

Centrali a carbone e tumori: rassegna della letteratura scientifica con particolare riferimento ad una centrale a carbone in Liguria.

I dati sulla possibile rapporto di causalità fra centrali a carbone ed insorgenza di tumori maligni nelle popolazioni circostanti si possono studiare in maniera diversa:

- 1) Verifica della presenza nelle emissioni delle centrali a carbone di sostanze ritenute con maggiore o minore evidenza cancerogene per l' uomo e riscontro delle stesse nel territorio circostante alle centrali.
- 2) Studi di mutagenicità in vitro e su animali delle ceneri di carbone (1), (2)
- 3) Studi condotti sull' uomo , in popolazioni residenti nei pressi di centrali a carbone. (5)
- 4) Studi condotti su sorgenti puntuali con emissioni assimilabili alle centrali a carbone.

1) Presenza di cancerogeni nelle emissioni delle centrali a carbone:

Le centrali a carbone sono fonti di una grande quantità di composti organici ed inorganici, ossidanti ed acidi, e contribuiscono in maniera importante all' inquinamento da particolato. (55)

Queste sostanze ad attività cancerogena per l' uomo sono emesse dalle centrali a carbone, in quantità enormi. (54)

Inquinanti prodotti da una centrale elettrica a carbone con potenziale cancerogenicità.

- **POLVERI (in particolare PM2.5)**
- **benzopirene, diossine, benzene**
- **Microinquinanti inorganici (Cd, Cromo, Mn, Ni, Pb, Cu,Co, Hg, Arsenico, Vanadio, Silicio)**
- **Isotopi Radioattivi naturali (55)**

Alcune delle sostanze ad attività cancerogena per l' uomo secondo lo IARC :

Agente	grado di evidenza	IARC	effetto cancerogeno
Idrocarburi policiclici aromatici	2b		fegato, polmone, leucemia
Benzene	1		leucemia
Arsenico	1		pelle, polmone, fegato, vescica,rene, colon
Berillio	1		polmone
Cadmio	1		polmone, prostata
Cromo	1		polmone
Nickel	1		polmone
Mercurio	2b		polmone, pancreas, colon, prostata , encefalo, rene
Piombo	2b		polmone, vescica, rene, tratto gastroenterico
Diossina	1		Sarcomi

Di alcune di queste sostanze, l' entità del contributo delle centrali a carbone all' emissioni totali è assai elevato.

Secondo il piano regionale della Qualità dell' Aria in Liguria del 2006, (4) in Liguria le centrali a carbone emettono l' 89% del mercurio, il 55% del Nickel e del Piombo,il 43% dell' Arsenico , il 15% del cadmio emessi totalmente in tale regione da ogni fonte antropica.

Per quanto riguarda l' emissione di radionuclidi naturali, responsabili prevalentemente di leucemie, linfomi e tumori del polmone (Radon), nel 2005 la Commissione Ambiente del Parlamento Europeo ha dichiarato che vi è una maggiore esposizione alle radiazioni, rispetto alla radioattività naturale di fondo, sia dei lavoratori delle centrali a carbone, sia degli abitanti intorno alle centrali a carbone, pari a 100-150 microSv/anno. Considerando pari a 20 microSievert l' esposizione a radiazioni ionizzanti dovute ad una radiografia del torace, questo dato corrisponde a valori di esposizione radioattiva fin dalla nascita equivalenti a 5-8 radiografie all' anno, assorbite da ogni organismo in eccesso rispetto alla radioattività naturale di fondo. I problemi principali si pongono per le donne in gravidanza, a causa della maggiore sensibilità del genoma dell' embrione e del feto agli effetti mutageni e potenzialmente cancerogeni delle radiazioni ionizzanti. (6), (20)

Per quanto riguarda il particolato, gli studi di Pope (5) hanno dimostrato che per ogni incremento di 10 microgrammi /m³ di PM 2,5 si abbia un incremento del 14% dell' incidenza del cancro del polmone nella popolazione generale.

Secondo lo studio APHEIS 2006 (Air Pollution and Health: A European Information System), a parità di qualunque altra causa, le politiche volte a ridurre i livelli annuali medi di PM 2.5 a 15 microg./m³ consentirebbe una riduzione delle morti premature tre volte maggiore nelle città rispetto a quanto si otterrebbe con una riduzione a 25 microg/m³, e, ancora, che la riduzione delle PM 2,5 a 10 microgrammi m³ porterebbe le morti premature a valori 5 volte inferiori rispetto a quanto ottenuto con la riduzione a valori di 25 microg./m³. (26)

Secondo l' OMS "si può quindi concludere che ulteriori riduzioni dell' inquinamento atmosferico si tradurrebbero in significativi benefici per la salute, anche in quelle regioni nelle quali i livelli di inquinamento sono ben al di sotto dei valori dei limiti attuali previsti dalla Unione Europea per le PM e dei valori limite per l' ozono." (48).

Secondo lo studio di A. Pope del gennaio 2009 (56): " Una diminuzione di 10 microgrammi per metro cubo della concentrazione di particolato sottile si associa ad un valore medio di incremento di aspettativa di vita di 8 mesi +- 2,4.", aumentando ancora di più l' importanza del particolato sottile nel ridurre la speranza di vita degli individui esposti.

Pollutant	Effects related to short-term exposure	Effects related to long-term exposure
Particulate matter	<ul style="list-style-type: none"> • Lung inflammatory reactions • Respiratory symptoms • Adverse effects on the cardiovascular system • Increase in medication usage • Increase in hospital admissions • Increase in mortality 	<ul style="list-style-type: none"> • Increase in lower respiratory symptoms • Reduction in lung function in children • Increase in chronic obstructive pulmonary disease • Reduction in lung function in adults • Reduction in life expectancy, owing mainly to cardiopulmonary mortality and probably to lung cancer
Ozone	<ul style="list-style-type: none"> • Adverse effects on pulmonary function • Lung inflammatory reactions • Adverse effects on respiratory symptoms • Increase in medication usage • Increase in hospital admissions • Increase in mortality 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction in lung function development
Nitrogen dioxide ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Effects on pulmonary function, particularly in asthmatics • Increase in airway allergic inflammatory reactions • Increase in hospital admissions • Increase in mortality 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction in lung function • Increased probability of respiratory symptoms

^a In ambient air, nitrogen dioxide serves as an indicator for a complex mixture of mainly traffic-related air pollution.

La tabella riporta i principali effetti sulla salute causati dalle particelle sottili (tratta da 48).

La quota di polveri sottili primarie emesse da una centrale a carbone è assai cospicua. Per una centrale di medie dimensioni, come quella di Vado – Quiliano (Sv) di 660 MW, nel distretto di Vado, Quiliano e Savona, pari a 75 mila abitanti nel 2001, il contributo della centrale a carbone è pari al 35% del totale, mentre quello attribuibile al traffico veicolare è del 22%, del 15% quello delle altre industrie e del 12% quello del riscaldamento domestico.

Se consideriamo anche il contributo dovuto al **particolato sottile secondario**, che si forma in atmosfera a partire principalmente dagli ossidi di zolfo e di azoto, questo contributo cresce in maniera straordinaria, principalmente a causa delle emissioni di ossidi di zolfo, fino a superare l' 80% del totale delle polveri emesse in questo distretto.

La pericolosità delle polveri sottili, in particolare PM10 e PM 2,5 dipende in particolare dal fatto che i metalli pesanti, gli isotopi radioattivi naturali e gli idrocarburi policiclici aromatici tendono a concentrarsi nella frazione più sottile delle polveri, quella cioè che non viene trattenuta dagli elettrofiltri e viene pertanto dispersa in atmosfera.(55)

Le polveri sottili provenienti dalle centrali a carbone risultano inoltre, comparate con altri tipi di particolato, Particolarmente pericolose per l' uomo (19)

Una conferma della particolare pericolosità di questa tipologia di particolato ci viene dagli studi in vitro di Fisher, in cui si dimostra che la mutagenicità delle polveri raccolta all' uscita delle ciminiere, di diametro

aerodinamico particolarmente fine (micro e nano polveri) , è molto maggiore rispetto a quella delle polveri trattenute dai filtri, molto più grossolane. (1)

Segnalazioni di potenziale rischio per la salute umana derivanti dalla combustione del carbone comprendono anche la formazione di nanocristalli di quarzo (SiO_2) prodotti durante la combustione a partire dal quarzo presente in quantità più o meno cospicue nel carbone. In alcune aree della Cina, dove viene utilizzato un carbone particolarmente ricco di silice, la mortalità per cancro del polmone in donne non fumatrici risulta molto più elevata che altrove. L' ipotesi più accreditata è quella che il quarzo presente nel carbone durante la combustione si trasformi in nano particelle di quarzo che provocano l' eccesso di rischio di cancro del polmone nelle donne non fumatrici. Nell' area dello Xuan Wei, una regione rurale della Cina, dove si utilizza carbone ad alto contenuto di quarzo, il rischio relativo (RR) di morte per cancro del polmone fra maschi e femmine è di 1,09 contro i valori medi di 2,09, mentre l' età media di diagnosi è di 55 anni contro i 65 anni delle altre regioni. (13).

Tale problema si pone in maniera particolare anche per i lavoratori delle centrali a carbone (21).

Un' ulteriore fonte di preoccupazione sono le enormi quantità di ceneri che derivano dalla combustione del carbone e che debbono essere smaltite, in quanto è stato dimostrato il loro effetto genotossico e mutageno (17).

Il problema si pone sia quando le ceneri vengono smaltite in discariche a causa del percolato, sia quando vengano usate come base per la produzione di cemento.

Oltre alla diffusione in atmosfera degli isotopi radioattivi, deve destare attenzione anche l' utilizzo delle ceneri derivanti dalla combustione del carbone per la costruzione di edifici, in quanto esse presentano valori di radioattività che eccedono o sono molto vicini ai valori massimi di radioattività consentiti. (18)

2) Studi di mutagenicità in vitro e su animali delle ceneri di carbone

Gli studi di mutagenicità in vitro hanno dimostrato senza ombra di dubbio il grande potere mutageno delle ceneri di carbone, in particolare quelle di minori dimensioni, non trattenute dai filtri elettrostatici delle centrali a carbone. (1), (2)

Anche il percolato proveniente dalle discariche contenenti le ceneri di carbone, ha dimostrato un notevole effetto genotossico e mutageno in vitro, dimostrando che il percolato delle discariche di ceneri di carbone ha un potenziale genotossico e può creare effetti avversi sulla vegetazione e sulla salute delle popolazioni umane esposte.(17)

Nelle cavie i principali tumori derivanti dalla somministrazione di ceneri di carbone sono carcinomi squamo cellulari e adenocarcinomi del polmone. (16)

3) Studi condotti sull' uomo , in popolazioni residenti nei pressi di centrali a carbone.

Il progetto della Comunità europea EXTERNE (30) ha dimostrato che il costo di produzione di elettricità dal carbone e da olio combustibile raddoppierebbe qualora fossero conteggiati i costi esterni, come i danni all' ambiente. Lo studio afferma: **“Secondo gli scienziati, nell' anno 2000, l' inquinamento atmosferico ha causato la perdita di circa 3 milioni di anni di vita in tutta l' Europa. Questo corrisponde a più di 300.000 morti premature all' anno. Quindi l' inquinamento da centrali elettriche nell' Europa a 25 causa un impatto sulla salute, incluse le morbidità, equivalenti a decine di miliardi di euro ogni anno... Questi inquinanti riducono l' aspettativa di vita e danneggiano la salute dell' uomo (malattie cardiache, asma, cancro)”**.

Uno studio statunitense eseguito per valutare l' impatto sulla salute dei cittadini di 19 centrali a carbone di cui era prevista la costruzione nello stato del Texas, che avrebbero causato emissioni annuali pari a circa 100. 000 tonnellate di ossidi di azoto e di ossidi di zolfo (27), ha calcolato che i costi annui in termini di mortalità delle centrali a carbone proposte sarebbe di 1,4 miliardi di dollari, con un costo previsto per tutto il periodo di funzionamento (50 anni) pari a circa 72 miliardi di dollari. Per una centrale di circa 660 MW si prevede una mortalità annua attribuibile di 19 casi, ed una mortalità per l' intero ciclo di circa 959 casi. Le principali cause di tale costi sono attribuibili a malattie cardiovascolari, respiratorie e al cancro del polmone. (27,28,29).

Gli studi condotti sulle popolazioni esposte alle emissioni delle centrali a carbone sono particolarmente difficili, per molteplici motivi, che comprendono la presenza di altre fonti di inquinamento, la molteplicità di inquinanti emessi, l' ampia area di distribuzione degli inquinanti dovuta all' altezza delle ciminiere, all' effetto dei fattori meteorologici ed orografici, la spesso errata metodologia di studio, gli elevati costi di studi condotti in maniera adeguata.

E' inoltre importante notare che gli stessi fattori che possono indurre alcuni tipi di cancro, spesso sono responsabili di malattie cardio - respiratorie e cerebrovascolari: gli studi possono risultare alterati per una sottostima della mortalità o della incidenza di cancro, in quanto queste malattie possono provocare il decesso generalmente prima che si manifesti il cancro stesso, o, in caso degli studi basati sulla mortalità, provocare la morte in chi si è già ammalato di cancro ma è guarito o non è ancora deceduto per quella causa.

Inoltre è opportuno considerare il fatto che quella che risente maggiormente dell'effetto negativo sulla salute è la popolazione che risiede entro un raggio di circa 48 km (30 miglia) da una centrale elettrica a carbone.(7) In questa vasta area si avranno popolazioni più o meno esposte agli inquinanti, per cui : è scorretto, o per lo meno insufficiente, studiare gli eventi patologici in questo territorio, magari confrontandoli con la media di un territorio più ampio, in quanto questa modalità di

studio diluisce il rischio, comprendendo anche popolazioni poco esposte insieme a popolazioni mediamente o molto esposte. Il pericolo anche in questo caso è quello di sottovalutare l' entità del rischio.

La metodologia più corretta è quella di rilevare sia l' inquinamento che i dati di incidenza o mortalità standardizzati, e quindi di incrociarli con metodica georeferenziale, correggendo i risultati per quelle varianti socio-economiche-sanitarie che sempre intervengono nel determinismo del cancro e ancor più della sua mortalità.

E' anche importante stabilire quali siano i marcatori che più fedelmente descrivono l' inquinamento da combustione del carbone.

A questo scopo, sembra corretto considerare che alcuni inquinanti primari come gli ossidi di azoto e le polveri sottili, o secondari come l' ozono, possono più facilmente derivare da diverse fonti d' inquinamento, quali il traffico veicolare e altre sorgenti di combustione (acciaierie, cementifici, riscaldamento domestico ecc.), per cui diventa difficile discriminare il contributo delle varie fonti, essendone molto diversa la modalità di emissione.

Sembra pertanto più efficace utilizzare la determinazione della concentrazione di alcuni metalli pesanti prodotti specificamente dalla combustione del carbone, che possono essere considerati come "marcatori" di questo specifico tipo di inquinamento.

In alternativa può essere utile studiare la concentrazione di ossidi di zolfo, che provengono quasi esclusivamente dalla combustione del carbone (in assenza di altre aziende che utilizzino il carbone (cockerie) o olio combustibile ad alto tenore di zolfo (navi in territori adiacenti a infrastrutture portuali).

Per quanto riguarda le modalità di rilevazione degli inquinanti, trattandosi di un territorio molto ampio da studiare, sembrerebbe più appropriato utilizzare la metodica del bioaccumulo lichenico, tecnica assai studiata e ampiamente validata e utilizzata, che consente di monitorare aree molto estese di territorio con risoluzioni anche molto piccole (8,9,10,11) .

L' inquinamento da ossidi di zolfo su vaste aree con risoluzione elevata può essere condotta mediante metodiche di biodiversità lichenica.(11)

Il limite degli studi di biodiversità e bioindicazione lichenica sono quelli di non fornire dati quantitativi dell' inquinamento, ma solo qualitativi, e non essere pertanto rapportabili ai limiti di legge vigenti. Un approccio interessante sarebbe quello di studiare una scala di commutazione fra indice di biodiversità lichenica e livelli atmosferici di determinati inquinanti.

In alternativa può essere utilizzata la metodica di campagne di rilevamento mediante rivelli, che fornisce dati quantitativi ma è applicabile in aree sicuramente meno estese. (12)

Uno studio italiano (15) ha comparato le concentrazioni di metalli pesanti, utilizzati come indicatori della combustione del carbone ottenute mediante lo studio della bioconcentrazione nei licheni nell' area di La Spezia, ove la principale fonte di inquinamento è costituita da una centrale

termoelettrica a carbone, con l'incidenza di tumori del polmone. Questo procedimento è stato stabilito in concordanza con altri studi che riferiscono un'alta concentrazione di metalli pesanti (Al, As, Cd, Cr, Mg, Hg, Ni, Pb, Cu, Ti, Zn) nei licheni che crescono nelle aree esposte all'inquinamento dovuto a centrali elettriche a carbone. Lo studio ha dimostrato che le aree in cui era maggiore la concentrazione di metalli pesanti nei licheni presentavano anche i più elevati tassi di mortalità standardizzata per tumore del polmone nelle donne nel periodo 1988-1996.

Va rimarcato che per lo studio degli effetti dell'inquinamento, è particolarmente utile condurre indagini sulle patologie nelle donne, in quanto meno suscettibili di fattori variabili come il fumo di sigaretta e l'esposizione occupazionale, ed esposte per maggior tempo, essendo più spesso casalinghe, all'inquinamento ambiente del quale si vuole studiare l'effetto. Inoltre, mentre nei maschi l'abitudine al fumo negli ultimi anni si è ridotta in maniera significativa, nelle donne il tasso di fumatrici è stabile da decenni. (50)

In particolare lo studio dimostrava che:

- a) La mortalità standardizzata per tumore del polmone in ambedue i sessi era maggiore nelle aree più urbanizzate a est della provincia, e via via minori procedendo verso le aree rurali o semi-rurali del ponente. (Figura 3.) (Il dato sui maschi è una riprova dell'effetto sinergico (più che additivo) fra fumo di sigaretta ed inquinamento ambientale. (49-50)
- b) Nel golfo di La Spezia, ove erano state condotte le misurazioni dei metalli pesanti, le concentrazioni erano massime nell'area di La Spezia, ed in particolare nella circoscrizione di La Spezia 5, sede della centrale a carbone. (Figura 1) (39, 40).
- c) L'area in cui la concentrazione di metalli pesanti risultava più elevata in assoluto era tuttavia quella del comune di Portovenere, a circa 10 Km di distanza dalla centrale a carbone, esposta ai venti prevalenti di tramontana che vi trasportano le emissioni della centrale.
- d) Le aree maggiormente inquinate da metalli pesanti risultano anche quelle con il tasso di mortalità standardizzata femminile maggiore per cancro del polmone, con valori di rischio relativo rispetto alla città di La Spezia di 1,5 a Spezia 5 e di 2 a Portovenere rispetto alla mortalità standardizzata riscontrata nelle restanti aree urbane.

e) Il tasso standardizzato di mortalità per tutte le età era di 9,3/100 mila nelle aree rurali, 12,5/100mila nelle aree urbane, 22,4/100mila a Spezia5, 29,5/100 mila a Portovenere. (Fig.2).

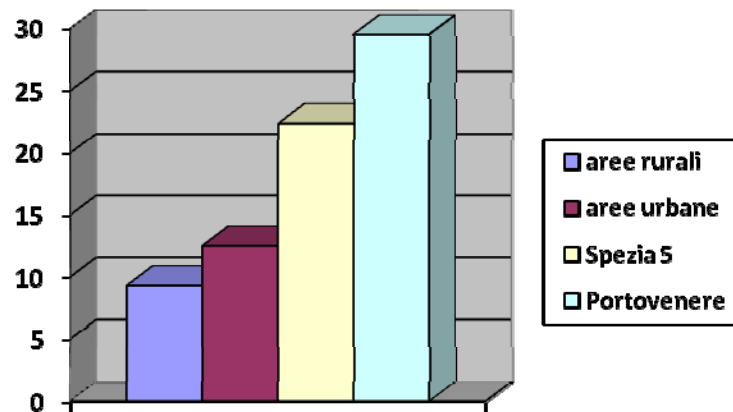


Fig. 2

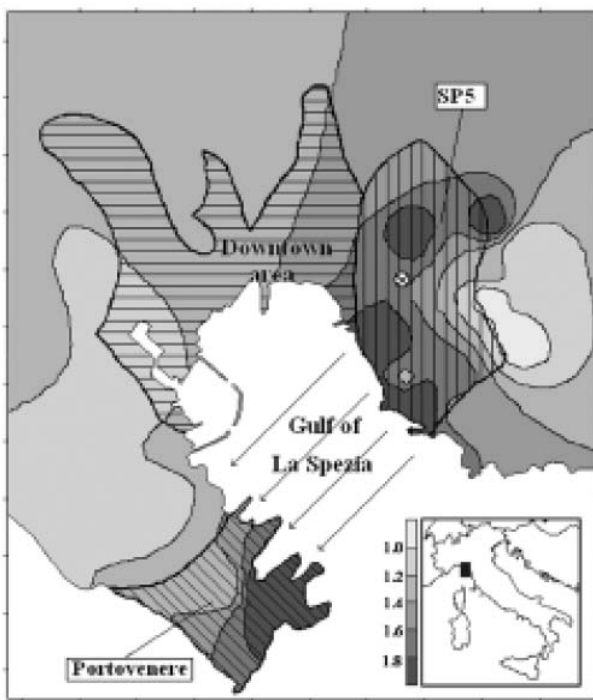


Figure 1 - Province of La Spezia (Liguria Region, Italy). Geographic distribution of vanadium concentration in lichens ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in 1994 in the Gulf of La Spezia area. \rightarrow , wind direction; \otimes , power station.

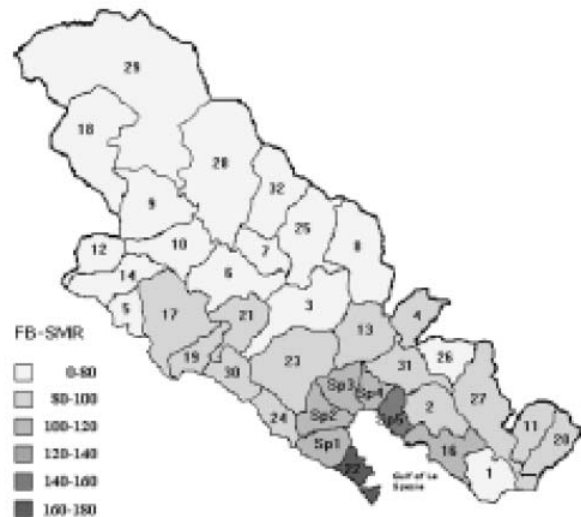


Figure 3 - Province of La Spezia (Liguria Region, Italy). Geographic distribution of full Bayes standardized mortality ratios (FB-SMR) from female lung cancer during 1988-1996 (standard population: whole Province). Administrative areas in La Spezia Province: 1) Ameglia, 2) Arcola, 3) Beverino, 4) Bolano, 5) Bonassola, 6) Borghetto di Vara, 7) Brugnato, 8) Calice al Cornoviglio, 9) Carro, 10) Carradano, 11) Castelnuovo Magra, 12) Deiva Marina, 13) Follo, 14) Framura, 16) Lerici, 17) Levanto, 18) Maissana, 19) Monterosso al Mare, 20) Ortonovo, 21) Pignone, 22) Portovenere, 23) Riccò del Golfo di Spezia, 24) Rimaggiore, 25) Rocchetta di Vara, 26) Santo Stefano di Magra, 27) Sarzana, 28) Sesta Godano, 29) Varese Ligure, 30) Vernazza, 31) Vezzano Ligure, 32) Zignago, SP1) La Spezia, district 1, SP2) La Spezia, district 2, SP3) La Spezia, district 3, SP4) La Spezia, district 4, SP5) La Spezia, district 5.

Una indicazione sul fatto che intorno alle centrali a carbone esistano peggiori qualità dell'aria e maggiore concentrazione di metalli pesanti è riscontrabile in alcuni studi condotti in Liguria (25), nei quali si dimostra che le aree più inquinate si rilevano nelle zone al cui centro sono insediate centrali a carbone (Savona, Genova, La Spezia).

Una riprova dell'importanza del contributo delle centrali a carbone sulla qualità dell'aria è dimostrata da numerosi monitoraggi avvenuti nell'arco di circa 15 anni (Nimis et al. 1990; Benco et al. 1995; 2000) nell'area di la Spezia: interventi di metanizzazione da un lato e chiusura per oltre due anni di una centrale convenzionale a carbone e la sua **riapertura a potenza ridotta** e con solo alti camini ha portato ad una sensibile riduzione delle emissioni/immissioni degli inquinanti tradizionali ed in particolare di SO₂ (oltre 10.000 t/anno), cui ha fatto riscontro una **ripresa costante della biodiversità lichenica**.

Incrociando i dati della biodiversità lichenica in provincia di Savona (25) con i dati dei tassi di mortalità per patologie in provincia di Savona dal 1999 al 2004 (43) e dall' '88 al '98 (44), si possono evincere alcune interessanti osservazioni, con tutti i limiti dovuti al fatto che si tratta di due studi separati e non condotti in maniera organica:

La provincia di Savona presenta in generale valori di biodiversità lichenica e di bioaccumulo particolarmente deteriorati rispetto alla media ligure. In generale in Liguria le aree che presentano una peggiore qualità dell'aria sono quelle che ospitano nel loro territorio una centrale a carbone: Savona, Genova, La Spezia.(Fig. a)

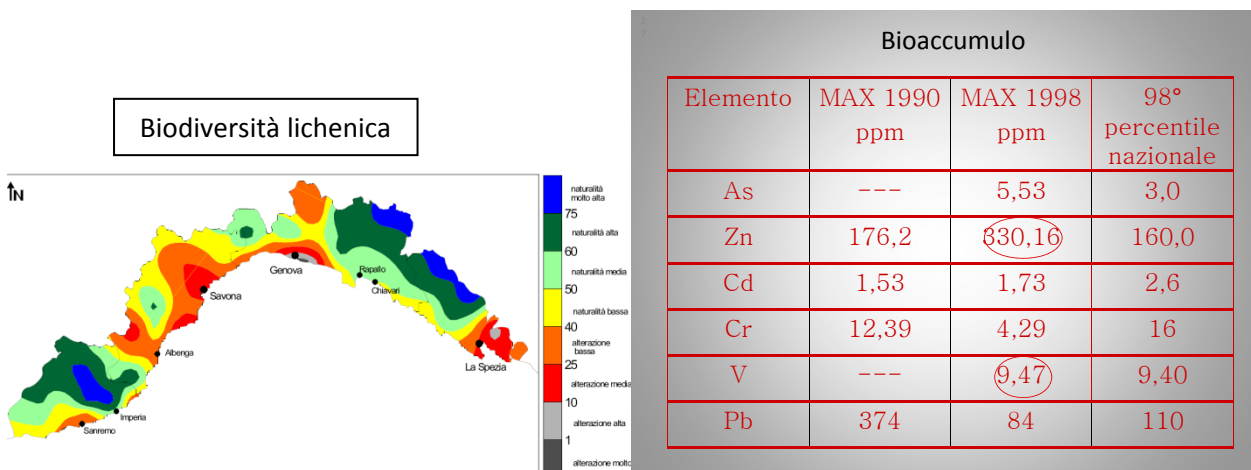


Fig. a

La mortalità standardizzata per **tumori maligni totali** nelle **femmine** risulta superiore rispetto alla media regionale ed in aumento rispetto al decennio '88-'98:

Tumori totali '99-2004 : (198,9/100 000 rispetto al periodo '88-'98: 193,1/100 000).

Questi dati sono in controtendenza rispetto alla media Italiana ed Europea, dove si è avuta una **diminuzione progressiva della mortalità standardizzata per tumori totali**, dovuta

prevalentemente ad un miglioramento delle terapie e della sopravvivenza per cancro.
(Figura b)

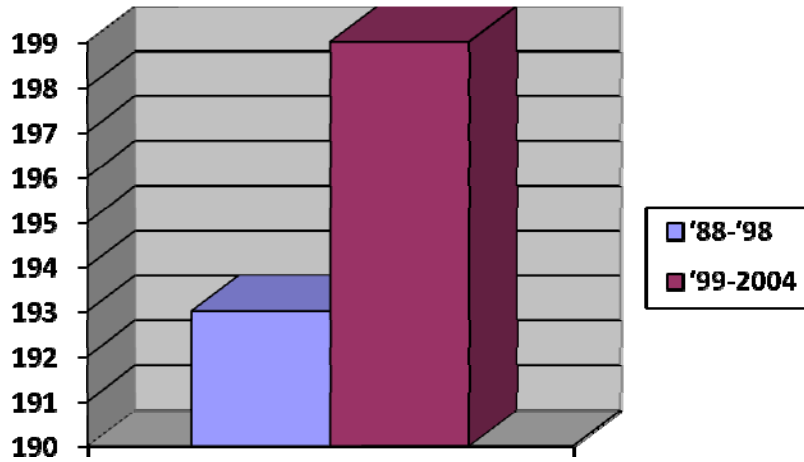


Fig.b)
Tasso di mortalità standardizzato per 100 000 abitanti donne **per tutti i tumori** in Provincia di Savona: aumento dall' '88-'98 al '99-2004.

La mortalità standardizzata per tumori del polmone nelle femmine è aumentata nel periodo '99-2004 rispetto al periodo precedente '88 - '98, del del 3% rispetto alla media regionale e del 63,5 % rispetto alla media nazionale. (Figure c, d, e). (15, 42)

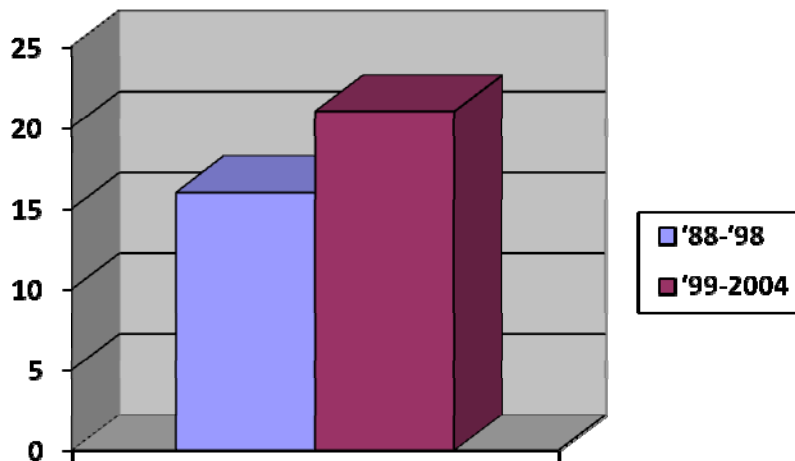


Fig.c)
Tasso di mortalità standardizzato per 100 000 mila abitanti donne **per tumore del polmone** in provincia di Savona: aumento dall' '88-'98 al '99-2004

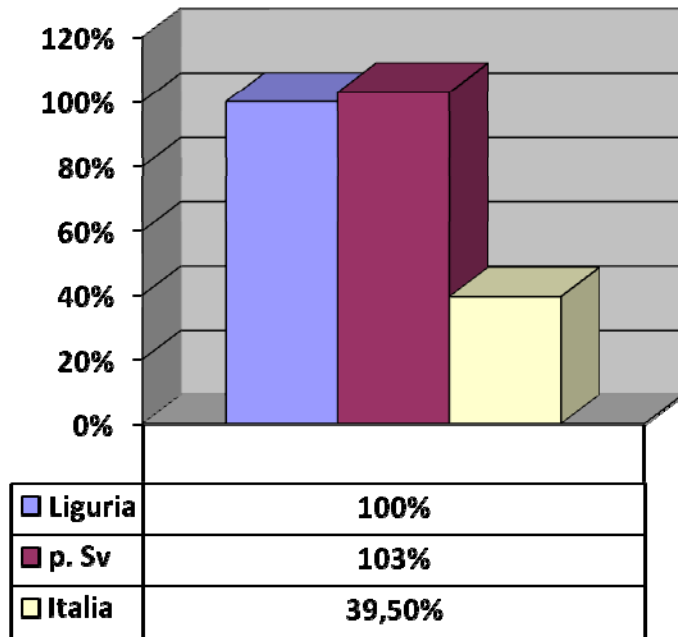


Fig. d)
Tumori maligni del polmone rispetto alla Liguria e all'Italia (SMR)

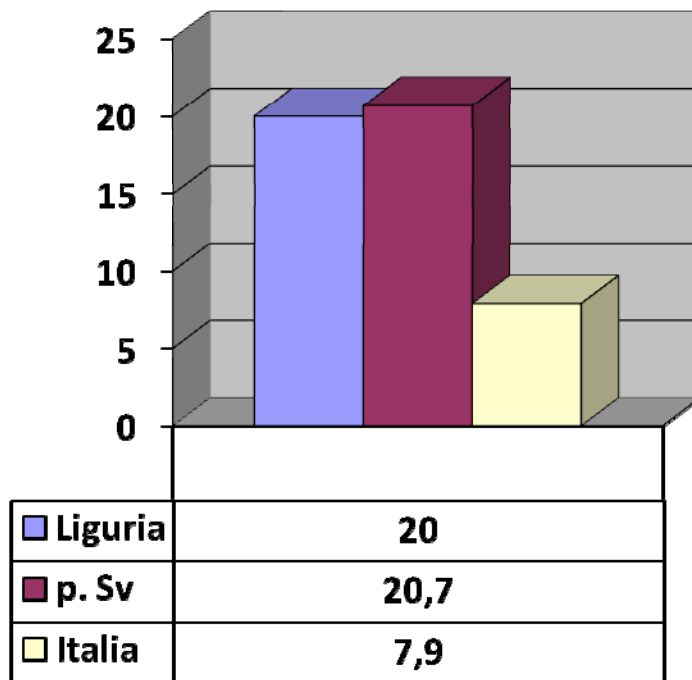
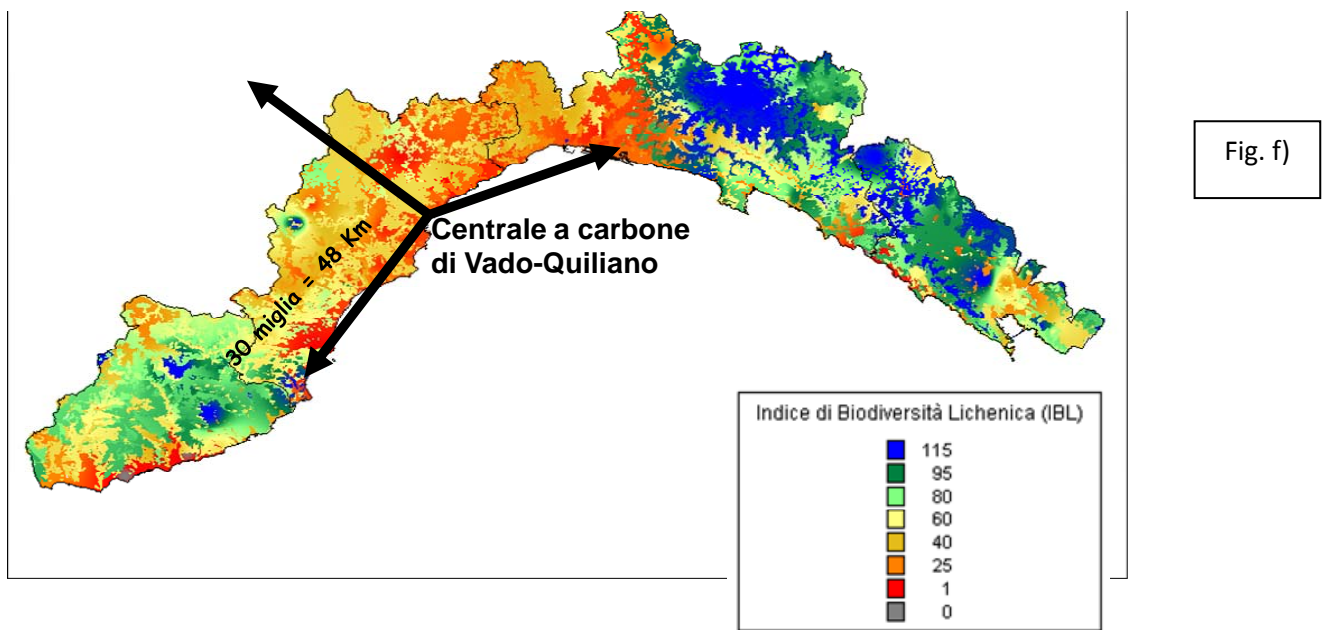


Fig. e)
TST tumore del polmone in p. Sv rispetto a Liguria e Italia

La mortalità standardizzata per tumori del polmone nelle femmine è aumentata del 3% rispetto alla media regionale e del 63,5 % rispetto alla media nazionale. (Figure d,e). (15, 42)

L' inquinamento della centrale a carbone interessa mediamente tutta la provincia di Savona, in concordanza con i dati della letteratura ove si afferma che il raggio di massima esposizione agli inquinanti intorno ad una centrale a carbone è di circa 48 Km.(Fig.f) (38).

Biomonitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico in Liguria campagna 2003 Giordani 2004



Costi esterni di una centrale a carbone (da Externe).

AIR POLLUTION - RESULTS HUMAN HEALTH [€]:					
Damaging substance	Mortality		Morbidity		Total (Rounded)
	Inside Italy	Outside Italy	Inside Italy	Outside Italy	
O3	-50500	-5610	-158000	-17500	-231000
PM10	480000	96400	247000	49600	873000
Sulfate	5530000	2160000	2840000	1110000	11600000
Nitrate	5110000	2180000	2630000	1120000	11000000
Total (Rounded)	11.100.000	4430000	5.560.000	2260000	23.300.000

Fig. g

I costi esterni di una centrale a carbone, in termini di mortalità e morbilità , oltre che di danni alle cose e di emissione di gas serra, sono correntemente calcolati dal progetto della comunità Europea Externe. (30).

Dal 1991 il progetto europeo di ricerca, denominato ExterneE (Costi Esterni nella produzione di Energia) ha coinvolto 50 importanti centri di ricerca in oltre 20 nazioni, allo scopo di calcolare i costi, in termini di mortalità, morbilità e di danni alle cose e di emissione di gas serra

La figura g) dimostra i costi esterni in termini di mortalità e morbilità riferiti ad una centrale termoelettrica a carbone di 660 MW presente da quasi 40 anni in una regione del Nord ovest d' Italia, in base alle emissioni dichiarate nel registro INES 2006. (54)

Tali costi assommano a circa 23, 300 000 €, calcolando soltanto i costi per la salute derivanti dall' ozono, dalle PM 10, dai nitrati e dai solfati.

A questo vanno aggiunti i danni dovuti ai microinquinanti (metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, diossine).

Per quanto riguarda i casi di cancro dovuti ai microinquinanti (metalli pesanti come As, Cd, Cr, Ni, e diossine) il calcolo viene eseguito direttamente a partire da una stima del numero di casi di cancro causati per ogni Kg di inquinante emesso in un anno.

Per l' As per esempio sono previsti 4 cancri per Kg emesso, con un costo medio previsto di 8 milioni di € / Kg (53).

tab.2).

Table 2. Damage cost and most important health impact (end point) per kg of pollutant. For PM, NC and SO₂ morbidity impacts account for about 30% of the damage cost. *h* = stack height.

Pollutant	€/kg [range]	% due to end point	€/end point	Impact/kg
<i>Traffic, h=0m</i>				
PM _{2.5} , rural	1.52E+01 [2.8E+00, 2.5E+01]	68%	50000	2.1E-04 YOLL/kg
PM _{2.5} , highway	1.15E+02 [2.1E+01, 1.9E+02]	68%	50000	1.6E-03 YOLL/kg
PM _{2.5} , Paris	1.58E+03 [2.9E+02, 2.6E+03]	68%	50000	2.1E-02 YOLL/kg
<i>Stacks, h=100m</i>				
PM ₁₀ , rural	5.2E+00 [9.5E-01, 8.5E+00]	68%	50000	7.1E-05 YOLL/kg
PM ₁₀ , urban	1.2E+01 [2.1E+00, 1.9E+01]	68%	50000	1.6E-04 YOLL/kg
PM ₁₀ , Paris	6.2E+01 [1.1E+01, 1.0E+02]	68%	50000	8.5E-04 YOLL
Cd	3.9E+01 [7.1E+00, 6.4E+01]	100%	2000000	2.0E-05 cancers/kg
Cr ^{VI}	2.0E+02 [3.7E+01, 3.3E+02]	100%	2000000	1.0E-04 cancers/kg
Ni	3.8E+00 [6.9E-01, 6.2E+00]	100%	2000000	1.9E-06 cancers/kg
<i>Little h dependence</i>				
SO ₂ , via sulfates	3.5E+00 [6.4E-00, 5.7E-00]	68%	50000	4.8E-05 YOLL/kg
NO ₂ , via nitrates	3.4E+00 [6.1E-01, 5.5E+00]	68%	50000	4.6E-05 YOLL/kg
As	8.0E+01 [7.7E+00, 1.2E+02]	100%	2000000	4.0E-05 cancers/kg
Pb	6.0E+02 [5.7E+01, 9.2E+02]	100%	10000	6.0E-02 IQ points/kg
Hg	8.0E+03 [7.7E+02, 1.2E+04]	100%	10000	8.0E-01 IQ points/kg
Dioxins	1.85E+08 [1.0E+07, 2.5E+08]	100%	2000000	9.3E+01 cancers/kg
<i>No h dependence</i>				
CO ₂	1.9E-02 [6.4E-04, 2.3E-02]			

Altre segnalazioni in letteratura.

Sono state riscontrate in letteratura maggiori incidenze intorno a centrali a carbone quali:

- 1) Cancro cutaneo non melanoma : le persone che vivevano vicino a centrali a carbone presentavano valori significativi di eccesso di arsenico nelle urine (27%), con un incremento del 32% dei casi di cancri della cute nm. (32, 33, 34, 37) .
- 2) Cancro dello stomaco (34)
- 3) Cancro del polmone (38)
- 4) In generale l' esposizione ai fumi della combustione del carbone sembra favorire i processi di metilazione, che possono essere coinvolti nella genesi dei tumori. (35).

4) Studi condotti su sorgenti puntuali con emissioni assimilabili alle centrali a carbone per tipologia di inquinanti.

La revisione di 46 studi sullo studio degli' effetti degli inceneritori di rifiuti solidi urbani sulla salute umana , selezionati in quanto condotti con particolare rigore, (45) evidenzia un incremento statisticamente significativo nei 2/3 degli studi che hanno analizzato incidenza, prevalenza, mortalità per cancro (in particolare cancro al polmone, linfomi non Hodgkin, sarcomi, neoplasie infantili). Segnalati anche aumenti di cancro al fegato, laringe, stomaco, colon-retto, vescica, rene, mammella. Lo studio Henance Health (46) in particolare, eseguito per gli inceneritori di Forlì, ha evidenziato un marcato aumento di incidenza di tumori totali fra le casalinghe residenti da almeno 5 anni nella stessa zona, man mano che si procede da persone residenti in aree ad inquinamento basso, medio ed elevato.

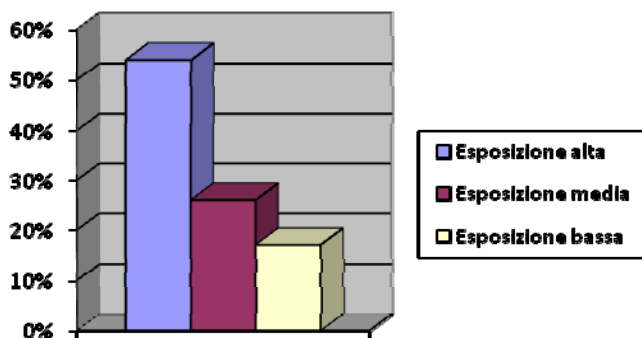


Fig. g)

Henance Health 2007

Mortalità per tumori in base ai diversi livelli di esposizione all' inquinamento dell' inceneritore.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI.

- 1) Physical factors affecting the mutagenicity of fly ash from a coal-fired power plant. G.I. Fisher et al, 1979 Science 204, 879-881
- 2) Mutagenicity of fly ash particles in Paramecium.
- 3) J. Smith-Sonnenborn, (1981) Science 207, 180-182
- 4) Piano Regionale della qualità dell'aria 2006 Liguria
- 5) Pope AC *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine air pollution*. Journal of American Medical Association, 2002; 287:1132-1141
- 6) Energy systems and the environment, 30 marzo 2005, doc 10486, a cura della Commissione Ambiente, Agricoltura e Affari Regionali e Locali del Parlamento Europeo
- 7) Levy et. Al 2000: Children at Risk. How Air Pollution from Power Plants Threatens the Health of America's Children. Clean Air Task Force. <http://clnatf.org>
- 8) Cislaghi C., Nimis P.L., (1997). Lichens, air pollution and lung cancer. Nature, 387:463-464.
- 9) ANPA: *agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente: I.B.L.: indice di biodiversità lichenica, manuali e linee guida 2/2001*
- 10) Nimis P.L., Bargagli R. (1999). Linee guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. Atti Workshop, Roma 26-27 novembre 1998. A.N.P.A.
- 11) Nimis P.L., Castello M., Perotti M. (1990). Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). Lichenologist, 22: 333-344.
- 12) P. Crosignani: Analisi epidemiologica per la valutazione dei possibili effetti sanitari in relazione alla qualità dell'aria nei comuni di Mazzano e Rezzato
- 13) *BMC Public Health* 2008, 8:398 Nanoquartz in Late Permian C1 coal and the high incidence of female lung cancer in the Pearl River Origin area: a retrospective cohort study Linwei Tian* et al.
- 15) Stefano Parodi et al: LUNG CANCER MORTALITY IN A DISTRICT OF LA SPEZIA (ITALY) EXPOSED TO AIR POLLUTION FROM INDUSTRIAL PLANTS, Tumori, 90: 181-185, 2004

- 16) Persson SA: Long-term carcinogenicity study in Syrian golden hamster of particulate emissions from coal- and oil-fired power plants. Environ Health Perspect. 1988 Apr;77:109-20
- 17) Chakraborty R, Mukherjee A: Mutagenicity and genotoxicity of coal fly ash water leachate. Ecotoxicol Environ Saf. 2009 Mar;72(3):838-42
- 18) Lu X, Zhang X: Radionuclide content and associated radiation hazards of building materials and by-products in Baoji, West China. Radiat Prot Dosimetry. 2008;128(4):471-6. Epub 2007 Oct 6
- 19) Gilmour MI Comparative toxicity of size-fractionated airborne particulate matter obtained from different cities in the United States. Inhal Toxicol. 2007;19 Sup
- 20) Dai L Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: a case study from the city of Baoji, China. Environ Res. 2007 Jun;104(2):201-8. Epub 2007 Jan 22.
- 21) Hicks J, Yager J. Airborne crystalline silica concentrations at coal-fired power plants associated with coal fly ash. J Occup Environ Hyg. 2006 Aug;3(8):448-55.

22) Nimis e Castello 1990 (Università di Trieste, specifica per l'effetto della centrale ENEL).

23) Nimis e collaboratori 1998 (Università di Trieste, specifica per l'effetto della centrale ENEL).

24) Nimis e collaboratori 1998 (Università di Trieste, specifica per l'effetto della centrale ENEL).

25) Giordani P, Bruniati B., Alleleo D: Effects of atmospheric pollution on lichen biodiversity (LB) in a mediterranean region (Liguria, northwest Italy) *Environmental pollution* 2002,118: 50-64

26) APHEIS, 2006

27) Premature Mortality from Proposed New Coal-fired Power Plants in Texas
A research brief by Public Citizen's Texas Office and the Sustainable Energy and Economic Development (SEED) Coalition. November 2006.

28) Brunekreef, B., *Air Pollution and Life Expectancy: Is There a Relation?* 54 *Occup. Environ. Med.* 781-84 (1997).

29) U.S. EPA, OAR, "Final Report to Congress on Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990", EPA 410-R-97-002 (October 1997) at I-23

30) EUROPEAN COMMISSION External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport

31) *Am J Epidemiol.* 2002 May 1;155(9):798-809. Environmental arsenic exposure from a coal-burning power plant as a potential risk factor for nonmelanoma skin carcinoma: results from a case-control study in the district of Prievidza, Slovakia. Pesch B, Ranft U, Jakubis P, Nieuwenhuijsen MJ, Hergemöller A, Unfried K, Jakubis M, Miskovic P, Keegan T

32) *Environ Health Perspect.* 2003 Jun;111(7):889-94. Association between arsenic exposure from a coal-burning power plant and urinary arsenic concentrations in Prievidza District, Slovakia. Ranft U, Miskovic P, Pesch B, Jakubis P, Fabianova E, Keegan T, Hergemöller A, Jakubis M, Nieuwenhuijsen MJ; EXPASCAN Study Group. Institut für Umweltmedizinische Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany. ranft@uni-duesseldorf.de

33) *Environ Geochem Health.* 2008 Nov 25. [Epub ahead of print] Ecological and human health risk aspects of burning arsenic-rich coal. Bencko V, Rameš J, Fabiánová E, Pešek J, Jakubis M. Institute of Hygiene and Epidemiology, First Faculty of Medicine, Charles University in Prague, Studnickova 7, 128 00, Praha 2, Czech Republic, vladimir.bencko@lf1.cuni.cz.

34) *Probl Sotsialnoi Gig Zdravookhranennii i Istori Med.* 2008 May-Jun;(3):18-21. [The morbidity of stomach cancer among the workers of key industries of the Kuznetsk Basin (Kuzbas)] Mun SA, Larin SA, Glushkov AN, Schastlivtsev EL, Brailovskii VV, Chukhrov IuS, Baibulatov RA.

35) *Anticancer Res.* 2008 Jul-Aug;28(4B):2061-6. Aberrant gene promoter methylation in sputum from individuals exposed to smoky coal emissions. Liu Y, Lan Q, Shen M, Jin J, Mumford J, Ren D, Keohavong P. Department of Environmental and Occupational Health, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15219, USA.

36) *Cent Eur J Public Health.* 2000 Feb;8(1):28-32. Health risk assessment for inhalation exposure to arsenic. Fabiánová E, Hettychová L, Koppová K, Hrubá F, Marko M, Maroni M, Grech G, Bencko V. State Institute of Public Health, Banská Bystrica, Slovak Republic.

37) *Scand J Work Environ Health.* 1999;25 Suppl 3:33-9. Environmental pollution and human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in the east Baltic region. Hemminki K, Veidebaum T. Department of Bioscience at Novum, Karolinska Institute, Huddinge, Sweden. Kari.Hemminki@cnt.ki.se

- 38) *J of Vegetation Science* 17: 195-206, 2006. Variables influencing the distribution of epiphytic lichens in heterogeneous areas: A case study for Liguria NW Italy, P. Giordani, DIP.TE.RIS Università di Genova
- 39) Comune della Spezia: La Città e l'ENEL. Atti del Convegno di Villa Marigola del 24 Novembre 1994. Comune di La Spezia, La Spezia, 1995
- 40) Olmez I, Centin Gulovali M, Gordon GE: Trace element concentration in the lichens near a coal-fired power plant. *Atmos Environ*, 19: 1663-1669, 1985.
- 41) Schottenfeld D, Fraumeni JF Jr (Eds): *Cancer epidemiology and prevention*, 2nd edn, Oxford University Press, NY, 1996.
- 42) Negri E, La Vecchia C, Decarli A: Cancer mortality in Italy, 1997: quantifying the fall in rates in women and men. *Tumori*, 87: 290-298, 2001.

- 43) Vercelli et al. Mortalità in Provincia di Savona 1999 – 2004, IST Genova
- 44) Puntoni, Vercelli et. al. Atlante della Mortalità nella Provincia di Savona 1988 – 1998, IST Genova
- 45) Franchini, M., et al. - Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies, *Ann. I.S.S.* (2004)
- 46) Report finale Progetto Europeo “Enhance Health” – Interreg III C East Program
- 47) Notiziario della Società Lichenologica Italiana, Vol. 14 – 2001 Biomonitoraggio della qualità dell'aria presso la centrale termoelettrica di Vado Ligure (SV) tramite licheni epifiti come bioindicatori e bioaccumulatori. Massimiliano LUPIERI Laurea in *Scienze Biologiche Università di Trieste*
- 48) HEALTH ASPECTS OF AIR POLLUTION RESULTS FROM THE WHO PROJECT “SYSTEMATIC REVIEW OF HEALTH ASPECTS OF AIR POLLUTION IN EUROPE” June 2004 WHO Europe
- 49) Speizer FE, Samet JM. Air pollution and lung cancer. In: *Epidemiology of Lung Cancer* Samet JM, ed). New York: Marcel Dekker, 1994; 131-146.
- 50) Karch NJ, Schneiderman MA. Explaining the Urban Factor in Lung Cancer Mortality. A report of the Natural Resources Defense Council. Washington, DC: Clement Associates, Inc., (1981).
- 51) *British Medical Bull.* 1996.
- 52) Air pollution in Europe 1990–2004, EEA Report No 2/2007
- 53) Ari Rabl - Environmental Impacts and Costs of Solid Waste: A Comparison of Landfill and Incineration. *Waste Management & Research*, april 2007.
- 54) Registro INES 2006.
- 55) Aaron J Cohen Outdoor air pollution and Lung Cancer, *Environ Health Perspect* 108(suppl 4):743-750 (2000).
- 56) A. Pope - Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States, *The New England journal of Medicine* Volume 360:376-386, January 22, 2009, Number 4