



**SITUAZIONE EPIDEMIOLOGICA
E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SANITARIO
DEGLI INQUINANTI AMBIENTALI
NEL COMUNE DI TERNI**

(Secondo report - rev. 2.2 del 11 aprile 2016)

**Aggiornamento dell'impatto sanitario
nell'anno 2015**

**Dr. Armando Mattioli
U.O. P.S.A.L. Area Nord**

Indice

Premessa	pag. 3
Criteri Generali: valutazione del rischio	pag. 4
Materiali e Metodi	pag. 5
Impatto di PM 10 e PM 2,5	pag. 5
Stima di rischio cancerogeno	pag. 9
PM 2,5 e PM10	pag. 12
Cancerogeni	
Concentrazioni IPA, Benzene e metalli pesanti	pag. 13
Stima del rischio metalli pesanti	pag. 14
Stima del rischio Benzene	pag. 15
Stima del rischio IPA	pag. 16
Valutazione d’impatto sanitario per contaminazione di alimenti con diossine, furani e DL PCB	pag. 17
Valutazione dose-risposta	
Effetti cronici non cancerogeni	
Effetti cancerogeni	pag. 18
Confronto fra diversi valori limite	
Valutazione dell’esposizione	pag. 22
Caratterizzazione del rischio	pag. 23
Inquinamento acquedotto da Tetracloroetilene	pag. 24
Bibliografia	pag. 25

Premessa

La presente relazione costituisce un aggiornamento della relazione “SITUAZIONE EPIDEMIOLOGICA E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SANITARIO DEGLI INQUINANTI AMBIENTALI NEL COMUNE DI TERNI” del 2015.

La relazione si incentra sui dati dell'inquinamento dell'aria legato a PM2,5 e PM10, al benzene, agli IPA ed ai metalli pesanti elaborati con le stesse modalità della relazione 2015, con l'aggiunta, rispetto ad essa, della stima della morbosità basata sui dati delle Schede di Dimissione Ospedaliera*.

Si è trattato in modo più approfondito il rischio legato alle diossine presenti negli alimenti (latte, uova, insalata, zucchine e carne rossa), con elaborazione dei dati dei campionamenti effettuati negli anni 2012-2015. Su questa tematica si è anche affrontato l'aspetto riguardante le incertezze e le controversie esistenti in ambito scientifico, soprattutto rispetto al rischio cancerogeno. La trattazione è tutt'altro che esaustiva, ma pone quantomeno l'attenzione sulla necessità di uscire da schemi di ragionamento propri della scienza “normale” o riduttivistici, a volte non privi di contraddizioni interne, per cominciare a ragionare in termini di scienza “post normale”.

Si è anche affrontata una questione che, soprattutto a livello mediatico, ha rappresentato “un'emergenza”, vale a dire l'inquinamento dell'acquedotto da tetracloroetilene avvenuto nell'inverno 2015.

La parte relativa all'aggiornamento della situazione epidemiologica è in corso di elaborazione, essendo inserita nel profilo di salute redatto dal collega dr. Ubaldo Bicchielli

* Si ringraziano il dr. Ubaldo Bicchielli e la dr.ssa Chiara Cappuccini per aver fornito i dati disaggregati relativi alle Schede di Dimissione Ospedaliera.

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 ⁽¹⁾ e validati più volte nel corso dei decenni seguenti fino ai nostri giorni ^(2,3,4).

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, acqua ed alimenti 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.

MATERIALI E METODI

Riferimenti scientifici

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)** ^(5,6,7,8,9) 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 ⁽¹⁰⁾ 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.

Dati di esposizione

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> ^(11,12,13)

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.

Stima dell’impatto sanitario da inquinamento di PM_{2,5} e PM₁₀

La stima dell’impatto sanitario da inquinamento da PM_{2,5} e PM₁₀ 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 ⁽¹⁴⁾.

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

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

Dove: Δy è il risultato dell’HIA inteso come decremento nel numero degli eventi sanitari;

y_0 è la linea di base dei dati sanitari;

Δx è il decremento delle concentrazioni dei contaminanti definite nei diversi scenari;

β è la funzione di rischio legata alla concentrazione;

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

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 PM10

Il Δx é calcolato sulle medie annuali. Solo gli anni con meno del 25% di valori mancanti vengono utilizzati per la rilevazione dei dati ambientali (Δx) 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 $\Delta x = 3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

- il periodo di vita attesa é calcolata usando standard attuariali con tavole per gruppi quinquennali di età;
- Y é il numero degli anni considerati; nel presente studio è 3;
- x é l'età di partenza in ogni gruppo;
- n é la durata dell'intervallo di ciascun gruppo di età;
- n_{ax} é il numero medio di anni vissuti da chi é morto durante l'intervallo ed é stimato con $n/2$;
- ${}_nN_x$ é 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;
- ${}_nM_x$ é il tasso di mortalità per ciascun gruppo di età calcolato come:

$${}_nM_x = {}_nD_x / {}_nN_x * Y$$

${}_nq_x$ é la probabilità di morire nel gruppo stimato come:

$${}_nq_x = n * {}_nD_x / 1 + (n - n_{ax}) * {}_nN_x$$

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

$${}_nq_x = 1; \text{ ovvero la probabilità di morire è certa.}$$

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:

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

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

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

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

$$E_x = T_x / l_x$$

La tabella degli eventi attribuibili é 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.

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

Δx é la diminuzione della concentrazione prevista dallo scenario

β 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 Terni 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 Terni (109.110 abitanti) sia rapportandoli a 100.000 abitanti.

I dati di popolazione e di mortalità

Dalle tab. A, B, C e D (dati ISTAT) si evidenzia la composizione della popolazione residente a Terni e la distribuzione della mortalità per fasce d'età su cui in base ai criteri di APHEKOM si è calcolata la stima di impatto sanitario in termini di mortalità.

Tab. A)

Tab. B)

Popolazione totale oggetto dello studio al 2012	
30-34	6.482
35-39	8.154
40-44	8.766
45-49	8.614
50-54	7.264
55-59	6.894
60-64	7.393
65-69	6.871
70-74	6.809
75-79	5.238
80-84	4.367
85 e oltre	4.262
Totale	81.114

Popolazione totale oggetto dello studio al 2012	
Tutte le età	109.110
15-64	68.151
65 e oltre	27.547

Tab. C)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Age Group	2012	2013	2014
Tutte le cause di morte non esterne	001-799	A00-R99	All Ages	1.379	1.300	1262

Tab. D)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Gruppi di età	2012	2013	2014	Totale 2012-2014
Mortalità totale	000-999	A00-Y98	30-34	1	1	3	5
	000-999	A00-Y98	35-39	6	4	4	14
	000-999	A00-Y98	40-44	10	16	8	34
	000-999	A00-Y98	45-49	19	13	14	46
	000-999	A00-Y98	50-54	23	19	13	55
	000-999	A00-Y98	55-59	32	28	41	101
	000-999	A00-Y98	60-64	59	45	48	152
	000-999	A00-Y98	65-69	72	68	56	196
	000-999	A00-Y98	70-74	113	127	107	347
	000-999	A00-Y98	75-79	166	149	159	474
	000-999	A00-Y98	80-84	253	235	228	716
	000-999	A00-Y98	85 e oltre	656	613	603	1872
Mortalità Cardio-Vascolare	390-459	I00-I99	30-34	0	0	1	1
	390-459	I00-I99	35-39	0	0	0	0
	390-459	I00-I99	40-44	2	1	1	4
	390-459	I00-I99	45-49	1	3	5	9
	390-459	I00-I99	50-54	7	2	5	14
	390-459	I00-I99	55-59	6	2	11	19
	390-459	I00-I99	60-64	14	7	9	30
	390-459	I00-I99	65-69	14	18	12	44
	390-459	I00-I99	70-74	36	32	27	95
	390-459	I00-I99	75-79	61	40	58	159
	390-459	I00-I99	80-84	101	91	79	271
	390-459	I00-I99	85 e oltre	331	314	292	937

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.

Il rischio viene stimato^(4,5,7) 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 [$\text{mg}/\text{kg}\text{-giorno}$]⁻¹) e per quella orale l'Ingestion Slope factor (S.F. ing. [$\text{mg}/\text{kg}\text{-giorno}$]⁻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⁽⁷⁾, dello Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL)⁽¹⁵⁾, dell'OMS^(16,17,18), dell'EPA⁽¹⁹⁾ e dell'OEHHA^(20,21).

Esposizione respiratoria^(6,8,9)

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

La formula per il calcolo del rischio è la seguente

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

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 x 365 giorni/anno x 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 (ADAF_{0-2});
- 3 per un'età compresa fra 2 e 16 anni (ADAF_{3-16});
- 1 per un'età maggiore di 16 anni (adulto) ($\text{ADAF}_{>16}$).

Il rischio cancerogeno genotossico è espresso dalla seguente equazione:

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

Stima del rischio cancerogeno per sostanze genotossiche tramite lo S.F.inal:

la formula è:

$$\text{Risk} = E \times \text{S.F.inal}$$

dove:

S.F.inal: (Slope Factor [mg/kg d]⁻¹) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose, ed E è mediata su di un periodo di esposizione pari a 70 anni (AT = 70 anni); esso viene calcolato così:

$$\text{S.F.inal} = \text{I.U.R} * 70(\text{kg}) * 1.000 (\mu\text{g} / \text{mg}) / 20 (\text{m}^3/\text{giorno})$$

E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante.

Il fattore E è dato dal prodotto tra la concentrazione, calcolata in corrispondenza del punto di esposizione Cpoe, es. [mg/m³], e la portata effettiva di esposizione EM, es. [m³ /kg d] che rappresenta la quantità di aria inalata al giorno per unità di peso corporeo:

$$E = \text{Cpoe} \times \text{EM}$$

dove

$$\text{EM} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Kg} \times \text{giorno}} \right] = \frac{\text{BoAd} \times \text{EF}_g \times \text{EF} \times \text{EDAd}}{\text{BWAd} \times \text{AT} \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}} + \frac{\text{BoBam} \times \text{EF}_g \times \text{EF} \times \text{EDBam}}{\text{BWBam} \times \text{AT} \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$$

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)	Simbolo	Unità di Misura	Residenziale	
			Adulto	Bambino
Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione				
Peso corporeo	BW	kg	70	15
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	ATc	anni	70	70
Inalazione di Aria Outdoor (AO)				
Durata di esposizione	ED	anni	24	6
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor	EFgo	ore/giorno	24	24
Inalazione outdoor	Bo	m ³ /ora	0,9 (a)	0,7 (a)

Esposizione per via orale ^(4, 5)

Poiché l'età giovanile è maggiormente vulnerabile agli effetti dei cancerogeni, la stima del rischio è aggiustata per età, secondo fattori di correzione riferiti a 4 intervalli di età:

Età (anni)	Fattori di esposizione	Durata esposizione (anni)	ADAF
0 - <2	Bambino	2	10
2 - <6	Bambino	4	3
6 - <16	Adulto	10	3
16 - <30	Adulto	14	1

Per ogni intervallo di età "i", il rischio per esposizione tramite una specifica via è calcolato così:

$$\text{Risk}_i = C \times \frac{\text{IR}_i \times \text{Efi} \times \text{ED}_i}{\text{BW}_i \times \text{AT}} \times \text{SF} \times \text{ADAF}_i$$

- C** = Concentrazione della sostanza chimica nel medium ambientale contaminato (terreno o acqua) al quale la persona è esposta. I valori sono espressi in mg/kg per il suolo and mg/L per l'acqua.
- IR_i** = Rateo di assorbimento del medium ambientale contaminato per l'intervallo di età "i". I parametri sono mg/giorno per il terreno e L/giorno per l'acqua.
- BW_i** = Peso corporeo della persona esposta per l'intervallo di età "i" (kg).
- EF_i** = Frequenza di esposizione per intervallo d'età "i" (giorni/anno): indica quanto spesso una persona è esposta nel corso dell'anno al medium ambientale contaminato.
- ED_i** = Durata dell'esposizione "i" (anni): indica quanto a lungo una persona è probabile che sia esposta al medium ambientale contaminato nella sua vita.
- AT** = Tempo medio (giorni). Questo parametro specifica il tempo su cui la dose media viene calcolata. Per quantificare il rischio cancerogeno, l'esposizione su tutta la vita comporta un tempo medio di 70 anni (70 anni × 365 giorni/anni).
- SF** = slope factor (mg/kg-day)⁻¹
- ADAF_i** = Fattore di aggiustamento età-dipendente per fascia di età "i"

Il rischio totale per un individuo è la somma dei rischi di tutti e quattro gli intervalli di età. Ad esempio, il rischio addizionale di cancro per un individuo esposto per 30 anni a partire dalla nascita in un dato luogo è calcolato così:

$$\text{Risk}_{0-<2} = C \times \frac{\text{IR}_{\text{bam}} \times \text{Ef}_{\text{bam}} \times \text{ED}_{\text{bam}}}{\text{BW}_{\text{bam}} \times \text{AT}} \times \frac{2}{70 \times 365} \times \text{SF} \times 10$$

$$\text{Risk}_{2-<6} = C \times \frac{\text{IR}_{\text{bam}} \times \text{Ef}_{\text{bam}} \times \text{ED}_{\text{bam}}}{\text{BW}_{\text{bam}} \times \text{AT}} \times \frac{4}{70 \times 365} \times \text{SF} \times 3$$

$$\text{Risk}_{6-<16} = C \times \frac{\text{IR}_{\text{ad}} \times \text{Ef}_{\text{ad}} \times \text{ED}_{\text{ad}}}{\text{BW}_{\text{ad}} \times \text{AT}} \times \frac{10}{70 \times 365} \times \text{SF} \times 3$$

$$\text{Risk}_{16-<30} = C \times \frac{\text{IR}_{\text{ad}} \times \text{Ef}_{\text{ad}} \times \text{ED}_{\text{ad}}}{\text{BW}_{\text{ad}} \times \text{AT}} \times \frac{14}{70 \times 365} \times \text{SF} \times 1$$

e

$$\text{Total Risk} = \text{Risk}_{0-<2} + \text{Risk}_{2-<6} + \text{Risk}_{6-<16} + \text{Risk}_{16-<30}$$

Esposizione ad inquinanti ambientali aerodispersi PM2,5 e PM10

Nelle stazioni ARPA Le Grazie, che conferma il dato peggiore, Carrara, Borgo Rivo la concentrazione media delle PM2.5 è passata da 21µg/m3 del biennio 2013-2014 a 23,7 µg/m3 nel 2015 (tab. 1), mentre quella delle PM10 da 28.7 µg/m3 del 2014 a 33 µg/m3 nel 2015, con aumento anche dei superamenti del valore limite giornaliero (tab. 2). Per Prisciano e Maratta non ci sono dati di confronto per il 2014.

Tab. 1 PM2,5 valore limite media annuale 25 µg/m3	Media annuale		Tab. 2 PM10, valori limite 35 superamenti media giornaliera 50 µg/m3	Media annuale 40 µg/m3			
	Stazioni	Media 2013-2014		2015	Stazioni	n. superamenti 2014	2015
Terni- Le Grazie	22	24	Terni - Le Grazie	57	69	32	36
Terni - Borgo Rivo	21	24	Terni - Borgo Rivo	39	62	27	31
Terni - Carrara	20	23	Terni - Carrara	32	51	27	32
Terni - Prisciano		21	Terni - Prisciano		41		33
Terni - Maratta		18	Terni - Maratta		45		30

Gli **effetti nel lungo periodo**^(10, 22, 23, 24) dell'aumento delle PM2,5 nel 2015 rapportato al periodo 2013-2014 è stimabile in **circa 21 morti in più l'anno** per tutte le cause fra gli abitanti del comune di Terni sopra i 30 anni d'età, (Tabella 3). Le morti stimabili per anno per le patologie **cardio-vascolari** sono **16**, per le **patologie respiratorie 2.6**, per i **tumori del polmone 2.4**.

Tab. 3 Stima del numero morti annuali aggiuntive nel lungo periodo in base ad aumento del 2015.			
Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Numero di morti medie nel triennio 2011-2013 per tutte le cause per età >=30 anni		1351.33	
morti aggiuntive annuali	7.2	21	37.5
morti annuali aggiuntive (tasso x 100.000)	8.9	26	46.3
Patologie cardiovascolari			
morti aggiuntive annuali	10.9	16	19.7
morti annuali aggiuntive (tasso x 100.000)	13.4	19.7	24.2
Patologie respiratorie ⁽¹⁰⁾			
morti aggiuntive annuali	n.d.	≈2.6	n.d.
Tumori polmonari ⁽¹⁰⁾			
morti aggiuntive annuali	n.d.	≈ 2.4	n.d.

Gli effetti a **breve termine** delle PM10 sono stimabili in circa 3 morti in più rispetto al 2014, 6 ricoveri in più per patologie respiratorie e 4 in più per patologie cardiache (tab. 4).

Tab. 4	Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
	Numero di morti medie triennio 2011-2013 escluse cause esterne		1328	
	Stima del numero morti annuali aggiuntive nel 2015	2,3	3,4	4,5
	Stima del numero morti annuali aggiuntive nel 2015 (tasso x 100.000)	2,1	3,1	4,2 (segue)

Segue tab. 4	Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
	Ricoveri per patologie respiratorie		1165	
	Stima attribuibile alle PM10	3,1	≈6	8,3
	Ricoveri per patologie cardiache		1580	
	Stima attribuibile alle PM10	2	≈4	6,1

CANCEROGENI

Tab. 5			
Benzene valore limite: 5 µg/m ³ soglia di valutazione inferiore (SVI): 2.0 µg/m ³ soglia di valutazione superiore (SVS): 3.5 µg/m ³			
Stazioni	media 2014	media 2015	
Terni - Borgo Rivo	1.4	1,6	
Terni - Dalmazia		1,5	
Terni - Brin		1,5	
Terni - Le Grazie	1.3	0,9	
Terni - Carrara	1.1	0,5	

Tab. 6			
Ipa come Benzo(a)pirene: valore limite: 1 ng/m ³ soglia di valutazione inferiore (SVI): 0.4 ng/m ³ soglia di valutazione superiore (SVS): 0.6 ng/m ³			
Stazioni	media 2014	media 2015	
Terni- Le Grazie	1,3	1,2	
Terni - Borgo Rivo	1,3	1,3	
Terni - Carrara U/T 1.0	1,0	1,0	
Terni Prisciano		0,8	

Metalli

Tab. 7			
Cadmio , valore obiettivo: 5.0 ng/m ³ soglia di valutazione inferiore: 2.0 ng/m ³ soglia di valutazione superiore: 3.0 ng/m ³			
Stazioni	media 2014	media 2015	
Terni - Prisciano		0,6	
Terni - Le Grazie	0.2	0,4	
Terni - Carrara	0.3	0,4	
Terni - Borgo Rivo	0.2	0,3	

Tab. 8			
Nichel , valore obiettivo: 20 ng/m ³ soglia di valutazione inferiore: 10 ng/m ³ soglia di valutazione superiore: 14 ng/m ³			
Stazioni	media 2014	media 2015	
Terni - Prisciano		36,7	
Terni - Carrara	19.4	18,6	
Terni - Le Grazie	10	10,1	
Terni - Borgo Rivo	5.4	6,2	

Tab. 9 Arsenico , valore obiettivo: 6.0 ng/m ³ soglia di valutazione inferiore: 2.4 ng/m ³ soglia di valutazione superiore: 3.6 ng/m ³		
Stazioni	media 2014	media 2015
Terni – Carrara	0.7	0.7
Terni - Prisciano		0.6
Terni – Le Grazie	0.6	0.5
Terni – Borgo Rivo	0.4	0.5

Tab. 10 Piombo , valore limite: 0.50 µg/m ³ soglia di valutazione inferiore: 0.25 µg/m ³ soglia di valutazione superiore: 0.35 µg/m ³		
Stazioni	media 2014	media 2015
Terni - Prisciano		0.029
Terni – Carrara	0.009	0.008
Terni- Le Grazie	0.007	0.007
Terni – Borgo Rivo	0.006	0.006

Tab. 11 Cromo tot. Unità misura: ng/m ³	2015
Terni - Prisciano	148,9
Terni - Carrara	54,1
Terni - Le Grazie	27,9
Terni - Borgo Rivo	18,7

Tab. 12 Cromo VI Unità misura: ng/m ³	2015
Terni - Prisciano	3,3
Terni - Borgo Rivo	1
Terni – Via Dalla Chiesa	≈0,5

Legenda	
	> valore limite
	> soglia di valutazione superiore (SVS)
	> soglia di valutazione inferiore (SVI)
	< soglia di valutazione inferiore (SVI)

“Accettabilità” del rischio

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⁽¹⁶⁾.

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 1/100.000.

Il valore limite per il benzo(a)pirene è di 1 ng/ m³, corrispondente ad un rischio incrementale di circa 0.1/100.000 per l'I.S.S.⁽⁷⁾ e per l'OEHHA^(20,21) e di 9/100.000 per l'O.M.S.^(17,18).

Il valore limite per il benzene è pari a 5 µg/ m³, che corrisponde ad un rischio incrementale di 3,4/100.000 (I.S.S.)⁽⁷⁾, 3/100.000 (O.M.S.)^(17,18), 4,1/100.000 (US-EPA)⁽¹⁹⁾ e 14,5/100.000 (OEHHA)^(20,21); in questo caso emerge una chiara contraddizione fra acquisizioni scientifiche e normativa.

Stima del rischio

Tab. 13

ARSENICO	unit risk (mcg/m3)	air pollution (mcg/m3)	lifetime cancer risk	cancer lifetime/10 ⁵	<i>Arsenico</i>	ng/m3
As OEHHA	0,0033	0,0005	1,65E-06	0,17	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	0,5
As OMS	0,0015	0,0005	7,50E-07	0,08		
As ISS	0,0042	0,0005	2,10E-06	0,21		
As OEHHA	0,0033	0,0007	2,31E-06	0,23	<u>Terni - Carrara</u>	0,7
As OMS	0,0015	0,0007	1,05E-06	0,11		
As ISS	0,0042	0,0007	2,94E-06	0,29		
As OEHHA	0,0033	0,0005	1,65E-06	0,17	<u>Terni - Le Grazie</u>	0,5
As OMS	0,0015	0,0005	7,50E-07	0,08		
As ISS	0,0042	0,0005	2,10E-06	0,21		
As OEHHA	0,0033	0,0008	2,64E-06	0,26	<u>Terni-Prisciano</u>	0,8
As OMS	0,0015	0,0008	1,20E-06	0,12		
As ISS	0,0042	0,0008	3,36E-06	0,34		

CADMIO	unit risk (mcg/m3)	air pollution (mcg/m3)	lifetime cancer risk	cancer lifetime/10 ⁵	<i>Cadmio</i>	ng/m3
Cd ISS	0,0018	0,0003	5,40E-07	0,05	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	0,3
Cd OMS	0,002	0,0003	6,00E-07	0,06		
Cd ISS	0,0018	0,0004	7,20E-07	0,07	<u>Terni - Carrara</u>	0,4
Cd OMS	0,002	0,0004	8,00E-07	0,08		
Cd ISS	0,0018	0,0004	7,20E-07	0,07	<u>Terni - Le Grazie</u>	0,4
Cd OMS	0,002	0,0004	8,00E-07	0,08		
Cd ISS	0,0018	0,0006	1,08E-06	0,11	<u>Terni-Prisciano</u>	0,6
Cd OMS	0,002	0,0006	1,20E-06	0,12		

NICHEL	unit risk (mcg/m3)	air pollution (mcg/m3)	lifetime cancer risk	cancer lifetime/10 ⁵	<i>Nichel</i>	ng/m3
Ni ISS (OEHHA)	0,00026	0,0062	1,61E-06	0,16	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	6,2
Ni TCEQ *	0,00017	0,0062	1,05E-06	0,11		
Ni OMS	0,00038	0,0062	2,36E-06	0,24		
Ni ISS (OEHHA)	0,00026	0,0186	4,84E-06	0,48	<u>Terni - Carrara</u>	18,6
Ni TCEQ *	0,00017	0,0186	3,16E-06	0,32		
Ni OMS	0,00038	0,0186	7,07E-06	0,71		
Ni ISS (OEHHA)	0,00026	0,0101	2,63E-06	0,26	<u>Terni - Le Grazie</u>	10,1
Ni TCEQ *	0,00017	0,0101	1,72E-06	0,17		
Ni OMS	0,00038	0,0101	3,84E-06	0,38		
Ni ISS (OEHHA)	0,00026	0,0367	9,54E-06	0,95	<u>Terni - Prisciano</u>	36,7
Ni TCEQ *	0,00017	0,0367	6,24E-06	0,62		
Ni OMS	0,00038	0,0367	1,39E-05	1,39		

* Texas commission environmental quality, Nickel and Inorganic Nickel Compounds, D.S.

Document 2011

PIOMBO					<i>Piombo</i>	µg/m3
piombo OEHHA	1,20E-05	0,006	7,20E-08	0,01	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	0,006
piombo OEHHA	1,20E-05	0,008	9,60E-08	0,01	<u>Terni - Carrara</u>	0,008
piombo OEHHA	1,20E-05	0,007	8,40E-08	0,01	<u>Terni - Le Grazie</u>	0,007
piombo OEHHA	1,20E-05	0,029	3,48E-07	0,03	<u>Terni - Prisciano</u>	0,029

Benzene ISS	0,0000078	0,9	7,02E-06	0,70	<u>Terni - Le Grazie</u>	0,9
Benzene OMS	0,000006	0,9	5,40E-06	0,54		
Benzene EPA	0,0000083	0,9	7,47E-06	0,75		
Benzene OEHHA	0,000029	0,9	2,61E-05	2,61		
Benzene ISS	0,0000078	1,6	1,25E-05	1,25	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	1,6
Benzene OMS	0,000006	1,6	9,60E-06	0,96		
Benzene EPA	0,0000083	1,6	1,33E-05	1,33		
Benzene OEHHA	0,000029	1,6	4,64E-05	4,64		
Benzene ISS	0,0000078	1,5	1,17E-05	1,17	<u>Terni - Dalmazia</u>	1,5
Benzene OMS	0,000006	1,5	9,00E-06	0,90		
Benzene EPA	0,0000083	1,5	1,25E-05	1,25		
Benzene OEHHA	0,000029	1,5	4,35E-05	4,35		
Benzene ISS	0,0000078	1,5	1,17E-05	1,17	<u>Terni - Brin</u>	1,5
Benzene OMS	0,000006	1,5	9,00E-06	0,90		
Benzene EPA	0,0000083	1,5	1,25E-05	1,25		
Benzene OEHHA	0,000029	1,5	4,35E-05	4,35		

IPA	unit risk (mcg/m3)	air pollution (mcg/m3)	lifetime cancer risk	cancer lifetime/10 ⁵	IPA ng/m3	ng/m3
IPA OEHHA, ISS	0,0011	0,0008	8,80E-07	0,09	<u>Terni - Prisciano</u>	0,8
IPA OMS	0,087	0,0008	6,96E-05	6,96		
IPA OEHHA, ISS	0,0011	0,0013	1,43E-06	0,14	<u>Terni - Borgo Rivo</u>	1,3
IPA OMS	0,087	0,0013	1,13E-04	11,31		
IPA OEHHA, ISS	0,0011	0,001	1,10E-06	0,11	<u>Terni - Carrara</u>	1
IPA OMS	0,087	0,001	8,70E-05	8,70		
IPA OEHHA, ISS	0,0011	0,0012	1,32E-06	0,13	<u>Terni - Le Grazie</u>	1,2
IPA OMS	0,087	0,0012	1,04E-04	10,44		

Cromo VI	unit risk (mcg/m3)	air pollution (mcg/m3)	lifetime cancer risk	cancer lifetime/10 ⁵	Cromo VI	ng/m3
CrVI OMS	4,20E-02	0,003	1,39E-04	13,9	<u>Terni - Prisciano</u>	3
CrVI ISS	8,4E-02	0,003	2,77E-04	27,7		3
CrVI SCOELa	8,40E-04	0,003	2,77E-06	0,27		3
CrVI SCOELB	5,00E-03	0,003	1,65E-05	1,65		3
CrVI NIOSH	5,00E-02	0,003	1,65E-04	16,5		3
CrVI US-EPA	1,00E-2	0,003	3,00E-05	3		3
Cr VI OEHHA	1,50E-1	0,003	4,5E-04	45		3

Poichè i dati della tab. 13 rappresentano solo un proxy della reale esposizione della popolazione, c'è la necessità di definire meglio questo parametro da parte dei servizi competenti del Dipartimento in eventuale collaborazione con l'ARPA.

Per quanto riguarda il Benzene, rispetto al 2014 si nota un miglioramento dell'inquinamento a Le Grazie e a Carrara, mentre gli IPA ed i metalli sono sostanzialmente stabili rispetto all'anno precedente.

Da segnalare infine che la stazione di Prisciano mette in evidenza una situazione di inquinamento da metalli pesanti molto maggiore delle altre.

In rosso sono evidenziate le stazioni che superano l'accettabilità del rischio di 1×10^{-5} e l'organismo scientifico di riferimento.

Valutazione d'impatto sanitario per contaminazione di alimenti da diossine, furani e PCBdl

A) VALUTAZIONE DOSE-RISPOSTA

La tematica che riguarda questi inquinanti è particolarmente complessa ed articolata, sia in termini normativi che scientifici. Sugli effetti cancerogeni e cronici non cancerogeni di diossine, furani (**PCDD/F**) e PCB con effetto diossino simile (**PCBdl**) ci sono differenze di vedute fra vari organismi scientifici istituzionali come in pochi altri casi ^(25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32). Ciò ha comportato l'adozione di numerosi valori limite per gli alimenti (quelli usati in questa relazione sono 22, di cui 17 previsti dalla normativa italiana per il latte, la carne, le uova e gli ortaggi), articolati su diverse unità di riferimento; da qui deriva la necessità di riportare le stime dell'effetto sanitario ad un assorbimento giornaliero, settimanale o mensile per chilo di peso corporeo, stimato in 70 kg per gli adulti e 15 kg per i bambini. I valori limite previsti dalle diverse istituzioni sono i seguenti:

A1) Effetti cronici non cancerogeni

1) Regolamenti UE ⁽³³⁾

Tenore massimo pg/g grasso WHO-PCDD/F-PCB-TEQ			Tenore massimo pg/g grasso WHO-PCDD/F-TEQ		
latte	uova	carne rossa	latte	uova	Carne rossa
5,5	5	4	2,5	2,5	2,5

Tenore massimo mcg/g grasso NDL PCB		
latte	Carne rossa	uova
40	40	40

Limite Azione pg/g WHO-PCDD/F -TEQ				Limite Azione pg/g grasso WHO-PCBdl TEQ			
latte	uova	carne rossa	ortaggi	latte	uova	carne rossa	ortaggi
1,75	1,75	1,75	0,30	2,00	1,75	1,75	0,10

2) Per PCDD/F e PCBdl l'OMS ⁽³⁴⁾ ha stabilito una dose giornaliera accettabile (TDI) da 1 a 4 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ ⁽³⁵⁾ /kg di peso corporeo al giorno considerando il limite superiore la base provvisoria della dose massima accettabile. Il valore inferiore rappresenta l'obiettivo dell'OMS di ridurre l'assunzione di WHO-PCDD/F-PCB-TEQ da parte dell'uomo a < 1 pg/kg di peso corporeo. Per stabilire la dose giornaliera TDI l'OMS si è basata sul Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL) descritto da diversi autori per le varie specie e per endpoint differenti.

3) Nel 2001 il **Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)** ⁽³⁴⁾ ha stabilito una dose mensile tollerabile provvisoria (provisional tolerable monthly intake; PTMI) di 70 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo al mese (JECFA 2001) basandosi sul Lowest Observed Effect Level (LOEL) nonché sul No Observed Effect Level (NOEL) dedotti da studi di Faqi et al. (1998) nonché Ohsako et al. (2001).

4) Nel 2001 lo **Scientific Committee on Food (SCF) dell'UE** ⁽³⁴⁾ ha stabilito la dose settimanale accettabile (TWI, tolerable weekly intake) di 14 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo alla settimana basandosi sul LOAEL per la diminuzione dello sperma prodotto e sul cambiamento nel comportamento sessuale dei ratti maschi Wistar pubblicato da Faqi et al. (1998).

5) L'US EPA ha stabilito una dose giornaliera tollerabile (TDI) di 0,7 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo al giorno ⁽²⁶⁾.

A2) effetti cancerogeni

Sugli effetti cancerogeni è in corso una disputa scientifica che dura da circa 30 anni fra chi ritiene che i PCDD/F e DL PCB siano promotori operanti con meccanismo epigenetico e pertanto con un valore soglia al di sotto del quale non c'è rischio incrementale di neoplasie e chi invece indica tali tossici come cancerogeni completi per i quali il valore soglia non esiste.

A3) Confronto fra i vari valori limite

I valori dei campionamenti eseguiti su latte nel 2013-2015 sono stati confrontati ai fini dell'accettabilità riferendoli ai diversi valori limite sopra descritti. Si è utilizzato il criterio stabilito dalla norma UNI 689:1997 basato sulla distribuzione percentile e su tre possibili risultati: rispetto del valore limite (verde), indecisione (arancione), superamento del valore limite (rosso).

Per il TDI pari a 2 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo previsto dallo Scientific Committee on Food (SCF) dell'UE si ha una situazione di accettabilità a livello del 99,9° centile (zona verde fig. 1).

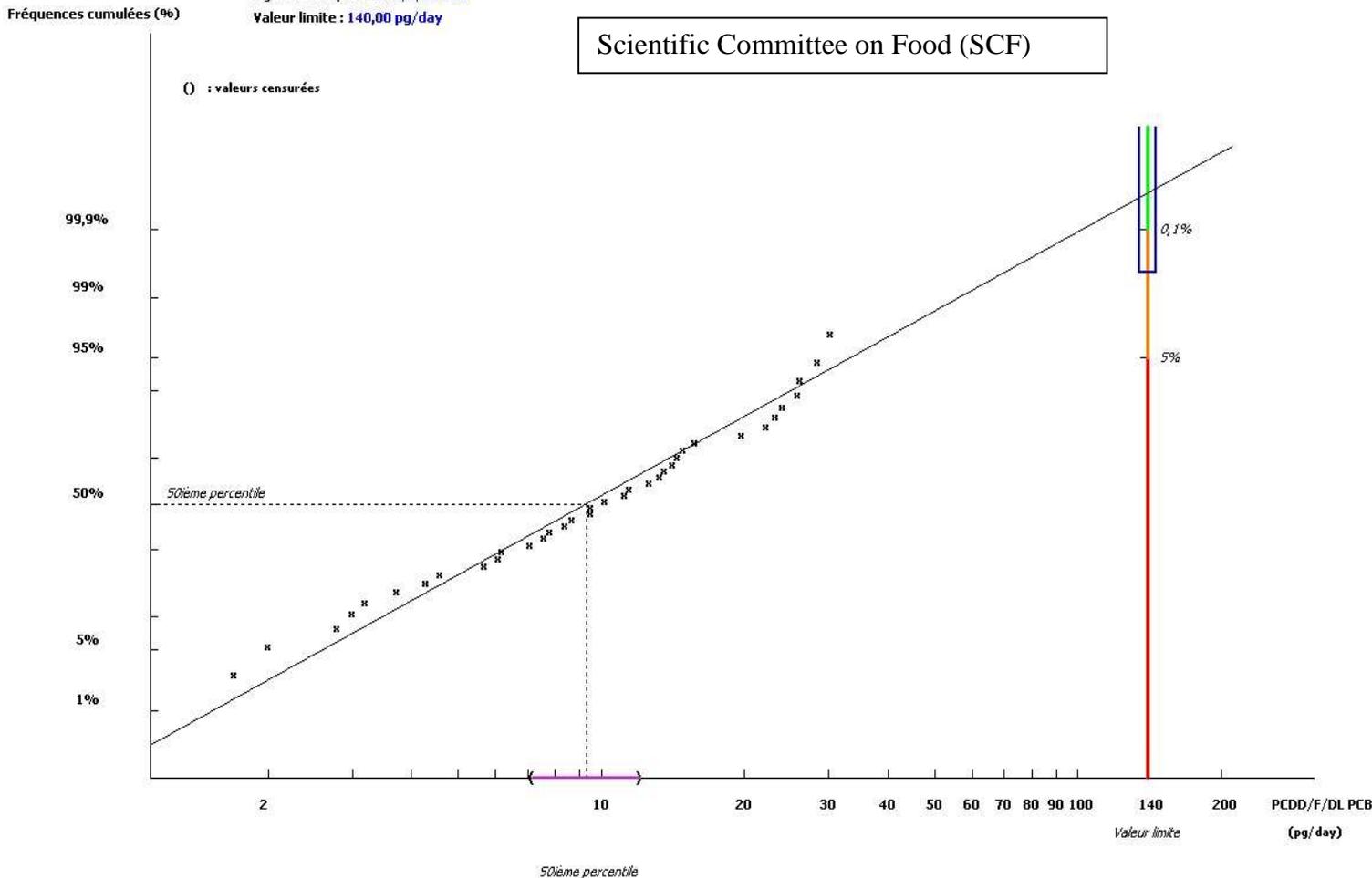


Ajustement log-normal des fréquences cumulées

Fichier : SIN TERNI LATTE TDI140
 Etablissement : SIN TERNI
 Atelier : SIN Terni
 Poste de travail : SIN Terni
 Agent chimique : PCDD/F/DL PCB
 Valeur limite : 140,00 pg/day

Les tests statistiques n'invalident pas l'hypothèse de groupe d'exposition homogène
 Les mesures sont homogènes selon cette variable

fig. 1



Per il TDI pari a 1 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo previsto come Valore obiettivo dall'OMS, l'accettabilità non sussiste a livello del 99.9° centile (zona arancione, fig. 2), mentre si raggiunge a livello del 99° centile (zona verde, fig. 3).



Ajustement log-normal des fréquences cumulées

Fichier : SIN TERNI LATTE TDI 70
 Etablissement : SIN TERNI
 Atelier : SIN Terni
 Poste de travail : pg/kg bw
 Agent chimique : PCDD/F/DL PCB
 Valeur limite : 70,00 pg/day

Les tests statistiques n'invalident pas l'hypothèse de groupe d'exposition homogène
 Les mesures sont homogènes selon cette variable

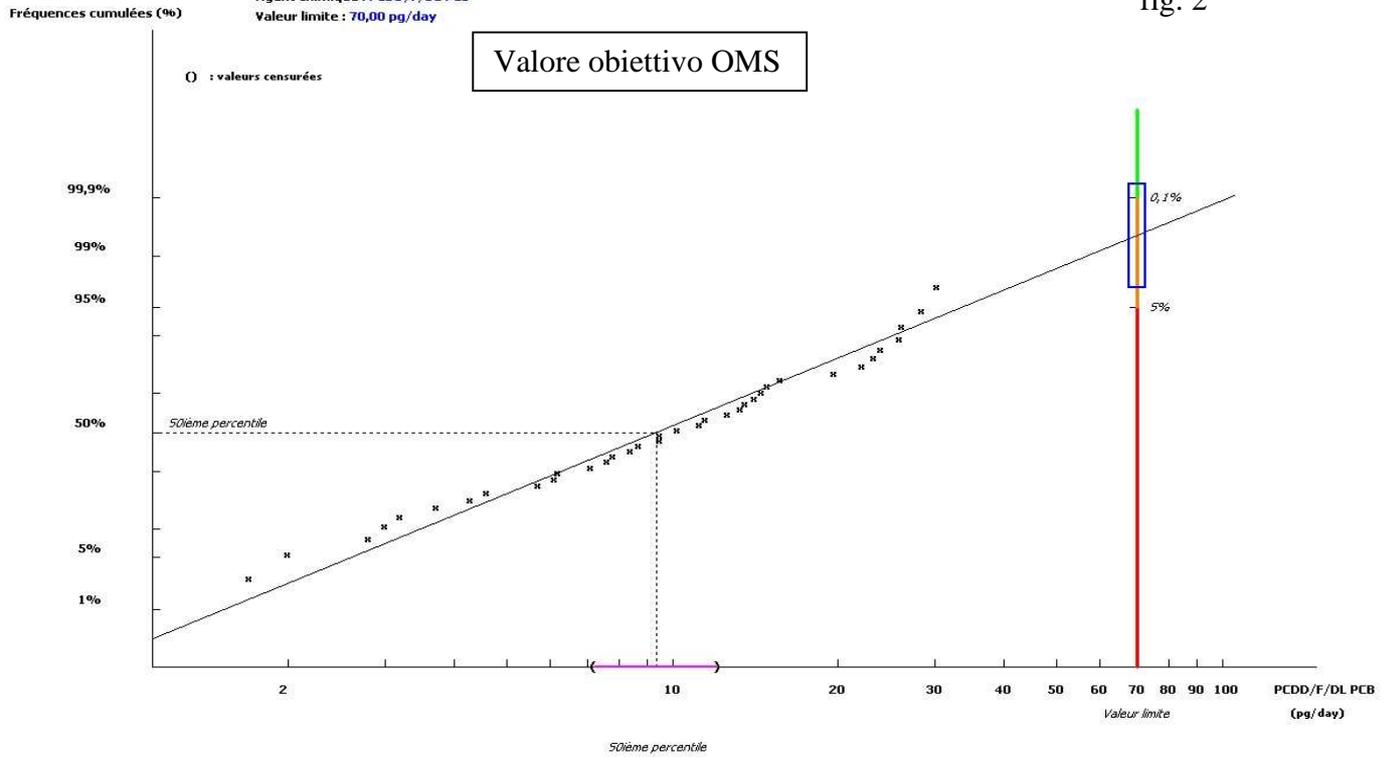


fig. 2



Ajustement log-normal des fréquences cumulées

Fichier : SIN TERNI LATTE TDI 70
 Etablissement : SIN TERNI
 Atelier : SIN Terni
 Poste de travail : pg/kg bw
 Agent chimique : PCDD/F/DL PCB
 Valeur limite : 70,00 pg/day

Les tests statistiques n'invalident pas l'hypothèse de groupe d'exposition homogène
 Les mesures sont homogènes selon cette variable

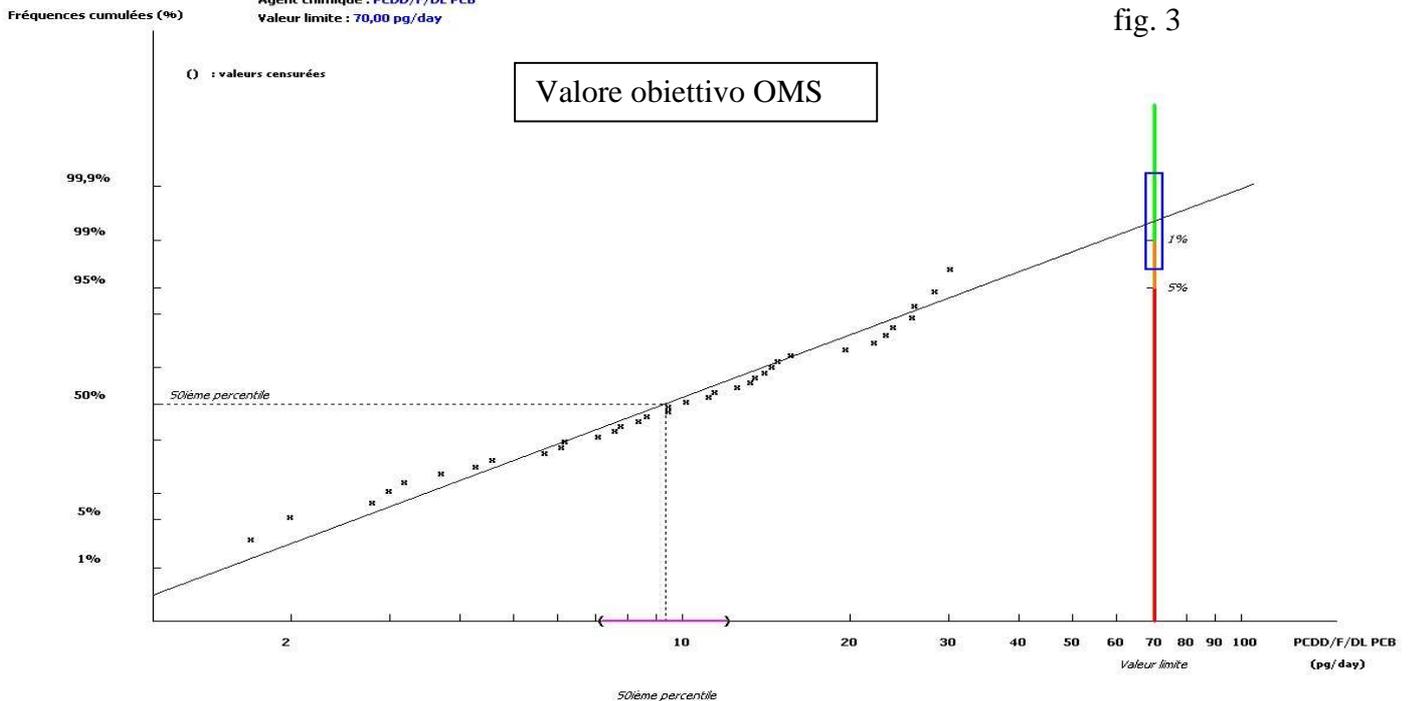


fig. 3

Per il TDI pari a 0,7 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg di peso corporeo previsto dall' US EPA e per il TM pari a 5,5 pg/g grasso previsto dalla CE non c'è accettabilità al livello del 99° centile (zona arancione, fig. 4 e 5).



Ajustement log-normal des fréquences cumulées

Fichier : SIN TERNI LATTE TDI EPA 49
 Etablissement : SIN TERNI
 Atelier : SIN Terni
 Poste de travail : SIN Terni
 Agent chimique : PCDD/F/DL PCB
 Valeur limite : 49,00 pg/day

Les tests statistiques n'invalident pas l'hypothèse de groupe d'exposition homogène
 Les mesures sont homogènes selon cette variable

fig. 4

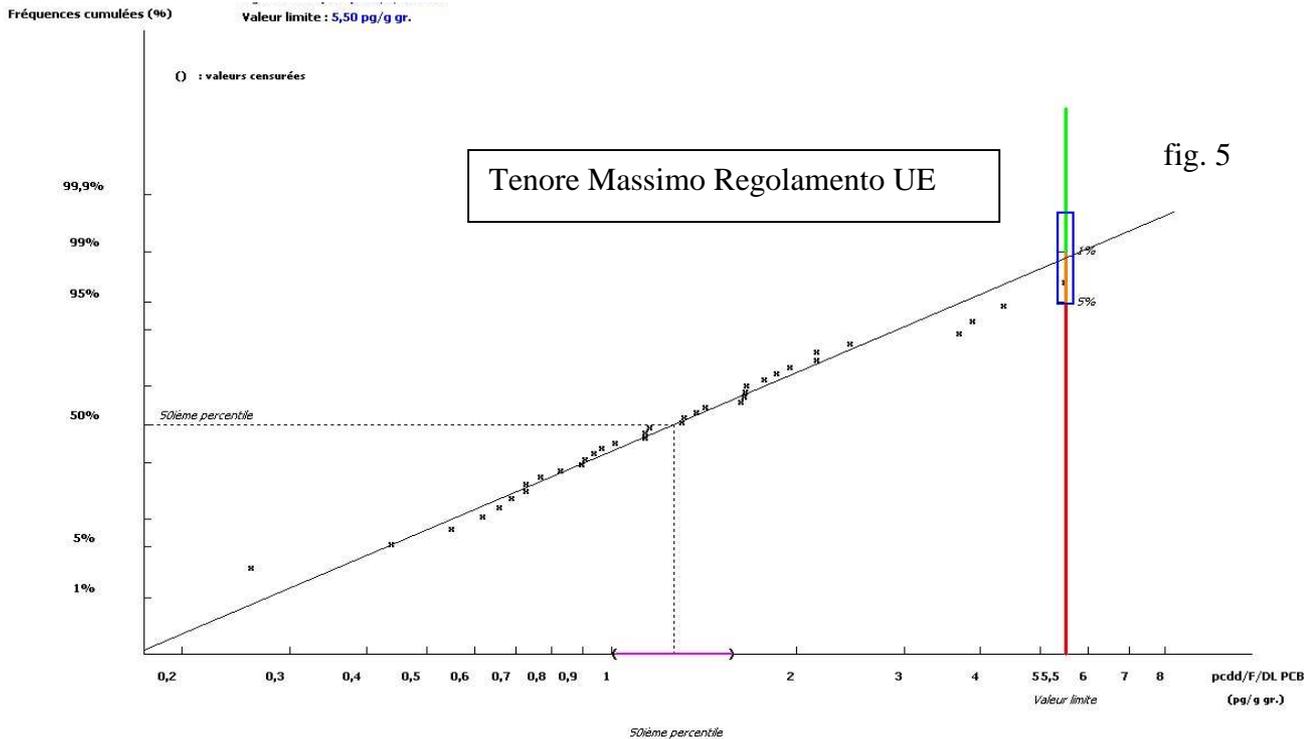
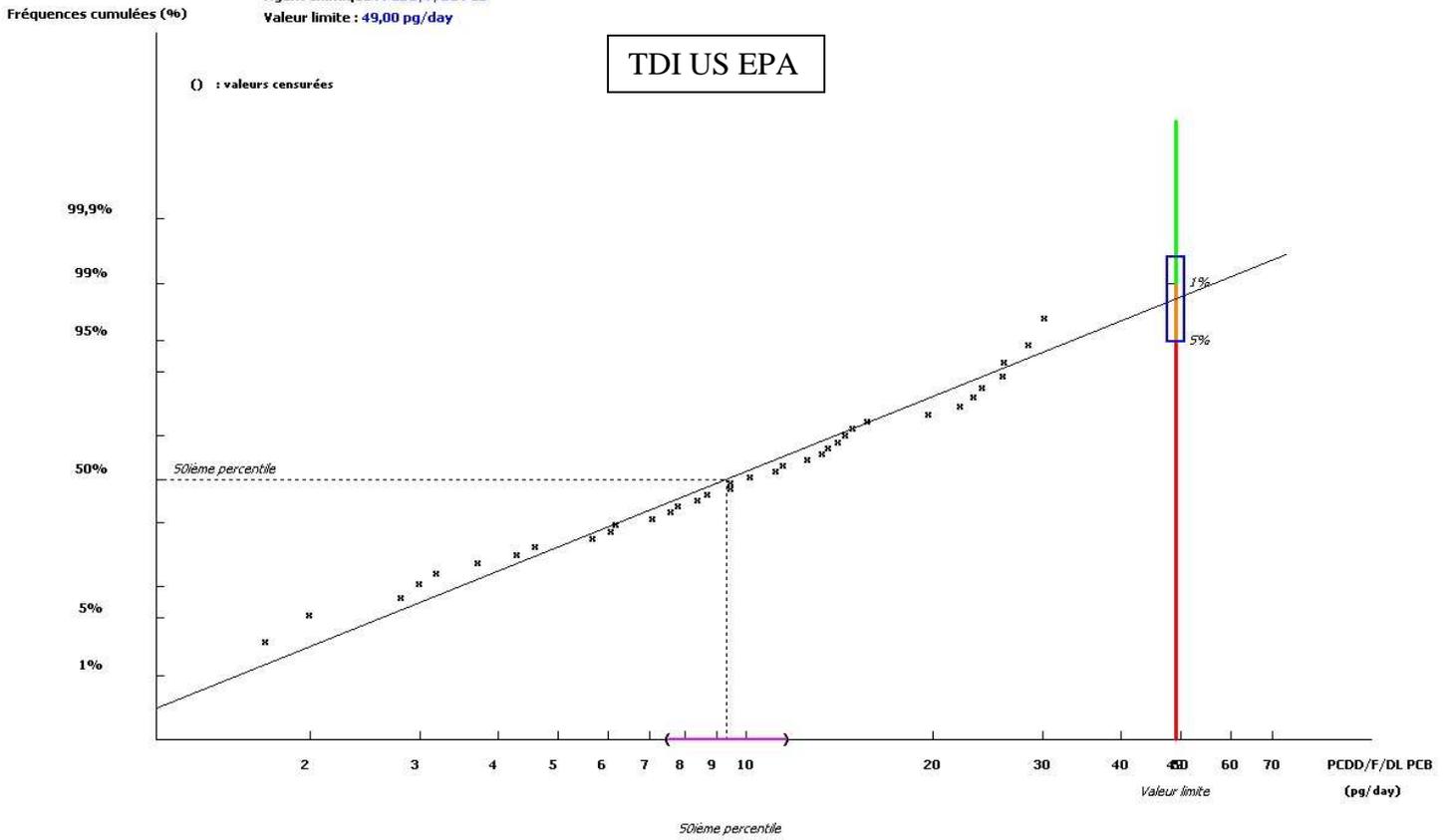


fig. 5

Posto che il livello di accettabilità di 1×10^{-5} del rischio incrementale di neoplasie corrisponde ad un Valore limite* di 17 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ / lt di latte per un consumo giornaliero pari a 130 grammi, la situazione è inaccettabile (zona rossa) a livello del 95° centile.
 (*individuato in base a concentrazione in pg/g grasso ed a percentuale medie di grasso nel latte, fig. 6)

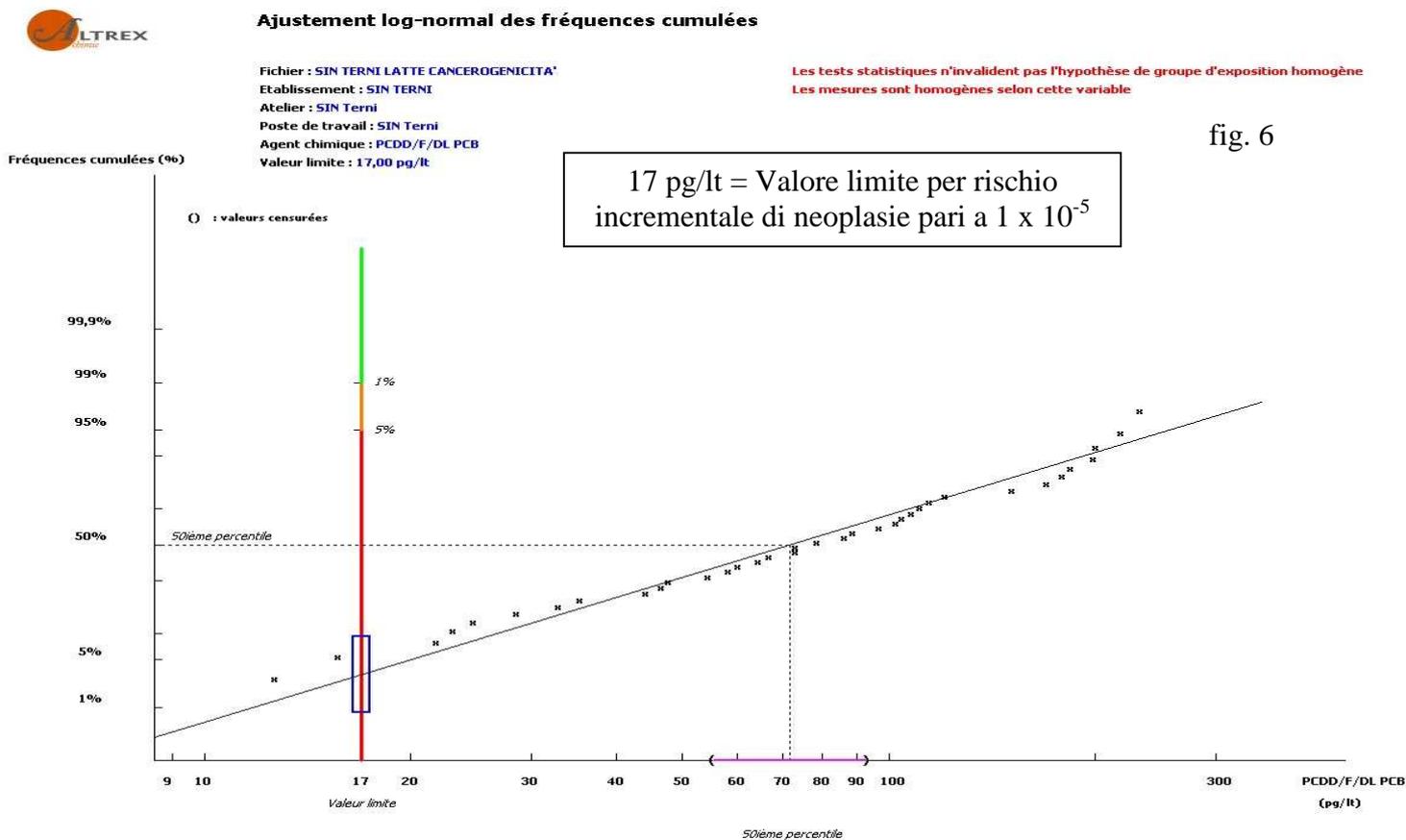


fig. 6

Sulla base delle valutazioni sopra riportate, emerge che il TDI dell'US EPA ed il TM della CE danno risultati praticamente sovrapponibili e sono più cautelativi rispetto agli altri parametri.

E' comunque da rilevare che anche questi due parametri non sono cautelativi rispetto al rischio cancerogeno.

Da quanto sopra illustrato, adottando il principio dell'ipotesi peggiore, la caratterizzazione del rischio si baserà sulla stima del rischio incrementale cancerogeno, utilizzando lo SF (mg/kg-day) di $1,3 \times 10^{-5}$ indicato da US EPA, OHEEA e ISS ed in accordo con l'ipotesi dell'assenza di un valore soglia.

C) CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

Effetti cronici non cancerogeni

Nell'ipotesi che la nutrizione sia basata su alimenti che abbiano i livelli di contaminazione medi rilevati, il rischio per gli effetti non cancerogeni può essere escluso in base ad ognuno dei TDI di riferimento, in primis quello previsto dal Scientific Committee on Food (SCF) dell'UE. Di seguito si riporta il dettaglio per i vari alimenti campionati.

C1) Ortaggi (Lattuga e zucchine)

Un'assunzione giornaliera media di PCDD/F e PCBdl derivante dal consumo di zucchine e lattuga pari a 1,35 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /die (equivalente a 0,019 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg per un peso corporeo di 70 kg), corrisponde al 3% circa del **TDI** di US EPA, al 2% del **TDI di JEFCA** e all'1% del **TDI SCF UE**.

C2) Latte

Un consumo medio giornaliero stimato su tutta la popolazione di 130 grammi di latte⁽³⁷⁾ con una concentrazione pari alla media dei 35 campioni di latte di 94 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ/chilo, comporta un'introduzione di 12 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ /die, equivalente al 24% circa del **TDI** di US EPA, al 17% del **TDI di JEFCA** e all' 8,61% del **TDI SCF UE**.

C3) Uova

Un consumo medio giornaliero di 17 gr. (derivante da un consumo settimanale di 2 uova⁽³⁸⁾) per una concentrazione pari alla media dei 25 campioni di uova di 348 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ /chilo comporta un'introduzione di 5,9 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ /die, equivalente al 12% circa del **TDI** di US EPA, al 8,5% del **TDI di JEFCA** e all' 4,3% del **TDI SCF UE**.

C4) Carne rossa

Un consumo medio giornaliero di 43 gr.⁽³⁸⁾ con una concentrazione pari alla media dei 2 campioni di carne di 1.050 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ /chilo comporta un'introduzione di 45,15 pg WHO-PCDD/F/PCB-TEQ /die, equivalente al 92% circa del **TDI** di US EPA, al 65% del **TDI di JEFCA** e all' 33% del **TDI SCF UE**. Il rischio per gli effetti non cancerogeni può pertanto essere escluso.

Effetti cancerogeni

Il rischio incrementale cancerogeno in 70 anni su una popolazione di 100.000 persone che consumasse **ESCLUSIVAMENTE** i prodotti contaminati e per i livelli di contaminazione rilevati nei campioni prelevati è stimabile in:

- **lattuga e zucchine**, circa 0,6 tumori per un consumo medio giornaliero a persona di 17 e 14 grammi
- **latte**, circa 6 tumori per un consumo medio giornaliero a persona di 130 grammi
- **uova**, circa 3 tumori per un consumo settimanale a persona di 2 uova
- **carne rossa**, circa 16 tumori per un consumo medio giornaliero a persona di 43 grammi

Inquinamento da Tetracloroetilene (PCE) del dicembre 2015 nell'acquedotto di Terni

Riferimenti scientifici e normativi

Da studi epidemiologici e sperimentali sull'uomo e sugli animali il PCE risulta essere una sostanza che ha effetti acuti e cronici in particolare sul sistema nervoso centrale, sul rene e sul fegato. Lo IARC ^(39, 40) lo ha classificato come cancerogeno probabile per l'uomo (gruppo 2A), non genotossico e con valore soglia.

Lo SCOEL (2009) ⁽⁴¹⁾ della Commissione Europea indica in 173 mg/m³ il NOAEL, vale a dire il Livello di concentrazione di esposizione cronica per cui non si rilevano effetti avversi sulla salute di un lavoratore; il valore limite **TLV-TWA** derivato è stato ridotto del 20% e fissato a **138 mg/m³**.

L'OMS (2006) ^(16, 42, 43) è stata ancora più conservativa ed in rapporto all'ambiente di vita ha **abbassato di quasi 100 volte la Concentrazione Tollerabile (TC)** per gli effetti cronici per esposizione per via respiratoria, stabilendolo a **0,2 mg/m³ (200 mcg/m³)**. Questa concentrazione corrisponde ad una assunzione per via orale, ad es. attraverso l'acqua, pari a 47 mcg/kg peso corporeo al giorno che a sua volta corrisponde ad una concentrazione in acqua di 1.500 mcg/lt prendendo come riferimento una persona del peso di 60 kg che beva 2 litri di acqua al giorno.

La stessa OMS (2011) ⁽¹⁶⁾, successivamente ha fissato il **TDI (Tolerable Daily Intake)**, cioè l'assunzione giornaliera tollerabile, in **14 mcg/kg peso corporeo al giorno** (valore individuato dall'US-EPA come RfD, Reference Dose ⁽⁴⁴⁾), che corrisponde ad una concentrazione in acqua di **400 mcg/lt**. Dividendo per un fattore cautelativo di 10, il **Valore Guida è stato fissato in 40 mcg/lt**, che coincide con **un'assunzione giornaliera di 1,4 mcg/kg peso corporeo al giorno (10% TDI)**.

Successivamente, l'US-EPA ha abbassato la RfD a **6 mcg/kg peso corporeo al giorno** ⁽⁴⁵⁾, comunque meno cautelativo di 1,4 mcg/kg peso corporeo al giorno previsto dall'OMS.

In Italia, il valore limite previsto dal DLgs 31/2001 è fissato in 0,010 mg/lt, pari a **10 mcg/lt**.

Dati relativi all'inquinamento dei pozzi di dicembre 2015

Per quanto riguarda i superamenti riscontrati in alcuni punti dell'acquedotto di Terni nel mese di dicembre 2015, premesso che il 27 novembre 2015 i valori erano al di sotto del valore limite, risulta che il 17 dicembre 2015 è stata rilevata una concentrazione di 35,7 mcg/lt di PCE, le successive analisi del 22 dicembre hanno rilevato la concentrazione di 39,8 mcg/l ed infine quelle del 23 dicembre la concentrazione di 51 mcg/l. Il 24 dicembre i pozzi inquinati sono stati disattivati.

Considerando l'ipotesi peggiore, attribuendo cioè al periodo 27 novembre – 17 dicembre 2015 una concentrazione di 35,7 mcg/lt, a quello 18 - 22 dicembre il valore di 39,8 mcg/lt ed a quello 23 - 24 dicembre il valore di 51 mcg/lt, il valore medio di concentrazione per il periodo dal 17 novembre al 24 dicembre risulta pari a **38 mcg/lt (0.038 mg/lt)**, inferiore al Valore Guida dell'OMS sopra indicato, ma superiore al Valore Limite di cui al DLgs 31/2001.

Risultati della valutazione del rischio

Il valore della media sopra riportato è di vari ordini di grandezza inferiore a quello che provoca effetti acuti nell'uomo e negli animali, ed inferiore anche a quello che provoca effetti cronici, che dato anche il breve periodo di esposizione non avrebbero potuto comunque verificarsi, come si evince anche da ulteriore documentazione prodotta da vari Organismi scientifici nazionali oltre a quelli già citati ^(46, 47, 48, 49). In questa relazione si è però cautelativamente valutato il rischio aggiuntivo di contrarre un tumore, pur risultando esserci un valore soglia al di sotto del quale non si ha tale effetto.

Per i calcoli, si sono utilizzati gli Oral Slope Factor dell'ISS ⁽⁷⁾, dell'OMS ^(41, 43), del Cal.EPA-OEHHA ^(20, 21, 50), del Minnesota Department of Health ⁽⁴⁸⁾, del Massachusetts Department of Environmental Protection ⁽⁴⁹⁾; i risultati, che differiscono fra loro per le diverse relazioni dose-risposta indicate, si collocano tutti al di sotto, anche di due ordini di grandezza, a **0,6 probabilità su 1 milione di contrarre un tumore**, ipotizzando, nell'ipotesi peggiore, un consumo giornaliero di 2 litri di acqua per i 27 giorni di superamento del valore limite di legge di **10 mcg/lt**.

Per dare un'idea concreta, il rischio sarebbe stato inferiore a quello corso trascorrendo 1 ora all'interno di una lavanderia a secco che usa tetracloroetilene con un inquinamento di 69 mg/m³ (69.000 mcg/m³), pari al 50% del valore limite per gli ambienti di lavoro.

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

- 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
- 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) Polychlorinated Dibenzo- para-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans**
*IARC MONOGRAPHS ON THE evaluationON OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS
VOLUME 69, 4-11 Februar 1997*
- 26) 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
- 27) 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
- 28) 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*
- 29) 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

- 30) A Comparison of Dioxin Risk Characterizations**
The Chlorine Chemistry Council, May 2002
- 31) Diossine Furani e PCB**
APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, Febbraio 2006
- 32) Diossine, PCB, IPA - guida alla lettura dei risultati analitici**
ARPA Piemonte, 2015
- 33) Regolamenti CE 277/2012 e CE 2006-1881, Raccomandazione 11.09.2014**
- 34) 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.
- 35) 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
- 36) "Indagine sui consumi alimentari in Italia: INRAN-SCAI 2005-2006"**
Parte B: I risultati dei consumi alimentari. Osservatorio Consumi Alimentari, INRAN. Roma, 2011.
- 37) 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.
- 38) Il consumo di uova della famiglia media italiana**
Veterinaria Italiana, 46 (3), 287-300; 2010
- 39) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**
Volume 63 (IARC 1995)
- 40) Tetrachloroethylene, IARC Monography 2012**
- 41) Recommendation of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**
SCOEL/SUM/133, june 2009
- 42) Background document for development Guidelines for drinking-water quality**
© WHO 2003
- 43) Concise International Chemical Assessment Document 68, Tetrachloroethene**
© WHO 2006
- 44) Toxicological review of Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**
US-EPA, February 2012
- 45) Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)**
CASRN 127-18-4; Integrated Risk Information System, US-EPA, 2012
- 46) Toxicity Factors: Toxicity Factors for Tetrachloroethylene (PCE)**
New Jersey Dept. of Environmental Protection 9/30/2008
- 47) Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Guideline Technical Document**
CAREX Canada, 2015

48) Health Based Value for Groundwater

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

49) Summary of the Basis of Cancer Risk Values for Tetrachloroethylene

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

50) Public Health Goal for TETRACHLOROETHYLENE In Drinking Water

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