6) e lin-

fomi non Hodgkin (SMR = 1,6; IC 90% = 0,3-4,9) [Lagorio, S., et al. 1994. *Scand. J. Work Environ. Health*, **20**: 331-338]. Fra questi stessi soggetti, inoltre, sono state evidenziate una relazione dose-risposta tra intensità di esposizione media annuale a benzene ed escrezione urinaria di 8-idrossideossiguanosina, un indicatore di danno ossidativo al DNA [Lagorio, S., et al. 1994. *Occup. Environ. Med.*, **51**: 739-743] e un'associazione lineare tra livello di esposizione a benzene e prevalenza di aberrazioni cromosomiche nei linfociti periferici [Carere, A., et al. 1995. *Mutat. Res.*, **332**: 17-26].

La CCTN suggeriva alcune strategie per ridurre l'esposizione della popolazione a benzene e cercava di quantificare gli effetti di tali misure preventive. Ad esempio, la riduzione della concentrazione di benzene nei carburanti dal 3% in peso (dato del 1993) all'1,2% avrebbe consentito di prevenire il 40% dei casi in eccesso di leucemia nella popolazione generale (cioè da 7 a 100 dei casi annuali di leucemia attribuibili all'esposizione a benzene), mentre un parco auto totalmente catalizzato nel 1994 avrebbe permesso di evitare il 59% dei casi di leucemia in eccesso (10-146 casi di leucemia da benzene per anno nei successivi 75 anni).

Relativamente alle esposizioni professionali, la CCTN consigliava l'implementazione di alcune misure precauzionali: l'utilizzo di benzine a basso contenuto di benzene e

di aromatici totali (1% e < 30% in peso, rispettivamente), in particolare per le autovetture non catalizzate, l'adozione di sistemi di carico dei serbatoi delle autovetture con riciclo dei vapori e il montaggio di sistemi di aspirazione sulle pistole erogatrici.

Intanto, nel settembre 1994 entrava in vigore il Decreto legislativo n. 626 riguardante l'attuazione di precedenti direttive CEE sul miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori nei luoghi di lavoro. In tale decreto veniva sancito il principio della 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 in sistemi a ciclo chiuso.

Nello stesso anno, veniva emanato un Decreto ministeriale (n. 159 del 25 novembre 1994) che aggiornava i limiti di concentrazione e i livelli di attenzione e di allarme per un certo numero di inquinanti atmosferici tra i quali, per la prima volta, veniva incluso il benzene, con una concentrazione massima di  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il periodo 1° gennaio 1996 - 31 dicembre 1998 e di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a partire dal 1° gennaio 1999 come obiettivi di qualità.

A partire dal 1995 si registra un'accresciuta sensibilità da parte del Governo sul tema dell'inquinamento da benzene che si concretizza nell'emanazione del Decreto legge n. 407

del 27 settembre 1995. Viene qui stabilita una concentrazione massima di benzene nelle benzine pari all'1,4% in volume sul periodo 1° luglio 1997 - 30 giugno 1999 e un limite dell'1% a partire dal 1° luglio 1999. Inoltre, viene fatto obbligo alle compagnie petrolifere di dotare gli impianti di erogazione di carburanti di nuova realizzazione (a partire dal 1° gennaio 1996) di dispositivi per il recupero di vapori di benzina e di estendere tale dotazione all'intera rete nazionale entro il 31 dicembre 1999.

Tale decreto è stato più volte reiterato allo scadere del periodo di validità (Decreti n. 508 del 30 novembre 1995, n. 165 del 25 marzo 1996, n. 294 del 27 maggio 1996 e n. 498 del 24 settembre 1996), conservando sostanzialmente inalterato il suo contenuto normativo, con l'eccezione della scadenza relativa all'obbligo da parte delle società petrolifere di installare dispositivi per il recupero di vapori di benzina sugli impianti in attività o di nuova realizzazione. Attualmente si è in attesa della ratificazione di un disegno di legge (approvato dal Consiglio dei Ministri il 21 novembre 1996) che dovrebbe finalmente affermare in via definitiva l'adozione di sistemi di contenimento dei livelli di esposizione a vapori di carburante sugli impianti di erogazione.

Nelle more della definizione normativa in esame, le compagnie petrolifere italiane



hanno autonomamente provveduto ad una sostanziale riduzione del contenuto di benzene (anche se non ancora di aromatici totali) nelle benzine in commercio.

In una prima indagine condotta dall'Istituto Superiore di Sanità nel 1992, venivano riscontrate concentrazioni di benzene nel carburante super e senza piombo commercializzato a Roma pari a 24 g/l in media (2,8% in volume) senza differenze tra benzina alchilata e non alchilata [Lagorio, S., *et al.* 1994. *Med. Lav.*, **85**: 412-421] mentre, in un secondo studio condotto nel periodo 1994-1995, si osservava una concentrazione media di benzene di 11 g/l (1,3% in volume), sempre senza alcuna differenza tra benzina con e senza piombo [Carere, A., *et al.* 1996. Roma, Istituto Superiore di Sanità. (*Rapporti ISTISAN*, 96/37). 22 p.].

È interessante sottolineare che questa seconda indagine ha, in modo del tutto casuale, fotografato la riduzione di benzene nel carburante annunciata dalle compagnie petrolifere italiane all'inizio del 1995, documentando una differenza significativa tra le concentrazioni di benzene nei campioni di benzina prelevati tra luglio e dicembre 1994 e le concentrazioni misurabili nei campioni prelevati tra gennaio ed aprile 1995. Contemporaneamente, si osservava che alla riduzione delle concentrazioni di benzene non corrispondeva alcuna diminuzione nel livello degli altri idrocarburi aromatici mi-

surati (toluene, xilene ed etilbenzene). È possibile che, almeno per quanto riguarda la raffineria che serve la città di Roma, la diminuzione del tenore di benzene nel carburante sia stata ottenuta mediante un processo di estrazione selettiva senza modificazioni nei cicli produttivi.

L'intensità media annuale di esposizione a benzene tra i benzinai di Roma è passata dai 550  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  misurati nel 1992 [Lagorio, S., *et al.* 1993. *Int. J. Epidemiol.*, **22** (Suppl. 2): S51-S56] ai 316  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 1994-1995 [Carere, A., *et al.* 1996. (*Rapporti ISTISAN*, 96/37)] e tale riduzione è dovuta, almeno in parte, al minor tenore di benzene nella benzina.

Nel primo semestre del 1992 l'unico sito di monitoraggio continuo del benzene atmosferico presente a Roma forniva una stima media di concentrazione pari a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Fuselli, S. 1995. *Adv. Occup. Med. Rehabil.*, **1** (2): 9-17]. Le concentrazioni atmosferiche di benzene a Roma sembrerebbero ancora al di sopra degli obiettivi di qualità fissati nel DM n.159 del 25 novembre 1994 (15 e 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nell'indagine di monitoraggio, condotta dall'Istituto Superiore di Sanità tra luglio 1994 e aprile 1995, è stata rilevata una concentrazione atmosferica media di benzene pari a 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , basata su una serie di 48 misure effettuate in postazioni situate sopravvento a 70 m di distanza da stazioni di rifornimento, quindi non direttamente in-

fluenzate dalle sorgenti di benzene presenti sugli impianti [Carere, A., *et al.* 1996. (*Rapporti ISTISAN*, 96/37)].

L'emissione di benzene in atmosfera con i gas di scarico autoveicolari è funzione non solo delle concentrazioni di benzene ma anche del contenuto in aromatici totali della benzina, mentre i parametri della relazione sono diversi per le vetture catalizzate e non catalizzate [Turrio Baldassarri, L., *et al.* 1996. In: *Inquinanti atmosferici primari e secondari*. Milano, Edizioni GSISR. p. 43E-53E].

In conclusione, qualcosa è stato già fatto ma molto resta ancora da fare per ridurre i livelli di inquinamento ambientale da composti organici volatili generati dal traffico veicolare e per diminuire, di conseguenza, i rischi per la salute associati a tali concentrazioni ambientali.

In una prospettiva di valutazione del rischio individuale va infine ricordato che il fumo di sigaretta rappresenta un'ulteriore fonte di esposizione personale a benzene. La concentrazione di benzene nel fumo prodotto da una sigaretta è di 300-500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Un fumatore assume, quindi, una dose extra di benzene compresa tra 500 e 1.000  $\mu\text{g}$  al giorno e i livelli di benzene nelle case di fumatori sono dal 30 al 50% più elevate che nelle case dei non fumatori [Pezzagno, G., Imbriani, M. 1995. *Adv. Occup. Med. Rehabil.*, **1** (2): 27-38].

O