

## **VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA SALUTE DI ALCUNI INQUINANTI AMBIENTALI NEL COMUNE DI FOLIGNO**

Aggiornamento anno 2017



A cura del Dr. Armando Mattioli  
U.O. Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro – Area Nord  
Unità di Progetto “Ambiente e Salute”

## **Indice**

Criteri Generali: valutazione del rischio	pag. 3
Riferimenti scientifici e tecnico-operativi	pag. 4
I dati di popolazione, di mortalità e morbosità	pag. 4
Criteri di stima di impatto sulla salute di PM 10 e PM 2,5	pag. 6
Criteri di stima di rischio incrementale cancerogeno	pag. 8
Esposizione a PM2,5 e PM10 e stima di impatto	pag. 9
Cancerogeni: il rischio incrementale di tumori e limite dei Valori limite	pag. 10
Concentrazioni in aria di IPA, Benzene e metalli pesanti	pag. 11
Stima del rischio incrementale di tumori da Benzene ed IPA	pag. 12
Bibliografia	pag. 13

# L'IMPATTO SULLA SALUTE DI ALCUNI INQUINANTI AMBIENTALI

## Criteri generali

La valutazione dell'impatto dell'inquinamento ambientale sulla salute segue le regole ed i criteri della valutazione del rischio (**risk assessment**) definiti nel 1983 dal National Research Council <sup>(1)</sup> e validati più volte nel corso dei decenni seguenti fino ai nostri giorni <sup>(2,3,4)</sup>.

In questo processo devono essere coinvolte in primis USL ed ARPA, con il supporto laddove necessario di altre competenze tecniche e scientifiche, sulla base dello schema sotto riportato.

### LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

#### A) Individuazione del pericolo

#### B) Valutazione Esposizione

Competenza ARPA

(USL per eventuale monitoraggio biologico)

#### C) Valutazione Esposizione – Danno salute

Competenza USL

#### D) Caratterizzazione del rischio:

Quale è il danno per la salute e per quali e quante persone  
Competenza USL

#### A) Il pericolo

Proprietà intrinseca di una sostanza di provocare danni alla salute.

#### B) Valutazione Esposizione

**Stima** della quantità di sostanza pericolosa che viene assorbita per via respiratoria o per via orale (e, seppure più raramente, anche per via cutanea); è necessario conoscere le concentrazioni in aria, in acqua o negli alimenti della sostanza pericolosa e le modalità espositive.

**N.B. In questa relazione si utilizzeranno dati di concentrazione di inquinanti in aria, che non rappresentano una stima accurata della vera esposizione, ma permetteranno di ipotizzare gli scenari espositivi, fornendo una quantificazione del rischio quantomeno in termini di ordine di grandezza. Laddove possibile, si farà ricorso al principio cautelativo del “caso peggiore”**

#### C) Valutazione Dose (Esposizione) – Risposta (Danno salute)

La conoscenza delle caratteristiche tossicologiche di una sostanza, derivante da studi epidemiologici e da esperimenti sugli animali, per le sostanze non cancerogene permette di **stimare** la dose minima (dose soglia) necessaria per provocare un danno alla salute ed il rapporto fra aumento della dose assorbita e l'aumento della gravità dei sintomi. Per molte patologie tumorali, invece, non esiste una dose minima al di sotto della quale non c'è il rischio di ammalare, mentre l'aumento della dose assorbita provoca un aumento della probabilità di ammalare.

#### D) Caratterizzazione del rischio

Sulla base dei dati dei punti B) e C), si ottiene una **stima** qualitativa e quantitativa della patologia che interessa la popolazione esposta ad una sostanza tossica.

## Riferimenti scientifici e tecnico-operativi.

La valutazione dose – risposta e la caratterizzazione del rischio in questo report si basano sulle indicazioni scientifiche fornite, tra gli altri, dall’Istituto Superiore di Sanità (**ISS**), dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (**OMS**), dallo Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (**SCOEL**) della Commissione Europea, dall’U.S. Environmental Protection Agency (**US-EPA**), dall’Office of Environmental Health Hazard Assessment, dipartimento della California Environmental Protection Agency (**OEHHA-Cal/EPA**), dall’International Agency for Research on Cancer (**IARC**), da **Aphekom**, rete di Istituzioni scientifiche istituzionali europee.

Per quanto riguarda l’esposizione, sono stati utilizzati i dati delle misurazioni effettuate dalle centraline dell’ARPA di Carrara, Borgo Rivo, Le Grazie e Prisciano e sono stati considerati come rappresentativi dell’effettiva esposizione della popolazione.

In realtà, la stima dell’effettiva **Concentrazione di Esposizione** (CE) <sup>(5,6,7,8,9)</sup> della popolazione è di complessa determinazione, ma è un dato cruciale per poter effettuare una corretta stima dell’**Impatto Sanitario** o del **Danno Sanitario**, come definiti rispettivamente dal progetto VIIAS <sup>(10)</sup> o dall’Allegato A) del Decreto Ministero della Sanità e Ministero dell’Ambiente del 24 aprile 2013.

Per avere questo dato è indispensabile una stretta collaborazione fra il Dipartimento di Prevenzione della USL e l’ARPA.

I dati relativi all’inquinamento dell’aria e delle acque sotterranee sono quelli di ARPA Umbria tratti sia dalle relazioni annuali che dai dati direttamente reperibili sul sito <http://www.arpa.umbria.it> <sup>(11,12,13)</sup>

I dati relativi all’inquinamento da diossine e policlorobifenili diossino-simili sono quelli dell’Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia-Romagna e di quello dell’Abruzzo e del Molise delle campagne di monitoraggio 2012-2013 e 2015.

## I dati di popolazione e di mortalità

Nelle tab. A), B) (dati ISTAT 2016) si evidenzia la composizione della popolazione residente a Foligno e in quelle C), D) e E) la distribuzione della mortalità e della morbosità per fasce d’età su cui in base ai criteri di APHEKOM si è calcolata la stima di impatto della salute.

Tab. A)

Popolazione oggetto dello studio al 2016	
Età	Totale
<b>30-34</b>	3503
<b>35-39</b>	3827
<b>40-44</b>	4507
<b>45-49</b>	4257
<b>50-54</b>	4307
<b>55-59</b>	3802
<b>60-64</b>	3479
<b>65-69</b>	3659
<b>70-74</b>	2843
<b>75-79</b>	2761
<b>80-84</b>	2111

Tab. B)

Popolazione oggetto dello studio al 2016	
All Ages	57.125
15-64	35.610
65 and over	13.891

### I dati di mortalità e morbosità \*

Tab. C)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Age Group	2014	2015	2016
Tutte le cause di morte non esterne	001-799	A00-R99	All Ages	622	653	602

Tab. D)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Gruppi di età	2014	2015	2016	Totale 2011-2016
Mortalità totale	000-999	A00-Y98	30-34	0	3	1	4
	000-999	A00-Y98	35-39	3	5	0	8
	000-999	A00-Y98	40-44	3	3	4	10
	000-999	A00-Y98	45-49	9	1	5	15
	000-999	A00-Y98	50-54	3	7	6	16
	000-999	A00-Y98	55-59	11	16	15	42
	000-999	A00-Y98	60-64	18	14	21	53
	000-999	A00-Y98	65-69	36	37	26	99
	000-999	A00-Y98	70-74	53	46	41	140
	000-999	A00-Y98	75-79	62	63	64	189
	000-999	A00-Y98	80-84	100	118	97	315
	000-999	A00-Y98	85 e oltre	332	353	326	1.011
Mortalità Cardio-Vascolare	390-459	I00-I99	30-34	0	0	0	0
	390-459	I00-I99	35-39	0	1	0	1
	390-459	I00-I99	40-44	0	0	0	0
	390-459	I00-I99	45-49	2	1	1	4
	390-459	I00-I99	50-54	1	3	1	5
	390-459	I00-I99	55-59	1	0	3	4
	390-459	I00-I99	60-64	4	1	2	7
	390-459	I00-I99	65-69	9	14	3	26
	390-459	I00-I99	70-74	7	8	18	33
	390-459	I00-I99	75-79	17	18	15	50
	390-459	I00-I99	80-84	37	41	34	112
	390-459	I00-I99	85 e oltre	130	126	127	383

Tab. E)

Ricoveri ospedalieri per cardiopatie per tutte le età						
ANNO RICOVERO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
numero	756	716	670	642	614	651
Ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie per tutte le età						
ANNO RICOVERO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
numero	565	537	578	648	671	569
Ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie 14-65 anni						
ANNO RICOVERO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
numero	177	153	173	200	216	174
Ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie > 65 anni						
ANNO RICOVERO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
numero	298	318	310	354	373	326

\* Dati forniti dal responsabile dell'U.O. Epidemiologia, dr. Ubaldo Bicchielli.

## Stima dell'impatto sulla salute dell'inquinamento di PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

La stima dell'impatto sanitario da inquinamento da PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> rispettivamente per gli effetti a lungo termine e breve termine utilizza l'HIA Excel tool–Long-term e l'HIA Excel tool–short-term ed è stata effettuata secondo i criteri indicati nel Manuale di APHEKOM<sup>(14)</sup>.

Per i differenti eventi, la funzione di impatto sanitario è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta y = y_0 * (1 - e^{-\beta \Delta x})$$

Dove:  $\Delta y$  è il risultato dell'HIA inteso come decremento nel numero degli eventi sanitari;  $y_0$  è la linea di base dei dati sanitari;

$\Delta x$  è il decremeento delle concentrazioni dei contaminanti definite nei diversi scenari;

$\beta$  è la funzione di rischio legata alla concentrazione;

RR per 10 µg/m<sup>3</sup> =exp(10\*  $\beta$ ).

I risultati sono poi aggiustati per il numero di anni N per rendere una stima annuale.

$$\Delta y_{\text{scenario outcome annuale}} = \Delta y_{\text{scenario outcome}} / N.$$

I risultati sono infine aggiustati per la popolazione al fine di ottenere la stima annuale per 100.000

$$\Delta y_{\text{scenario outcome popolazione annuale}} = \Delta y_{\text{scenario outcome annuale}} / \text{pop.}$$

### Impatto a breve termine per il PM<sub>10</sub>

Il  $\Delta x$  è calcolato sulle medie annuali. Solo gli anni con meno del 25% di valori mancanti vengono utilizzati per la rilevazione dei dati ambientali ( $\Delta x$ ) e dei dati sanitari ( $y_0$ ).

Lo scenario considerato, utilizza la differenza fra la media annuale del PM10 del 2011 e quella del 2014, con un  $\Delta x=3,3$  µg/m<sup>3</sup>.

La metodologia di calcolo proposta nel tool Aphekcom e utilizzata nel lavoro è la seguente:

- il periodo di vita attesa è calcolata usando standard attuariali con tavole per gruppi quinquennali di età;

- Y è il numero degli anni considerati; nel presente studio è 3;

- x è l'età di partenza in ogni gruppo;

- n è la durata dell'intervallo di ciascun gruppo di età;

-  $n_{ax}$  è il numero medio di anni vissuti da chi è morto durante l'intervallo ed è stimato con n/2;

-  $nN_x$  è la popolazione in ogni gruppo di età;

-  $nD_x$  è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2011, 2012 e 2013;

-  $nM_x$  è il tasso di mortalità per ciascun gruppo di età calcolato come:

$$nM_x = nD_x / nN_x * Y$$

$nq_x$  è la probabilità di morire nel gruppo stimato come:

$$nq_x = n * nD_x / 1 + (n - n_{ax}) * nN_x$$

L'ultimo gruppo di età è rappresentato da un gruppo aperto e pertanto:

$nq_x = 1$ ; ovvero la probabilità di morire è certa.

$l_x$  è il numero delle persone vive nel gruppo.

Se ad esempio si considera un'ipotetica coorte di 100.000 persone vive all'età di 30 anni, il numero delle persone vive negli altri gruppi di età si calcola come:

$$l_{x+n} = l_x * (1 - nq_x)$$

$nD_x$  è il numero delle persone morte nel gruppo di età ed è calcolato come:

$$nD_x = l_x * nq_x$$

$nL_x$  è il numero degli anni vissuti per persona in ogni gruppo di età, calcolato come:

$$nL_x = n * l_{x+n} + n_{ax} * nD_x$$

Per l'ultimo gruppo di età:

$${}_nL_x = l_x / {}_nM_x$$

$T_x$  è il numero per anno di persone ipoteticamente in vita dopo aver raggiunto l'anno  $x$  ed è calcolato ripetutivamente a partire da  ${}_nL_x$ :

$$T_x = T_{x+n} + {}_nL_x$$

$E_x$  è l'aspettativa di vita all'età  $x$  calcolata come:

$$E_x = T_x / l_x$$

La tabella degli eventi attribuibili è calcolata usando lo stesso metodo, ad eccezione di  ${}_nD_x$  che è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2011, 2012 e 2013.

$${}_nD_x^{\text{attribuibili}} = {}_nD_x * e^{-\Delta x * \beta}$$

$\Delta x$  è la diminuzione della concentrazione prevista dallo scenario

$\beta$  è la funzione di rischio legata alla concentrazione.

RR per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3 = \exp(10 * \beta)$

### **Impatto a lungo termine per le PM2,5**

Per il PM2,5 lo scenario deriva dal medesimo delle PM10. Poichè per gli anni in studio non si disponeva della misura delle PM 2,5, stimando che rappresentino il 70% delle PM10, si è considerato  $\Delta x=2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3 (3,3 * 0,70 = 2,3)$

I risultati finali sono espressi:

- a) per gli effetti a lungo periodo delle PM2,5 sia come riduzione del numero annuale di decessi riferiti alla popolazione del comune di Foligno di età superiore ai 30 anni (81.114 abitanti) sia rapportandoli a 100.000 abitanti;
- b) per gli effetti di breve periodo delle PM10 sia come riduzione del numero annuale di decessi riferiti alla popolazione totale del comune di Foligno (109.110 abitanti) sia rapportandoli a 100.000 abitanti.

## Stima di rischio cancerogeno

Il rischio cancerogeno per la popolazione rappresenta la stima del numero dei casi addizionali di tumore dovuti ad una data esposizione per un certo periodo di tempo ad una sostanza cancerogena, detto rischio incrementale.

Il rischio incrementale viene stimato<sup>(4,5,7)</sup> utilizzando per la via respiratoria l’Inhalation Unit Risk (I.U.R.,  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$ ) o l’Inhalation Slope factor (S.F.inal  $[\text{mg}/\text{kg-giorno}]^{-1}$ ) e per quella orale l’Ingestion Slope factor (S.F. ing.  $[\text{mg}/\text{kg-giorno}]^{-1}$ ); sul valore di questi tre parametri, derivanti da studi sperimentali su animali e da studi epidemiologici, non c’è sempre concordanza fra diverse istituzioni scientifiche, pertanto in questo lavoro ne verranno utilizzati diversi, in particolare quelli **dell’Istituto Superiore di Sanità<sup>(7)</sup>**, dello **Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL)<sup>(15)</sup>**, dell’**OMS<sup>(16,17,18)</sup>**, dell’**EPA<sup>(19)</sup>** e dell’**OEHHA<sup>(20,21)</sup>**.

Nella presente relazione si è utilizzato solo I.U.R.

### Esposizione respiratoria<sup>(6,8,9)</sup>

#### Stima del rischio cancerogeno tramite I.U.R. :

La formula per il calcolo del rischio è la seguente

$$\text{Risk} = \text{I.U.R.} * \text{CE}$$

dove:

- **IUR**: “inhalation Unit Risk” espressa in  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ , vale a dire il rischio addizionale di sviluppare un tumore in un tempo vita di 70 anni all’interno di una ipotetica popolazione di 1.000.000 di persone le quali abbiano tutte una Concentrazione di Esposizione (EC) costante di un  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alla sostanza cancerogena nell’aria che respirano.

- **EC**: “Concentrazione di esposizione” espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$\text{EC} = (\text{CA} \cdot \text{ET} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED}) / \text{AT}$$

dove:

- **CA**: concentrazione del contaminante in aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),

- **ET**: tempo di esposizione (ore/giorno),

- **EF**: frequenza d’esposizione (giorni/anno),

- **ED**: durata d’esposizione (anni),

- **AT**: tempo sul quale l’esposizione è mediata (tutta la vita in anni  $\times$  365 giorni/anno  $\times$  24 ore/giorno).

#### Stima del rischio cancerogeno per sostanze genotossiche tramite I.U.R. :

In accordo con i documenti USEPA 2005 e EFH 2011, per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un’azione genotossica, si raccomanda di considerare il fattore di aggiustamento (**ADAF**) in funzione dell’età del bersaglio potenzialmente esposto.

I fattori di aggiustamento ADAF sono pari a:

- 10 per un’età compresa fra 0 e 2 anni ( $\text{ADAF}_{0-2}$ );
- 3 per un’età compresa fra 2 e 16 anni ( $\text{ADAF}_{3-16}$ );
- 1 per un’età maggiore di 16 anni (adulto) ( $\text{ADAF}_{>16}$ ).

Il rischio cancerogeno genotossico è espresso dalla seguente equazione:

$$\text{Risk} = \text{IUR} \cdot \text{EC}_{0-2} \cdot (\text{ADAF}_{0-2}) + \text{IUR} \cdot \text{EC}_{3-16} \cdot (\text{ADAF}_{3-16}) + \text{IUR} \cdot \text{EC}_{>16} \cdot (\text{ADAF}_{>16})$$

## Esposizione a PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> e stima di impatto

Nel 2017 c'è stata una notevole riduzione di tutti i parametri (tabb. 1, 2, 3).

Tab. 1 <b>PM<sub>10</sub></b> Media annuale (valore limite 40 µg/m <sup>3</sup> )									
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Foligno Porta Romana</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	26	21

Tab. 2 <b>PM<sub>10</sub></b> numero superamenti media giornaliera 50 µg/m <sup>3</sup> (valore limite 35)									
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Foligno Porta Romana</b>	41	29	50	35	38	39	37	38	15

Tab. 3 <b>PM<sub>2,5</sub></b> Media annuale (valore limite 25 µg/m <sup>3</sup> )									
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Foligno Porta Romana</b>					19	18	20	19	15

Al fine di una valutazione dell'efficacia degli interventi finalizzati a ridurre l'inquinamento adottati dalle Pubbliche Amministrazioni, si indicano gli **effetti nel lungo periodo**<sup>(10, 22, 23, 24)</sup> dovuti ad una riduzione delle PM<sub>2,5</sub> pari ad 1 µg/Nmc.

La stima è di circa 4,4 morti evitati l'anno per tutte le cause fra gli abitanti del comune di Foligno sopra i 30 anni d'età, (tabella 4) di cui 3,4 per le patologie cardio-vascolari, 0,4 per le patologie respiratorie e 0,4 i tumori del polmone (0,26).

Tab. 4) Numero morti annuali evitati <u>nel lungo periodo</u> in base ad un diminuzione di 1 µg/Nmc di PM <sub>2,5</sub>				
<b>Tutte le cause</b>		Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Numero di morti annuali medie nel triennio 2014-2016 per tutte le cause per età >=30 anni			634	
Stima morti annuali evitate	1,25	4,28	6,58	
Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)	3,02	10,31	15,87	
<b>Patologie cardiovascolari</b>				
Numero di morti annuali medie nel triennio 2014-2016 per età ≥ 30 anni			208	
Stima morti annuali evitate	1,9	2,8	3,5	
Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)	4,62	6,78	8,35	
<b>Patologie respiratorie e Tumori polmonari</b> <sup>(10)</sup>				
Stima morti annuali evitate per patologie respiratorie		≈ 0,4		
Stima morti annuali evitate per tumore polmone		≈ 0,4		

Analogamente, si indicano gli **effetti nel breve periodo**<sup>(10, 22, 23, 24)</sup> dovuti ad una riduzione delle PM10 pari a 1,4 µg/Nmc, tenuto conto che è questo il valore che corrisponde ad 1 µg/Nmc di PM2,5.

La stima è di circa x morte evitata l'anno escluse le cause esterne fra tutti gli abitanti del comune di Spoleto, (tabella 5) e di xx ricoveri in meno per patologie cardiorespiratorie (Tabella 6).

Tab. 5) Numero morti annuali evitate **nel breve periodo** per una diminuzione di 1,4 µg/Nmc di PM10

Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Numero di morti medie triennio 2011-2013 escluse cause esterne		<b>636</b>	
Stima morti annuali evitate	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>
Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>1,2</b>

Tab. 6) Numero ricoveri annuali evitati **nel breve periodo** per una diminuzione di 1,4 µg/Nmc di PM10

Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Ricoveri per patologie respiratorie			
Stima attribuibile alle PM10			
Ricoveri per patologie cardiache			
Stima attribuibile alle PM10			

## CANCEROGENI

### Rischio incrementale di tumori e limite dei Valori limite

Le principali agenzie internazionali che si occupano di tutela della salute dall'inquinamento ambientale, fissano l'accettabilità del rischio incrementale di tumori derivanti da esposizioni a cancerogeni ambientali per 70 anni ad un livello di 1/1.000.000 o di 1/100.000.

L'OMS, nelle sue Linee guida per la qualità dell'acqua, fissa il livello di rischio incrementale ad 1/100.000<sup>(16)</sup>.

Anche il D.Lgs 152/2006, Allegato 1 della parte V, fissa come obiettivo per le zone sottoposte a bonifica un rischio incrementale massimo di 1/1.000.000 per esposizione a singolo cancerogeno ed 1/100.000 per esposizioni multiple.

Da parte sua l'ECHA, l'Agenzia Europea per le sostanze chimiche, per le sostanze cancerogene e genotossiche senza valora di soglia prevede il DMEL (Derived Minimal Effect Level ossia il Livello di effetto minimo derivato) come valore limite; la questione oltre ad aspetti di natura scientifica pone implicazioni di natura etica, sociale e pertanto la decisione spetta al mondo della politica. Al momento la proposta dell'ECHA, tenuto conto degli orientamenti espressi a livello internazionale, è quella di fissare il rischio incrementale per i lavoratori a 1/100.000 e per la popolazione generale a 1/1.000.000<sup>(25)</sup>

Il valore limite per il benzo(a)pirene è di 1 ng/ m<sup>3</sup>, corrispondente ad un rischio incrementale di circa 0.1/100.000 per l'I.S.S.<sup>(7)</sup> e per l'OEHHA<sup>(20,21)</sup> e di 9/100.000 per l'O.M.S.<sup>(17,18)</sup>.

Il valore limite per il benzene è pari a 5 µg/ m<sup>3</sup>, che corrisponde ad un rischio incrementale di 3,4/100.000 (I.S.S.)<sup>(7)</sup>, 3/100.000 (O.M.S.)<sup>(17,18)</sup>, 4,1/100.000 (US-EPA)<sup>(19)</sup> e 14,5/100.000 (OEHHA)<sup>(20,21)</sup>; in questo caso emerge una chiara contraddizione fra acquisizioni scientifiche e normativa.

## Concentrazioni rilevate dall'ARPA Umbria

Tab. 5 <b>Ipa come Benzo(a)pirene:</b> valore limite: 1 ng/ m <sup>3</sup> * soglia di valutazione inferiore (SVI): 0.4 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore (SVS): 0.6 ng/m <sup>3</sup>										
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Foligno Porta Romana	0.7	0.7	0.8	0.7	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8	

Tab. 6 <b>Benzene</b> valore limite: 5 µg/m <sup>3</sup> * soglia di valutazione inferiore (SVI): 2.0 µg/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore (SVS): 3.5 µg/m <sup>3</sup>										
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Foligno Porta Romana	1.0	1.0	1.8	1.2	2.0	2.3	1.0	1.0	1.1	1.0

\* Esposizioni al livello del valore limite implicano un rischio incrementale di tumori maggiore di 1 su milione

Tab. 7 <b>Cadmio</b> , valore obiettivo: 5.0 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione inferiore: 2.0 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore: 3.0 ng/m <sup>3</sup>									
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Foligno Porta Romana	nd	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	nd	nd

Tab. 8 <b>Nichel</b> , valore obiettivo: 20 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione inferiore: 10 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore: 14 ng/m <sup>3</sup>										
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Foligno Porta Romana		1.8	1.3	2.0	1.2	1.5	1.3	nd	nd	nd

Tab. 9 <b>Arsenico</b> , valore obiettivo: 6.0 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione inferiore: 2.4 ng/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore: 3.6 ng/m <sup>3</sup>										
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Foligno Porta Romana		0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.4	nd	nd	nd

Tab. 10 <b>Piombo</b> , valore limite: 0.50 µg/m <sup>3</sup> soglia di valutazione inferiore: 0.25 µg/m <sup>3</sup> soglia di valutazione superiore: 0.35 µg/										
Stazione	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Foligno Porta Romana	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.004	nd	nd	nd

### Stima del rischio incrementale di neoplasie

Dal 2015 non vengono più determinati dall'ARPA i metalli pesanti in quanto molto spesso in concentrazioni anche al di sotto del limite di rilevabilità.

Si riportano invece i dati relativi a Benzene e Benzo (a) pirene in tabella 11, dove, nelle prime due colonne sono riportati gli organismi scientifici di riferimento ed il relativo I.U.R., nella terza ci sono le medie delle concentrazioni dei vari cancerogeni rilevate nel periodo 2008-2015.

Nella quarta colonna, in rosso sono evidenziate le situazioni che superano il rischio incrementale di 1 tumore su milione. Si vede, come nonostante i valori limite siano rispettati, il rischio incrementale di neoplasie sia superiore ad 1 su milione in 70 anni

Tab. 11

<b>Benzene, valore limite = 5 µg/ m<sup>3</sup></b>	Inhalation unit risk (µg/m <sup>3</sup> )	Inquinamento medio 2008-2017 (µg/m <sup>3</sup> ) < V.L.	Rischio incrementale neoplasie su milione in 70 anni
Benzene OMS	6,00E-06	<b>1,3</b>	<b>8</b>
Benzene EPA	8,30E-06	<b>1,3</b>	<b>11</b>
Benzene OEHHA	2,90E-05	<b>1,3</b>	<b>39</b>
Benzene ISS	6,89E-06	<b>1,3</b>	<b>9</b>
<b>Benzo(a)pirene, valore limite = 1 ng/ m<sup>3</sup></b>	Inhalation unit risk (µg/m <sup>3</sup> )	Inquinamento medio 2008-2017 (µg/m <sup>3</sup> ) < V.L.	Rischio incrementale neoplasie su milione in 70 anni
IPA (benzo (a) pirene) OEHHA + ISS	1,10E-03	<b>0,0009</b>	<b>1</b>
IPA (benzo (a) pirene) OMS	8,70E-02	<b>0,0009</b>	<b>78</b>

## Bibliografia

### 1) Risk assessment in the federal government. Managing the process

*National Research Council. 1983. National Academy Press, Washington, DC*

### 2) The NRC Risk Assessment Paradigm

*October 7, 2014, [www2.epa.gov/fera/nrc-risk-assessment-paradigm](http://www2.epa.gov/fera/nrc-risk-assessment-paradigm)*

### 3) Epidemiologia ambientale. Metodi di studio e applicazioni in sanità pubblica

*pag. 264-271, WHO in collaborazione con USEPA, a cura di ARPAT, Firenze, Giugno 2004*

### 4) Handbook for Implementing the Supplemental Cancer Guidance at Waste and Cleanup

*USEPA, December 20, 2012, <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/sghandbook/riskcalcs.htm>*

### 5) Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati

*Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT), revisione 2, marzo 2008*

### 6) Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati, Sito di Venezia – Porto Marghera

**Settembre 2014**

*ISS, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primari; INAIL Dipartimento Installazioni di Produzione e Insediamenti Antropici; AULSS 12 Veneziana, Dipartimento di Prevenzione; ARPA del Veneto.*

*[http://www.iss.it/binary/iasa/cont/Protocollo\\_per\\_monitoraggio\\_aria\\_inoor\\_outdoor\\_nei\\_siti\\_contaminati.pdf](http://www.iss.it/binary/iasa/cont/Protocollo_per_monitoraggio_aria_inoor_outdoor_nei_siti_contaminati.pdf)*

### 7) Banca Dati ISS-INAIL per Analisi di Rischio Sanitario Ambientale

*<http://www.iss.it/iasa/index.php?lang=1&tipo=%2040>, 2015*

### 8) Problematiche ambientali e sanitarie del sito contaminato denominato "Quadrante Est" nel Comune di Ferrara. Valutazione del rischio. Prima fase.

*Istituto Superiore di Sanità e Regione Emilia Romagna. Marzo 2012*

*[http://servizi.comune.fe.it/attach/ambiente/docs/fe\\_finale\\_istituto\\_superiore\\_di\\_sanita.pdf](http://servizi.comune.fe.it/attach/ambiente/docs/fe_finale_istituto_superiore_di_sanita.pdf)*

### 9) Studio di valutazione dell'esposizione inalatoria a contaminazione atmosferica nella città di Ferrara Prima fase.

*Anna Bastone, Maria Eleonora Soggiu et. al Istituto Superiore di Sanità, Rapporti ISTISAN 03/19, 2003*

### 10) L'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute. Metodi per la Valutazione Integrata dell'Impatto Ambientale e Sanitario dell'inquinamento atmosferico Atti del Convegno VIIAS, Roma, 4 Giugno 2015

### 11) Il monitoraggio operativo di corpi idrici sotterranei nell'anno 2013

*Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, Novembre 2014*

### 12) Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Relazione tecnica Anno 2011

*Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, Dicembre 2012*

### 13) Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Relazione tecnica Anno 2014

*Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, maggio 2015*

### 14) Health Impact Assessment of Outdoor Air Pollution

*Aphekomp - Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe. <http://si.easp.es/aphekomp/>*

- 15) Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL), European Commission**  
<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=22>
- 16) Guidelines for Drinking-water Quality**  
*World Health Organization, 2011*
- 17) Air Quality Guidelines For Europe**  
*WHO Regional publications, European series, n° 91, second edition, 2000*
- 18) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants**  
*WHO Regional publications, 2010*
- 19) Integrated Risk Information System (I.R.I.S.)**  
US-EPA, [www.epa.gov/iris/index.html](http://www.epa.gov/iris/index.html)
- 20) Technical Support Document for Cancer Potency Factors: Methodologies for derivation, listing of available values, and adjustments to allow for early life stage exposures**  
*California Environmental Protection Agency, Office Environ. Health Hazard Assessment. May 2009*
- 21) Cancer Potency Values as of July 21**  
*California Environmental Protection Agency, Office Environ. Health Hazard Assessment, July 2009*
- 22) Inquinamento atmosferico e salute umana**  
*Epidemiol Prev 2009; 33(6) suppl 2: 1-72*
- 23) Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project**  
*The Lancet, Volume 383, No. 9919, p785–795, 1 March 2014*
- 24) Impatto sanitario delle polveri sottili ad Ancona negli anni 2009-2011,**  
*M. Mariottini et al., ARPA Marche, Dipartimento di Ancona, Servizio Epidemiologia Ambientale, Marzo 2015*
- 25) Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. Part E: Risk Characterisation.**  
*European Chemicals Agency (ECHA), Version 3.0, May 2016*
- 26) Polychlorinated Dibenzo- para-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans**  
*IARC MONOGRAPHS ON THE evaluationON OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS  
VOLUME 69, 4-11 Februar 1997*
- 27) EPA's Reanalysis of Key Issues Related to Dioxin Toxicity and Response to NAS Comments**  
*Volume 1 (CAS No. 1746-01-6) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), February 2012*
- 28) TOXICOLOGICAL PROFILE FOR POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)**  
*U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, November 2000*
- 29) Dioxin And Cancer**  
*Chemical & Engineering News August 2, 2010, Volume 88, Number 31 pp. 33 – 34,  
DOI:10.1021/CEN072710124804, Copyright © 2011 American Chemical Society*

**30) No Evidence of Dioxin Cancer Threshold**

*D. Mackie et al., Princeton University, Princeton, New Jersey; USA Environmental Health Perspectives, VOLUME 111 / NUMBER 9 / July 2003*

**31) A Comparison of Dioxin RiskCharacterizations**

*The Chlorine Chemistry Council,®May 2002*

**32) Diossine Furani e PCB**

*APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, Febbraio 2006*

**33) Diossine, PCB, IPA - guida alla lettura dei risultati analitici**

*ARPA Piemonte, 2015*

**34) Regolamenti CE 277/2012 e CE 2006-1881, Raccomandazione 11.09.2014**

**35) Dioxins and PCBs in feed and food--review from European perspective**

*Malisch R., Kotz A. Sci Total Environ. 2014 Sep 1;491-492:2-10.*

**36) Use of the Toxicity Equivalency Factor (TEFWHO-05); Scheme for Estimating Toxicity of Mixtures of Dioxin-Like Chemicals**

*TECHNICAL SUPPORT DOCUMENT FOR CANCER POTENCY FACTORS, APPENDIX C, January 2011*

**37) "Indagine sui consumi alimentari in Italia: INRAN-SCAI 2005-2006"**

*Parte B: I risultati dei consumi alimentari. Osservatorio Consumi Alimentari, INRAN. Roma, 2011.*

**38) Food consumption patterns in Italy: the INN-CA Study 1994-1996**

*Turrini A. et. Al.; Eur J Clin Nutr. 2001 Jul;55(7):571-88.*

**39) Il consumo di uova della famiglia media italiana**

*Veterinaria Italiana, 46 (3), 287-300; 2010*

**40) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**

*Volume 63 (IARC 1995)*

**41) Tetrachloroethylene, IARC Monography 2012**

**42) Recommendation of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**

*SCOEL/SUM/133, june 2009*

**43) Background document for development Guidelines for drinking-water quality**

*© WHO 2003*

**44) Concise International Chemical Assessment Document 68, Tethrachlorethene**

*© WHO 2006*

**45) Toxicological review of Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**

*US-EPA, February 2012*

**46) Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**

*CASRN 127-18-4; Integrated Risk Information System, US-EPA,2012*

**47) Toxicity Factors: Toxicity Factors for Tetrachloroethylene (PCE)**

*New Jersey Dept. of Environmental Protection 9/30/2008*

**48) Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Guideline Technical Document**

*CAREX Canada, 2015*

**49) Health Based Value for Groundwater**

*Minnesota Department of Health, Health Risk Assessment Unit, Envir. Health Division, July 2014*

**50) Summary of the Basis of Cancer Risk Values for Tetrachloroethylene**

*Massachusetts Department of Environmental Protection (MassDEP), Office of Research and Standards, January 22, 2014*

**51) Public Health Goal for TETRACHLOROETHYLENE In Drinking Water**

*California Environmental Protection Agency, Office Environmental Health Hazard Assessment, 2001*