

**Elenco degli allegati:**

1. Composizione del gruppo di lavoro SERA
2. Il rumore e i suoi effetti sulla salute
3. Inquinamento atmosferico prodotto dagli aeroporti ed effetti sulla salute;
4. Rapporto conclusivo indagine campionaria SERA
5. Impatto degli aeroporti sulla salute dei residente
6. Aeroporti e qualità dell'aria: una revisione della letteratura scientifica
7. Inquinamento atmosferico in un'area urbana limitrofa a un aeroporto commerciale: il caso studio di Ciampino (Roma)
8. Variabilità spaziale delle concentrazioni di biossido di azoto e composti organici volatili nei dintorni di un aeroporto commerciale: applicazione di un modello di land use regression
9. Sintesi studio area Malpensa

## **Composizione del gruppo di lavoro dello studio SERA Italia**

### **Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio**

Carla Ancona, Laura Ancona, Chiara Badaloni, Giulia Cesaroni, Simone Bucci, Martina N. Golini, Francesca Mataloni, Claudio Morciano, Chelo G. Salatino, Eleonora Zirro e Francesco Forastiere

### **ARPA Lazio**

Silvia Barberini, Gianmario Bignardi, Andrea Bolignano, Valerio Briotti, Roberta Caleprico, Sesto Damizia, Tina Fabozzi, Raffaele Piatti, Francesco Troiano e Roberto Sozzi

### **ISPRA**

Anna Maria Caricchia, Riccardo De Lauretis, Alessandro Di Menno Di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Daniela Romano e Giorgio Cattani

### **Istituto di Scienze dell' Atmosfera e del Clima**

Francesco Angelini, Francesca Barnaba, Francesca Costabile e Gian Paolo Gobbi

### **Università Cattolica del Sacro Cuore**

Luca Fontana e Ivo Iavicoli

### **Istituto Superiore di Sanità**

Marco Inglessis e Francesco Tancredi

### **Università di Padova**

Claudia Amadasi, Laura Cestari, Roberta Dorio, Barbara Palazzi, Dorelia Zangrando e Lorenzo Simonato

### **ARPA Veneto**

Daniele Sepulcri

### **Direzione Integrata della Prevenzione ASL TO 4 SSD Epidemiologia**

Celestina Arcadi, Luisa Bandroco, Graziella Barra, Fulvia Bellone, Paolo Carnà, Pierina Casu, Maria Conchedda, Carmela De Fano, Piera Di Gilio, Antonella Macario, Maria Peritore, Stefania Sapetti, Luisa Signorile, Vilma Tempia e Marina Ottino

### **ARPA Piemonte**

Monica Chiusolo, Jacopo Fogola e Ennio Cadum

### **Università di Milano**

Donatella Camerino, Dario Consonni, Angela Pesatori e Pier Alberto Bertazzi

### **Istituto di Fisiologia Clinica – CNR Pisa**

Caterina Ferri, Caterina Minniti, Maddalena Nanni, Davide Petri e Maria Angela Vigotti

### **IPCF CNR - ARPA Toscana**

Elena Ascari e Gaetano Licitra

**Osservatorio Epidemiologico – ASL Varese**

Maria Chiara Antoniotti, Lorena Balconi, Domenico Bonarrigo, Cristina Degli Stefani, Aniello Esposito, Maria Gambino, Sabina Speciali e Salvatore Pisani

**ARPA Lombardia**

Silvana Angius, Emanuele Galbusera, Paola Maggi, Roberta Pollini

# COME MIGLIORARE IL CLIMA ACUSTICO

I DISTURBI SANITARI LEGATI ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO SONO DA TEMPO DOCUMENTATI. DIVERSI STUDI A LIVELLO EUROPEO SI CONCENTRANO SUL RISCHIO CARDIOVASCOLARE. LA NORMATIVA SI STA ADEGUANDO PER ELABORARE PIANI D'AZIONE PER LIMITARE L'ESPOSIZIONE.

## Danno, disturbo, annoyance

L'esposizione a rumore, per ragioni professionali (luoghi di lavoro rumorosi), individuali (Cd players, Mp3) o ambientali (rumore da traffico o da aeroporti) può avere conseguenze sulla salute con possibili danni di tipo uditivo ed extra-uditivo. I primi sono associati a una stimolazione sonora di intensità tale da causare la perdita di cellule sensoriali dell'organo del Corti con perdita della capacità uditiva, i danni di tipo extra-uditivo possono arrecare effetti indesiderati di diversa gravità, dalla difficoltà nella comunicazione, interferenza con i processi cognitivi e peggioramento della qualità del sonno, all'aumento della pressione arteriosa. Gli effetti negativi che il rumore può comportare sulla salute dei soggetti esposti sono ampiamente documentati dalla letteratura scientifica sul tema (1). Tra le conseguenze più rilevanti, si osservano in particolar modo l'aumento della pressione arteriosa e l'insorgenza di disturbi cardiovascolari (2-4). I danni extra-uditivi dipendono da un'alterazione soggettiva generalmente nota come "disturbo da rumore", *annoyance* in inglese. Quest'ultimo insorge qualora una fonte sonora è percepita come fastidiosa, irritante, indesiderata, ed è associato alla presenza di sintomi quali irritabilità, stanchezza, mal di testa, calo della performance ecc. Negli ultimi anni, diversi studi hanno infatti dimostrato come la qualità, l'imprevedibilità e l'incontrollabilità e l'intensità del rumore siano associati a effetti sulla salute. Esiste infatti una relazione stretta tra queste caratteristiche del rumore e la frequenza dei soggetti che si dichiarano "disturbati" dal rumore stesso (5). Il rumore è un fattore di stress ambientale capace di provocare una attivazione del sistema nervoso centrale e iperattività del sistema nervoso autonomo simpatico, determinando effetti transitori come un aumento della frequenza cardiaca, vasocostrizione e conseguente aumento

della pressione arteriosa, modifiche della viscosità del sangue, dei lipidi ematici e alterazioni degli elettroliti (6). Al di là di queste alterazioni reversibili, la prolungata esposizione a rumore può condurre, negli individui maggiormente suscettibili, a danni permanenti, che passano dall'ipertensione alle malattie ischemiche, fino all'infarto del miocardio e all'ictus (2, 4). Sono stati inoltre osservate difficoltà di apprendimento scolastico nei bambini (7).

Negli ultimi anni, con la realizzazione di alcuni progetti è stata favorita, a livello europeo, la ricerca per approfondire il rapporto tra rumore e salute cardiovascolare. Per esempio, il progetto Ennah (*European network on noise and health*) si è posto come obiettivo principale la creazione di una rete di comunicazione tra scienziati in merito agli effetti del rumore sulla salute delle popolazioni esposte. Sempre a livello europeo, il progetto Hyena (*Hypertension and exposure to noise near airports*) si è occupato in specifico dell'associazione esistente tra ipertensione e rumore aeroportuale nei cittadini residenti nei pressi dei principali aeroporti europei evidenziando un eccesso di rischio di

ipertensione del 10% per ogni incremento nei livelli di rumore pari a 10 dBA (8). Per quanto riguarda l'Italia, è in corso un studio a Pisa (<http://bit.ly/mugGN8>) e nel 2010 il Ccm ha approvato il progetto "Impatto dell'inquinamento ambientale prodotto dagli aeroporti sulla salute dei residenti", con l'obiettivo di studiare la relazione tra residenza nei pressi degli aeroporti di Torino, Pisa, Verona, Milano e Venezia e la frequenza di ipertensione, l'insofferenza al rumore (*annoyance*) e disturbi respiratori. Nell'ambito di questo progetto si valuteranno anche gli aspetti scientifici relativi all'inquinamento atmosferico generato dal traffico aeroportuale attraverso un sistema integrato di misure e di modelli di dispersione degli inquinanti.

## La stima dell'esposizione e le azioni di rimedio

Al fine di quantificare l'esposizione al rumore della popolazione e promuovere azioni di protezione e salvaguardia, di diffusione dell'informazione sui rischi e il risanamento ambientale, la Commissione



europea ha emanato la direttiva europea 2002/49/CE [9]. Il processo di sua implementazione in tutti i Paesi membri ha coinvolto diversi gruppi di lavoro, tra cui Wg-Aen (*Workgroup-Assessment of exposure to noise*), lo svolgimento di alcuni importanti progetti europei (Imagine: [www.imagine-project.org](http://www.imagine-project.org), Silence: [www.silence-ip.org/site](http://www.silence-ip.org/site) e altri) e la redazione di documenti caposaldo come i *Position Paper* sul rumore ambientale riportati in <http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>).

Il decreto legislativo 194/05 [10], che recepisce la direttiva europea, apporta sostanziali novità in materia e soprattutto nuovi obblighi per gli enti territoriali competenti e per i gestori delle infrastrutture di trasporto. Introduce infatti, l'obbligo di effettuare una mappatura acustica strategica sia delle infrastrutture principali di trasporto che degli agglomerati urbani, ovvero una mappa in cui viene rappresentata la rumorosità prodotta da alcune specifiche sorgenti presenti sul territorio (traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, sorgenti industriali), al fine di determinare l'esposizione globale della cittadinanza al rumore.

Tali mappe, che sono previste a cadenza quinquennale, sono il passaggio propedeutico alla redazione di piani d'azione, ossia piani per la gestione e la mitigazione dell'inquinamento acustico, dove sono individuati interventi e azioni orientati a evitare e ridurre il rumore ambientale, nonché a conservare la qualità acustica nell'ambiente quando essa è buona. Ai processi di stesura della mappatura acustica e dei piani d'azione viene chiamata a partecipare la cittadinanza che assume un ruolo di vera coprotagonista nella redazione dei nuovi strumenti di gestione del rumore ambientale.

Per dare una idea dell'impatto della normativa in Italia ricordiamo che sono 13 gli agglomerati con oltre 250.000 abitanti (i primi a dover essere mappati entro il 2007) e ben 46 comuni superano i 100.000 (la cui mappa va redatta entro il 2012) e sono quindi soggetti alla mappatura acustica: in Emilia-Romagna, oltre il grande agglomerato urbano di Bologna e comuni limitrofi, vi sono le città di Parma, Modena, Reggio Emilia, Ravenna, Rimini, Ferrara, Forlì, Piacenza. A oggi la mappatura acustica è stata redatta per il comune di Bologna per la regione Emilia-Romagna, e, a livello nazionale, per i comuni di Genova, Roma, Firenze, Pisa, Torino e Milano. Il decreto legislativo si affianca in Italia adun quadro normativo piuttosto

complesso per ciò che riguarda la gestione del rumore ambientale, basti pensare che la legge quadro sul rumore (legge n. 447/95 [11]) introduce 14 decreti attuativi, di cui la gran parte già emanati e che molte regioni italiane hanno adottato specifiche leggi regionali sul tema. In particolare, alcune disposizioni normative ai fini di un processo di conoscenza della rumorosità in ambito urbano erano da tempo già presenti nella normativa nazionale. La legge quadro sul rumore ambientale prevedeva una relazione biennale sul clima acustico, richiedeva per tutti i comuni italiani la classificazione acustica del loro territorio e quindi poi un piano di risanamento comunale, che riconducesse i livelli sonori entro i limiti sanciti dalla classificazione acustica. Per una panoramica dell'attività svolta in regione Toscana, certamente la regione più attiva sul tema in Italia, si veda <http://bit.ly/jNVlxG>.

Proprio al fine di aiutare i comuni italiani nel processo di redazione della mappatura strategica e dei piani d'azione è stato organizzato a Pisa dall'Associazione italiana di acustica e dall'Anci una giornata di studio il 9 novembre prossimo, che farà il punto sui problemi, ma anche sulle soluzioni possibili ([www.associazioneanadacustica.it](http://www.associazioneanadacustica.it)) Il seminario avrà l'obiettivo di analizzare le esperienze finora realizzate sul territorio nazionale, mettendo a confronto le criticità riscontrate e le soluzioni attuate per risolverle, al fine di proporre indirizzi operativi che possano essere ufficializzati e diffusi fra tutti le parti coinvolte.

Carla Ancona<sup>1</sup>, Gaetano Licitra<sup>2</sup>

1. Dipartimento di Epidemiologia del Servizio sanitario regionale, Lazio.

2. Direzione tecnica, Arpa Toscana

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI

1. Babisch W., "Transportation noise and cardiovascular risk: updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased", in *Noise Health*, 2006, Jan-Mar; 8(30):1-29. Review.
2. Sørensen M., Hvidberg M., Andersen Z.J., Nordsborg R.B., Lillelund K.G., Jakobsen J., Tjønneland A., Overvad K., Raaschou-Nielsen O., "Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study", in *Eur Heart J*, 2011, Mar; 32(6):737-44. Epub 2011 Jan 25.
3. Haralabidis A.S., Dimakopoulou K., Vigna-Taglianti F., Giampaolo M., Borgini A., Dudley M.L., Pershagen G., Bluhm G., Houthuijs D., Babisch W., Velonakis M., Katsouyanni K., Jarup L., HYENA Consortium, "Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports", in *Eur Heart J*, 2008, Mar;29(5):658-64.
4. Eriksson C., Rosenlund M., Pershagen G., Hilding A., Ostenson C.G., Bluhm G., "Aircraft noise and incidence of hypertension", in *Epidemiology*, 2007; 18 (6): 716-721.
5. Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Katsouyanni K., Velonakis M., Dudley M.L., Marohn H.D., Swart W., Breugelmans O., Bluhm G., Selander J., Vigna-Taglianti F., Pisani S., Haralabidis A., Dimakopoulou K., Zachos I., Järup L., HYENA Consortium, "Annoyance due to aircraft noise has increased over the years. Results of the HYENA study", in *Environ Int.*, 2009, Nov;35(8):1169-76.
6. Ising H., Gunther T., "Interaction between noise-induced stress and magnesium losses: relevance for long-term effects". in F. Augustinovicz (a cura di), *Inter Noise 97. Help Quiet the World for a Higher Quality Life*, Vol 2:1099-1104. Noise Control Foundation, Poughkeepsie, NY, USA.
7. Hygge S., "The Munich Airport Noise Study: Psychosocial, cognitive, motivational and quality of life effects on children", in "Noise and man", 1993, pp. 301-308.
8. Jarup L., Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Katsouyanni K., Cadum E., Dudley M.L., Savigny P., Seiffert I., Swart W., Breugelmans O., Bluhm G., Selander J., Haralabidis A., Dimakopoulou K., Sourtzl P., Velonakis M., Vigna-Taglianti F. (HYENA study team), "Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study", in *Environ Health Perspect.*, 2008, Mar;116(3):329-33 e *Environ Health Perspect.*, 2008, Jun;116(6):A241.
9. Directive 2002/49/EC, 2002. "Directive of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. (Official Journal of the European Communities, L 189, 12-25)
10. Legge 26 ottobre 1995, n. 447, "Legge quadro sull'inquinamento acustico", pubblicata sulla GU n. 254 del 30-10-1995.
11. Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.", GU n. 222 del 23-9-2005; ripubblicato su GU n. 239 del 13-10-2005.

# **Inquinamento atmosferico prodotto dagli aeroporti ed effetti sulla salute**

## **Air pollution caused by airports and health effects**

Ivo Iavicoli<sup>1</sup>, Luca Fontana<sup>1</sup>, Carla Ancona<sup>2</sup>, Francesco Forastiere<sup>2</sup> per il CCM SERA Italia – sottogruppo qualità dell'aria

<sup>1</sup>Istituto di Sanità Pubblica, Università Cattolica del Sacro Cuore (sede di Roma)

<sup>2</sup> Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale dell'Azienda Sanitaria Locale Roma E

### **Riassunto**

L'aeroporto è una fonte di emissione di inquinanti aerodispersi estremamente complessa che può determinare un impatto significativo sull'ambiente. Infatti, numerose sostanze chimiche, aerodisperse durante le attività aeroportuali, possono influenzare significativamente la qualità dell'aria e conseguentemente determinare l'esposizione dei lavoratori aeroportuali e della popolazione generale residente nelle aree adiacenti agli aeroporti. Per questo motivo, negli ultimi anni, a seguito anche dell'incremento del trasporto aereo, sono stati effettuati alcuni studi per verificare se l'inquinamento atmosferico prodotto dagli aeroporti fosse correlato alla comparsa di effetti avversi sulla salute, soprattutto a carico dell'apparato respiratorio, sia in lavoratori esposti sia nella popolazione generale. Tuttavia, i risultati attualmente disponibili al riguardo sono estremamente limitati e non permettono di giungere a delle conclusioni definitive. Pertanto, lo scopo del presente studio è stato quello di eseguire un'analisi critica dei lavori, presenti in letteratura, relativi agli effetti sulla salute connessi all'inquinamento atmosferico prodotto dagli aeroporti.

**Parole chiave:** Aeroporto, inquinamento atmosferico, effetti sulla salute,

### **Che cosa si sapeva già**

- Negli aeroporti sono presenti differenti attività produttive che immettono in atmosfera inquinanti atmosferici;
- Attualmente non è possibile trarre conclusioni definitive sul rapporto tra inquinamento aeroportuale ed effetti sulla salute di lavoratori esposti e della popolazione generale.

### **Che cosa si aggiunge di nuovo**

- Per valutare adeguatamente il possibile ruolo svolto dall'inquinamento aeroportuale sulla comparsa di effetti avversi per la salute è necessario eseguire adeguati monitoraggi ambientali degli inquinanti;
- Analogamente è necessario effettuare una migliore e più dettagliata caratterizzazione delle popolazioni oggetto di studio.

### **Abstract**

The airport is an extremely complex emission source of airborne pollutants that can have a significant impact on the environment. Indeed, several airborne chemicals produced during airport activities may significantly impair air quality and increase the exposure level both of airport workers and of general population living in the geographic areas adjacent to the airport sites.

For this reason, following the increase of the air transport, in the last years, some studies investigated the possibility that exposure to airport pollution could be responsible for the onset of adverse health effects, particularly of respiratory system, in exposed workers and in the general population. Nevertheless, the information currently available are extremely limited and do not allow to draw definitive conclusions.

Therefore, the aim of this study was to conduct a critical analysis of the published literature on the health effects related to the atmospheric pollution caused by the airports.

**Key words:** Airport, air pollution, health effects,

## **Introduzione**

L'aeroporto rappresenta una fonte di emissione di inquinanti aerodispersi estremamente complessa che può determinare un impatto significativo sull'ambiente. Infatti, le sostanze chimiche, prodotte nello svolgimento delle attività aeroportuali, possono influenzare significativamente la qualità dell'aria ed al contempo determinare l'esposizione dei lavoratori aeroportuali e della popolazione generale.

Negli aeroporti, le principali fonti di emissione sono rappresentate dagli aeromobili e dai veicoli utilizzati per i servizi di assistenza a terra e di rifornimento. Inoltre, le emissioni in atmosfera sono prodotte anche dalla presenza e dal funzionamento di strutture fisse all'interno dell'area aeroportuale quali centrali termiche, sistemi di condizionamento dell'aria, cabine elettriche e gruppi elettrogeni.

Pertanto, i principali inquinanti atmosferici, che vengono prodotti e rilasciati in atmosfera in un aeroporto, derivano da processi di combustione e sono rappresentati in particolare dall'anidride carbonica, dal monossido di carbonio, dai Composti Organici Volatili (COV), dagli ossidi di azoto e di zolfo, dal particolato e dal benzene. I dati raccolti annualmente dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) dimostrano che, negli ultimi anni (1990-2006), l'emissione di questi inquinanti atmosferici da parte del trasporto aereo è incrementata costantemente subendo una lieve diminuzione negli anni successivi (2007-2009) per effetto della messa in funzione nella flotta di aerei più moderni e della diminuzione del numero di cicli di Landing/Takeoff.<sup>1,2</sup>

In letteratura, sono numerosi gli studi che hanno correlato l'inquinamento aereo con la presenza di patologie, in particolare respiratorie, nella popolazione generale. Sono invece limitati gli studi che hanno correlato la comparsa di patologie in soggetti residenti nelle zone adiacenti ad aree aeroportuali, come pure nei lavoratori degli aeroporti.<sup>3</sup>

Lo scopo di questo studio è quello di analizzare i lavori, presenti in letteratura, che hanno studiato gli effetti sulla salute connessi all'inquinamento atmosferico causato dalla presenza di aeroporti, sia in soggetti residenti nelle aree limitrofe sia nei lavoratori.

## **Effetti sulla salute in popolazioni residenti nei pressi di aeroporti**

La correlazione tra l'esposizione agli inquinanti emessi da sorgenti aeroportuali ed i possibili effetti avversi sulla salute osservati in popolazioni residenti nei pressi degli aeroporti è stata indagata da un numero piuttosto limitato di studi.

In questo contesto, Abbey e coll. hanno studiato l'associazione tra patologie respiratorie e concentrazioni stimate della frazione del particolato aerodisperso con diametro inferiore ai 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) in una popolazione di 1.868 persone che vivevano nelle vicinanze di 9 aeroporti nello stato della California (Stati Uniti).<sup>4</sup> Ai soggetti arruolati nello studio è stato somministrato, nel 1977 e successivamente nel 1987, un questionario standardizzato specificatamente dedicato al riconoscimento ed all'individuazione dei sintomi a carico dell'apparato respiratorio. Le stime della concentrazione del  $\text{PM}_{2.5}$  sono state ricavate mediante un modello matematico che utilizzava i dati della visibilità aeroportuale dei siti presi in considerazione. I risultati di questo studio hanno mostrato che l'esposizione cronica a concentrazioni stimate di  $\text{PM}_{2.5}$  maggiori a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è associata all'insorgenza di sintomi respiratori della bronchite cronica. Inoltre, l'incremento di concentrazioni stimate di  $\text{PM}_{2.5}$  era correlato all'aggravamento dei sintomi respiratori delle patologie ostruttive delle vie aeree, della bronchite cronica e dell'asma.

Nel 2002 uno studio ha riportato, sulla base della valutazione dell'impatto ambientale, le conseguenze sulla salute dei soggetti residenti nei pressi dell'aeroporto Schiphol di Amsterdam (Paesi Bassi).<sup>5</sup> L'area oggetto di studio era quella compresa in un raggio di 55 km attorno all'aeroporto, in cui risiedeva una popolazione totale di 2 milioni di abitanti. I disturbi riportati erano quelli riferibili alla presenza di cattivi odori, rumore, ipertensione arteriosa conseguente al rumore, e patologie più riferibili all'inquinamento aereo e cioè quelle cardiovascolari e respiratorie. A questo scopo è stata studiata la distribuzione spaziale dei ricoveri ospedalieri per ottenere un'indicazione del possibile ruolo dell'inquinamento prodotto dall'aeroporto sullo stato di salute della popolazione residente vicino allo stesso. Sono state prese in considerazione patologie cardiovascolari (infarto del miocardio, ipertensione, patologia ischemica cardiaca e cerebrovascolare), patologie respiratorie (infezione acuta delle vie aeree, sintomi delle vie aeree superiori, bronchite, asma ed enfisema) e come patologia di controllo, il diabete mellito. I dati si riferivano ai pazienti ospedalizzati nel 1991, che risiedevano nell'area oggetto dello studio. Pertanto, sono stati calcolati i tassi standardizzati di morbilità (SMR) per le patologie precedentemente individuate e mappate per codice di avviamento postale. Gli SMR sono stati calcolati attraverso un modello di regressione che prende in considerazione la variabilità nei dati di piccole aree usando tecniche di lisciatura bayesiana. Nel modello utilizzato, sono stati presi in considerazione sia il tasso di malattia nelle singole aree dei codici postali sia i tassi medi di malattia al fine di ridurre la variazione casuale nell'analisi dei dati. Una prima indicazione del possibile ruolo dell'inquinamento dovuto alle attività aeroportuali dovrebbe essere rappresentata da una distribuzione omogenea dei tassi di malattia nelle immediate vicinanze dell'aeroporto di Schiphol. Tuttavia, le mappe hanno mostrato un'ampia variazione spaziale dei tassi delle patologie

cardiovascolari e respiratorie nell'area considerata. Nello specifico non è stato osservato alcun clustering di queste patologie nelle aree vicino all'aeroporto. Inoltre, nessun pattern consistente è stato evidenziato per maschi e femmine. Pertanto, i risultati dello studio non hanno individuato alcuna correlazione tra patologie cardiovascolari e respiratorie e l'aeroporto di Schiphol. In particolare, per quanto riguarda l'infarto del miocardio e l'ipertensione non è stato osservato uno specifico pattern ed infatti valori sia alti che bassi erano omogeneamente distribuiti nell'area di studio. I ricoveri per patologie respiratorie (bronchite e asma) invece furono più frequenti nelle aree in cui erano presenti importanti attività industriali.

Un successivo studio rianalizzò i ricoveri ospedalieri per infarto del miocardio e per bronchite con un modello spazio-temporale che prendeva in considerazione un periodo di tre anni (1991-1993).<sup>6</sup> Per queste analisi, i dati di esposizione (rumore aeroportuale e distanza, come indicatore di inquinamento aereo correlato all'aeroporto) furono inclusi come covariate nel modello. I risultati ottenuti erano concordanti con quelli forniti dal precedente studio poiché non mostravano una correlazione tra l'inquinamento prodotto e le patologie analizzate.

In uno studio del 2003, Pisani e coll. hanno valutato, nella popolazione generale che abitava in prossimità dell'aeroporto Malpensa 2000 (Italia), l'eventuale eccesso di prevalenza di alcuni disturbi sanitari riconducibili all'inquinamento atmosferico provocato dall'aeroporto stesso.<sup>7</sup> La popolazione oggetto di studio era rappresentata da 932 casalinghe che abitavano in tre diverse aree geografiche (area A – collocata a ridosso dell'aeroporto, area B – collocata a distanza intermedia dall'aeroporto e area C – collocata a distanza lontana dall'aeroporto) ed alle quali è stato somministrato un questionario per la raccolta di dati anagrafici, ambientali, comportamentali ed anamnestici. Tale questionario è stato successivamente completato da 92 medici di medicina generale che avevano in cura le casalinghe e che hanno fornito informazioni relative alle patologie diagnosticate, alle prescrizioni farmacologiche ed alle visite generali, specialistiche ed ai ricoveri ospedalieri effettuati. I risultati di questo lavoro non hanno evidenziato, nelle casalinghe associate alle tre diverse regioni geografiche, differenze relative alla prevalenza di sintomi e disturbi delle vie aeree mentre, nelle donne che risiedevano nell'area A sono stati riscontrati in misura significativamente maggiore disturbi di tipo neuropsicologico rispetto alle casalinghe dell'area C, compatibili con i più alti livelli di esposizione al rumore, come suggerito dagli Autori.

In uno studio successivo del 2005, Visser e coll. hanno studiato l'incidenza delle patologie tumorali, nel periodo compreso negli anni 1988-2003 nella popolazione residente nell'area adiacente all'aeroporto Schiphol di Amsterdam.<sup>8</sup> La definizione dell'area fu basata sulle curve isofoniche dell'aeroporto e da quattro codici di avviamento postale, poiché non erano disponibili dati storici sull'inquinamento aereo e i dati sulle emissioni attuali non differivano dai livelli di fondo della

qualità dell'aria urbana di Amsterdam. I risultati dello studio riportano 13.207 casi di cancro diagnosticati, un valore vicino a quello atteso, utilizzando come riferimento i tassi di incidenza nazionali (SIR 1.02). Tuttavia è stata osservata una incidenza significativamente maggiore di patologie maligne ematologiche (SIR 1.12 95% Intervallo di confidenza del 95% (IC 95%) 1.05, 1.19), principalmente dovuta agli alti tassi per linfoma non-Hodgkin (SIR 1.22; IC 95% 1.12, 1.33) e leucemia linfoblastica acuta (SIR 1.34; IC 95% 0.95, 1.83). L'incidenza di cancro delle vie respiratorie è stata invece significativamente più bassa a causa del minor tasso nei maschi (SIR 0.89). Nella zona centrale dell'area oggetto di studio rispetto la zona periferica l'incidenza di cancro è risultata leggermente più elevata (ratio rate della zona centrale rispetto alla zona periferica 1.05; IC 95% 1.01, 1.10) e questo è stato determinato dall'elevata incidenza di cancro delle vie respiratorie, prostatico e degli organi riproduttivi femminili. Gli Autori hanno concluso che l'incidenza complessiva nell'area di Schiphol era simile all'incidenza nazionale. Inoltre, sebbene il rischio di patologie maligne ematologiche fosse moderatamente aumentato, la scarsa caratterizzazione della popolazione studiata non ha permesso di correlare tale risultato con l'incremento dei livelli di inquinamento aereo nell'area di Schiphol.

Recentemente è stato pubblicato uno studio trasversale per confrontare i tassi di ospedalizzazione per patologie respiratorie nel periodo compreso tra gli anni 1995 e 2000, tra i residenti delle aree limitrofe a tre aeroporti statunitensi e coloro che vivevano a distanza di questi aeroporti.<sup>9</sup> I tre aeroporti, il LaGuardia di New York City, quello di Rochester, e il MacArthur Long Island sono stati scelti perché rappresentavano rispettivamente un aeroporto ad alto, medio e basso volume di passeggeri. Lo studio ha incluso tutti coloro che risiedevano in un raggio di 12 miglia dagli aeroporti presi in considerazione, con l'eccezione del LaGuardia in cui i residenti delle aree ad est e a sud est sono stati esclusi perché nel raggio di queste zone si trovava il John Fitzgerald Kennedy, altro importante aeroporto di New York City. Le patologie respiratorie considerate sono state: l'asma, la bronchite cronica, l'enfisema, la patologia polmonare cronica ostruttiva, mentre per i bambini di età compresa tra 0 e 4 anni, la bronchite acuta, la bronchiolite e la bronchite non specificata come acuta o cronica. Gli indicatori di esposizione sono stati la distanza dall'aeroporto ( $\leq 5$  miglia contro  $> 5$  miglia) e la direzione prevalente del vento dall'aeroporto ( $> 75^\circ$  percentile contro  $\leq 75^\circ$  percentile). È stato osservato un aumentato rischio relativo di ospedalizzazioni per problemi respiratori nei soggetti residenti entro le 5 miglia dagli aeroporti di Rochester e LaGuardia rispetto a coloro che erano residenti oltre le 5 miglia. Non sono state osservate invece associazioni positive tra le direzione dei venti e le ospedalizzazioni in ogni distanza dall'aeroporto. Infine, non sono state osservate differenze per quanto riguarda l'aeroporto di McArthur.

## **Effetti sulla salute dei lavoratori aeroportuali**

Tunnicliffe e coll. hanno valutato la prevalenza di sintomi respiratori e effettuato prove di funzionalità respiratoria in 222 lavoratori dell'aeroporto internazionale di Birmingham (Regno Unito), con lo scopo di verificare se le eventuali anomalie riscontrate fossero riferibili all'esposizioni al carburante o ai gas di scarico dei velivoli.<sup>10</sup> Lo studio trasversale è stato effettuato mediante questionari autosomministrati, test di funzionalità respiratoria e prove allergologiche cutanee mediante prick test. L'esposizione dei lavoratori è stata definita sulla base della mansione lavorativa. I questionari con 76 quesiti prendevano in considerazione informazioni anagrafiche, lavorative, voluttuarie (abitudine al fumo) e anamnestiche, in particolare sull'eventuale comparsa di patologie respiratorie. I risultati non hanno mostrato differenze nelle prove di funzionalità respiratoria nei diversi gruppi. Per quanto riguarda i sintomi respiratori, i confronti sono stati limitati ai soggetti maschi appartenenti al gruppo ad alta ed a quello a media esposizione. L'odds ratio (OR) della tosse con catarro (OR 3.5; IC 95% 1.23, 9.74) e quello della rinorrea (OR 2.9; IC 95% 1.32, 6.40) sono risultati associati con l'alta esposizione quando aggiustati per gli effetti confondenti dell'età e del fumo e nel caso della rinorrea per la presenza della febbre da fieno. Gli Autori hanno concluso che quanto osservato supportava un'associazione nei lavoratori maschi aeroportuali tra l'elevate esposizioni a gas di scarico e al carburante dei velivoli e un eccesso di sintomi delle alte e basse vie respiratorie. Tutto questo è, a detta degli Autori, in linea con quanto determina un irritante delle vie respiratorie.

In un successivo studio trasversale, effettuato su 106 lavoratori aeroportuali e 305 lavoratori d'ufficio o dei terminal dell'aeroporto internazionale di Kaohsiung (KIA), Taiwan, è stata indagata la presenza di sintomi respiratori cronici ed irritativi acuti.<sup>11</sup> La raccolta delle informazioni e la valutazione degli effetti sulla salute è stata effettuata mediante l'autosomministrazione di un questionario. I risultati dello studio hanno mostrato una prevalenza di sintomi respiratori cronici più elevata nel gruppo dei lavoratori esposti, mentre i tassi di prevalenza dei sintomi irritativi acuti non mostravano differenze significative tra i due gruppi. Una possibile spiegazione dei risultati ottenuti potrebbe essere data dal fatto che la concentrazione di COV alla quale i lavoratori aeroportuali erano esposti non era sufficientemente elevata da indurre sintomi irritativi acuti. A tal proposito è tuttavia importante sottolineare che l'assenza in questo studio di informazioni in merito alla reale concentrazione ambientale dei COV, non permette di trarre conclusioni certe sull'ipotesi avanzata dagli Autori.

Knave e coll. hanno invece indagato i possibili effetti sul sistema nervoso mediante uno studio epidemiologico eseguito su 29 lavoratori di un'industria in cui erano prodotti ed installati sistemi di

alimentazione per gli aeroplani.<sup>12</sup> I lavoratori sono stati suddivisi in due gruppi, composti rispettivamente da 13 (gruppo con elevata esposizione a vapori dei carburanti per velivoli) e 16 (gruppo con bassa esposizione ai succitati vapori) soggetti, e sottoposti ad un questionario che ha indagato, in particolare, la presenza di sintomi di neurastenia e polineuropatia. Inoltre, i lavoratori sono stati sottoposti ad una visita medica neurologica per identificare la presenza di alterazioni precoci indicative di polineuropatia e ad un esame specialistico per misurare la velocità di conduzione nei nervi motori periferici. I risultati di questo studio hanno mostrato che tutti i soggetti del gruppo con elevata esposizione e 7 lavoratori del gruppo con bassa esposizione avevano manifestato ripetutamente effetti avversi acuti riconducibili all'inalazione dei vapori dei carburanti. Inoltre, in entrambi i gruppi sono stati identificati segni e sintomi di neurastenia e polineuropatia. Sulla base di questi dati, gli Autori hanno concluso che l'esposizione cronica a carburanti per i velivoli può essere responsabile dell'insorgenza di effetti avversi a carico del sistema nervoso. Tale dato è stato suggerito anche da due analisi della letteratura condotte rispettivamente da Ritchie e coll. e Winder e Balouet.<sup>13,14</sup> In particolare, analizzando gli studi sugli effetti correlati all'esposizione di sostanze presenti nei carburanti dei velivoli, gli Autori hanno concluso che la prolungata esposizione occupazionale può determinare alterazioni del sistema nervoso centrale con conseguenti effetti neurocomportamentali.

Per quanto riguarda i potenziali effetti tossici sul sistema riproduttivo maschile dei lavoratori aeroportuali, le informazioni disponibili in letteratura sono molto limitate e non conclusive. Infatti, uno studio prospettico, condotto da Lemasters e coll., su 50 lavoratori addetti alla manutenzione degli aeromobili in una base dell'aeronautica militare statunitense ha mostrato che l'esposizione al carburante dei velivoli non provoca un effetto avverso sugli spermatozoi.<sup>15</sup> Tuttavia, l'analisi ed il confronto dei risultati tra i differenti gruppi di lavoratori esposti (gruppo di controllo, lavoratori addetti alla manutenzione dei velivoli, lavoratori addetti alla verniciatura dei velivoli, lavoratori addetti al rifornimento di carburante dei velivoli e piloti) ha evidenziato la presenza di alterazioni significative negli addetti alla verniciatura, consistente in una diminuzione del 19.5 % della motilità spermatica. Tuttavia, secondo gli Autori, questo risultato non sarebbe attribuibile all'esposizione al carburante, in quanto sia le misure del monitoraggio ambientale che biologico dimostrerebbero un'esposizione minima di questi lavoratori rispetto agli altri gruppi, ma sarebbero dovute ad un'importante esposizione ai solventi.

Lo stesso gruppo di ricerca ha indagato nella medesima popolazione lavorativa la presenza di effetti genotossici imputabili all'esposizione a bassi livelli di solventi e carburante per velivoli.<sup>16</sup> In questo studio la genotossicità è stata valutata mediante l'analisi degli scambi tra cromatidi fratelli (SCE) e dei micronuclei (MN) effettuata dopo 15 e 30 settimane di esposizione. I risultati hanno mostrato un

lieve ma significativo incremento della frequenza degli SCE nei gruppi degli addetti alla manutenzione ( $P = 0.003$ ) e degli addetti alla verniciatura ( $P = 0.05$ ) dopo 30 settimane di esposizione. Per quanto riguarda i MN, nel gruppo degli addetti alla manutenzione era stato osservato un iniziale incremento della loro frequenza che tuttavia risultava diminuita dopo 30 settimane di esposizione. Uno studio simile al precedente è stato eseguito su 39 lavoratori dell'aeroporto di Barcellona i quali erano addetti alle operazioni di carico e scarico dei velivoli.<sup>17</sup> I possibili effetti genotossici sui linfociti, ottenuti mediante prelievo venoso, sono stati valutati mediante lo studio degli SCE, dei MN e del test della Cometa. In questo caso l'analisi degli SCE e dei MN non ha mostrato alcuna differenza statisticamente significativa tra i valori osservati nei lavoratori esposti ed il gruppo di controllo mentre, per quanto concerne i risultati del test della cometa è stato osservato un incremento significativo della lunghezza della cometa e dell'indice di danno genetico nel gruppo degli esposti. La valutazione degli effetti genotossici ed ossidativi dovuti all'esposizione ad idrocarburi aromatici policiclici e a vapori di carburante per velivoli è stata effettuata anche su 41 lavoratori aeroportuali dell'aeroporto Leonardo Da Vinci di Roma.<sup>18</sup> Nei linfociti e nelle cellule esfoliate del cavo orale è stata analizzata la frequenza degli SCE, dei MN, delle aberrazioni cromosomiche (AC) ed è stato effettuato il test della Cometa. Nel gruppo dei lavoratori esposti i risultati hanno mostrato una frequenza media di SCE significativamente più elevata rispetto a quella osservata nel gruppo di controllo (4.6 contro 3.8) ed un importante incremento (1.3 volte) anche delle AC. Per quanto riguarda invece la frequenza dei MN, sia per i linfociti che per le cellule esfoliate del cavo orale, non sono state evidenziate differenze importanti tra esposti e controlli. Al contrario i dati ottenuti dal test della Cometa hanno mostrato in entrambe le tipologie cellulari un valore più elevato nel gruppo dei lavoratori esposti rispetto ai controlli. In particolare, nelle cellule esfoliate del cavo orale e nei linfociti dei lavoratori esposti è stato osservato un danno ossidativo a carico del DNA pari rispettivamente al 9.7 % e 14.6 % mentre, nelle cellule ottenute dai soggetti di controllo non è stato individuato alcun danno di tipo ossidativo. Infine, per quanto concerne i possibili effetti cancerogeni derivanti dall'esposizione al carburante per velivoli, gli studi condotti su una popolazione di 2.182 lavoratori militari e civili esposti a vapori di carburante per velivoli, a concentrazioni anche superiori a  $350 \text{ mg/m}^3$ , non hanno mostrato un aumento della mortalità o dell'incidenza di patologie tumorali nel periodo compreso negli anni 1974-1982.<sup>19-20</sup>

## **Discussione**

Gli aeroporti rappresentano un'importante ed articolata fonte di emissione di numerosi inquinanti aerodispersi (anidride carbonica, monossido di carbonio, COV, ossidi di azoto e di zolfo, particolato

benzene) che sono prodotti in seguito alle molteplici attività di combustione presenti in questo contesto lavorativo. Conseguentemente gli aeroporti possono determinare un significativo impatto ambientale e svolgere un ruolo importante nell'incrementare l'esposizione sia dei lavoratori aeroportuali che della popolazione generale residente nelle vicinanze. Per questo motivo, in letteratura sono presenti alcuni studi che hanno tentato di investigare la possibile correlazione tra gli effetti sulla salute e l'inquinamento atmosferico prodotto dagli aeroporti. Tuttavia i risultati di questi studi attualmente disponibili sono piuttosto limitati, a volte contrastanti e non permettono di trarre delle valutazioni conclusive sul possibile ruolo che le emissioni di inquinanti causate dagli aeroporti possono svolgere nell'incrementare l'incidenza e/o la prevalenza di specifici effetti avversi sulla salute, in particolare a carico dell'apparato respiratorio. Infatti, per quanto concerne i residenti in zone limitrofe agli aeroporti, i risultati ottenuti da Abbey e coll. suggeriscono che un'esposizione prolungata a concentrazioni stimate di PM<sub>2.5</sub> maggiori di 20 µg/m<sup>3</sup> è associata all'insorgenza di sintomi respiratori della bronchite cronica.<sup>4</sup> L'aumentato rischio di ospedalizzazioni per problemi respiratori è stato riportato anche da Lin e coll., nei soggetti residenti entro 5 miglia dagli aeroporti di Rochester e LaGuardia.<sup>9</sup> D'altro canto, Franssen e coll. non ha invece individuato alcuna correlazione tra patologie respiratorie e l'inquinamento causato dall'aeroporto di Schiphol.<sup>5</sup>

Analogamente i risultati degli studi eseguiti sui lavoratori aeroportuali non permettono di stabilire con certezza se la loro esposizione professionale ai gas di scarico ed al carburante dei velivoli comporti di un aumentato rischio di sintomi e patologie respiratorie. Infatti, se da un canto Tunnicliffe e coll. suggeriscono l'esistenza di un'associazione, nei lavoratori maschi aeroportuali, tra elevate esposizioni a gas di scarico e carburante dei velivoli e sintomi delle alte e basse vie respiratorie,<sup>10</sup> dall'altro Yang e coll. hanno mostrato tassi di prevalenza di sintomi respiratori irritativi acuti praticamente sovrapponibili tra lavoratori esposti e controlli.<sup>11</sup>

È importante sottolineare che una delle principali limitazioni di questi studi deriva dal fatto che nella maggior parte dei casi non sono stati eseguiti monitoraggi ambientali con la conseguente mancanza dei livelli aerodispersi degli inquinanti ai quali erano esposti sia i residenti nelle aree limitrofe agli aeroporti sia i lavoratori aeroportuali. Infatti, per valutare adeguatamente i possibili effetti avversi per la salute imputabili alle diverse fonti di emissione aeroportuale è innanzitutto necessario acquisire informazioni sulle sorgenti, individuare le diverse fasi delle attività aeroportuali che possono determinare l'emissione di inquinanti e conseguentemente eseguirne la misura ambientale. Tuttavia, anche laddove vengano realizzati dei monitoraggi ambientali, nella valutazione dei dati ottenuti è necessario tenere conto di una complessa serie di variabili al fine di non commettere l'errore di sovrastimare o sottostimare la reale esposizione dei lavoratori o della

popolazione generale agli inquinanti campionati. A questo proposito, soprattutto nell'analisi dei possibili effetti avversi in popolazioni residenti nelle zone limitrofe ad un aeroporto, è fondamentale considerare l'influenza delle variabili atmosferiche quali ad esempio la direzione dei venti ed il contributo, all'inquinamento atmosferico, fornito da sorgenti di emissione diverse da quelle aeroportuali, rappresentate ad esempio dagli insediamenti industriali o dal traffico veicolare.

Nella valutazione della possibile correlazione tra inquinamento atmosferico di origine aeroportuale ed effetti avversi nella popolazione generale un'altra importante criticità è rappresentata dal fatto che le informazioni relative agli ospedalizzati sono negli studi presenti in letteratura riferibili agli accessi ospedalieri e non a pazienti. Questa impedisce un'adeguata caratterizzazione delle popolazioni, essendo le uniche informazioni disponibili sono quelle relative all'età ed al genere, e non esclude che uno stesso soggetto possa essere più volte preso in considerazione.

Infine dovrebbe essere attentamente valutato se la residenza dichiarata al momento dell'ospedalizzazione coincide con l'effettivo domicilio del paziente, che potrebbe nel caso specifico non essere in una zona adiacente all'area oggetto dello studio

## **Conclusioni**

Allo stato attuale non è possibile stabilire con certezza se l'inquinamento atmosferico provocato dagli aeroporti possa essere responsabile di un aumentato rischio di insorgenza di effetti avversi per la salute nei lavoratori aeroportuali o nella popolazione generale residente nelle aree limitrofe agli aeroporti stessi. Tuttavia, il fatto che gli aeroporti rappresentino un'importante fonte di emissione di numerosi inquinanti aerodispersi impone alla comunità scientifica di condurre ulteriori studi al fine di verificare la sussistenza o meno di questa relazione causale, tenendo in particolare considerazione una maggiore e più approfondita caratterizzazione sia dei livelli espositivi degli inquinanti ambientali che dei gruppi di popolazione oggetto degli studi.

## Bibliografia

1. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report 2011. Rapporti 139/2011. 2011.
2. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Italian Emission Inventory 2011. Informative Inventory Report 1990-2009. Rapporti 138/2011. 2011.
3. Passchier W, Knottnerus A, Albering H, Walda I. Public health impact of large airports. *Rev Environ Health* 2000; 15: 83-96.
4. Abbey DE, Ostro BE, Petersen F, Burchette RJ. Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particulates less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM<sub>2.5</sub>) and other air pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1995; 5: 137-59.
5. Franssen EAM, Staatsen BAM, Lebret E. Assessing health consequences in an environmental impact assessment: The case of Amsterdam Airport Schiphol. *Environ Imp Assess Rev* 2002; 22: 633-53.
6. Heisterkamp SH, Doornbos G, Nagelkerke NJ. Assessing health impact of environmental pollution sources using space-time models. *Stat Med* 2000; 19: 2569-78.
7. Pisani S, Bonarrigo D, Gambino M, et al. Salus domestica epidemiological study: evaluation of health harm in a sample of women living close to Malpensa 2000 Airport. *Epidemiol Prev* 2003; 27: 234-41.
8. Visser O, van Wijnen JH, van Leeuwen FE. Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988-2003: a population-based ecological study. *BMC Public Health* 2005; 5: 127.
9. Lin S, Munsie JP, Herdt-Losavio M, et al. Residential proximity to large airports and potential health impacts in New York State. *Int Arch Occup Environ Health* 2008; 81:797-804.
10. Tunnicliffe WS, O'Hickey SP, Fletcher TJ, Miles JF, Burge PS, Ayres JG. Pulmonary function and respiratory symptoms in a population of airport workers. *Occup Environ Med* 1999; 56: 118-23.
11. Yang CY, Wu TN, Wu JJ, Ho CK, Chang PY. Adverse respiratory and irritant health effects in airport workers in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2003; 66: 799-806.

12. Knave B, Persson HE, Goldberg JM, Westerholm P. Long-term exposure to jet fuel: an investigation on occupationally exposed workers with special reference to the nervous system. *Scand J Work Environ Health* 1976; 2: 152-64.
13. Ritchie GD, Still KR, Alexander WK, et al. A review of the neurotoxicity risk of selected hydrocarbon fuels. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2001; 4: 223-312.
14. Winder C, Balouet JC. The toxicity of commercial jet oils. *Environ Res* 2002; 89: 146-64.
15. Lemasters GK, Olsen DM, Yiin JH, et al. Male reproductive effects of solvent and fuel exposure during aircraft maintenance. *Reprod Toxicol* 1999; 13: 155-66.
16. Lemasters GK, Livingston GK, Lockey JE, et al. Genotoxic changes after low-level solvent and fuel exposure on aircraft maintenance personnel. *Mutagenesis* 1997; 12: 237-43.
17. Pitarque M, Creus A, Marcos R, Hughes JA, Anderson D. Examination of various biomarkers measuring genotoxic endpoints from Barcelona airport personnel. *Mutat Res* 1999; 440: 195-204.
18. Cavallo D, Ursini CL, Carelli G, et al. Occupational exposure in airport personnel: characterization and evaluation of genotoxic and oxidative effects. *Toxicology* 2006; 223: 26-35.
19. Sendel A, Ahlborg G. Causes of death and cancer morbidity at exposure to aviation fuels in the Swedish Armed Forces. ASF Project 84-0308. Department of Occupational Medicine, Orebro, Sweden. 1986.
20. Sendel A, Ahlborg G. Causes of death and cancer morbidity at exposure to aviation fuels in the Swedish Armed Forces. An update. Department of Occupational Medicine, Orebro, Sweden. 1987.