
Item ID Number 02326

Author Cattabeni, Flaminio

Corporate Author Regione Lombardia (Lombardy Region)

Report/Article Title Special Commission for Study of the Zone Contaminated by Toxic Substances: Study on the Impact of the ICMESA Toxic Cloud on the Population of the Contaminated Zone

Journal/Book Title

Year 1982

Month/Day April

Color

Number of Images 126

Description Notes Item includes English translation as well as Italian original (Ufficio Speciale per Gli Interventi Nella Zona Inquinata de Sostanze Tossiche: Studio Sull'Impatto Della Nube Tossica ICMESA Nella Popolazione Della Zona Sottoposta)



Regione Lombardia

UFFICIO SPECIALE PER GLI INTERVENTI NELLA ZONA INQUINATA DA SOSTANZE TOSSICHE

.....
STUDIO SULL'IMPATTO DELLA NUBE TOS-
SICA ICMESA NELLA POPOLAZIONE DELLA
ZONA SOTTOPOSTA
.....

a cura di:

Prof. Flaminio Cattabeni
Prof. Vittorio Puccinelli
Prof. Nicola Zurlo

Seveso, Aprile 1982

I N D I C E

I.	<u>PREMESSA</u>	pag.	2
II.	<u>EFFETTI CUTANEI</u>	"	6
	1. Dermolesioni acute	"	6
	2. Cloracne	"	6
	3. Distribuzione sul territorio dei casi di cloracne nei minori di 14 anni	"	9
III.	<u>EMISSIONE E INQUINAMENTO AL SUOLO</u>	"	12
	- a) Composizione carica reattore	"	12
	- b) Emissione particolata	"	12
	- c) Sedimentazione al suolo	"	13
	- d) Inquinamento atmosferico cau sato dalla emissione partico lata	"	16
	- e) Emissione di gas e vapori	"	19
	- f) Direzione del vento durante la emissione di gas e vapori	"	21
	- g) Inquinamento al suolo causa- to dall'emissione gassosa	"	22
IV.	<u>DISTRIBUZIONE SUL TERRENO DELLE DERMOLESIONI E INQUINAMENTO AT- MOSFERICO</u>	"	29
	1. Dermolesioni acute	"	29

	2. Cloracne	pag.	30
V.	<u>INALAZIONE E INGESTIONE ACCIDENTALE NEI PRIMI 16 GIORNI SUCCESSIVI ALL'INCIDENTE</u>	"	32
	1. Inalazione	"	33
	2. Ingestione accidentale	"	33
	3. Assorbimento cutaneo	"	33
	4. Assorbimento complessivo per inalazione, ingestione accidentale ed assorbimento cutaneo	"	34
	5. Assorbimento successivo all'evacuazione	"	35
VI.	<u>INGESTIONE CON PRODOTTI AGRICOLI LOCALI</u>	"	37
	a) Verdura e frutta locali	"	37
	b) Animali da cortile	"	39
	c) TCDD ingerita con gli alimenti	"	44
	d) Sedimentazione su piatti e posate al momento della dispersione	"	44
VII.	<u>TCDD RICONTRATA NELL'UOMO</u>	"	45
VIII.	<u>TCDD PRESUNTA ASSORBITA PER INALAZIONE DURANTE LA EMISSIONE E CON GLI ALIMENTI LOCALI DAL 10 AL 26 LUGLIO 1976.</u>	"	50

- <u>RIEPILOGO E CONCLUSIONI</u>	pag.	54
1) Inquinamento al suolo - der- molesi	"	56
2) Assorbimento TCDD - CLORACNE	"	59

A sei anni dall'incidente ICMESA si può valutare con sufficiente approssimazione l'effetto sulla popolazione che sembra limitato a manifestazioni cutanee ormai risolte.

Nonostante la mole dei dati raccolti, non è invece possibile ricostruire con precisione la dinamica dell'evento, l'inquinamento conseguente e la dose di agenti nocivi e specialmente di TCDD, assorbita dalla popolazione.

A tal fine sono carenti i dati relativi: alla composizione e caratteristiche dell'emissione, alle condizioni climatiche del momento e della direzione verso cui il vento ha spinto gli inquinanti; pure carente la determinazione sull'uomo della TCDD negli organi, limitata ad un solo soggetto.

Nonostante la carenza di questi dati, che non potevano essere raccolti al momento e che non saranno mai disponibili, con gli elementi a disposizione si può ricostruire l'incidente nelle sue linee essenziali definendone lo sviluppo più probabile, che per quanto probabile e quindi non certo, è pur sempre utile per valutare il fenomeno nel suo complesso almeno per l'ordine di grandezza degli elementi in gioco.

I. PREMESSA

A seguito dell'apertura della valvola di sicurezza del reattore di produzione del triclorofenolo si è verificata una fuoriuscita violenta, quasi istantanea, di gas compresso con trascinamento di goccioline e particelle solide, seguita da emissione per distillazione, o evaporazione, di gas e vapori di glicoli e prodotti di decomposizione della carica che si è prolungata per più di 2 ore con fuoriuscita di circa 2.900 Kg di gas e vapori di cui almeno 600 provenienti dal triclorofenolo, tra cui 360 Kg di cloro e TCDD in quantità non nota.

I composti particolati hanno seguito la direzione del vento del momento (sud-sud est) con apertura del cono di dispersione di circa 40 gradi (turbolenza media), lasciando per sedimentazione una striscia di terreno contaminato, successivamente suddivisa in zona A e B circondate dalla fascia esterna R (fig.1).

L'emissione successiva ha seguito di volta in volta le variazioni di direzione del vento interessando, nell'arco delle due ore, più settori non individuabili tramite la contaminazione del terreno in quanto i gas, i vapori e le particelle finissime non sedimentano e non lasciano traccia.

Durante la emissione di gas e vapori gli abitanti di volta in volta sottovento hanno inalato TCDD, e gli altri inquinanti dispersi, allo stato di vapore o fumo alla cui azione è stata esposta anche la cute.

Anche i vegetali assorbono gli inquinanti gassosi dell'atmosfera, specie con le parti verdi. Per l'emissione gassosa non si può escludere un assorbimento da parte dei vegetali con successiva contaminazione indiretta del terreno, fenomeno comunque limitato per la TCDD che non ha portato a concentrazioni dosabili sul terreno; cioè \geq di $0,75 \text{ mcg/m}^2$.

Per gli abitanti della zona A e B, specie per quelli che erano all'aperto al momento della sedimentazione al suolo, si deve aggiungere l'inalazione di TCDD particolato, e degli altri inquinanti particolati, e l'eventuale assorbimento di parte della TCDD depositata sulla cute sottoposta all'azione caustica o irritante del sedimentato.

Le concentrazioni di TCDD riscontrate in zona A ne hanno consigliato l'evacuazione.

In zona A e B l'assorbimento di TCDD è proseguito a seguito della contaminazione del terreno nei 16 giorni intercorsi tra l'incidente e la emanazione delle norme di comportamento in occasione della prima evacuazione (C.Porta Est 26/7/76).

Nei tre settori abitati della zona A la concentrazione al suolo della TCDD è risultata:

- Via C.Porta Est (C.P.E.) da 600 a 800 m. dal camino evacuata il 26/7/76 228 abitanti	max media	2500 ug/m ² (1) 1500 "
- A6 da 1600 a 1800 m. dal ca mino evacuata il 2/8/76 rientro settembre 1977 247 abitanti	max media	150 " 40 "
- A7 da 1800 a 2000 m. dal ca mino evacuata il 2/8/76 rientri settembre 1977 262 abitanti	max media	75 " 15 "

(1) Per max si intende la media dei valori di punta nei settori a più alta contaminazione.

Ai fini del presente lavoro conviene suddividere la zona B in due settori e precisamente:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| - zona BN | max 12 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (1) |
| da 2000 a 3300 m. dal <u>cam</u>
no, 1500 abitanti circa | media 4,3 " |
| - zona BS | max 5 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ |
| da 3300 a 6000 m. dal <u>cam</u>
no, 3200 abitanti circa | media 1,7 " |

In zona R la TCDD è stata riscontrata in quantità dosabile nei settori tratteggiati della fig.1 e specialmente nella zona R di Desio (media $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^2$ - max 2,5) e nel quartiere Polo di Meda (media $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^2$ - max 4).

(1) Per max si intende la media dei valori di punta nei settori a più alta contaminazione.

II. EFFETTI CUTANEI

I gas e le particelle dispersi contenevano una percentuale elevata di sostanze caustiche ed irritanti per la cute: soda caustica, triclorofenato sodico, prodotti di trasformazione o decomposizione termica del triclorofenolo e dei glicoli ecc. e TCDD che causa cloracne anche in dose minima.

1. Dermalesioni acute

Immediatamente dopo la emissione della nube, specie in zona A, si sono verificate dermalesioni acute esauritesi nel giro di un mese circa. Complessivamente sono stati visitati 1600 casi di dermalesioni acute, di cui 447 con lesioni specifiche, di questi ultimi 113 in zona A dove si sono avute le forme più gravi che in alcuni casi hanno consigliato il ricovero in ospedale. La distribuzione sul territorio delle 447 lesioni acute specifiche, eccetto qualche caso abitante fuori zona, è riportata nella fig.2. I casi sono in prevalenza addensati nel settore sud attorno allo stabilimento IC MESA.

2. Cloracne

La cloracne nei casi più gravi si manifesta dopo circa 2 mesi dall'assorbimento e con tempi di latenza proporzionalmente maggiori per le forme più lievi.

In zona A i primi casi di cloracne, in accordo con le previsioni si sono verificati oltre due mesi dopo l'incidente: 44 casi (8 gravi e 11 di media entità, 39 in Carlo Porta Est e 5 in A6, nessuno in A7 di cui 33 mino

ri di 14 anni) dal settembre a ottobre, 6 in novembre-dicembre (adulti in C.P.E.) e 5 adulti e 11 bambini < di 14 anni (tutti di A6-A7) nei primi mesi del 1977 e cioè oltre 8 mesi dopo l'evacuazione.

Nei primi mesi del 1977 con indagine specifica sulla popolazione scolastica fino a 14 anni di età, estesa a 32.699 bambini, ripetuta dopo circa 6 mesi, sono stati individuati 120 casi di forme lievissime di cloracne (2-4 comedoni) tanto lievi da sfuggire all'attenzione dei genitori.

Si tratta di forme iniziali che non erano mai state prese in considerazione in precedenza, e che non erano mai state descritte in letteratura, e per le quali si deve riconoscere alla equipe dermatologica il merito di aver messo a punto la tecnica di indagine di grande sensibilità che ne ha reso possibile la individuazione.

L'indagine specifica sulla popolazione scolastica dei minori 14 anni, è stata ripetuta verso la fine del 1977 e nel 1978 con esito negativo.

Considerando i tempi di latenza e la durata delle manifestazioni, tutti i casi individuati in febbraio-aprile '77 possono essere attribuiti all'assorbimento di TCDD avvenuto al momento dell'incidente.

D'altra parte dei 16 casi di A6-A7, per i quali l'esposizione è cessata con l'evacuazione, ben 11 sono stati rilevati in febbraio-aprile '77. Tutti i cloracneici individuati nel '77 per i quali si dispone di documentazione, risultano presenti in zona nel momento dell'incidente.

Complessivamente sono stati individuati 187 casi di cloracne di cui 164 in minori di 14 anni (5 in bambini abitanti fuori zona, 4 dei quali però erano presenti in zona A al momento dell'incidente).

La distribuzione sul territorio della cloracne (fig.3) è del tutto simile a quella delle lesioni acute di fig.2.

Nel corso degli screenings scolastici nella prima fase sono stati selezionati 607 bambini con alterazioni cutanee sospette, di cui solo 120 confermati cloracneici.

La distribuzione sul territorio (fig.4) dei "selezio
nati e non confermati" riproduce fedelmente la di-
stribuzione delle dermolesioni acute iniziali e del-
le cloracne, di conseguenza anche queste forme aspe-
cifiche sono da attribuire all'evento Icmesa.

3. Distribuzione sul territorio dei casi di cloracne nei minori di 14 anni

Suddividendo il territorio in funzione dell'addensa-
mento dei casi di cloracne in minori di 14 anni, e
precisamente in funzione della percentuale dei
cloracneici minori di 14 anni rispetto a tutta la po-
polazione minore di 14 anni, si ottiene la suddivisio-
ne riportata nella tab.1 e nella fig.1.

Nei minori di 14 anni sono state riscontrate anche 40
sospette cloracne (pari allo 0,07%), di insorgenza an-
teriore all'incidente e uniformemente distribuite su
tutto il territorio (fig.5). La percentuale di 0,055%
di minori di 14 anni cloracneici di insorgenza poste-
riore all'incidente riscontrata nel "resto del terri-
torio", è da ritenere nella norma e pertanto in se-
guito non verrà più considerato il "resto del territo-
rio" che contiene tra l'altro il settore sud della zona B
da
/3.300 a 6.000 metri dal camino, con 3.200 abitanti
circa e la zona R del comune di Desio, a circa 6.000
metri dal camino, con 4.608 abitanti.

TABELLA N° 1

Frequenze sul territorio dei casi di cloracne nei minori di 14 anni.

Zona	Settore	Distanza dal camino m.	TCDD sul terreno mcg/m ² media	% Cloracne nei < 14 anni	N° casi	Note
1	2	3	4	5	6	7
A	C.Porta Est	600 - 800	1500	48	26	Tutti nel 1976 8 gravi - 11 media entità
	A6	1600 - 1800	40	10	16	Di cui 5 di A6
	A7	1800 - 2000	15,5			nel 1976 - lieve
B	BN	2000 - 3300	4,3	1,5	7	lieve
	BS	3300 - 6000	1,7			
R	Seveso	600 - 2000	« 1	1,33	28	"
	Cesano	2000 - 3300	« 1	0,28	11	"
	Desio	6000	1,2			
	Polo di Meda	600 - 1800	1,4	2,5	19	"
Esterno R	Seveso	600 - 2000	negativo	0,7	14	"
	Meda Nord	500 - 1800	negativo	0,35	14	"
	Resto del territorio		"	0,055	24	"

In zona A la frequenza e la intensità dei casi, sono correlate con la contaminazione del terreno.

All'esterno della zona A le percentuali tendono a diminuire mano a mano che ci si allontana dal camino, mentre non sono correlate con la contaminazione del terreno.

La cloracne è infatti assente in BS e Desio R, rispettivamente con 1,7 e 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ di TCDD sul terreno a oltre 3.300 metri dal camino, mentre è presente in Seveso e Cesano zona R e Meda Nord più vicine al camino, dove la TCDD sul terreno è sempre risultata N.V..

Si deve dedurre che all'interno della zona A prevale l'effetto della contaminazione del terreno mentre all'esterno della zona A prevale l'effetto dell'emissione gassosa.

Dalla letteratura e dalle sperimentazioni effettuate, l'effetto della TCDD sugli animali di laboratorio è sempre risultato dipendente dalla dose assunta. Pertanto per la frequenza più elevata e per la gravità delle forme di cloracne in A6/A7 rispetto all'esterno della zona A, si deve presumere un assorbimento di TCDD anche di un ordine di grandezza

superiore in A6/A7 e sino a 2-3 ordini di grandezza più elevato in Carlo Porta Est.

III. EMISSIONE E INQUINAMENTO AL SUOLO

a) Composizione carica reattore.

Quando la lavorazione è stata sospesa, circa 6 ore prima dell'incidente la carica del reattore era costituita grosso modo da:

triclorefenato sodico (triclorofenolo 1.500 Kg pari al 28%)	1700 Kg	pari al	32,2%
altri prodotti di idrolisi del tetraclorobenzolo	340 Kg	" "	6,4%
glicol etilenico	1000 Kg	" "	19,0%
dietilenglicoli, poliglicoli, glicolati	1342 Kg	" "	25,4%
idrato sodico	355 Kg	" "	6,7%
cloruro sodico	<u>542 Kg</u>	" "	<u>10,3%</u>
	5281 Kg		100

b) Emissione particolata

Nel reattore lo spazio libero sovrastante la carica era di circa 4 m³.

L'apertura della valvola di sicurezza ha liberato i gas compressi con emissione a velocità subsonica di 15-20 Kg di vapori (in prevalenza glicol), che hanno trascinato allo stato particolato alcune decine di Kg di carica compresi i 150 gr di TCDD successivamente riscontrati sul terreno.

Il materiale particolato, trascinato verso sud-sud est, lungo la direzione del momento del vento, è sedimentato al suolo contaminando una striscia di terreno, con apertura iniziale di 40° circa, successivamente indicata come zona A e B.

c) Sedimentazione al suolo

Sul terreno sono sedimentati complessivamente circa 150 gr. di TCDD. Gli altri costituenti della carica non sono stati dosati.

Conoscendo la concentrazione della TCDD si potrebbe calcolare la sedimentazione al suolo degli altri componenti della carica.

Se la TCDD al momento dell'apertura della valvola era pari all'1% del triclorofenolo, e cioè lo 0,28% della carica, con la TCDD sarebbero usciti 50 Kg di particolato (Kg 0,15 $\frac{100}{0,28}$) che avrebbero causato le sedimentazioni al suolo riportate nella tab.2 unitamente alla concentrazione di TCDD riscontrata sul terreno. A percentuali di TCDD maggiori dell'1% corrisponderebbero sedimentazioni proporzionalmente inferiori e viceversa.

TABELLA n° 2

Sedimentazione al suolo del particolato in zona A e B

Distanza dal camino m.	Settore	TCDD mcg/m ²	Polveri totali mg/m ²	Tricloro fenato sodico mg/m ²	Idrato sodico mg/m ²	TCDD sedimentata su cute ng/Kg.p (1)
1	2	3	4	5	6	7
600	C.P.Est	5000	1800	580	115	
		2500	900	290	58	3600
800		1500	540	174	35	2150
1600	A6	150	54	17.4	3.5	215
1800	A7	40	15	4.6	0.9	60
2000		15	5.4	1.7	0.45	21
4000	BN	4	1.5	0.4	0.10	6

(1) Proiezione 10 dm² per soggetto medio di 70 Kgp.

Il danno da ustione alla vegetazione in zona A interessava i settori più vicini al camino esaurendosi rapidamente con la distanza.

Le ustioni sulla vegetazione erano appena visibili su qualche foglia a 600 - 800 metri dal camino nei giardini, orti e frutteti di Via C. Porta Est con sedimentazione media sul terreno della TCDD di 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ con punte oltre i 2500 $\mu\text{g}/\text{m}^2$.

La dose di impiego del defogliante 2-3-4T, è dell'ordine dei 100 mg/m^2 ; in Via C. Porta Est (presupponendo l'1% di triclorofenolo trasformato in TCDD) risulterebbero sedimentati 174 mg/m^2 di triclorofenato sodico e 35 mg/m^2 di soda caustica.

Per il modesto effetto rilevato sulla vegetazione, sembrano più probabili concentrazioni di TCDD nel triclorofenolo, superiori all'1% che non concentrazioni inferiori. Infatti la percentuale dello 0,25 o 0,5% comporterebbe in V. Carlo Porta Est, sedimentazioni di triclorofenato e soda caustica, dell'ordine di 500-1000 mg/m^2 che avrebbero dovuto danneggiare seriamente la vegetazione.

Nella col.7 della tab.2 sono indicati i $\text{ng}/\text{Kg.p}$ di TCDD sedimentata sulla cute dei soggetti che erano all'aperto al momento della sedimentazione calcolati, in base ai $\mu\text{g}/\text{m}^2$ di TCDD sul terreno; presupponendo per il soggetto medio di 70 Kg una proiezione orizzontale di pelle nuda di 0,1 m^2 . Questo dato, per quelli che erano all'aperto, potrebbe avere significato qualora si sia verificato un assorbimento cutaneo di TCDD che comunque è da ritenere modesto, inferiore al 10% del sedimentato.

d) Inquinamento atmosferico causato dalla emissione particolata.

Nella tab.3 colonna 4, sono riportate, in funzione della distanza dal camino, le concentrazioni atmosferiche della TCDD particolata in mcg/m^3 , lungo l'asse centrale della dispersione, calcolate per emissione iniziale di 150 gr di TCDD in un minuto, e tenendo conto che la TCDD in sospensione, allontanandosi dal camino, diminuiva gradatamente per effetto della sedimentazione come indicato nella col.3, basata sui dati sperimentali.

Le concentrazioni atmosferiche a un metro di altezza dal suolo sono state calcolate con la formula normalmente usata per emissioni puntiformi (camino, sfiato ecc.):

$$1^{\circ}) \quad c = \frac{q}{u} \frac{\sqrt{2} \cdot 10^6}{\pi p_z p_y x^n}$$

c = concentrazione sulla striscia centrale L sottovento in ug/m^3

q = emissione in gr/ora

u = velocità del vento in m/sec .

p_z = coefficiente turbolenza verticale

p_y = " " " " orizzontale

n = esponente funzione della turbolenza

L = striscia centrale = $\frac{R}{2} p_z x^{\frac{n}{2}}$

En base alle condizioni atmosferiche esistenti al momento dell'emissione e al valore di $p_z - p_y$ dedotto

dalla larghezza e distribuzione del sedimentato in zona A e B, sono state considerate condizioni atmosferiche normali con turbolenza media e precisamente:

$$u = 2 \text{ m/s}$$

$$p_z = 0,8$$

$$p_y = 2 p_z = 1,6$$

$$n = 4/3$$

Il calcolo teorico, che presuppone condizioni costanti, indica le concentrazioni atmosferiche più elevate che possono essere raggiunte e tende a sovravalutare l'inquinamento.

Nelle col.5-6-7 sono riportate le concentrazioni atmosferiche presunte per gli altri componenti la carica, ponendo la TCDD pari all'1% del triclorofenolo (0,28% rispetto alla carica).

Con emissione istantanea come quella in esame, il tempo di transito aumenta mano a mano che ci si allontana dal camino, il minuto considerato nei calcoli è da ritenere abbastanza approssimato per C.Porta Est a 600 - 800 metri dal camino, per distanze superiori ai 2000 metri si dovrebbero prevedere tempi di transito superiori ai 2' con concentrazioni atmosferiche proporzionalmente inferiori rispetto a quanto indicato.

Le concentrazioni di triclorofenolo e soda caustica riportate in tabella per i primi 2000 metri, rendono l'aria pungente ed irritante; sono da escludere concentrazioni più elevate di quanto presunto, altrimenti in V. Carlo Porta Est l'aria sarebbe stata irrespirabile con effetto acuto.

Nella col.7 sono riportati i ng di TCDD inalati, espressi in ng/Kg calcolati considerando che in un minuto, il soggetto medio di 70 Kg, inala 8 litri di aria ($\frac{1}{8750} \text{ m}^3 \cdot \text{Kg.p}$). La quantità inalata è indipendente dal tempo di transito in quanto a tempi maggiori corrispondono concentrazioni atmosferiche proporzionalmente inferiori compensate dal corrispondente aumento del volume inalato.

e) Emissione di gas e vapori

~~A decompressione ultimata è iniziata la distillazione del glicol (200 C°), del dietilenglicole (250 C°) e dei prodotti di trasformazione e decomposizione termica.~~

Poichè nel reattore, al momento dell'apertura della valvola, la temperatura era superiore a quella di distillazione del glicol nella fase iniziale, per qualche minuto è probabile che la ebollizione sia stata tumultuosa con fuoriuscita di piccole quantità di particolato sedimentato al suolo lungo la direzione momentanea del vento anche all'esterno della striscia interessata dalla emissione particolata iniziale.

La emissione, in base alle testimonianze, si è prolungata per almeno due ore con fumo visibile al camino.

A distillazione ultimata la temperatura all'interno

TABELLA n° 3

Zona A - B - Concentrazione nell'atmosfera degli inquinanti particolati in funzione della distanza dal camino, emissione di 150 gr di TCDD in un minuto.

TCDD nella carica pari all'1% del TCF.

x	Settore	% TCDD ancora in sospensione	TCDD mcg/m ³	Particolato Totali mg/m ³	Tricloro fenato sodico mg/m ³	Soda caustica mg/m ³	TCDD inalata ng/Kg.p
1	2	3	4	5	6	7	8
600	C.P.E.	60	52.5	18.9	6.1	1.2	6.00
800							
1600	A6	12	2.9	1.06	0.34	0.07	0.33
1800	A7	10	1.8	0.63	0.20	0.04	0.20
2000							
4000	BN	5	0.3	0.12	0.04	0.00	0.03

del reattore ha raggiunto i 400 gradi circa ed è ritornata sotto i 200° solo dopo parecchie ore, non si può escludere che l'emissione sia proseguita anche quando il fumo non era più visibile.

Nel reattore sono rimasti 2.200 Kg (72% cloruro sodico, più residui organici di trasformazione termica). Complessivamente dopo lo sfiato iniziale (circa 100 Kg), dal reattore sono usciti 2.900 Kg di gas e vapori organici di cui almeno 600 provenienti dalla trasformazione termica di 1/3 del tetraclorofenolo (tra cui 360 Kg di cloro e TCDD in quantità non nota).

La carica residua nel reattore contiene circa 100 ppm di TCDD. Nelle incrostazioni del reattore stesso la concentrazione della TCDD aumenta salendo verso l'alto: 1% sulle pale dell'agitatore; l'11% alla base del camino di sfiato; 19% all'uscita dal camino. Poiché durante la distillazione i glicoli per ricondensazione lavavano continuamente il camino, le concentrazioni elevate di TCDD sul camino sono da attribuire alla fase finale dell'emissione.

E' evidente che la TCDD è sempre stata presente nel reattore durante la emissione e che ha subito un notevole processo di distillazione.

Le caratteristiche chimico-fisiche della reazione di trasformazione del triclorofenato in TCDD, le condizioni di reazione e la presenza di solventi che favorivano la distillazione in corrente di vapore, portano a ritenere probabile una fuoriuscita di TCDD dell'ordine dell'1% del triclorofenolo (12,5 Kg di TCDD) senza escludere emissioni anche superiori ai 20-30Kg.

In seguito per la TCDD verrà presunta un'emissione di 10 Kg, e cioè la emissione più probabile.

f) Direzione del vento durante la emissione di gas e vapori

La emissione gassosa, prolungatisi per più ore, ha seguito le variazioni di direzione del vento interessando un arco molto ampio senza lasciare tracce sul terreno (gas, vapori e fumi non sedimentano).

I settori interessati dalla emissione sono però individuabili in base alla distribuzione sul terreno delle forme cutanee e ciò per la sostanziale sovrapposizione tra la distribuzione delle dermolesioni acute, dovute ai caustici ed irritanti, e quella della cloracne e dei selezionati dello screening scolastico dovute alla TCDD.

Sulla mappa della distribuzione della cloracne sul territorio, tutti i casi di cloracne, eccetto i 14 di Meda a nord del quartiere Polo, risultano inclusi in un angolo di 160 gradi con vertice al camino e asse centrale diretto verso sud-sud est (circa 25 gradi a est della direzione sud).

In questo angolo i settori dove la concentrazione della cloracne è più elevata sono tutti compresi nel territorio delimitato da due parallele, rispettivamente 1.800 metri a ovest e a est dell'asse centrale fino a 3.300 metri circa a sud del camino.

Poichè l'inquinante è stato disperso dal vento, si deve dedurre che durante la emissione, il vento ha interessato preferenzialmente la direzione sud-sud est oscillando di ± 80 gradi attorno alla direzione principale.

g) Inquinamento al suolo causato dall'emissione gassosa

L'emissione di 2.900 Kg in 2 ore e più di gas e vapori, con percentuale elevata di composti clorurati generalmente di odore acre e pungente, ha causato un notevole inquinamento atmosferico nell'arco di oscillazione della direzione del vento.

Secondo le testimonianze, nell'aria si percepiva un odore molto forte ancora percettibile a 3-4 Km dal camino.

Nella tab.4 sono riportate le concentrazioni atmosferiche dell'inquinante lungo la striscia al momento sottovento (calcolate con la formula 1° per le condizioni climatiche già indicate) in funzione della distanza dal camino per emissione di 1.450 Kg/ora.

L'emissione non è avvenuta a flusso costante e nel tempo è cambiata anche la composizione dei gas dispersi; i dati in tabella indicano pertanto la concentrazione "media" sottovento, si tratta comunque di concentrazioni dell'ordine dei mg/m^3 che mettono in evidenza la gravità dell'inquinamento e giustificano l'odore acre e pungente dell'aria.

Ai fini delle manifestazioni cutanee più che la concentrazione di punta sottovento interessa l'inquina

mento medio nel corso della emissione nei singoli settori dell'arco interessato dall'oscillazione di direzione del vento.

Presupponendo per la direzione del vento durante la emissione, una distribuzione gaussiana attorno all'asse principale si possono costruire curve di iso concentrazione con la formula

$$2^{\circ}) C = \frac{q}{u} \frac{2}{\pi p_z \sigma_m} \frac{1+n}{x \cdot \frac{1+n}{2}} \exp - \left(\frac{\sigma}{\sigma_m} \right)^2$$

dove:

σ = angolo a partire dalla direzione principale

σ_m in rad = 2/3 dell'oscillazione = $\frac{2}{3} 80^{\circ} \approx 55^{\circ} = 0,96$ rad

Anche in questo caso, come per la formula 1°, il calcolo teorico tende a sovravalutare l'inquinamento atmosferico, anche se in grado minore rispetto alle concentrazioni di punta.

TABELLA N° 4

Concentrazione atmosferiche al suolo in mcg/m^2 da 600 a 8000 m.
dal camino . emissione di 2900 Kg in 2 ore.

Distanza dal camino m.	mg/m^3 asse centrale al momento sotto vento
1	2
600	14.1
1000	7.2
1600	3.9
2000	2.8
4000	1.0
8000	0.4

Dalle curve di isoconcentrazione moltiplicando la C_i per il volume di aria inalato durante la emissione (circa 1 m^3 in 2 ore soggetto medio 70 Kg), si ha la quantità introdotta nell'organismo con l'aria di respirazione, mentre l'indice di contatto I_c in base al coefficiente di diffusione D dei singoli gas ed alla durata t è dato da:

$$3^\circ) I_c = C_i \cdot 3 \cdot D \cdot t$$

dove per indice di contatto si intendono i mg/m^2 che possono essere assorbiti o trattiene dalla superficie interessata se capace di fissare l'inquinante. Ad es. la pelle umida, bagnata di sudore trattiene quasi al 100% i gas acidi solubili in acqua (cloridrico, fluoridrico, ecc.) e i solventi solubili in acqua (alcol, glicol, ecc.) questi gas su una superficie metallica rimbalzerebbero senza essere trattiene, mentre su pelle parzialmente umida verrebbero trattiene solo in parte.

Nella tab.5 sono indicati i valori corrispondenti alle curve di isoconcentrazione riportati sulle fig.2-3-4 calcolate con la 2° per emissione di 2.900 Kg in 2 ore di inquinamento in toto e 10 Kg di TCDD. Gli indici di contatto I_c sono stati calcolati in base al coefficiente di diffusione del glicol ($0,12 \text{ cm}^2/\text{s}$) Con il coefficiente di diffusione medio D adottato la quantità massima che può essere trattiene dalla cute risulta pari all'inquinante contenuto in 25 m^3 di aria circa. Presupponendo per il soggetto medio $0,2 \text{ m}^2$ circa di pelle scoperta, questa avrebbe potuto trattiene i

TABELLA N° 5

Curve di isoconcentrazione.

n° curva	i n a l a t o		concentrazione nell'aria ₃ in toto .. mg/m ³	emissione in toto indice di ₂ contatto i.c. mg/m ²
	TCDD ng/kg.p	inquinanti in toto ug/Kg.p		
1	160	48	3,2	80,0
2	80	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20,0
4	20	6	0,40	10,0
5	10	3	0,20	5,0
6	5	1,5	0,10	2,5

Non si può escludere un assorbimento significativo di TCDD tra mite cute anche se molto improbabile difatti la TCDD non è solubile nel sudore come i glicoli e i derivati clorurati acidi e la cute può aver trattenuto solo una piccola parte della diossina atmosferica con cui è venuta a contatto.

L'assorbimento inoltre presuppone una permanenza sulla cute prolungata nel tempo.

Presupponendo un'emissione totale di 10 Kg di TCDD praticamente tutti i casi di cloracne esterni alla zona A esclusi i 14 casi di Meda Nord, risultano inclusi nella curva 5 corrispondente all'assorbimento di 10 ng/Kg.p. Dei 14 casi di Meda, 6 sono raggruppati lungo la direzione N-est da 1000 a 1800 metri a partire dallo stabilimento e 4 lungo la direzione Nord fino a 1000 metri.

Per causare in queste direzioni un inquinamento eguale a quello delle curve di assorbimento che include tutti i casi di cloracne (con le ipotesi fatte 10ng/Kgp) il vento avrebbe dovuto soffiare verso queste direzioni per il 2-4% del tempo (2-5 minuti con emissione di 2 ore) cosa più che probabile tanto più che l'emissione è avvenuta nelle ore più calde di una giornata soleggiata e cioè nelle condizioni climatiche che favoriscono repentine brevi inversioni di direzione del vento.

Poichè l'emissione non è avvenuta a ritmo costante nei periodi di maggior attività, sarebbero stati sufficienti anche variazioni di direzione del vento di durata inferiori al minuto per giustificare i casi di Meda Nord.

IV° DISTRIBUZIONE SUL TERRENO DELLE DERMOLESIONI E INQUINAMENTO ATMOSFERICO

1. Dermolesioni acute

Dalla figura n.2 risulta che le dermolesioni acute, eccetto quelle di Meda Nord, sono ancora presenti in numero significativo tra le curve di isoconcentrazione 5-6, e cioè, per l'emissione in toto, con indici di contatto di 2,5 - 5 mg/m² e concentrazioni atmosferiche presunte di 0,1 - 0,2 mg/m³.

Valori molto bassi in base ai quali si deve presumere che nell'emissione erano presenti composti molto attivi verso la cute.

La densità delle forme cutanee aumenta secondo logica andando verso il camino e cioè verso la zona a maggior contaminazione.

In Carlo Porta Est l'indice di contatto di 80 mg/m² e la concentrazione atmosferica di 3,4 mg/m³ giustificano i casi più gravi riscontrati in questo settore.

In zona A si è avuta inoltre l'azione caustica della soda e del triclorofenato ai quali vanno addebitati i casi di eritema ed edema del volto e di qualche altra parte scoperta, soprattutto in bambini e giovani sotto i 21 anni di età, tutti presenti in zona A e investiti direttamente dalla nube subito dopo la fuoriuscita.

A differenza della cloracne le forme acute sono distribuite su tutte le classi di età

inferiori a 1 anno	4%
da 1 a 12 anni	38%
da 12 a 21 "	10%
oltre a 21 "	48%

2. Cloracne

Come messo in evidenza dalla figura n.3, le forme lievi di cloracne esterne alla zona A, esclusi i 14 casi di Meda Nord, sono praticamente tutte all'interno della curva di isoconcentrazione 5 corrispondente alla inalazione di 10 ng/Kg.p.

La leggera tendenza della cloracne in qualche settore a prolungarsi all'esterno della curva 5 è da attribuire al fatto che la distribuzione della direzione del vento non è stata rigorosamente gaussiana, nè la emissione è avvenuta a ritmo rigorosamente costante.

Come già detto i 14 casi di Meda Nord possono essere attribuiti ad assorbimento di 10-20 ng/Kg.p conseguenti a momentanee brevi inversioni di direzione del vento.

Per i settori dove è stata riscontrata la cloracne nei minori di 14 anni per quanto riguarda la TCDD inalata si ha:

C.Porta Est	media 160 ng/Kg.p	
A6	38	
A7	28	
Polo di Meda	30	(da 10 a 50)
BN	15	(10 - 20)
Seveso R	20	(10 - 40)
Seveso esterno e R	15	(10 - 20)
Cesano R	15	(10 - 20)

L'assorbimento di TCDD per inalazione durante la emissione in zona A è di poco superiore rispetto a quello delle fasce laterali, tenendo presente la frequenza e gravità della casistica si deve dedurre che in zona A, ed anche

in BN, si è verificato un assorbimento significativo di TCDD successivamente alla emissione a causa della contaminazione del terreno.

E' da escludere una maggior insistenza, rispetto al presunto, della direzione del vento verso la zona A perchè in tal caso l'assorbimento per inalazione in B diverrebbe più elevato di quello delle fasce laterali in contrasto con la casistica.

V° INALAZIONE E INGESTIONE ACCIDENTALE NEI PRIMI 16 GIORNI
SUCCESSIVI ALL'INCIDENTE

Nei 16 giorni intercorsi tra l'incidente e la prime e-
vacuazione, gli abitanti delle zone A e B hanno assorbi-
to TCDD per inalazione, ingestione accidentale e per
consumo di verdure, frutta e altri alimenti di produzio-
ne locali.

Nelle singole zone l'assorbimento è stato direttamente
proporzionale alla contaminazione del terreno.

L'inalazione e ingestione accidentale in seguito è
proseguita nei settori non evacuati, è però diminuita
nel tempo mano a mano che la TCDD si diluiva nel terre-
no:

In base ai dati disponibili per la concentrazione della
TCDD nel terreno in mcg/Kg in funzione della diluizione
in profondità nel tempo si può porre:

dal 10 al 26 luglio '76	mcg/Kg =	$\frac{\text{mcg/mq}}{4}$
dal 26 luglio a fine agosto '76	"	$\frac{\text{mcg/mq}}{20}$
fino al 31/12/1977	"	$\frac{\text{mcg/mq}}{50}$
1/1/78 a tutt'oggi (dopo aratura)	"	$\frac{\text{mcg/mq}}{300}$

1. Inalazione

Con l'aria di respirazione, si inalano gli inquinanti gassosi e particolati in sospensione nell'aria.

L'evaporazione di TCDD dal terreno è risultata praticamente nulla e trascurabile agli effetti della contaminazione dell'aria.

Il pulviscolo atmosferico in sospensione nell'aria in zona, è risultato mediamente di $0,2 \text{ mg/m}^3$; con l'aria di respirazione ($0,2 \text{ m}^3$ giorno per Kg.p), risultano inalati $0,04 \text{ mgr/Kg.p}$ di pulviscolo atmosferico la cui contaminazione si può porre uguale a quella del terreno.

2. Ingestione accidentale

L'ingestione accidentale: mani sporche alla bocca, ecc., si può presumere in via largamente orientativa.

Considerando i dati relativi al piombo assorbito da bambini che vivevano in ambienti con pavimenti, strade, ecc, sui quali erano depositate polveri che contenevano 1-3% di piombo (contro un "normale" minore di 0,1%), l'ingestione di polvere accidentale risulterebbe di 1-2 mg/Kg.p al giorno, per quanto limitata di gran lunga superiore all'inalazione.

3. Assorbimento cutaneo

L'eventuale assorbimento cutaneo interessa specialmente per i bambini, si tratta comunque di un assorbimento modesto.

Alla cute aderiscono solo le particelle di 2-3 micron.

Ammettendo di sporcare con uno strato compatto il 10% della cute, imbrattamento nettamente superiore a quello che si può verificare in pratica, resterebbero aderenti alla cute 8-10 mg di polvere per Kg di peso corporeo.

La TCDD depositata su queste polveri può essere totalmente assorbita solo se il contatto con la cute si prolunga per parecchie ore, nel complesso l'assorbimento cutaneo non dovrebbe superare i valori presunti per l'assorbimento accidentale e cioè l'equivalente della TCDD contenuta in 2 mg di terreno per Kg.p. al giorno.

4. Assorbimento complessivo per inalazione, ingestione accidentale ed assorbimento cutaneo

Per quanto detto complessivamente, con stima largamente superiore al reale, per ingestione e assorbimento cutaneo giornalmente per Kg.p si può introdurre nell'organismo la TCDD contenuta in 4 mg di terreno, 64 mg nei 16 giorni trascorsi tra l'incidente e la prima evacuazione. L'assorbimento totale risulterebbe (64 mg/Kg.p in 16 giorni)

C. Porta Est	ng/Kg	22,4
A6		0,64
A7		0,22
BN		0,07
BS		0,03

nettamente inferiore e non influente rispetto alla dose presunta inalata durante l'emissione, pertanto trascurabile.

5. Assorbimento successivo all'evacuazione

In zona B, l'assorbimento per inalazione, ingestione e assorbimento cutaneo, è proseguito nel tempo diminuendo mano a mano che diminuiva la concentrazione nel terreno, si ha:

TCDD assorbita in BN

dal 26/7/1976 a fine agosto 1976

$$\frac{4 \cdot 30 \cdot 4}{20} 10^{-6} \text{ mcg} = 24 \text{ pcg/Kg.p}$$

da agosto 1976 a fine 1977

$$\frac{4 \cdot 485 \cdot 4}{50} 10^{-6} \text{ mcg} = 155,0 \text{ pcg/Kg.p}$$

dall'1/1/78 all'1/3/1982

$$\frac{4 \cdot 1520 \cdot 4}{300} 10^{-6} \text{ mcg} = \underline{\underline{81,0 \text{ pcg/Kg.p}}}$$

Totale 260,0 pcg/Kg.p

Nel resto della zona B rispetto a BN, l'assorbimento ri sulterebbe meno della metà.

Non si può escludere qualche trasgressione delle norme di comportamento con consumo di prodotti agricoli locali, anche in questo caso l'introduzione di TCDD sarebbe stata limitata. Difatti già a partire dalla produzione 1977 nella frutta e nei prodotti spontanei dell'or

to di C.P.E. sono stati riscontrati 0,005 - 0,004 mcg/Kg di TCDD contro i 10 - 75 mcg/Kg presunti, dopo lavaggio, per i prodotti contaminati per sedimentazione nel luglio 1976.

Il non verificarsi di nuovi casi di cloracne successivamente agli screening scolastici eseguiti nella prima parte del 1977 conferma che già a partire dal mese di agosto 1976 l'esposizione della popolazione era contenuta entro livelli estremamente bassi.

VI° INGESTIONE CON PRODOTTI AGRICOLI LOCALI

a) Verdura e frutta locali

L'incidente è avvenuto in luglio, nel periodo di massima produzione dell'orto e del frutteto che coincide con il periodo di massimo consumo dei prodotti del proprio orto.

In zona, specialmente nella zona A, la maggior parte delle famiglie dispone di orti e/o giardini con alberi da frutta.

Nei 16 giorni tra l'incidente e la prima evacuazione la popolazione ha continuato a consumare i prodotti del proprio orto contaminati da diossina.

Nelle risposte ai questionari il 70% dei bambini clo-racneici ha dichiarato di aver consumato prodotti locali nei 16 giorni tra l'incidente e la prima evacuazione.

Per i settori non evacuati non si può escludere che il consumo sia proseguito nonostante le tassative disposizioni emanate dalle autorità pubbliche, consumo che però al massimo si è prolungato per altri 7-8 giorni in quanto, dopo tale periodo, i prodotti già maturi, o in avanzato stato di maturazione al momento dell'incidente non erano più commestibili.

La TCDD sedimentata sulla vegetazione vi è rimasta a lungo nonostante le piogge; in ottobre il 30% della TCDD era ancora sui vegetali nonostante le frequenti e abbondanti piogge.

La contaminazione della verdura e della frutta è da presumere direttamente proporzionale alla proiezione

sul terreno del vegetale (area di sedimentazione) e inversamente proporzionale al peso.

Nella tabella 6, per i prodotti più comuni dell'orto e del frutteto, sono indicate le contaminazioni presunte riferite ai mcg/m² ricaduti sul terreno.

Nella colonna 3 sono indicati i mcg/Kg (ppb) per i vegetali su terreni contaminati mediamente da 1.500 mcg/mq., e cioè della contaminazione media che ha interessato la popolazione residente in Via C. Porta Est. Prima del consumo, la verdura e la frutta vengono "lavate", in effetti la verdura: insalata, spinaci, ecc., viene sospesa in acqua per far sedimentare le particelle più grossolane di terreno eventualmente aderenti; trattamento di efficacia limitata per l'eventuale sporco fissato sul vegetale.

Ancora più sommario il lavaggio della frutta, specie per la frutta di produzione propria, normalmente colta e mangiata tal quale.

A titolo orientativo, nella colonna 4 della tabella 6, sono indicate le contaminazioni residue di TCDD dopo lavaggio, calcolate presupponendo che il non asportato sia solo il 10% per la verdura e il 20% per la frutta, percentuale sicuramente inferiore al reale.

Mediamente per i terreni con 1500 mcg/mq di diossina si può presumere una contaminazione media residua di 40 mcg/Kg (ppb). Poichè la contaminazione dei vegetali è direttamente proporzionale alla contaminazione sul terreno si può dedurre che con un inquinamento di 150 mcg/mq e 15 mcg/mq nel terreno, la contaminazione del vegetale sia pari rispettivamente a 4 ppb e 0,4 ppb e così via. Tenendo conto della stagione, il consumo medio pro ca-pite dei prodotti del proprio orto, era sicuramente su-

periore ai 4 gr/giorno per Kg.p corrispondenti per soggetto medio di 70 Kg a 1 grossa pesca (8 cm di diametro) o 2 pomodori di dimensione media o un insalata di pomodori e peperoni o un piatto di catalogna.

Nella tabella 7 sono riportati in funzione della contaminazione del terreno, i ng/Kg.p che risulterebbero ingeriti giornalmente con consumo medio di frutta e verdura di 4 gr/giorno per Kg di peso corporeo e il totale ingerito nei 16 giorni trascorsi tra l'incidente e la prima evacuazione.

L'assorbimento per ingestione dipende da più fattori: abitudini alimentari, efficacia del lavaggio; eliminazione delle bucce, ecc. e pertanto i dati indicati sono largamente orientativi, sono però sufficienti per mettere in evidenza che il consumo medio dei prodotti locali può aver causato un assorbimento di TCDD di gran lunga superiore rispetto alle altre vie di assunzione (inalazione, ingestione accidentale ed assorbimento cutaneo).

b) Animali da cortile

Tra gli animali da cortile interessano specialmente i conigli, il cui allevamento in zona era molto diffuso, i conigli mangiano anche più di mezzo Kg di erba al giorno per Kg di peso e in pochi giorni potevano accumulare dosi elevate di diossina.

Per i polli e gli altri animali da cortile, solo in parte alimentati con i prodotti locali contaminati, l'accumulo di TCDD è meno importante rispetto a quello dei conigli anche se non trascurabile.

In base agli studi condotti in zona, il coniglio trattiene l'80% della TCDD ingerita con una vita media di 8-10 giorni, il 50% circa della TCDD assorbita è concentrata nel fegato.

Presupponendo per i primi giorni successivi all'incidente, un contenuto di TCDD sull'erba pari a

$\text{mcg/Kg} = \frac{\text{mcg/mg}}{2}$ ed una ingestione di mezzo Kg al giorno di erba per Kg di peso del coniglio, la concentrazione media della TCDD nel coniglio in funzione dei giorni t è data da

$$\text{mcg/Kg.p} = \text{mcg/m}^2 \cdot 3 \left(1 - \exp - \frac{t}{10} \cdot \ln 2\right)$$

nel fegato la concentrazione risulterebbe 12,5 volte maggiore rispetto alla media per l'intero coniglio. Nella tabella 8 sono indicate le ingestioni "teoricamente ipotizzabili" in ng/Kg.p in funzione della contaminazione del terreno per consumo di 3 gr di carne di coniglio per Kg.p dopo 3-6-10-16 giorni dall'incidente, calcolati con la formula citata.

La tabella mette in evidenza che nei 16 giorni successivi all'incidente sarebbe stato sufficiente mangiare coniglio anche una sola volta per ingerire TCDD in quantità anche 2-3 volte superiore rispetto a quella che poteva essere assorbita con consumo regolare di frutta e verdura locale per 16 giorni.

Complessivamente, tenendo conto anche dell'apporto delle altre carni, si può presumere che l'assorbimento complessivo (verdura più animali) è pari a 2 volte quello indicato per la sola verdura per 16 giorni, nell'ultima colonna della tabella 7.

La contaminazione degli animali è stata messa in evidenza dalle analisi della TCDD eseguite su campioni di fegato di animali, specie conigli, e di latte vaccino prelevati a fine luglio e nella prima decade di agosto 1976 (da 18 a 30 giorni dopo l'incidente). La concentrazione della TCDD nei fegati di coniglio anche quantitativamente segue abbastanza fedelmente la concentrazione della TCDD nel terreno non solo in zona A e zona B, ma anche in Desio R e nel quartiere Polo di Meda.

Nel fegato dei conigli di A6-A7 (media sul terreno 40 e 15 mcg/m² di TCDD), è stata riscontrata una positività del 97% con un massimo di 660 ng/gr di TCDD, in accordo con le previsioni della tab.7.

In zona B diminuisce la percentuale della positività (84%) e il valore medio dei fegati positivi all'analisi nonostante un max di 838 ng/gr.

Nella zona R la percentuale dei positivi è dell'80% e diminuisce sostanzialmente all'esterno della zona R, dove la positività è del 12% con una punta massima di 55 ng/gr in un campione che è risultato alimentato con foraggi di zona R.

Si tratta di valori positivi attesi, con i metodi di analisi impiegati il fegato di coniglio difatti per il suo elevato fattore di concentrazione rispetto al foraggio (circa 35-40 volte) poteva risultare positivo già con contaminazione del terreno di 0,0075 mcg/m² e cioè 100 volte inferiore al limite di sensibilità dell'analisi sul terreno (0,75 mcg/m²).

In Seveso R a Ovest della zona A, in Seveso esterno a R e in Meda Nord, dove l'analisi del terreno per la TCDD ha sempre dato esito negativo, per raggiungere le modeste con

taminazioni sufficienti per rendere positivo il fegato di conigli indipendentemente dalla sedimentazione del particolato, con le ipotesi fatte, sarebbe stato sufficiente l'assorbimento diretto di TCDD dall'atmosfera da parte dei vegetali in ragione dello 0,1 - 1 per mille del corrispondente indice di contatto.

La positività dei fegati di coniglio in questi settori limitata al 20% circa mette in evidenza che l'assorbimento diretto di TCDD dall'atmosfera da parte dei vegetali, ammesso che si sia verificato, è stato modesto anche se sufficiente per rendere positivi una parte dei fegati. Nonostante i diversi criteri di selezione la distribuzione dei fegati positivi sul territorio è abbastanza simile a quella delle dermolesioni.

In campioni di latte vaccino prelevati tra il 28/7 e il 10/8/1976 in 4 stalle (2 in zona A, 2 in Seveso R ovest) alimentate con foraggio di zona A, la contaminazione media della TCDD è risultata dell'ordine di 2000 ng/litro con un max di 7.919, in altre 6 stalle lungo il perimetro Est della zona R (una in R e cinque esterne) la concentrazione della TCDD è risultata mediamente di 100 ng/litro.

Nel 1978 il controllo del latte è stato ripetuto in 24 stalle con risultati positivi (circa 20 ng/litro) solo in una stalla di Varedo che è risultata alimentata con foraggi provenienti dalla zona inquinata.

Anche se il latte va alla centrale, non si può escludere un consumo locale almeno per i famigliari degli addetti alla stalla.

Questi dati confermano l'inquinamento dei prodotti di allevamento ed indirettamente dei vegetali e mettono in evidenza, non esistendo vincoli, che i foraggi contaminati sono usciti dalle future zone A e B e non si può escludere che ciò sia avvenuto anche per i prodotti dell'orto, sebbene in misura molto modesta trattandosi di orti ad uso familiare.

Una parte delle cloracne lievi tardive nei minori di 14 anni del 1977, è senz'altro da attribuire a questi movimenti di vegetali oltre che alle mobilità proprie degli abitanti che hanno continuato a muoversi nel territorio con libero accesso alla zona A.

La distribuzione delle lesioni cutanee sul territorio mette però in evidenza che queste forme di diffusione, hanno avuto una importanza modesta.

Le mappe delle cloracne e quella dei selezionati, si sovrappongono fedelmente a quella delle dermolesioni acute, queste ultime dovute all'impatto dell'emissione sul territorio; sovrapposizione che può essere data solo da contaminazione contemporanea che poteva provenire solo dall'azione degli inquinanti in sospensione nell'aria.

Le forme cutanee sono addensate attorno a direttrici provenienti dallo stabilimento con densità decrescente mano a mano che ci si allontana dal camino.

c) TCDD ingerita con gli alimenti

Per quanto detto la TCDD ingerita con gli alimenti locali nei 16 giorni successivi all'incidente risulta pari a:

$$\text{ng/Kg.p} = 3,3 \text{ mcg/m}^2$$

Valore che, con le ipotesi fatte, è da ritenere inferiore al reale almeno per i più forti consumatori di prodotti locali. Basta considerare che tra le zone A-B-R, complessivamente con 35.000 abitanti, dopo l'incidente sono stati ritirati e sacrificati 80.600 capi di bassa corte e cioè più di 2 capi per abitanti.

d) Sedimentazione su piatti e posate al momento della dispersione

La fuoriuscita del particolato è avvenuta alle 12,30 quando la maggior parte della popolazione era a tavola e non si può escludere una contaminazione dei cibi per sedimentazione, contaminazione che però può avere interessato sensibilmente solo tavole apparecchiate all'aperto senza riparo di tettoie. Le particelle grossolane che sedimentano non penetrano nelle case o entrano solo in percentuale minima.

Considerando la superficie di piatti, posate, ecc. di $0,05 \text{ m}^2$ per coperto si potrebbe avere un assorbimento di:

$$\text{ng/Kg.p} = \text{mcg/m}^2 \frac{1000}{1040}$$

in C.Porta Est, A6-A7-A8-B rispettivamente 1050 - 28 - 10,5 - 2,8 ng/Kg valore di un certo interesse anche se solo una parte del sedimentato poteva essere effettivamente ingerito, si tratta però di un assorbimento che si può essere verificato solo per un numero limitato di soggetti.

VII° TCDD RISCONTRATA NELL'UOMO

La concentrazione di TCDD negli organi è stata determinata solo in una donna di 55 anni di età, 70 Kg di peso, deceduta per tumore a 7 mesi dall'incidente, residente in C.Porta Est, e cioè nella zona abitata maggiormente interessata dalla sedimentazione al suolo della TCDD e precisamente nel settore sud di C.Porta Est, dove sono stati riscontrati 500-1000 mcg/m².

Il soggetto abitava con 2 nipotine di 4-5 anni che hanno subito le manifestazioni cutanee più gravi (dermolesione acuta seguita da cloracne) riscontrate in zona.

La concentrazione media di diossina nei tessuti è risultata di circa 500 ng/Kg in prevalenza concentrata nel grasso. (1)

Non conoscendo la vita media della TCDD nell'uomo, non si può risalire alla concentrazione iniziale. Si può tuttavia presumere che la concentrazione iniziale sia dell'ordine di qualche mcg/Kg; supponendo una vita media di 1-2-3 mesi risulterebbe una concentrazione iniziale rispettivamente di 64 - 4 - 2 mcg/kg.

(1)	Grasso	TCDD	1940	ppt
	Pancreas	"	1040	"
	Fegato	"	150	"
	Tiroide	"	85	"
	Cervello	"	60	"
	Polmoni	"	60	"
	Rene	"	40	"
	Sangue	"	6	"

Si tratta di dose di oltre un ordine di grandezza superiore a quanto poteva essere assorbito per inalazione e ingestione accidentale anche con emissione di TCDD 2-3 volte superiore ai 10 Kg ipotizzati.

La TCDD riscontrata negli organi è pertanto da attribuire per la maggior parte ad assunzione per via alimentare.

In effetti la TCDD è stata dosata con esito negativo anche in 35 campioni di provenienza autoptica e biptica, tutti di soggetti esterni alla zona A e B (sangue 7, cute 3, grasso 3, fegato 15, placenta 1, latte 2, liquor 2, colostro 2).

La sensibilità del metodo di analisi (100-400 ng/Kg) non è però sufficiente per un confronto con i risultati ottenuti sui campioni di zona A in quanto all'esterno della zona A sarebbe stato necessario disporre di una metodica almeno 100 volte più sensibile.

Contaminazione della verdura e della frutta conseguente alla sedimentazione della TCDD.

	TCDD in mcgr/Kg (ppb) in funzione dei mcgr/m ² sul terreno	TCDD in mcgr/Kg. per prodotto di terreno con 1500 mcgr/m ²	TCDD residua IN mcgr/Kg dopo lavaggio
Insalata			
Spinaci	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{2}$	750	75
Bietole			
Catalogna			
Pomodori.	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{100} \cdot \frac{1.5}{d} = \frac{\text{mcgr/m}^2}{33}$	45	9
Pesche			
Albicocche	$= \frac{\text{mcgr/m}^2}{25}$	60	12
Fichi	"	60	12
Prugne	"	60	12
Amarene	$= \frac{\text{mcgr/m}^2}{10}$	135	27
Peperoni	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{6}$	250	25
Fagiolini	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{10}$	150	15
Piselli	zero		
Carote	"		
Patate	"		

TABELLA N°7

TCDD in ng/Kg. Peso presunta ingerita con i prodotti dell'orto.

	mcgr/m ² sul terreno	giornaliero		totale x 16 gg.
1	2	3		4
Zona A C.Porta Est	2500	max	250	4000
	1500	medio	150	2400
A6	150	max	15	240
	40	medio	4	64
A7	75	max	7.5	120
	15	medio	1.5	24
Zona B1	12	max	1.2	19.2
	4	medio	0.4	6.4
Zona B2	2	medio	0.2	3.2

Contaminazione da TCDD della carne di coniglio.

giorno dall'incidente	Rapporto tra la mcg/Kg nel coniglio e mcg/m ² nel terreno.	TCDD ingerita in ng/Kg.p per consumo di 3 gr. di carne di coniglio per Kg/p.				
		C.Porta Est mcg/m ² 1500	A6 mcg/m ² =40	A7 mcg/m ² =15	BN mcg/m ² =4	R mcg/m ² =1
3	0.56	2475	67.2	24.75	6.7	1.
6	1.02	4595	122.4	45.95	12.2	3.05
10	1.50	6750	180.0	67.5	18.0	4.5
16	2.00	9000	240.0	90.0	24.0	6.0
dopo 16 giorni						
a) concentrazione media del coniglio mcg/Kg.		3000	80	30	8	2
b) concentrazione nel fegato del coniglio mcg/Kg.		37500	1000	375	100	25

VIII° TCDD PRESUNTA ASSORBITA PER INALAZIONE DURANTE LA EMIS-
SIONE E CON GLI ALIMENTI LOCALI DAL 10 AL 26 LUGLIO 1976.

Nella Tabella 9 sono riepilogati i dati relativi all'assorbimento di TCDD presunto, in base alle ipotesi fatte, per inalazione durante la emissione e per ingestione con gli alimenti nei 16 giorni intercorsi tra l'emissione e la prima evacuazione.

Non sono state considerate, poichè influenti, le altre forme di assorbimento: ingestione accidentale, assorbimento cutaneo, ecc.

Per le variabili in gioco i dati in tabella indicano il valore medio del settore, ad esempio per C.Porta Est al valore medio di 4960 ng/Kg.p corrisponde un intervallo di 2500-10000 ng/Kg.p e così via.

Le forme lievi di cloracne tardiva risulterebbero conseguenti ad un assorbimento di almeno 10-20 ng/Kg.p (Cesano R e Seveso esterno R).

In BS e Desio R, dove l'assorbimento per ingestione eguaglia quello per inalazione, con assorbimento presunto di 5-15 ng/Kg.p (media 10 ng/Kg.p), la cloracne è assente.

L'ingestione di TCDD con gli alimenti locali, basata sulla contaminazione del terreno, è stata calcolata con errore in difetto è quindi inferiore al reale. L'assenza di casi in questi settori porta ad escludere che l'assorbimento presunto per inalazione per Cesano R e Seveso esterno R, che risulterebbe di 10 - 20 ng/Kg.p, sia errato in eccesso, perchè in tal caso non sarebbero giustificate le forme di cloracne riscontrate.

Per l'assorbimento per inalazione sembrerebbe da escludere anche un errore elevato in difetto, infatti con assorbimento per inalazione 2 - 3 volte superiore a quanto ipotizzato

l'assunzione di TCDD sulle fasce laterali diventerebbe eguale a quelle di BN in contrasto con la casistica. Indipendentemente dalle approssimazioni con le ipotesi fatte le 5 forme leggere del 1976 in < 14 anni di A6 (3,3 % dei < 14 anni) sarebbero conseguenza di un assorbimento di 100-200 ng/Kg.p, mentre le forme più gravi nei < 14 anni di C.Porta Est ed i 5 casi di adulti nel 1976, sempre in C.Porta Est risulterebbero conseguenti ad un assorbimento dell'ordine dei mcg/Kg.p, dato in accordo con la TCDD riscontrata negli organi dell'unico caso esaminato.

Indipendentemente dalle approssimazioni le grandezze in gioco permettono di addebitare all'assorbimento per inalazione durante l'emissione le forme lievi di cloracne riscontrate nel 1977 sulle fasce laterali esterne alla zona A ed in Meda Nord, mentre per la zona A, e specialmente per Carlo Porta Est le forme, più gravi, di cloracne sono da addebitare alla TCDD ingerita con gli alimenti locali.

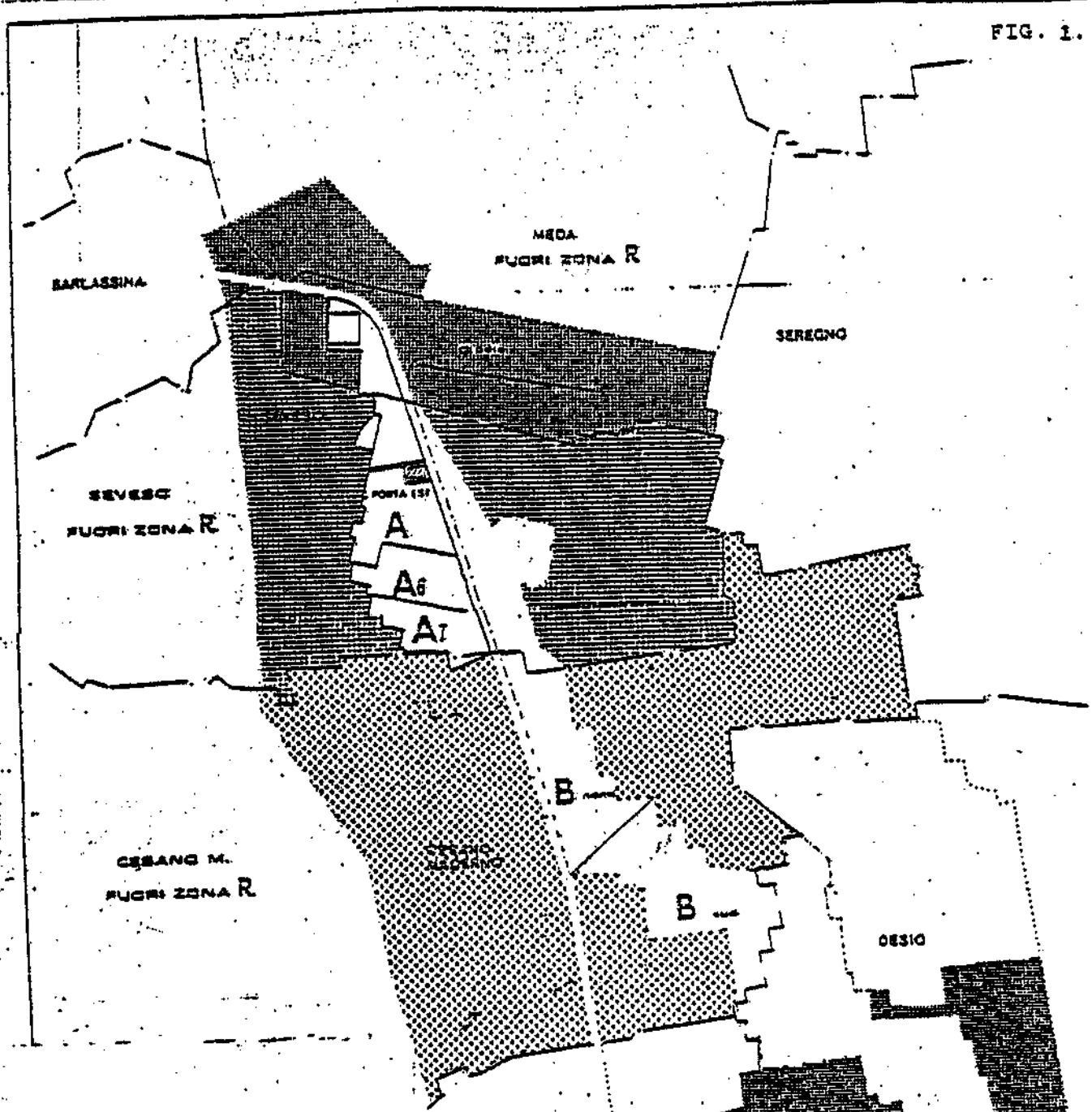
In effetti può sembrare improbabile che dosi di 10-20 ng/Kg.p una tantum possono portare a alterazioni rilevabili anche con una sostanza estremamente attiva come la TCDD, ma le forme lievi di cloracne tardiva del 1977 nei < 14 anni sono da considerare un test altamente sensibile, difatti tutti i controlli eseguiti sui cloracneici: globulina, got, porfirine, ecc. sono sempre risultati nella norma.

Una alterazione lieve passeggera di questi parametri si è notato in qualche caso solo nei cloracneici di Carlo Porta Est < 14 anni interessati da esposizioni di oltre due ordini di grandezza più elevate.

Entra in gioco anche la spiccata sensibilità dei minori alla TCDD, difatti in Carlo Porta Est negli adulti si

sono avuti solo 5 casi leggeri (pari al 5% circa dei >14 anni) manifestatesi 6 mesi dopo l'incidente, contro 26 casi di settembre-ottobre nei <14 anni (pari al 48%) di cui 8 gravi e 11 di intensità media.

FIG. 1.



TCDD NEL TERRENO mg/m² % CLORAMINE NEL <14> ANNI











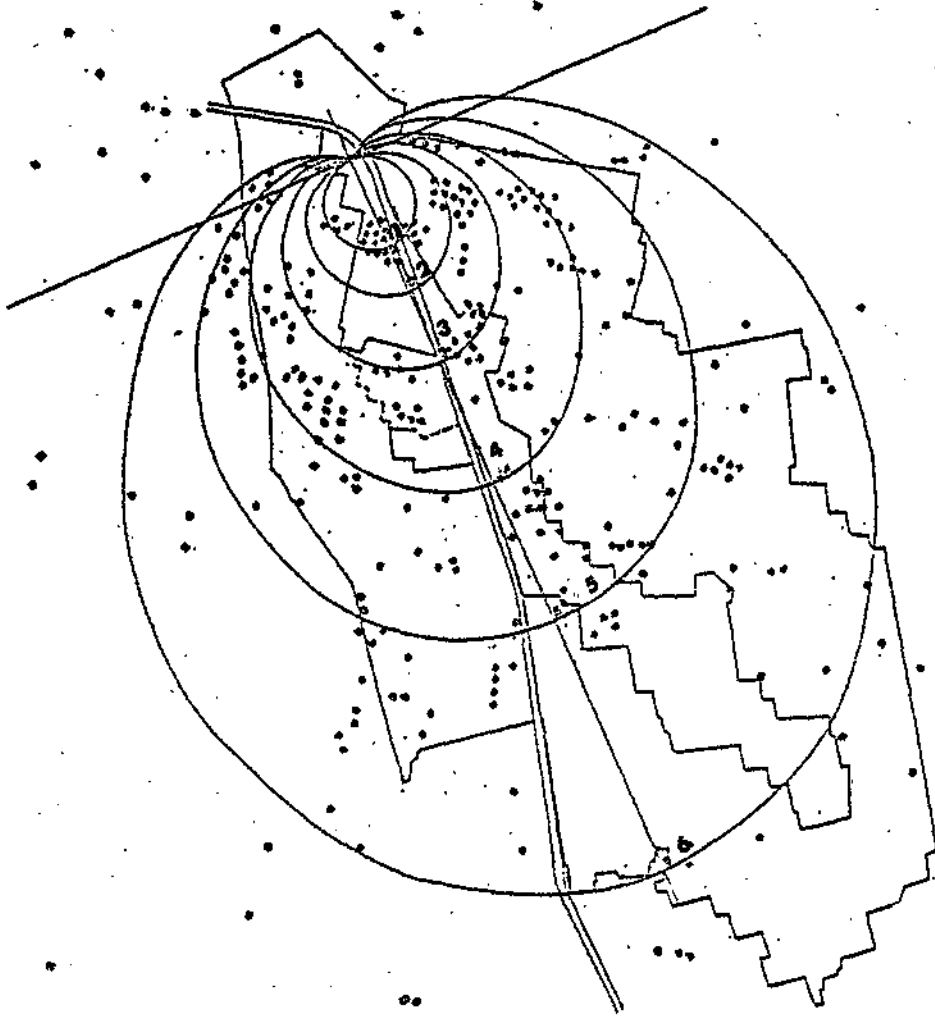
Carlo Porta Est		1500	Carlo Porta Est		48
Zona R Denis		1.2	Zona R Denis		—
Zona R Meda (Polo)		1.4	Zona R Meda (Polo)		2.5
Zona R Seveso		NV	Zona R Seveso		1.30
Zona R Cesano M.		NV	Zona R Cesano M.		0.28
Fuori zona R Seveso		NV	Fuori zona R Seveso		0.7
Zona B Nord		4.3	Zona B Nord		1.5
Zona B Sud		1.7	Zona B Sud		—
Zona A6		40	Zona A6	}	19
Zona A7		13	Zona A7		

FIG. 2.

n° curva	INALATO		concentra- zione nel- l'aria mc/m ³	emissione in tore indice di contatto i.e. mc/m ³
	TCD ng/Kg.p	inquinan- ti in t ₂ to ug/Kg.p		
1	160	48	3,2	600
2	30	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20
4	20	6	0,40	10,0
5	10	3	0,20	5,0
6	5	1,5	0,10	2,5



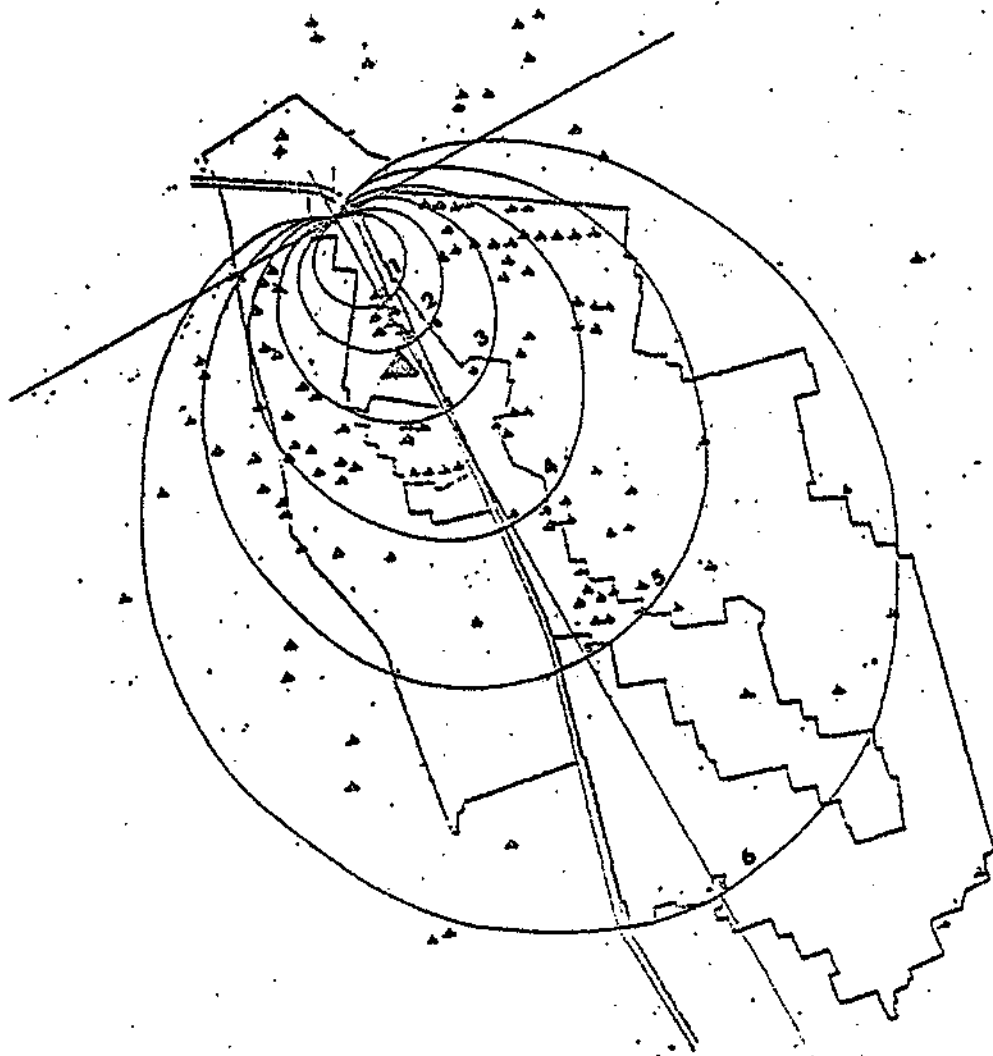
LEGENDA:

DISTRIBUZIONE DEI CASI DI DERMOLESIONE
ACUTA OSSERVATI NEL TERRITORIO DELLA
BRIANZA DI SEVESO DALL'AGOSTO AL
SETTEMBRE '76

* = 1 CASO

FIG. 3

n° curve	ANALISI		concentra- zione nel- l'aria mc/m ³	emissione in toto indice di contatto i.c. mc/m ³
	TCSO ng/Kg.p	Inquinan- ti in t ₂ to ug/Kg.p		
1	160	43	3,2	600
2	80	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20
4	20	6	0,40	10,0
5	10	3	0,20	5,0
6	5	1,5	0,10	2,5



LEGENDA:

DISTRIBUZIONE DEI CASI DI CLORACNE
OSSERVATI NEL TERRITORIO DELLA
BRIANZA DI SEVESO DAL 10 LUGLIO 1976
AL LUGLIO 1977

▲ = 1 CASO ▲ = 50 CASI

FIG. 4.

n° curva	VALORI		concentrazione nell'aria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	emissione in toto indice di contatto $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$
	PCDD $\text{ng}/\text{kg}/\text{d}$	inquinanti in $\text{ng}/\text{kg}/\text{d}$		
1	160	48	3,2	800
2	60	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20
4	20	6	0,40	10,0
5	10	3	0,20	5,0
6	5	1,5	0,10	2,5



LEGENDA:

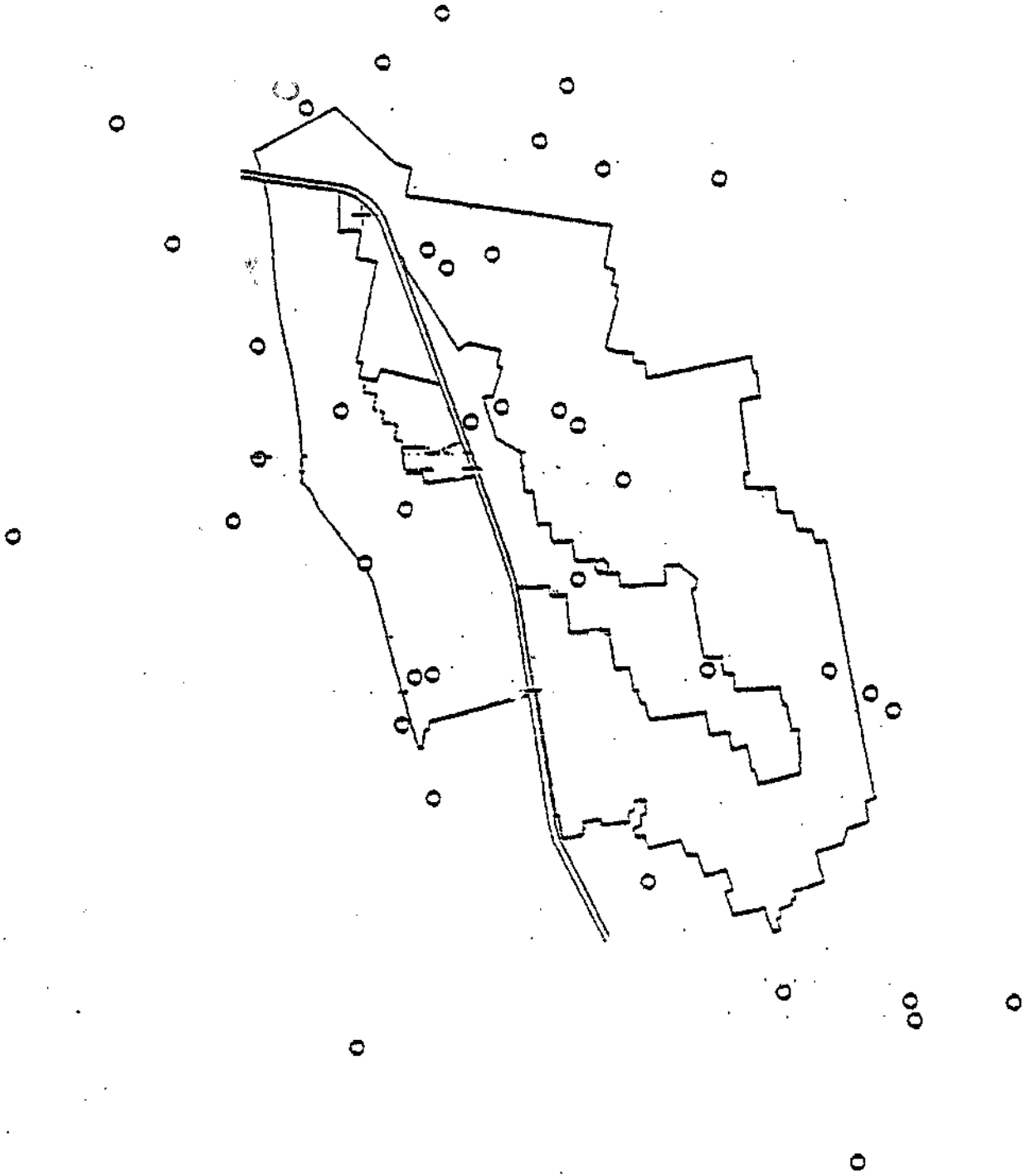
DISTRIBUZIONE DEI SOGGETTI SELEZIONATI
 NEL CORSO DI SCREENINGS SCOLASTICI
 EFFETTUATI FINO AL LUGLIO 1977 E RITE-
 NUTI SUCCESSIVAMENTE NEGATIVI PER
 CLORACNE.

TERRITORIO DELLA BRIANZA DI SEVESO

gas dispersi in 5 m^3 di aria e cioè una dose circa 5 volte superiore rispetto alla dose inalata con il m^3 di aria respirata in due ore.

Per la TCDD (coefficiente di diffusione $0,051 \text{ cm}^2/\text{s}$), il rapporto tra la dose che potrebbe essere stata trattenuta dalla cute e quella inalata, risulterebbe di 2 a 1.

FIG. 5



LEGENDA

DISTRIBUZIONE DEI CASI DI SOSPETTA CLORACNE
OSSERVATI NEL TERRITORIO DELLA BRIANZA DI
SEVESO DAL 10 LUGLIO '76 AL LUGLIO '77 AD
INSORGENZA RIFERITA ANTECEDENTE AL 10 LUGLIO '76

○ = 1 CASO

TABELLA N° 9

Riepilogo assorbimento presunto per la TCDD per inalazione e ingestione.

53

Zona	Settore	TCDD nel terreno mcg/m ²	TCDD assorbita ng/Kg.p			% Cloracne nei < 14 anni
			Per inalazione durante l'in- cidente	Con gli ali- menti locali dal 10 al 26/7/1976	Totale 4 + 5	
1	2	3	4	5	6	7
A	C.Porta Est	1500	160	4800	4960	48
	A6	40	38	132	170	10
	A7	15	28	50	78	
B	BN	4,3	15	15	30	1,5
	BS	1,7	5	6	11	--
R	Desio	1,2	4	4	8	--
	Polo di Meda	1,4	30	5	35	2,5
	Seveso	NV	20	< 1	20	1,33
	Cesano	NV	15	< 1	15	0,28
Esterno R	Seveso	NV	15	< 1	15	0,7

RIEPILOGO E CONCLUSIONI

La carica del reattore al momento dell'incidente era composta da:

Triclorofenato sodico (1500 Kg di triclorofenolo pari al 28%)	Kg 1700	pari al 32,2%
Altri prodotti di idrolisi del tetraclorobenzolo	340	6,4%
glicol etilenico	1000	20,0%
dietilenglicole e poliglicoli	1342	25,4%
idrato sodico	355	6,7%
cloruro sodico	542	10,3%
	<hr/>	<hr/>
Totale	5281	100

L'apertura della valvola di sicurezza ha liberato i gas compressi con emissione a velocità subsonica di 15-20 Kg di vapori (in prevalenza glicol), che hanno trascinato allo stato particolato alcune decine di Kg di carica compresi i 150 gr di TCDD successivamente riscontrati sul terreno. Il materiale particolato, trascinato verso sud-sud est, / lungo la direzione del momento del vento, è sedimentato al suolo contaminando una striscia di terreno, con apertura iniziale di 40° circa, successivamente indicata come zona A e B. A decompressione ultimata, è iniziata la distillazione del glicol (200° C), dei poliglicoli (250° C) e dei prodotti di trasformazione e decomposizione termica della carica pro-

lungatasi per almeno due ore con fumo visibile al camino.
 A distillazione ultimata la temperatura all'interno del reattore ha raggiunto i 400 gradi circa ed è ritornata sotto i 200° solo dopo parecchie ore e non si può escludere che l'emissione sia perseguita anche quando il fumo non era più visibile.

Nel reattore sono rimasti 2200 Kg (72% cloruro sodico, più residui organici di trasformazione termica).

Complessivamente dopo lo sfiato iniziale (circa 100 Kg), dal reattore sono usciti 2900 Kg di gas e vapori organici di cui almeno 600 provenienti dalla trasformazione termica di 1/3 del tetraclorofenolo (tra cui 360 di cloro e TCDD in quantità non nota).

La carica residua nel reattore contiene circa 100 ppm di TCDD. Nelle incrostazioni del reattore stesso la concentrazione della TCDD aumenta salendo verso l'alto: 1% sulle pale dell'agitatore; 1'11% alla base del camino di sfiato; 19% all'uscita dal camino. Poichè durante la distillazione che ricadevano i glicoli/per ricondensazione lavavano continuamente il camino, le concentrazioni elevate di TCDD sul camino sono da attribuire alla fase finale dell'emissione.

Durante la emissione la TCDD è sempre stata presente nel reattore e ha subito un notevole processo di distillazione.

Le caratteristiche chimico-fisiche della reazione di trasformazione del triclorofenato in TCDD, le condizioni di reazione e la presenza di solventi che favorivano la distillazione in corrente di vapore, portano a ritenere probabile una fuoriuscita di TCDD dell'ordine dell'1% del triclorofenolo (12,5 Kg di TCDD) e non si possono escludere emissioni anche superiori ai 20-30 Kg.

L'emissione successiva alla decompressione iniziale ha seguito di volta in volta la direzione del vento, senza lasciare tracce sul terreno in quanto i gas e i fumi non sedimentano.

Le mappe della distribuzione sul terreno delle manifestazioni cutanee (dermolesioni, cloracneici, ecc. che si sovrappongono fedelmente) mettono in evidenza che durante la emissione, salvo qualche puntata verso Nord-Est, Nord-Ovest, la direzione del vento ha interessato il settore

Sud oscillando di ± 80 gradi attorno alla direttrice Sud-SudEst, e cioè attorno all'asse della zona A e B che risulterebbe il settore maggiormente colpito anche dalla emissione gassosa.

Mentre la emissione particolata iniziale ha interessato solo l'asse centrale per un'apertura di 40 gradi circa, la emissione di gas e vapori successiva ha interessato, se pur in grado minore rispetto all'asse centrale anche due fasce laterali esterne ciascuna con apertura di 80 gradi.

1) Inquinamento al suolo - dermolesioni

La distribuzione del sedimentato in zona A e B indica che la dispersione è avvenuta con turbolenza atmosferica media.

La distribuzione sul terreno delle dermolesioni indica che la direzione del vento durante la emissione è oscillata di ± 80 gradi attorno alla zona A - B; complessivamente dal reattore sono usciti 2900 Kg in due ore con contenuto "probabile" di TCDD di 10 Kg.

In base a questi dati si possono calcolare le concentrazioni al suolo, le curve di isoconcentrazione e di assorbimento e gli altri parametri dell'inquinamento (tab. 2 - 3 - 4 - 5 e curve di isoconcentrazione Fig. 2 - 3 - 4).

Le concentrazioni atmosferiche al suolo sottovento al camino, presunte in base alla emissione di 2900 Kg in 2 ore ed alle condizioni climatiche del momento, sono dell'ordine di 10 mg/m^3 (di cui 1,25 cloro) all'inizio dei settori abitati più vicini ed ancora superiori al mg/m^3 a 4000 metri dal camino, concentrazioni che, come risulta dalle testimonianze, hanno reso l'aria acre e pungente ed erano nettamente percettibili a 3-4 Km dal camino.

L'emissione conteneva una percentuale elevata di cloroderivati organici e composti organici insaturi da decomposizione termica generalmente molto attivi verso la cute.

Gli indici di contatto, dell'ordine di $20 - 80 \text{ mg/m}^2$ in zona A e di 10 mg/m^2 sulle fasce laterali della zona A fino a 1000-1500 metri dal camino, giustificano i 1600 casi di manifestazioni cutanee, di cui 447 dichiarati specifici, presentatisi agli ambulatori nei primi 20 giorni successivi all'incidente.

Dei 447 casi specifici, 113 abitavano in zona A ed il resto in prevalenza nelle fasce laterali tra 800 e 2000 m. dal camino.

In zona A, specialmente per chi era all'aperto, la cute è stata esposta anche alla sedimentazione di quantità notevoli di triclorofenato e di soda caustica, nei settori maggiormente contaminati dell'ordine delle centinaia di mg/m^2 per il triclorofenato e delle decine di mg/m^2 per la soda caustica.

In zona A e in particolare in C. Porta Est per l'elevato indice di contatto e specialmente per l'azione caustica della soda e del triclorofenato depositato sulla cute, si sono verificati dermolesioni gravi che in parecchi casi hanno reso necessario il ricovero.

In zona B, con sedimentazione e indici di contatto modesti, i dermolesi sono nettamente meno frequenti rispetto alle fasce laterali fino a 2000 metri dal camino.

Se si divide la zona B in due settori e precisamente BN da 2000 a 3300 metri dal camino e BS da 3300 a 6000 metri, mentre in BS i dermolesi sono in numero limitato in BN si riscontra una presenza paragonabile a quella delle fasce laterali.

2) Assorbimento TCDD - CLORACNE

Nei tre settori abitati della zona A la concentrazione al suolo della TCDD è risultata:

- Via C.Porta Est da 600 a 800 m. dal camino evacuata il 26/7/1976	max 2500 media 1200	ug/m ² "
- A6 da 1600 a 1800 m. dal camino evacuata il 2/8/1976 rientro settembre 1977	max. 150 media 40	" "
- A7 da 1800 a 2000 evacuata il 2/8/76 rientro settembre 1977	max. 75 media 15	" "

Nel resto del territorio la sedimentazione media in mcg/m² è risultata in BN 4,3; BS 1,7, Polo di Meda 1,4, Desio R 1,2 resto zona R < 1. (Tab.1).

Gli abitanti interessati hanno inalato TCDD durante la emissione. Per la contaminazione del terreno in zona A e B l'assorbimento è proseguito nei 16 giorni intercorsi tra l'incidente e la emanazione delle norme di comportamento in occasione della prima evacuazione del 26.7.76.

L'assorbimento poteva avvenire:

- per inalazione
- per ingestione accidentale
- per assorbimento cutaneo
- per ingestione con gli alimenti di produzione locale

L'ingestione accidentale e l'assorbimento cutaneo risultano molto meno importanti delle altre vie di assunzione, e in seguito verranno trascurati.

La TCDD contenuta nell'organismo è stata determinata solo in un soggetto di anni 55, 70 Kg di peso sesso femminile, residente nella zona ad alta contaminazione di C.Porta Est ed evacuata, deceduta dopo 7 mesi per tumore.

Il soggetto abitava un settore con 500 - 1000 mcg/m² di TCDD con due nipotine di 4-6 anni che hanno presentato le forme più gravi di dermolesione acuta e successivamente di cloracne riscontrate nel territorio a seguito dell'incidente.

Mediamente/^{negli organi} sono stati riscontrati 500 ng/Kg.p di TCDD concentrata nel grasso; considerando per la TCDD nell'uomo una vita media di 1-2-3 mesi la quantità nell'organismo al momento dell'evacuazione risulterebbe rispettivamente dell'ordine di 64000; - 4000 e 2000 ng/Kg.p..

La cloracne nei casi più gravi si manifesta dopo circa 2 mesi dall'assorbimento e con tempi di latenza proporzionalmente maggiori per le forme più lievi.

In zona A i primi casi di cloracne, in accordo con le previsioni, si sono osservati oltre due mesi dopo l'incidente: 44 casi (39 C.P.E. - 5 A6; 8 gravi e 11 di media entità) dal settembre a ottobre, 6 di cui 5 adulti di C.P.E., in novembre-dicembre e 11 (tutti di A6-A7) nei primi mesi del 1977 e cioè oltre 8 mesi dopo l'evacuazione.

Nei primi mesi del 1977 con indagine specifica sulla popolazione scolastica fino a 14 anni di età, ripetuta dopo circa 6 mesi, sono stati individuati 120 casi di forme lievissime di cloracne (2-4 comedoni) tanto lievi da sfuggire all'attenzione dei genitori.

Considerando i tempi di latenza e la durata delle manifestazioni che si prolunga per parecchi mesi, tutti i 120 casi del 1977 possono essere attribuiti all'assorbimento avvenuto al momento dell'incidente.

D'altra parte dei 16 casi di A6-A7, per i quali l'esposizione è cessata con l'evacuazione, ben 11 sono stati rilevati in febbraio, aprile '77. Tutti i cloracneici individuati nel '77 per i quali si dispone di documentazione, risultano presenti in zona al momento dell'incidente.

La maggior parte di questi 120 casi è concentrata nelle fasce laterali alla zona A, tra gli 800 e 2000 m. dal camino con distribuzione sovrapponibile a quella dei dermolesiacuti. Complessivamente nei minori di 14 anni sono stati riscontrati 164 casi di cloracne di cui 5 abitanti fuori zona, la frequenza della cloracne nei minori di 14 anni riferita all'intera popolazione minore di 14 anni risulta (v. tab.1):

G.Porta Est	48%
A6	10%
A7	-
BN	15%
BS	-
Seveso	1,33%
Cesano	0,28%
Desio	-
Polo di Meda	2,5%
Seveso	0,7%
Meda Nord	0,35%

Per l'entità e la frequenza delle manifestazioni in C.Porta Est, si deve presumere un assorbimento di diossina di almeno 2 ordini di grandezza superiori rispetto a quello delle fasce laterali e di 1 ordine rispetto alla A6-A7.

L'assunzione per inalazione al momento dell'incidente (curva di isoconcentrazione fig.3) risulterebbe di:

160	ng/Kg	in C.Porta Est
38	"	in A6
28	"	in A7
15	"	in BN
8	"	in BS
30	"	Polo di Meda
20	"	Seveso R
15	"	Cesano R
15	"	Seveso esterno R

L'assorbimento di diossina per inalazione durante l'emissione presunta per le fasce laterali, dell'ordine delle decine di ng/Kg p., per quanto modesto (se confrontato con le L.D.50).

per gli animali da laboratorio) può giustificare le forme lievi di cloracne riscontrate nei minori di 14 anni e ciò anche in quanto i bambini sono molto più sensibili degli adulti alla TCDD.

E' inoltre da tener presente che per il diverso rapporto tra l'aria di respirazione, la superficie cutanea e il consumo di alimenti rispetto al peso corporeo, gli assorbimenti per i minori di 14 anni risultano del 30-50% superiori rispetto al soggetto standard di 70 Kg di peso.

Rispetto a Cesano-R e Seveso R, per la maggior frequenza e gravità dei casi di cloracne, la dose di TCDD assorbita in C.Porta Est dovrebbe essere di almeno 2 ordini di grandezza più elevato (e cioè > 2000 ng/Kg), di un ordine di grandezza in A6-A7 (e cioè > 200).

Per arrivare a 2000 ng/Kg.p di assorbimento ^{per inalazione} in C.Porta Est durante la dispersione, bisognerebbe presupporre una emissione di TCDD superiore ai 100 Kg e, che comunque farebbe aumentare in eguale misura anche l'assorbimento sulle fasce laterali.

Un rapporto più elevato tra l'assorbimento in C.Porta Est, rispetto a quello delle fasce laterali, poteva derivare solo da una maggior insistenza del vento nella direzione delle zone A e B rispetto a quanto presunto; in tal caso però l'assorbimento in B risulterebbe superiore a quello delle fasce laterali in contrasto con la casistica.

La maggior gravità e frequenza delle cloracne di zona A può essere giustificata solo dall'assorbimento successivo di TCDD per ingestione con gli alimenti locali/^{assorbimento} direttamente proporzionale alla contaminazione del terreno e pertanto molto elevato in C.Porta Est ed irrilevante sulle fasce laterali. Ingestione confermata dal fatto che il 70% dei bambini clo

racneici ha dichiarato di avere consumato prodotti agricoli locali.

Complessivamente includendo l'ingestione con gli alimenti, l'assorbimento di TCDD al momento dell'evacuazione con le ipotesi fatte: risulterebbe (tab.9):

C.Porta Est	5000	ng/Kg
A6	160	"
A7	78	"
BN	30	"
BS	11	"
Desio R	8	"
Polo di Meda	35	"
Seveso R	20	"
Cesano R	15	"
Seveso esterno R	15	"

con differenze tra le varie zone in accordo con la casistica dei cloracneici e per C.Porta Est, con l'unico dato disponibile delle concentrazioni nell'uomo. In effetti i rapporti tra gli assorbimenti tra le fasce esterne e quelle della zona B e della zona A, dovrebbero risultare superiori a quanto indicato in quanto nelle valutazioni l'assorbimento per inalazione è stato sopravvalutato, mentre quello per ingestione è stato sottovalutato.

E' da escludere una dispersione di diossina allo stato di vapore sensibilmente inferiore a quanto ipotizzato, poichè in tal caso l'assorbimento per ingestione per alimenti in zona B risulterebbe superiore a quanto inalato nelle fasce laterali in contrasto con la casistica.

I dati riportati subordinati alle ipotesi fatte e a titolo puramente orientativo, sono comunque validi per individuare

i rapporti di esposizione tra le diverse zone del territorio interessato dall'incidente di Seveso.

Tutto porta a ritenere che le forme di cloracne riscontrate di zona A siano da attribuire prevalentemente all'assorbimento per ingestione di TCDD con i prodotti agricoli locali mentre le forme lievi tardive del 1977 risulterebbero causate prevalentemente dall'assorbimento per inalazione durante la emissione di 10 - 20 ng/Kg.p di TCDD.

Dopo l'evacuazione l'esposizione è proseguita solo per la zona BN, ed in misura minore per la zona BS, dove nel rispetto delle norme igieniche (allontanamento diurno dei bambini, ecc.) l'assorbimento di diossina era nell'ordine dei pcg/Kg.p e non sarebbe stato tale da far variare sensibilmente la dose totale di TCDD assorbita anche in casi di trasgressione delle norme di comportamento.

Difatti già a partire dalla produzione del 1977 nella frutta e nei prodotti spontanei dell'orto, le concentrazioni di diossina sono risultate oltre 10.000 volte inferiori rispetto a quelle causate dalla contaminazione diretta per sedimentazione.

L'assenza di nuovi casi in zona B e lungo le fasce laterali, a partire dal secondo semestre 1977, tenendo presente il lungo tempo di latenza delle manifestazioni cloracniche lievi, confermano che l'assorbimento di diossina era del tutto trascurabile già nei primi mesi successivi all'incidente.

In effetti può sembrare improbabile che dosi di 10-20 ng/Kg.p una tantum possano portare a alterazioni rilevabili anche con una sostanza estremamente attiva come la TCDD, ma le forme lievi di cloracne tardiva del 1977 nei <14 anni sono da considerare un test altamente sensibile,

difatti tutti i controlli eseguiti sui cloracneici: γ globulina, got, porfirine, ecc. sono sempre risultati nella norma.

Una alterazione lieve passeggera di questi parametri si è notata in qualche caso solo nei cloracneici di Carlo Porta Est < 14 anni interessati da esposizioni di oltre due ordini di grandezza più elevate.

Entra in gioco anche la spiccata sensibilità dei minori alla TCDD, difatti in Carlo Porta Est negli adulti si sono avuti solo 5 casi leggeri e relativamente tardivi manifestatisi 6 mesi dopo l'incidente.

Indipendentemente dalle approssimazioni con le ipotesi fatte le 5 forme leggere del 1976 in < 14 anni di A6 (3,3% dei < 14 anni) sarebbero conseguenza di un assorbimento di 100-200 ng/Kg.p, mentre le forme più gravi nei < 14 anni di C.Porta Est ed i 5 casi di adulti nel 1976, sempre in C.Porta Est risulterebbero conseguenti ad un assorbimento dell'ordine dei mcg/Kg.p, dato in accordo con la TCDD riscontrata negli organi dell'unico caso esaminato.

Questi risultati confermano la prudenza della Commissione Tossicologica Lombarda che nel 1980 ha indicato in 1 pcg/Kg.p al giorno la dose accettabile per l'uomo per la TCDD, dose con la quale occorrerebbero almeno 30 anni per introdurre nell'organismo i 10-20 ng/Kg di TCDD che sembrerebbero sufficienti per causare le cloracne lievi tardive.

E' confermata anche la validità del limite adottato in USA per il pesce dei grandi laghi inquinati da TCDD, limite che corrisponde per l'uomo a una dose accettabile di 10-20 pcg al giorno di TCDD/Kg.p.

Con 10-20 pcg/g/Kg.p occorrono più di 3 anni per raggiunge-

re la dose che sembrerebbe sufficiente per causare cloracne lievi tardive, mentre occorrerebbero più di 100 anni per raggiungere la dose totale del mcg/Kg.p che sembrerebbe necessaria per causare le cloracni tradizionali accompagnate in qualche caso da lievi passeggero alterazioni dei dati di laboratorio.

Indipendentemente dalle approssimazioni in gioco le forme lievi di cloracne riscontrate nel 1977 sulle fasce laterali esterne alla zona A ed alla zona Meda Nord sono da addebitare all'assorbimento per inalazione durante l'emissione di piccole dosi di TCDD, mentre per la zona A, e specialmente per Carlo Porta Est le forme, più gravi, di cloracne sono da addebitare a dosi ben più importanti di TCDD ingerita con gli alimenti locali. L'ingestione con gli alimenti ha aumentato di circa 1000 volte la TCDD assorbita dagli abitanti e di conseguenza la pericolosità della TCDD sedimentata.

L'azione diretta sulla cute, e sull'organismo in generale, dell'inquinamento atmosferico conseguente alla emissione di 2900 Kg di gas e vapori, provenienti dalla carica del reattore, ha contribuito sostanzialmente a causare le dermolesioni acute nell'arco sottovento al camino durante la emissione, dermolesioni seriamente esaltate in zona A, dall'azione concomitante del sedimentato caustico.

Agli effetti della cloracne l'azione diretta dei 150 grammi di TCDD particolata sedimentata al suolo è stata notevolmente esaltata per via indiretta per l'accumulo di TCDD nell'organismo per ingestione con i prodotti agricoli locali, ingestione che ha fatto aumentare di parecchie volte la dose totale assorbita rispetto a quella inalata durante la emissione.

La TCDD emessa allo stato di vapore o fumi in assenza del-

l'azione indiretta del sedimentato, all'esterno della zona A avrebbe causato solo qualche cloracne lieve^etardiva che molto probabilmente non sarebbe stata rilevata in quanto, in assenza delle forme precoci anche gravi di zona A, sarebbe forse mancato lo stimolo che ha spinto a mettere a punto le tecniche di indagine a grande sensibilità che ne hanno permesso la individuazione.

Lombardy Region

Special Commission for Study of The Zone Contaminated by
Toxic Substances

STUDY OF THE IMPACT OF THE ICMESA TOXIC CLOUD
ON THE POPULATION OF THE CONTAMINATED ZONE

by: Prof. Flaminio Cattabeni
Prof. Vittorio Puccinelli
Prof. Nicola Zurlo

Seveso, April 1982

I N D E X

- I. INTRODUCTION
- II. Dermatological Effects
 1. Acute Dermatological Lesions
 2. Chloracne
 3. Distribution in The Area of Cases of Chloracne in Children below Age 14
- III. EMISSION AND CONTAMINATION IN THE SOIL
 - a) Composition Reactor Load
 - b) Particulate Emission
 - c) Sedimentation in Soil
 - d) Atmospheric Pollution Caused by Particulate Emission
 - e) Emission of Gas And Vapors
 - f) Wind Direction during The Emission of Gas And Vapors
 - g) Contamination in The Soil Caused by Gaseous Emission
- IV. DISTRIBUTION ON THE GROUND OF DERMATOLOGICAL LESIONS AND ATMOSPHERIC CONTAMINATION
 1. Acute Dermatological Lesions
 2. Chloracne
- V. INHALATION AND ACCIDENTAL INGESTION IN THE FIRST 16 DAYS FOLLOWING THE INCIDENT
 1. Inhalation
 2. Accidental Ingestion
 3. Cutaneous Absorption
 4. Total Absorption by Inhalation, Accidental Ingestion And Cutaneous Absorption
 5. Absorption after Evacuation

Six years after the ICMESSA incident the effect on the population, which is limited to cutaneous manifestation detected to date, can be evaluated with sufficient approximation.

Despite the mass of information collected, it was not however possible to reconstruct the dynamics of the event with accuracy, the ensuing contamination and the doses of noxious agents, particularly TCDD, which were absorbed by the population.

In this regard the data pertaining to the composition and characteristics of the emission, the climactic conditions at the time and the direction in which the wind carried the contaminants; The determination in the human being of the TCDD in the organs, which is limited to a single subject, is also lacking.

Despite the lack of these data, which cannot be obtained at the moment and which will be available, with the available information the incident could be reconstructed in its basic parameters by defining its most probable development, which is likely and therefore not certain, it is however useful to evaluate the phenomenon in its situation at least in regard to the order of magnitude of the elements involved.

I. INTRODUCTION

After the opening of the safety valve of the reactor producing trichlorophenol, a violent, almost instantaneous discharge of compressed gas with expulsion of droplets and solid particles, followed by emission by distillation or evaporation of gas and vapors of glycols and decomposition products of the charge which persisted for more than 2 hours with discharge of approximately 2,900 kg of gas and vapors of which at least 600 kg consisted of trichlorophenol, 360 kg of chlorine and an unknown amount of TCDD,

The particulate compounds followed the direct of the wind at that time (south-south-east) with opening of the dispersion cone of approximately 40 degrees (average turbulence), leaving a strip of ground contaminated by sedimentation, which was then subdivided into Zone A and B surrounded by an external band R (Fig. 1).

The following emission followed from time to time the variations of the wind by involving within the span of two hours more non-specific sectors by contamination of the ground, since the gases, the vapors and the very fine particles do not leave traces.

During the emission of gases and vapors the residents downwind from time to time inhaled TCDD and the other dispersed contaminants, in the condition of vapor or smoke to which the skin was also exposed. The vegetation also absorbed the gaseous contaminants from the atmosphere with their green components. Because of the gaseous emission an absorption by plants with successive indirect contamination of the ground could not be precluded, a phenomenon however limited to the TCDD, which did not contribute to the measurable concentrations on the ground; this therefore $\geq 0.75 \text{ mcg/m}^2$.

For the inhabitants of Zone A and B, people who were exposed at the moment of sedimentation on the ground, the inhalation of particulate TCDD has to be added and of other particulate contaminants and the eventual absorption of TCDD deposited in the skin subjected to the caustic or irritating action of the sedimentation.

The concentrations of TCDD found in zone A did not cause evacuation because of such concentrations.

In Zone A and B the absorption of TCDD proceeded according to the to the contamination of the ground in 16 days which elapsed between the incident and the incident and the emanation of the behavior standards

2. CHLORACNE

The gases and the dispersed particles contain a high percentage of substances which are caustic and irritating for the skin: caustic soda, sodium trichlorophenate, conversion and thermal decomposition products of trichlorophenol and glycols, etc. and TCDD which causes chloracne in small doses.

1. Acute Dermatological Lesions

Immediately after the emission of the cloud, particularly in Zone A, acute dermatological lesions were noted, which disappeared within a month. A total of 1,600 cases of acute dermatological lesions were noted, of which 447 had specific lesions, of which latter 113 were in Zone A? where they had the most serious forms, which in some cases required hospital admission. The distribution in the area of 447 acute specific lesions, except for those people living outside the zone, is shown in Fig. 2. The cases were concentrated in the southern sector around the ICMESA complex,

2. Chloracne

The chloracne in the most severe cases was manifested after approximately 2 months from the absorption and the latent periods proportionately greater for the lighter cases.

In Zone A the first cases of chloracne, in accordance with the predictions, occurred some two months after the incident: 44 cases (8 severe and 11 moderate, 39 in Carlo Porta Est and 5 in A6, none in A7, of which 33 were minors 14 years old) from September to October, 6 in November-December (adults in Carlo Porta Est) and 5 adults and 11 children less than 14 years old (all from A6-A7) in the first months of 1977 and therefore 8 months after evacuation.

In the first months of 1977 with specific investigation of the school-age population up to to age 14, which included 32,699 children, which was repeated 6 months later, 120 cases of very slight forms of chloracne were found (2-4 comedones), which were so light that they were not noticed by the victims.

There were initial forms which had never been considered previously, and which had never been described in the technical literature, and for which the merits of having used the technique of high sensitivities should be recognized by the dermatological team, whereby the high sensitivity made the individualization of the cases possible,

The specific investigation of the school-age population of less than 14 years of age was repeated towards the end of 1977 and in 1978 with negative results.

In considering the latent periods and the duration of the manifestations, all of the cases identified in February-April 1977 can be attributed to the absorption of TCDD which occurred in the incident.

Of the other part of the 16 cases in A6-A7 for which the exposure ceased with the evacuation, 11 were detected in February-April 1977. All the individuals afflicted with chloracne identified in 1977 for which there is documentation were present in the zone at the time of the incident.

A total of 187 cases of chloracne was identified of which 164 were on children less than 14 years old (5 in children living outside the zone, 4 who were present in Zone A at the time of the incident).

The distribution in the area of chloracne (Fig. 3) is essentially the same as that for the acute lesions in Fig. 2.

During the school-age children screenings in the first phase 607 children were noted with suspected skin alterations, of which only 120 were confirmed as chloracne.

The distribution on the ground (Fig. 4) of the "noted but not confirmed subjects" faithfully reproduces the distribution of the initial acute dermatological lesions and of chloracne, and consequently these manifestations have to be attributed to the ICMESA incident.

3. Distribution in The Area of Cases of Chloracne in Children Less Than 14 Years Old

In subdividing the area according to the concentrations of the cases of chloracne in children less than 14 years old, and specifically according to the percentage of chloracne victims less than 14 years old as compared to the entire population less than 14 years old, the subdivision is obtained which is shown in Table 1 and Fig. 1.

In children less than 14 years old 40 suspected cases of chloracne were noted (equal to 0.07%), which developed before the incident and were uniformly distributed over the area (Fig. 5). The percentage of 0.055% of chloracne victims under 14 years old encountered in the "rest of the area" was within the norm and therefore in the following the "rest of the area" will not be considered, which includes the sector south of Zone B from 3,300 to 6,000 meters from the chimney, with approximately 3,200 residents and the Zone R of the community of Desio, approximately 6,000 meters from the chimney with 4,608 residents.

Table 1: Frequency of cases of chloracne in children below age 14 in the area.

Zone	Sector	Distance from chimney m.	TCDD on the ground mcg/m average	% Chloracne in < 14 years	N° Cases	Note Remarks
1	2	3	4	5	6	7
A	C.Porta Est	600 - 800	1500	48	26	All in 1976 9 severe - 11 moderate cases
	A6	1600 - 1800	40	10	16	Of which 5 from A6 in 1976 - light
	A7	1800 - 2000	15,5			
B	BN	2000 - 3300	4,3	1,5	7	light
	BS	3300 - 6000	1,7			
R	Seveso	600 - 2000	« 1	1,33	28	"
	Cesano	2000 - 3300	« 1	0,28	11	"
	Desio	6000	1,2			
	Polo di Meda	600 - 1800	1,4	2,5	19	"
Outside of R	Seveso	600 - 2000	Negative	0,7	14	"
	Meda North Meda Nord	500 - 1800	Negative	0,35	14	"
	Resto del territorio Rest of area		"	0,055	24	"

In Zone A the frequency and intensity of the cases are correlated to the contamination of the ground.

Outside Zone A the percentages tend to diminish gradually the greater the distance from the chimney, while they are not correlated to the contamination of the ground.

The chlorance was actually absent in BS and Desio R, respectively with 1.7 and 1.2 ug/m² of TCDD in the ground at 3,000 meters from the stack, while it was present in Seveso and Cesano Zona R and North Meda closer to the chimney, where the TCDD on the ground was always negative.

It can be deduced that inside Zone A the effect of the contamination of the ground applies, while outside Zone A the effects of the gaseous emission applies.

From the technical literature and from experiments performed, the effects of TCDD on laboratory animals always occurred depending upon the dose absorbed. However for the higher frequency and for the severity of the forms of chloracne in A6/A7 as compared to outside Zone A an absorption of TCDD can be presumed of an order of magnitude higher in A6/A7 and up to 2 to 3 orders of magnitude higher in Carlo Porta Est.

III. EMISSION AND CONTAMINATION IN THE SOIL

a) Reactor Load Composition.

When the work was stopped approximately 6 hours prior to the incident the load of the reactor consisted roughly of:

Sodium trichlorophenate (trichlorophenol 1,500 kg equal to 28%)-	1700 kg equal to 32.2%
Other hydrolysis products of tetrachlorobenzene	340 kg equal to 6.4%
Ethylene glycol	1,000 lg equal to 19.0%
Diethylene glycols, polyglycols, glycolates	1,342 kg equal to 25.4%
Sodium hydrate	355 kg equal to 6.7%
Sodium chloride	<u>542 kg equal to 10.3%</u>

b) Particulate Emission

In the reactor the free space above the load was approximately 4 m³.

Opening the safety valve released the compressed gases with emission at subsonic speed of 15-20 kg of vapors (primarily glycol), which carried in the particulate state some tens of kg of the load including 150 grams of TCDD which was later found on the ground.

The particulate material, which was carried towards the south-south-east, along the direction of the wind movement, was deposited upon the ground and contaminated a strip of ground, with an initial aperture of ca.40°, which is the designated as Zone A and B.

c) Sedimentation on The Ground

A total of approximately 150 grams of TCDD was deposited on the ground. The other components of the deposit were not measured.

By knowing the concentration of the TCDD, the sedimentation on the ground of the other load components could be calculated.

If the TCDD at the moment of the opening of the valve was 1% trichlorophenol, with the TCDD 50 kg of particulate (kg 0.15 $\frac{100}{0.28}$) would be discharged, which would have caused the sedimentations (deposits) on the ground shown in Table 2 together with the concentration of TCDD found in the ground. At percentages of TCDD greater than 1% the sedimentations would be proportionately less or vice-versa.

The burn damage to the vegetation in Zone A involved the closer to the chimney and decreased rapidly with the distance.

The burn in the vegetation was hardly visible on some foliage at 600 to 800 meters from the chimney in the gardens, plots and orchards of the Via Carlo Porta Est with average sedimentation of TCDD of 1500 ug/m² with points above 2500 ug/m².

The application dose of the defoliant 2-3-4-T is on the order of 100 mg/m²; in Vica C. Porta Est (assuming that 1% of the trichlorophenol was converted into TCDD) would have deposited 174 mg/m² sodium trichlorophenate and 35 mg/m² caustic soda.

Because of the moderate effect detected in the vegetation, it appeared more probable that there were concentrations of TCDD in the trichlorophenol superior to 1%. In fact, the percentage of 0.25 or 0.5% in V. Carlo Porta Est would consist of sedimentations of trichlorophenate and caustic soda on the order of 500-1,000 mg/m², which would have damaged the vegetation severely.

In Column 7 of Table 2 sediment in the skins of the subjects are indicated in ng/kg % of TCDD, who were exposed at the time of the

TABLE 2: Sedimentation on the soil of particulate in Zone A and B.

Distance from chimney	Sector	TCDD mcg/m ²	Total Powder mg/m ²	Sodium Trichlorophenate mg/m ²	Sodium Hydrate mg/m ²	TCDD deposited on the skin ng/Kg.p (1)
1	2	3	4	5	6	7
		5000	1800	580	115	
600	C.P.Est	2500	900	290	58	3600
800		1500	540	174	35	2150
1600	A6	150	54	17.4	3.5	215
1800		40	15	4.6	0.9	60
2000	A7	15	5.4	1.7	0.45	21
4000	BN	4	1.5	0.4	0.10	6

(1) Projection 10 dm² per average subject of 70 kg weight.

sedimentation on the basis of $\mu\text{g}/\text{m}^2$ of TCDD on the ground, by assuming for an average subject of 70 kg an horizontal projection of the bare skin of 0.1 m^2 . This data, for those who were exposed, could have signified if a cutaneous absorption of TCDD occurred which however should be regarded as being modest, less than 10% of the deposit.

d) Atmospheric Pollution Caused by Particulate Emission

In Table 3, Column 4, the atmospheric concentrations of the particulate TCDD are shown in mcg/m^3 according to the distance from the chimney, along the central axis of the dispersion, calculated for initial emission of 150 grams of TCDD in one minute and considering the fact that TCDD in suspension, when it moves away from the chimney, diminishes gradually because of the effects of sedimentation, as indicated in column 3, based on the experimental data.

The atmospheric concentrations at an altitude of one meter above the ground were calculated with the formula normally used for punctiform emissions (chimney, breather pipe, etc.):

$$1) \quad c = \frac{q}{u} \frac{\sqrt{2}}{\pi p_z p_y} \frac{10}{x^n}$$

c = concentration on the leeward central strip L in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

q = emission in gram/hour

u = wind velocity in m/sec.

p_z = vertical turbulence coefficient

p_y = horizontal turbulence coefficient

n = exponent function of the turbulence

L = central strip = $p_z \times \frac{n}{2}$

On the basis of the existing atmospheric conditions at the moment of emission and the value of $p_z \sim p_y$ deduced from the extent and the sedimentation in Zone A and B were regarded as normal atmospheric conditions with average turbulence, specifically:

$$u = 2 \text{ m/s}$$

$$p_z = 0.8$$

$$p_y = 2 p_z = 1.6$$

$$n = 4/3$$

The theoretical calculation, which presupposes constant conditions, indicates the highest atmospheric concentrations which can be reached and tends to overvalue the contamination.

In columns 5-6-7 the atmospheric concentrations presumed for the other components of the load are shown, by making the TCDD equal to 1% of the trichlorophenol (0.28% as compared to the charge).

With instantaneous emission as the situation under consideration, the transit time increases gradually the further away from the chimney, whereby a minute considered in the calculations is estimated for the C. Porta Est at 600 to 800 meters from the chimney, for distances above 2,000 meters, transit times of more than 2 minutes should be estimated with atmospheric concentrations less as compared to those indicated above.

The concentrations of trichlorophenol and caustic soda listed in Table 1 for the first 2,000 meters, make the air pungent and irritating; concentrations higher than those presumed should be excluded, otherwise in V. Carlo Porta Est the air would have been unbreathable with radical results.

In column 7 the TCDD inhaled is listed in ng, expressed in ng/kg calculated by considering that in one minute the average individual weighing 70 kg inhales 8 liters of air ($\frac{1}{8760}$ m³ . kp. p). The quantity inhaled is independent of the transit time, since atmospheric concentrations proportionately inferior which are compensated by the corresponding increase of the volume inhaled.

e) Emission of Gases And Vapors

At final decompression the distillation of glycol (200 °C), of diethyleneglycol (250 °C) and products of conversion and thermal decomposition is initiated.

Since in the reactor at the moment the valve was opened the temperature was higher than that if the distillation of the glycol in the initial phase, for a few minutes it is probable that the boiling was vigorous with discharge of small quantities of particulate, which was deposited in the soil in the current direction of the wind and outside the strip involved in the initial particulate emission.

The emission, on the basis of the evidence, was prolonged for at least two hours with smoke visible from the chimney.

In final distillation the temperature inside the reactor reached approximately 400 degrees and then went below 200 °C only after a few hours, it cannot be precluded that the emission was continued even though the smoke was no longer visible,

x	Sector	% TCDD still in suspension	TCDD mcg/m ³	Total particulates mg/m ³	Sodium trichloro-phenate mg/m ³	Caustic soda mg/m ³	TCDD inhaled ng/Kg.p
1	2	3	4	5	6	7	8
600	C.P.E.	60	52.5	18.9	6.1	1.2	6.00
800							
1600	A6	12	2.9	1.06	0.34	0.07	0.33
1800							
2000	A7	10	1.8	0.63	0.20	0.04	0.20
4000	BN	5	0.3	0.12	0.04	0.00	0.03

Table No. 3: Zona A - B - Concentration in the atmosphere of particulate contaminants according to the distance from the chimney, emission of 150 grams of TCDD in one minute. TCDD in the load equal to 1% of the TCP.

2,200 kg (72% sodium chloride, organic residues of thermal conversion) remained in the reactor. After the initial blow off (approximately 100 kg), a total of 2,900 kg gas and organic vapors were discharged from the reactor, of which at least 600 kg derived from the thermal conversion of 1/3 of the tetrachlorophenol (among which 360 kg of chloring and TCDD in unknown quantities). The residual charge in the reactor contained approximately 100 ppm TCDD. In the encrustation of the reactor itself the concentration of TCDD increases by rising up: 1% on the blades of the agitator; 11% at the base of the discharge chimney; 19% at the output of the chimney. Since during the distillation the glycols wash the chimney continuously by recondensation, the elevated concentrations of TCDD in the chimney can be attributed to the final phase of emission.

It is apparent that the TCDD was always present in the reactor during the emission and that it experienced a considerable distillation process.

The chemical-physical characteristics of the reaction of the conversion of trichlorophenol into TCDD, the reaction conditions and the presence of solvents which promote the distillation in the vapor stream result in a discharge of TCDD on order of 1% of the trichlorophenol (12.5 kg of TCDD) without excluding emission even above 20-30 kg.

Thereafter for the TCDD an emission of 10 kg will be presumed, and this is the most probable emission.

f) Wind Direction during The Emission of Gases And Vapors

The gaseous emission, which continued for several hours, followed the changes of the wind direction involving a very wide range without leaving traces on the ground (gas, vapors and fumes are not deposited).

The sectors involved by the emission can however be identified on the basis of the distribution on the ground of the cutaneous forms and therefore by the substantial superposition between the distribution of the acute dermatological lesions caused by caustics and irritants and that of chloracne and those selected by the school screening caused by TCDD.

On the map of the distribution of the chloracne on the area, all the cases of chloracne, with the exception of 14 in Meda to the north of the Polo quarter, are included in an angle of 160 degrees with the vertex of the chimney and the central axis directed towards the south-south-east (approximately 25 degrees east of the south direction).

In this angle the sectors where the concentration of the chloracne is the most elevated are all included in the area delimited by the two parallels, respectively 1,800 meters to the west and east of the central axis up to approximately 3,300 meters to the south of the chimney.

Since the contaminant was dispersed by the wind, it could be deduced that during the emission the wind primarily involved the south-soith-east direction varying by ± 80 degrees around the basic direction.

g) Contamination in The Soil Caused by Gaseous Emission

The emission of 2,900 kg in 2 hours and more of gases and vapors with elevated percentage of chlorinated generally with acrid and pungent odor, caused a considerable atmospheric contamination within the range of variation of the direction of the wind.

According to the testimony in the air a very strong odor could still be noted 3 to 4 km from the chimney.

In Table 4 the atmospheric concentrations of the contamination along the strip are shown downwind (calculated with the formula 1 for the climactic conditions already stated) according to the distance from the chimney for emission of 1,450 kg/hr.

The emission did not occur at a constant flow and in time therefore the composition of the gases was changed; the data in the Table however show the "average" concentration downwind, and these are concentrations on the order of mg/m^3 , which demonstrate the severity of the contamination and cause the acrid and pungent odor of the air.

In regard to the skin manifestations it could be noted that the concentration of the point downwind involved the average contamination during the emission in the individual sectors of the range caused by the variation of the wind direction.

By assuming for the direction of the wind during the emission a Gaussian distribution around the main axis curves of iso-concentration could be developed with the formula

$$2^\circ) C = \frac{q}{u} \frac{2}{\pi p_z \sigma_m} \frac{1}{x^{1+\frac{n}{2}}} \exp - \left(\frac{\int}{\sigma_m} \right)^2$$

where

\int = angle from the main direction

σ_m in rad = $2/3$ of the variation = $\frac{2}{3} 80^\circ \approx 55^\circ = 0.96 \text{ rad}$

Table 4: Atmospheric concentration in the ground in mcg/m² from 600 to 8,000 meters from the chimney; emission of 2,900 kg in 2 hours.

Distance from the chimney meters	mg/m ³ central axis downwind
1	2
600	14.1
1000	7.2
1600	3.9
2000	2.8
4000	1.0
8000	0.4

Therefore in this case as for Formula 1, the theoretical calculation tends to overvalue the atmospheric contamination even in a minor regard to the point concentrations.

From the iso-concentration curves by multiplying the C_i by the volume of air inhaled during the emission (approximately 1 m³ in 2 hours by subjecting weighing 70 kg), the quantity introduced into the organism with respiration air is obtained, while the contact index I_c on the basis of the coefficient of distribution D of the individual gases and at the duration t is given by:

$$3^9) I_c = C_i \cdot 3 \cdot D \cdot t$$

where by the contact index mg/m² is meant, which can be absorbed or prevented by the surfaces involved if they can fix the contaminant. For example, humid skin, wet by sweat, stops almost 100% of the acid gases soluble in water (hydrochloric acid, fluohydric acid) and solvents soluble in water (alcohol, glycols, etc.), these gases would bounce back from a metal surface without being stopped, while on partially humid skin they would be stopped only partially,

In Table 5 the values corresponding to the isoconcentration curves shown in Fig. 2-3-4 are stated, which are calculated with 2° by emission of 2,900 kg in two hours of contaminant for a total of 10 kg TCDD. The contact indices I_c were calculated on the basis of the coefficient of diffusion of glycol ($0.12 \text{ cm}^2/\text{s}$). With the average coefficient of diffusion D used, the maximum amount that can be stopped by the skin is equal to the contaminant contained in approximately 25 m^3 of air. By assuming for the average subject approximately 0.2 m^2 of uncovered skin, this would have been able to stop the gases dispersed in 5 m^3 of air, and this is a dose 5 times greater as compared to the dose inhaled with the m^3 of air respired in two hours.

For the TCDD (coefficient of diffusion $0.051 \text{ cm}^2/\text{s}$), the ratio between the dose which could have been stopped by the skin and that which was inhaled would be 2 to 1.

A significant absorption of TCDD by the skin cannot be excluded, since TCDD is not soluble in sweat like the glycols and the acidic chlorinated derivatives and the skin could have stopped only a small part of the atmospheric dioxin with which it came into contact.

The absorption in addition assumes a prolonged contact on the skin.

In assuming a total emission of 10 kg of TCDD, practically all of the cases of chloracne outside Zone A, excluding the 14 cases in Meda Nord, are included in curve 5 corresponding to the absorption of 10 ng/kg.p. Of the 14 cases in Meda, 6 were located along the direction north-east from 1,000 to 1,800 meters from the plant and 4 cases were along the direction north up to 1,000 meters.

To cause in these directions a contamination equal to that of the absorption curve which includes all the cases of chloracne (with the hypotheses made of 10 ng/kgp) the wind would have been able to blow for 2 to 4% of the time (2-5 minutes with a two-hour emission), since it is more than likely that the emission occurred in the very hot hours of a sunny day and therefore under these climatic conditions which promote sudden brief inversions of the wind direction.

Since the emission did not occur at a constant rhythm in periods of greater activity, it would have been sufficient for changes of wind direction for durations less than one minute to cause the cases in Meda Nord.

Table 5: Isoconcentration curves

n°	i n h a l e e		Total concentra- tion in air	Total emission, contact infix
	TCDD ng/kg.p	contaminants total ag/Kg.p	mg/m ³	i.c. mg/m ²
1	160	48	3,2	80,0
2	80	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20,0
4	20	6	0,40	10,0
5	10	3	0,20	5,0
6	5	1,5	0,10	2,5

IV. DISTRIBUTION ON THE GROUND OF DERMATOLOGICAL LESIONS AND ATMOSPHERIC CONTAMINATION

1. Acute Dermatological Lesions

From Fig. 2 it can be noted that the cases of acute dermatological lesions, with the exception of those in Meda Nord, are still present in significant number between the isoconcentration curves 5-6 and therefore for the total emission with contact indices of 2.5 - 5 mg/m² and presumed atmospheric concentrations of 0.1 - 0.2 mg/m³.

On the basis of these very low figures it could be assumed that very active compounds acting on the skin were present during the emission.

The density of the skin damage increases logically closer to the chimney and therefore towards the zone of greater contamination.

In Carlo Port Est the contact index of 80 mg/m² and the atmospheric concentration of 3.4 mg/m³ caused the most severe cases found in this sector. In Zone A in addition the caustic action of the soda and of the trichlorophenate occurred, to which the cases of erythema and edema are attributed on the one hand and on the other hand which occurred particularly in children and people below age 21, all of whom were present in Zone A and were affected directly by the cloud immediately after the emission.

As differentiated from chloracne, the acute forms were distributed over all age groups:

less than one year old	4%
from 1 to 12 years	38%
from 12 to 21 years	10%
above 21 years old	48%

2. Chloracne

As indicated by Fig. 3, the light forms of chloracne outside of Zone A, with the exception of the 14 cases in Meda Nord, are practically all inside the isoconcentration curve 5 corresponding to the inhalation of 10 ng/kg.p.

The slight tendency of the chloracne in this sector extended outside curve 5 can be attributed to the fact that the distribution of the wind direction was not rigidly Gaussian, and the emission did not occur at a constant rhythm.

As previously stated the 14 cases in Meda Nord can be attributed to the absorption of 10-20 ng/kg.p. because of brief periods of inversion of the wind direction.

For the sectors where chloracne was encountered in children below the age of 14 in regard to TCDD inhaled, the situation is as follows:

C. Porta Est	Average 160 ng/kg.p.	
A6	38	
A7	28	
Polo di Meda	30	(from 10 to 50)
BN	15	(from 10 to 20)
Seveso R	20	(from 10 to 40)
Outside Seveso and R	15	(from 10 to 20)
Cesano R	15	(10 to 20)

The absorption of TCDD by inhalation during the emission in Zone A is slightly higher as compared to the lateral bands of territory, and with reference to the frequency and severity of the survey, it can be deduced that in Zone A and also in BN, a significant absorption of TCDD occurred after the emission because of the contamination of the ground.

A greater degree of persistency can be precluded in regard to that presumed of the wind direction towards Zone A, because in this case the absorption by inhalation in B would be higher than that of the lateral bands of territory in contrast to the survey.

V. INHALATION AND ACCIDENTAL INGESTION IN THE FIRST 16 DAYS AFTER THE INCIDENT

In the 16 days which elapsed between the incident and the first evacuation, the residents of Zones A and B absorbed TCDD by inhalation, accidental ingestion and by the consumption of vegetables, fruit and other locally produced foods.

In the individual zones the absorption was directly proportional to the contamination of the ground. The inhalation and accidental ingestion thereafter occurred in the non-evacuated sectors, and this diminished gradually as the TCDD was diluted in the ground:

In the basis of data available for the concentration of TCDD in the ground in mcg/kg according to the dilution in time it can be stated:

$$\text{from 10. to 26. July 1976} \quad \text{mcg/kg} = \frac{\text{mcg/mg}}{4}$$

$$\text{from 26. July to the end of August 1976} \quad \text{mcg/kg} = \frac{\text{mcg/mg}}{20}$$

until 21/12/1977	mcg/kg	=	$\frac{\text{mcg/mg}}{50}$
1/1/78 to today (after ploughing)	"	"	$\frac{\text{mcg/mg}}{300}$

1. Inhalation

With the respiration air the gaseous contaminants and particulates in suspension in the air were inhaled. The evaporation of TCDD from the ground was almost nothing and negligible in regard to the effects of the air contamination.

The atmospheric fine dust in suspension in the air was an average of 0.2 mg/m³; with the respiration air (0.2 m³ per day per kg.p.) 0.04 mgr/kg.p. (kg body weight) of atmospheric dust was inhaled whose contamination could be regarded as being equal to that of the ground.

2. Accidental Ingestion

Accidental ingestion: dirty hands in the mouth, etc., can be presumed in an essentially general sense. In considering the data pertaining to the lead absorbed by the children who live in areas with pavements, roads, etc., on which powders are deposited which contain 1-3% lead (against a lesser standard of 0.1%), the accidental ingestion of powder would result in 1-2 mg/kg body weight per day, as limited by the capacity of the lungs.

3. Cutaneous Absorption

The possible cutaneous absorption involves children especially, but the absorption is however moderate.

Only the particles of 2-3 microns will adhere to the skin. In assuming dirtying with a compact layer of 10% of the skin, this degree of dirt is considerably higher than that which would be noted in practice, 8-10 mg of powder per kg body weight would adhere to the skin.

The TCDD deposited in these powders could be completely absorbed only if the contact of the skin extended over several hours and in the worst case complex the absorption could not exceed the values assumed for accidental absorption and therefore the equivalent of the TCDD contained in 2 mg of ground per kg body weight per day.

4. Total Absorption by Inhalation, Accidental Ingestion And Cutaneous Absorption

In general, with the estimate considerably higher than the actual case by ingestion and cutaneous absorption per kg body weight per day, the TCDD

contained in 4 mg of soil could be introduced into the organism, 64 mg in 16 days elapsed between the incident and the first evacuation. The total absorption would be (64 mg/kg body weight in 16 days):

C. Porta Est	ng/kg	22.4
A6		0.64
A7		0.22
BN		0.07
BS		0.03

clearly lower and not exerting any influence as compared to the dose assumed to have been inhaled during the emission, and therefore negligible.

5. Absorption after Evacuation

In Zone B the absorption by inhalation, ingestion and cutaneous absorption proceeded in progressive time gradually as the concentration in the ground was reduced, as follows:

TCDD absorbed in BN

from 26/7/1976 until the end of August 1976

$$\frac{4 \cdot 30 \cdot 4}{20} 10^{-6} \text{ mcg} = 24 \text{ pcg/kg body weight}$$

from August 1976 until the end of 1977

$$\frac{4 \cdot 485 \cdot 4}{50} 10^{-6} \text{ mcg} = 155.0 \text{ pcg/kg body weight}$$

from 1/1/78 to 1/3/1982

$$\frac{4 \cdot 1520 \cdot 4}{300} 10^{-6} \text{ mcg} = \underline{81.0 \text{ pcg/kg body weight}}$$

Total 260.0 pcg/kg body weight.

In the rest of Zone B as compared to BN the absorption would be less than half.

It cannot be precluded that these levels were exceeded with the consumption of local agricultural products but in this case the introduction of TCDD would have been limited. As a matter of fact from the production of fruit and vegetable products from gardens in C.P.E. 0.005 ÷ 0.004 mcg /kg body weight of TCDD as compared to 10 - 75 mcg/kg body weight presumed after washing for the products contaminated by sedimentation in July 1976.

No new cases of chloracne were noted after the school-age screening performed in the first part of 1977 and it was confirmed that already from the month of August 1976 the exposure of the population was at an extremely low level.

VI. INGESTION WITH LOCAL AGRICULTURAL PRODUCTS

a) Local Vegetables And Fruits

The incident occurred in July, in the period of the maximum production of the gardens and orchards, which coincides with the period of maximum consumption of the products of the gardens and orchards.

In the zone, particularly in Zone A, the greater part of the families has their own gardens and/or orchards with fruit trees.

In the 16 days between the incident and the first evacuation the population continued to eat the products of their own gardens which had been contaminated by dioxin.

In the responses to the questionnaires 70% of the children who were afflicted with chloracne stated that they had consumed local products in the 16 days between the incident and the first evacuation.

For the non-evacuated sectors it cannot be precluded that the consumption of such products despite the prohibition announced by the government, and this consumption continued continued at a maximum for another 7-8 days in regard after this period to the agricultural products already ripe or in an advanced state of maturity which at the time of the incident were no longer edible.

The TCDD deposited on the vegetation remained for a long time despite the rains; in October 30% of the TCDD was still on the vegetation despite the frequent and abundant rains.

The contamination of the vegetables and the fruit can be regarded as being directly proportional to the projection on the ground of the plants (area of sedimentation) and inversely proportional to the weight.

In Table 6, for the most common products of the gardens and orchards the assumed contaminations referenced in mcg/m² which fell on the ground are listed. In column 3 the mcg/kg (ppb) for the vegetation on the ground contaminated on the average of 1,500 mcg/ml, and therefore by an average contamination which involved the population resident in Via. C. Porta Est. Before consumption the vegetables and fruit were "washed", whereby the vegetables: salad, spinach, etc. , was suspended in water to cause the larger particles of soil which adhered to drop; this treatment is of limited efficacy for the dirt attached to the vegetables.

The summary washing of the fruit, particularly for the home-grown fruit, was also performed prior to consumption.

In general, for purposes of illustration, in column 4 of Table 6, the residual contaminations of TCDD after washing are listed, calculated by assuming that only 10% was removed for the vegetables and 20% for the fruit, percentages which are certainly lower than actually happened.

With an average of 1,500 mcg/mq of dioxin on the ground, a residual average contamination of 40 mcg/kg (ppb) can be assumed. Since the contamination of the plants is directly proportional to the contamination on the ground, it can be deduced that with a contamination of 150 mcg/mq and 15 mcg/mq in the ground, the contamination of the plants would be 4 ppb and 0.4 ppb. With reference to the season, the average consumption per capita of home-grown agricultural products was certainly more than 4 grams per day per subject with an average weight of 70 kg with one large peach (8 cm in diameter) or two medium-sized tomatoes or a salad of tomatoes and peppers or a plate of beans,

In Table 6 according to the contamination of the ground the ng/kg body weight are listed which would have been ingested daily with average consumption of the fruit and vegetables of 4 grams per day per kg of body weight and the total ingested in the 16 days which elapsed between the incident and the first evacuation.

The absorption by ingestion depends upon several factors: eating habits, efficiency of washing, removal of the skin, etc., and therefore the data listed are essentially for orientation, but are sufficient to show that the average consumption of local agricultural products could have caused an absorption of TCDD of an amount considerably higher than other methods of absorption (inhalation, accidental ingestion and cutaneous absorption).

b) Farmyard Animals

Among the farmyard animals especially the rabbits are of interest, the breeding of which was very extensive in the zone; the rabbits ate more than half a kg of grass per day per kg of body weight and in a few days could accumulate high doses of dioxin.

For chickens and other barnyard animals, which were fed only in part with contaminated local products, the accumulation of TCDD was less than compared to the rabbits although it was not negligible. On the basis of the studies conducted in the zone, the rabbit retained 80% of the TCDD ingested with an average life of 8 to 10 days; approximately 50% of the TCDD absorbed was concentrated in the liver.

By assuming for the first days following the incident a TCDD content in the grass equal to $\text{mcg/kg} = \frac{\text{mcg/mg}}{2}$ and an ingestion of half a kg per day of grass per kg of body weight of the rabbit according to days t and stated by:

$$\text{mcg/kg body weight} = \text{mcg/m}^2 \cdot 3 \left(1 - \exp^{-\frac{t}{10}} \cdot \ln 2\right)$$

in the liver the concentration would be 12.5 times greater than the average of the entire rabbit. In Table 8 the theoretically hypotizable ingestions are indicated in ng/kg body weight according to the contamination of the ground per consumption of 3 grams of rabbit meat per kg body weight after 3-6-10-16 days after the incident, calculated with the cited formula.

The Table shows that in the 16 days after the incident it would have been sufficient to eat rabbit just once to ingest TCDD in quantities 2 to 3 times greater than that which could have been absorbed with regular consumption of local fruit and vegetables for 16 days.

In total, with reference to the consumption of other meats, it can be assumed that the total absorption (plants and animals) was 2 times that indicated for the vegetables alone for 16 days, in the last column of Table 7.

The contamination of the animals was determined by analyses of the TCDD which were performed in specimens of the livers of the animals and of cow milk extracted at the end of July and in the first week of August 1976 (from 18 to 30 days after the incident). The concentration of TCDD in the livers of the rabbits therefore follow quantitatively faithfully the concentration of the TCDD in the ground not only in Zone A and Zone B, but also in Desio R and in the Polo di Meda quarter.

In the livers of the rabbits from A6-A7 (average on the ground 40 and mcg/m^2 of TCDD) a positivity of 97% with a maximum of 660 ng/gr of TCDD was found in accordance with the predictions of Table 7.

In Zone B the percentage of the positivity (84%) was reduced and the average value of the livers with positive analysis however was a maximum of 838 ng/gr.

In Zone R the positive percentage is 80% and was reduced substantially outside of Zone R, where the positivity is 12% with a maximum point of 55 ng/gr in a specimen which was eaten with forage from Zone R.

These are expected positive values, with the analysis methods used the liver of the rabbit for the elevated factor of concentration in regard to the forage (ca. 35-40 times) could be positive even with

contamination of the ground of 0.0075 mcg/m^2 and therefore 100 times less than the limits of sensitivity of the analysis on the ground (0.75 mcg/m^2)

In Seveso R to the west of Zone A, in Seveso outside R and in Meda Nord, there the analysis of the ground for TCDD always produced negative results and reached moderate contaminations sufficient to make the livers of the rabbits positive independent of the sedimentation of the particulate with the hypotheses made that the direct absorption of TCDD from the atmosphere by the vegetation would have been sufficient on the basis of 0.1 - 1 per thousand of the corresponding contact index.

The positivity of the livers of the rabbits in these sectors limited to approximately 20% show that the direct absorption of TCDD from the atmosphere by the vegetation, insofar as could be verified, was moderate and was sufficient to make a part of the livers positive. Despite the various selection criteria, the distribution of the positive livers in the area was very similar to that of the dermatological damage (lesions).

In the specimens of cow milk extracted between 28/7 and 10/8/76 in 4 stables (2 in Zone A, 2 in Seveso R west) fed with forage from Zone A, the average contamination of TCDD was on the order of 2,000 ng/liter with a maximum of 7,919, in another 6 stables along the perimeter east of Zone R (one in R and five outside) the concentration of TCDD was an average of 100 ng/liter.

In 1978 the analysis of the milk was repeated in 24 stables with positive results (approximately 20 ng/liter), only in one stable in Varedo which was fed with forage deriving from the contaminated zone.

Even if the milk is exported out of the area, a local consumption at least for the families owning the stalls cannot be precluded.

These data confirm the contamination of animal products and indirectly of the plant products and show, since there were no restraints, that the contaminated fodder derived from Zones A and B and it cannot be precluded that this also occurred for the garden products, although in a very moderate extent since these gardens were primarily for family use.

A part of the delayed light cases of chloracne in children less than 14 years old in 1977 is otherwise to be attributed to these movements of plant products because of the mobility of the residents who continued to move in the area with free access to Zone A.

The distribution of the skin damage in the area shows however that these forms of diffusion occurred only to a small extent.

The maps of the cases of chloracne and that of those selected agree consistently with that of the acute skin injuries, whereby these were caused by the impact of the emission in the area; this is a consistency which could be realized by simultaneous contamination which could occur only derive from the action of the contaminant in suspension in the air.

The cutaneous forms of injury are concentrated around the directrices emanating from the plant with decreasing concentration progressively further from the chimney.

c) TCDD Ingested with Food

In regard to TCDD ingested with the local foods in the 16 days after the incident there applied:

$$\text{ng/kg body weight} = 3.3 \text{ mcg/m}^2$$

This is a value which with the hypotheses made which will be less than the actual level at least for the more vigorous consumers of local products. It should be noted that between the Zones A-B-R a total of 35,000 residents, after the incident they were returned and lost 80,600 head of farmyard animals, i.e., more than 2 per each resident.

d) Sedimentation on Plates And Flatware during The Dispersion

The discharge of the particulate occurred at 1230 hours, when the greater part of the population was eating and a contamination of the food by sedimentation cannot be precluded, a contamination which however could have actually affected the tableware in the open without protection of covers, The large particles which were deposited did not penetrate into the houses or entered only to a very small extent.

In considering the surface of the plates, flatware, etc. of 0.05 m² per table setting, an absorption could have occurred of:

$$\text{ng/kg body weight} = \text{mcg/m}^2 \frac{1,000}{1,040}$$

in C. Porta Est, A6-A7-A8-B respectively 1050-28-10.5-2.8 ng/kg, a value of some importance, even if only a part of the sediment could be actually ingested, this is however an absorption which could be verified only in a limited number of subjects.

VII. TCDD FOUND IN HUMAN BEINGS

The concentration of TCDD in the organs was determined only in one 55-year old woman weighing 70 kg, who died of a tumor 7 months after the incident, a resident of C. Porta Est, and therefore in the inhabited zone extensively involved in the sedimentation (deposit) in the soil by TCDD,

21

where 500 - 1,000 mcg/m² were found. The woman lived with two nieces of 4-5 years old who suddenly developed very severe skin symptoms (acute dermatological damage followed by chloracne).

The average concentration of dioxin in the tissues was approximately 500 ng/kg primarily concentrated in the fat (1).

(1) Fat	TCDD	1940	ppt
Pancreas	"	1040	"
Liver	"	150	"
Thyroid	"	85	"
Brain	"	60	"
Lungs	"	60	"
Kidney	"	40	"
Blood	"	6	"

Since the average life of TCDD in the human being was not known, the initial concentration could not be determined. It could nevertheless be assumed that the initial concentration was on the order of several mcg/kg; by assuming an average life of 1-2-3 months, an initial concentration respectively of 64 - 4 - 2 mcg/kg.

This is a dose of a greater amount than could have been absorbed by inhalation and accidental ingestion and with emission of TCDD 2 to 3 times higher than the 10 kg estimated,

The TCDD found in the organs can however be attributed for the most part to absorption through food.

Actually the TCDD was measured with negative results in 35 specimens deriving from autopsy and biopsy, all subjects from outside of Zones A and B (blood 7m skin 3, fat 3, liver 15, placenta 1, milk 2, cerebrospinal fluid 1, colostrum 2).

The sensitivity of the method of analysis (100-400 ng/kg) is however not sufficient for a comparison with the results obtained in the specimens in Zone A, since outside of Zone A it would have been necessary to have had an analysis method at least 100 times more sensitive.

Table No. 6: Contamination of vegetables and fruit because of sedimentation of TCDD

	TCDD in mcgr/Kg (ppb) according to the mcgr/m ² on the ground	TCDD in mcgr/kg per product from ground with 1500 mcgr/m ²	Residual TCDD in mcgr/kg after washing
Salad			
Spinach	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{2}$	750	75
Beets			
Beans			
Tomatoes	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{100} \times \frac{1.5}{d} = \frac{\text{mcgr/m}^2}{33}$	45	9
Peaches			
Apricots	$= \frac{\text{mcgr/m}^2}{25}$	60	12
Figs	"	60	12
Plums	"	60	12
Cherries	$= \frac{\text{mcgr/m}^2}{10}$	135	27
Peppers	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{6}$	250	25
Kidney beans	$\frac{\text{mcgr/m}^2}{10}$	150	15
Peas	zero		
Carrots	"		
Potatoes	"		

Table No. 7: TCDD in ng/kg body weight presumed eaten with garden products

	mcgr/m ² on the ground	Daily		total x 16 gg.
1	2	3		4
<u>Zone A C. Porta Est</u>	2500	max	250	4000
	1500	Av.	150	2400
A6	150	max	15	240
	40	Av.	4	64
A7	75	max	7.5	120
	15	Av.	1.5	24
<u>Zone B1</u>	12	max	1.2	19.2
	4	Av.	0.4	6.4
<u>Zone B2</u>	2	Av.	0.2	3.2

Table No. 8: Contamination by TCDD of Rabbit Meat

Day after the incident	Ratio between the mcg/kg in the rabbit and mcg/m ² in the ground	TCDD ingested in ng/kg body weight of 3 grams of rabbit meat per kg/body weight per Kg/p.				
		mcg/m ² 1500	A6 mcg/m ² =40	A7 mcg/m ² = 15	BN mcg/m ² =4	R mcg/m ² =1
3	0.56	2475	67.2	24.75	6.7	1.
6	1.02	4595	122.4	45.95	12.2	3.05
10	1.50	6750	180.0	67.5	18.0	4.5
16	2.00	9000	240.0	90.0	24.0	6.0
After 16 days						
a) Average concentration of the rabbit mcg/kg		3000	80	30	8	2
b) Concentration in the liver of the rabbit mcg/kg		37500	1000	375	100	25

VIII. TCDD PRESUMED ABSORBED BY INHALATION DURING THE EMISSION AND WITH LOCAL FOODS FROM 10. TO 26. JULY 1976

In Table 9 the data pertaining to the presumed absorption of TCDD is summarized on the basis of the hypotheses made by inhalation during the emission and by ingestion with food in the 16 days which elapsed between the emission and the first evacuation.

The other forms of absorption: accidental ingestion, cutaneous absorption, etc., are not considered, because they are of no influence.

For the variables involved the data in the Table indicate the average value of the sector, for example, for C. Port Est at the average value of 4,960 ng/kg body weight corresponds to an interval of 2,500-1,000 ng/kg. body weight, etc.

The slight forms of delayed chloracne would therefore result from an absorption of at least 10-20 ng/kg body weight (Cesano R and Seveso outside R).

In BS and Desio R, where the absorption by ingestion equalled that by inhalation, with presumed absorption of 5-15 ng/kg body weight (average 10 ng/kg body weight), the chloracne was absent. The ingestion of TCDD with the local foods, based on the contamination of the ground, was calculated with error and therefore was less than the actual figure. The absence of cases in this sector suggests excluding that the absorption presumed for inhalation for Cesano R and Seveso outside R, which would result from 10 - 20 ng/Kg body weight, was excessively in error, because in this case the forms of chloracne encountered would not have been caused.

For absorption by inhalation it would appear to preclude an elevated error by default, as a matter of fact with absorption by inhalation 2 to 3 times higher than that hypothesized, the assumption of TCDD on the lateral bands of territory would be equal to those of BN in contrast to the survey. Independently of the the approximations with the hypotheses made with the 5 lighter forms of 1976 in children below the age of 14 in A6 (3.3% of children below age 14) would be the result of an absorption of 100-200 ng/kg body weight, while the less severe forms in children below age 14 in C. Porta Est and in 5 cases if adults in 1976, still in C. Porta Est it would result consequently in an absorption on the order of mcg/kg body weight, which occurred in accordance with the TCDD found in the organs of the only case encountered.

Independently of the approximations the magnitudes involved make it possible to attribute to the absorption by inhalation during the emission

the light forms of chloracne found in 1977 in the lateral strips of territory outside Zone A and in Meda Nord, while for Zone A and particularly for Carlo Porta Est the more severe cases of chloracne can be attributed to TCDD ingested with locally produced food products.

Therefore it would seem unlikely that doses of 10-20 ng/kg body weight could result in detectable changes with an extremely active substance such as TCDD, by the light forms of delayed chloracne of 1977 in children below age 14 can be considered as a very sensitive test, for all of the tests performed on victims of chloracne: globulin, porphyrin, etc. always occurred as a rule.

A slight change occurred from these parameters which was noted in this case only with chloracne victims from Carlo Porta Est in children below age 14 subjected to exposures of another two higher orders of magnitude.

The marked sensitivity of minors to TCDD also plays a role, since in Carlo Porta Est in adults there were only five light cases (ca. 5% of persons above age 14) which were manifested 6 months after the incident, as opposed to 26 cases in September-October in children below age 14 (equal to 48%) of which 11 cases were severe and 11 of medium intensity.

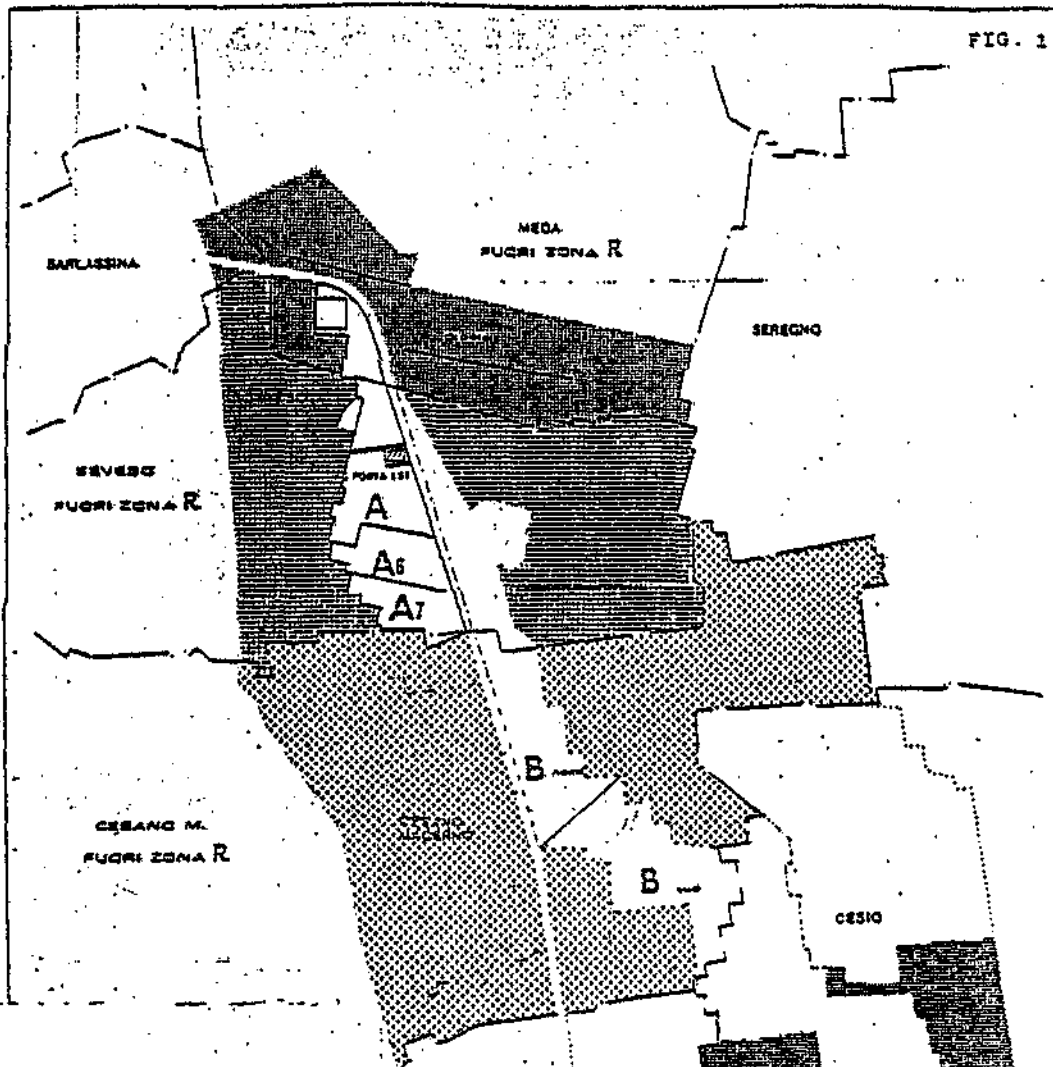
SUMMARY AND CONCLUSIONS

The load of the reactor at the moment of the incident consisted of:

Sodium trichlorophenate (1500 kg trichlorophenol equal to 28%)	kg 1,700	equal to 32.2%
Other products of hydrolysis of tetrachlorobenzene	340	6.4%
Ethylene glycol	1,000	20.0%
Diethylene glycol and polyglycols	1,342	25.4%
Sodium hydrate	355	6.7%
sodium chloride	542	10.3%
Total:	5,281	100%

The opening of the safety valve released the compressed gases with emission (discharge) at subsonic velocity of 15-20 kg of vapors (primarily glycols), which carried along in the particulate state some tens of kg of the charge including 150 grams of TCDD which were later found on the ground. The particulate material carried towards the south-south-east

FIG. 1.



TCDD IN THE GROUND
TCDD NEL TERRENO mg/m³

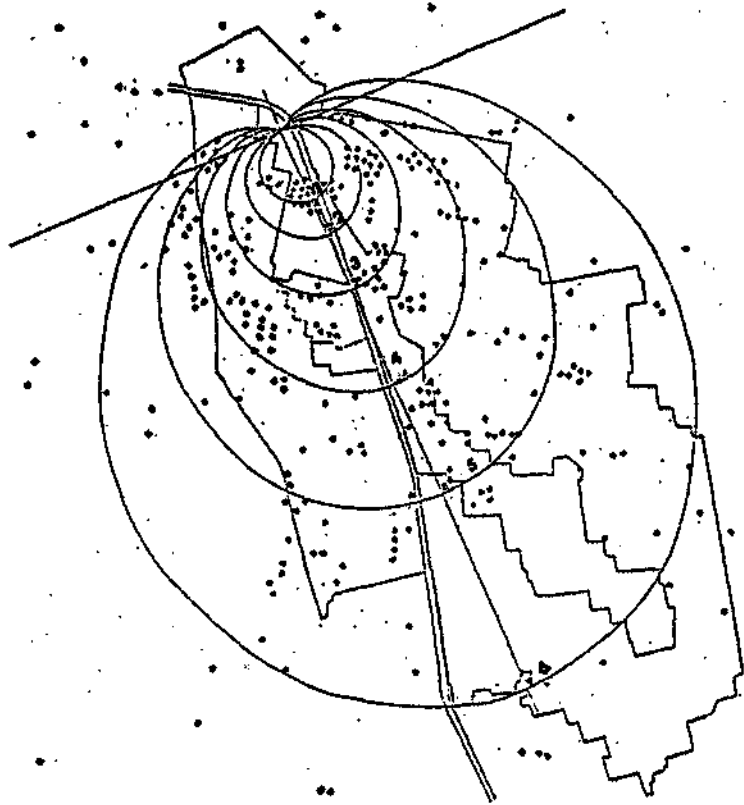
CHLORACNE IN
% CLORACNE NEI < 14 ANNI

	mg/m ³		%
Carlo Porta Est	1300	Carlo Porta Est	48
Zona R Denio	1,3	Zona R Denio	—
Zona R Neda (Polo)	1,4	Zona R Neda (Polo)	2,5
Zona R Seveso	IV	Zona R Seveso	1,33
Zona R Cesano M.	IV	Zona R Cesano M.	0,28
Fuori Zona R Seveso	IV	Fuori Zona R Seveso	0,7
Zona B Nord	4,3	Zona B Nord	1,5
Zona B Sud	1,7	Zona B Sud	—
Zona A6	40	Zona A6 } Zona A7	10
Zona A7	13		

CURVE NUMBER

n° curve	INHALED		concentration rel- ative l'aria m ³	emission total inci- di contact i.e. m ³ /-
	TCDD ng/Kg.p	Inquinan- ts in kg per kg/Kg		
1	160	48	3,2	600
2	20	24	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20
4	20	6	0,40	10
5	10	3	0,20	5
6	5	1,5	0,10	2,5

FIG. 2.

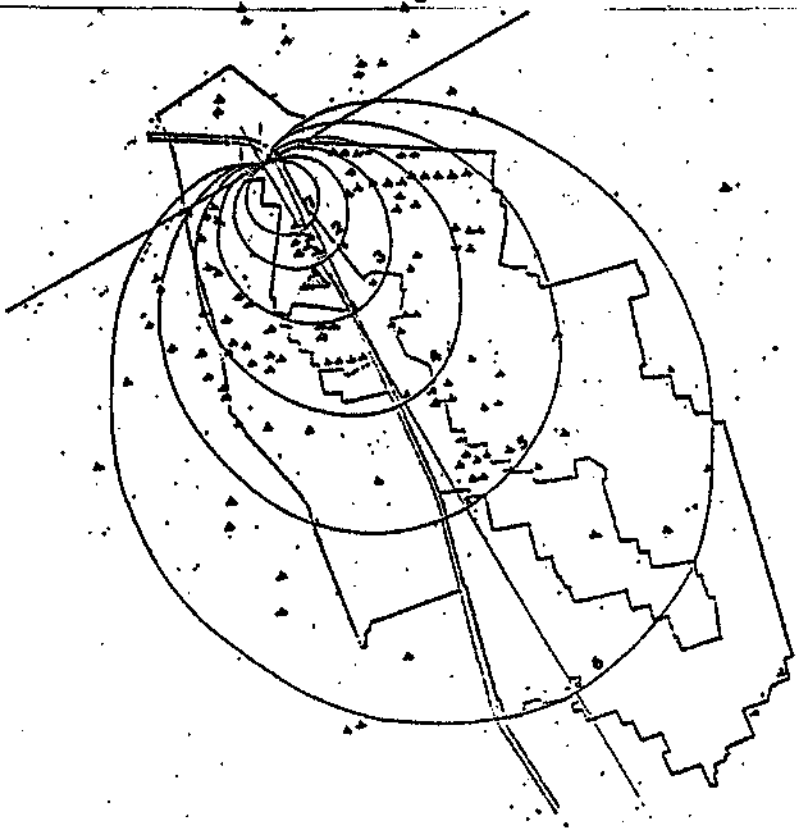


LEGEND:

DISTRIBUTION OF CASES OF ACUTE DERMAL

CURVE NUMBER	n° curve	SYNALATO CONTAMINATION		concentrations in l'aria mg/m ³	emission rate in g. sec/1.0. sec/1
		TCDD ug/kg-p	PCB ug/kg-p		
1	140	48		3.2	800
2	80	24		1.6	400
3	40	12		0.80	200
4	20	6		0.40	100
5	10	3		0.20	50
6	5	1.5		0.10	25

FIG. 3

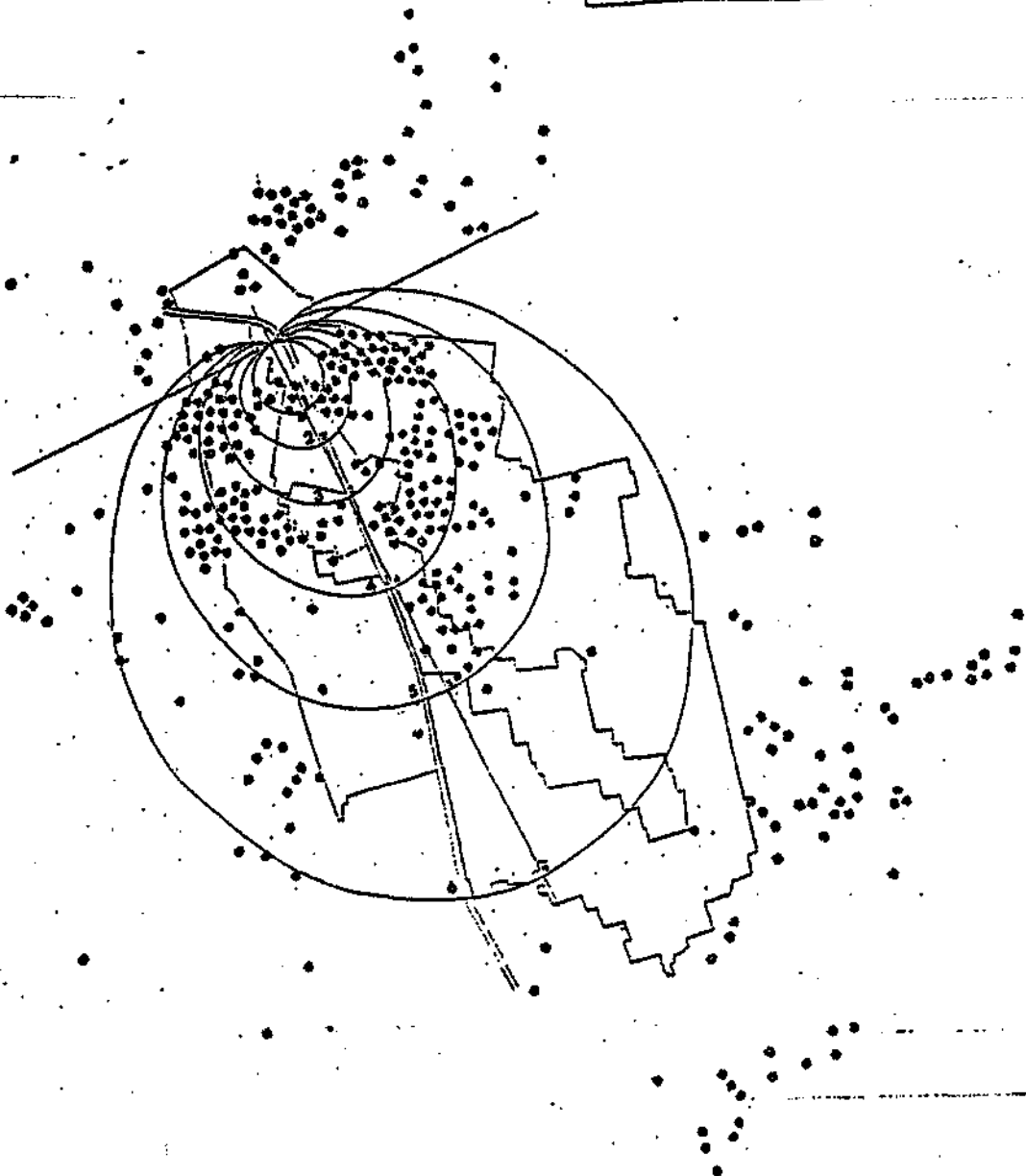


LEGEND:
 DISTRIBUTION OF THE CASES OF CHLORACNE OBSERVED
 IN THE AREA OF BRIANZA IN SEVESA FROM 10 JULY
 TO JULY 1977

▲ = 1 CASE ▲ = 50 CASES

FIG. 4.

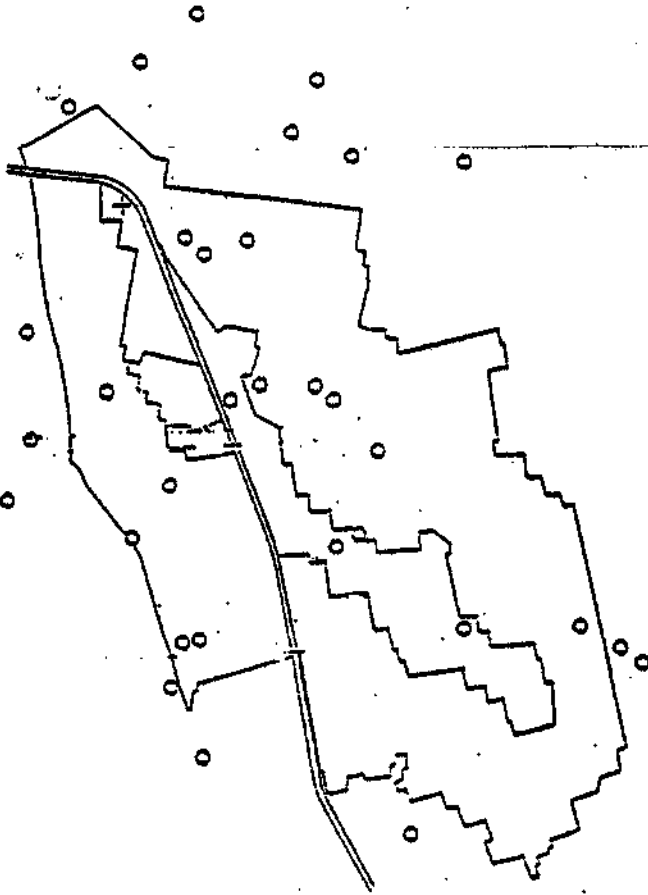
n° curva	ANALISI		concentrazione nel l'aria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	distanze totali indicate di contatto $\text{h} \cdot \text{m}^2/\text{m}^2$
	TCO $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	incidenza di $\text{L} \cdot \text{m}^2/\text{m}^2$		
1	100	48	3,3	800
2	40	34	1,6	40,0
3	40	12	0,80	20
4	20	4	0,40	10,3
5	10	2	0,20	1,0
6	5	1,5	0,20	1,3



LEGEND:

DISTRIBUTION OF SELECTED SUBJECTS DURING THE SCHOOL-AGE SCREENINGS PERFORMED UNTIL JULY 1977 AND WHICH WERE THEREAFTER NEGATIVE FOR CHLORACNE TERRITORY OF BRIANZA IN SEVESO.

FIG. 5



LEGEND:

DISYRIBUTION OF CASES OF SUSPECTED CHLORACNE OBSERVED
IN THE AREA OF BRIANZA IN SEVESO FROM 10 JULY 1976
TO JULY 1977 FROM GENESIS PRIOR TO 10 JULY 1976

○ = 1 case

TABLE 9: Summary of presumed absorption for TCDD by inhalation and ingestion.

ZONE	SECTOR	TCDD in ground mcg/m ²	TCDD absorbed ng/kg body weight			% Chloracne victims < 14 years
			By inhalation during the incident	With locally produced food products from 10 to 26/7/1976	Total 4 + 5	
1	2	3	4	5	6	7
A	C. Porta Est	1500	160	4800	4960	48
	A6	40	38	132	170	10
	A7	15	28	50	78	
B	BN	4,3	15	15	30	1,5
	BS	1,7	5	6	11	--
R	Desio	1,2	4	4	8	--
	Polo di Meda	1,4	30	5	35	2,5
	Seveso	NV	20	< 1	20	1,33
	Cesano	NV	15	< 1	15	0,28
Outside R	Seveso	NV	15	< 1	15	0,7

along the direction of the wind movement was deposited in the soil and contaminated a strip of ground with initial aperture of approximately 40°, which is then designated as Zone A and B. At final decompression, the distillation of the glycol (200 °C), of polyglycols (250° C) and of the products of transformation and thermal decomposition of the load extended for at least two hours with visible smoke from the chimney. In the final distillation the temperature inside the reactor reached ca. 400 degrees and then returned to below 200° C only after a few hours and it can be precluded that the emission stopped even when the smoke could no longer be seen.

2,200 kg (72% sodium chloride, organic residues of thermal conversion) remained in the reactor. After the initial blow-off (ca. 100 kg), 2,900 kg of gas and organic vapors were discharged from the reactor, of which at least 600 kg derived from the thermal transformation of 1/3 of the tetrachlorophenol (of which 360 kg was chlorine and TCDD in unknown quantities).

The residual charge in the reactor contained approximately 100 ppm TCDD. In the incrustations of the reactor itself the concentration of TCDD increased: 1% on the blades of the agitator; 11% at the base of the blow-off chimney; 19% at the output of the chimney. Since during the distillation the glycols which developed by recondensation continuously washed the chimney, the elevated concentrations of TCDD in the chimney can be attributed to the final phase of the emission.

During the emission the TCDD was still present in the reactor and experienced a considerable distillation process.

The chemical-physical characteristics of the reaction of conversion of trichlorophenolate into TCDD, the reaction conditions and the presence of solvents which promote distillation in the vapor flow probably resulted in a discharge of TCDD on the order of 1% of the trichlorophenol (12.5 kg TCDD) and emissions of more than 20-30 kg cannot be precluded.

The emission following the initial decompression from time to time followed the wind direction without leaving traces on the ground since the gases and fumes were not deposited.

The maps of the distribution on the ground of the skin manifestations (dermal lesions, chloracne, etc. which were consistent) showed that during the emission except for spots towards the northeast and northwest the wind direction involved the southern sector in varying \pm 80 degrees

around the axis of Zones A and B, which caused the sector to be affected more by the gaseous emission.

While the initial particulate emission involved only the central axis with an aperture of ca. 40 degrees, the following emission of gases and vapors involved, if only in a minor degree in regard to the central axis, two outside lateral strips each with an aperture of 80 degrees.

1) Contamination in The Soil - Dermatological Injuries

The distribution of the sedimentation in Zones A and B indicate that the dispersion occurred with average atmospheric turbulence. The distribution on the ground of dermatological injuries indicates that the wind direction during the emission varied by ± 80 degrees around Zones A and B; A total of 2,900 kg was discharged from the reactor in two hours with a probable TCDD content of 10 kg.

On the basis of these data the concentrations in the soil, the iso-concentration curves and the absorption curves and the other parameters of the contamination can be calculated (Tables 2 - 3 - 4 - 5 and iso-concentration curves Fig. 2 - 3 - 4.

The atmospheric concentrations in the soil downwind of the chimney, as assumed on the basis of the emission of 2,900 kg in two hours and the climactic conditions at the time, were on the order of 10 mg/m^3 (of which 1.25 was chlorine) at the start of the closer inhabited sectors and still more than mg/m^3 at 4,000 meters from the chimney, concentrations which, as noted in the testimony, made the air acrid and pungent and could be easily noted at distances of 3 to 4 km from the chimney.

The emission contained a high percentage of organic chlorine derivatives and non-saturated organic compounds from thermal decompositions which were generally very active against the skin.

The contact indices on the order of $20 - 80 \text{ mg/m}^2$ in Zone A and of 10 mg/m^2 on the lateral strips of Zone A up to 1,000 - 1,500 meters from the chimney caused thw 1,600 cases of skin damage, of which 447 were specific, which occurred in the residents 20 days after the incident.

Of the 447 specific cases. 113 lived in Zone A and the remainder primarily in the lateral strips between 800 and 2,000 meters from the chimney.

In Zone A, particularly for those who were at the aperture, the skin was then exposed to the sedimentation of considerable quantities of trichlorophenate and of caustic soda, in more contaminated sectors on the order of hundreds of mg/m^2 for trichlorophenate and of tens of mg/m^2

for the caustic soda.

In Zone A and particularly in C. Porta Est for elevated contact indices and especially for the caustic action of the soda and the trichlorophenate deposited on the skin, severe dermatological damage occurred, which in some cases required hospitalization.

In Zone A, where the sedimentation and the contact indices were moderate, the dermatological injuries were clearly less frequent in regard to the lateral strips up to 2,000 meters from the chimney.

If Zone B is divided into two sectors a specifically BN from 2,000 to 3,000 meters from the chimney and BS from 3,300 to 6,000 meters, while in BS the skin injuries were limited in number, in BN a rate was found which was comparable to that of the lateral strips.

2) Absorption TCDD - CHLORACNE

In the three inhabited sectors of Zone A the concentration of the soil in TCDD was:

- Via C. Porta Est from 600 to 800 meters from the chimney evacuated 26/7/1976	Max. 2,500 ug/m ² Average 1,200 ug/m ²
- A6 from 1,600 to 1,800 meters from the chimney evacuated 2/8/1976, reentry September 1977	Max. 150 " Av. 40 "
- A7 from 1,800 to 2,000 meters evacuated 2/8/76, reentry September 1977	Max. 75 " Av. 15 "

In the rest of the area the average sedimentation (deposit) in mcg/m² was 4.3 in BN; 1.7 in BS, 1.4 in Polo di Meda, 1.2 Desio R, 1.2 rest of the Zone R << I (Table 1).

The residents involved inhaled TCDD during the emission. For the contamination of the ground in Zones A and B the absorption continued in the 16 days which elapsed between the incident and the change in situation with the first evacuation of 26.7.76.

Absorption could occur because of:

- Inhalation
- Accidental ingestion
- Cutaneous absorption
- By ingestion with local food products.

Accidental ingestion and skin absorption occurred to a much greater degree by other means of other modes and in the following will be disregarded.

The TCDD contained in the organism was determined only in one subject 55 years old, weight 70 kg, gender female, resident in the high-contamination zone of C. Porta Est and evacuated, died 7 months later because of tumor.

The subject lived in a sector with 500 - 1,000 mcg/m² of TCDD with two nieces 4 and 6 years old, who developed very severe cases of acute dermatological damage and then developed chloracne encountered on the area after the incident. On the average on the organs 500 ng/kg body weight concentrated in the fat; with estimating an average life of 1-2-3 months in the human being, the quantity in the organism at the time of evacuation would be respectively on the order of 64,000, 4,000 and 2,000 ng/kg body weight.

The chloracne in the more severe cases developed approximately two months after the absorption and with latent periods which proportionately greater for the lighter cases.

In Zone A the first cases of chloracne, as consistent with the predictions, were observed two months after the incident: 44 cases (39 C.P.E. - 5 A6; 8 severe and 11 of average intensity) from September to October, 6 of which 5 were adults in C.P.E.. in November-December and 11 (all in A6-A7) in the first months of 1977, i.e., 8 months after the evacuation.

In the first months of 1977 with specific investigation of the school-age population up to age 14, which was repeated after ca. 6 months, 120 cases of chloracne of very light intensity (2 to 4 comedones), which were so slight that they were not noticed by the victims.

In considering the latent periods and the duration of the manifestations which continued for several months, all of the 120 cases in 1977 can be attributed to the absorption which occurred during the incident.

On the other hand of the 16 cases from A6-A7, for which exposure was terminated with the evacuation, 11 were detected in February and April 1977. All of the cases of chloracne identified in 1977 for those for which documentation is available were present in the zone during the incident.

The majority of these 120 cases was concentrated in the lateral strips in in Zone A between 800 and 2,000 meters from the chimney with a distribution corresponding to that of the acute dermatological damage.

A total of 164 cases of chloracne were found in children below age 14, of which five lived outside the zone, and the frequency of chloracne in children below age 14 was referred to the entire under age 14 population (v. Table 1):

Porta Est	48%
A6	10%
A7	-
BN	15%
BS	-
Seveso	1.33%
Cesano	0.28%
Desio	-
Polo di Meda	2.5%
Seveso	0.7%
Meda Nord	0.35%

For the cases and the frequency of the manifestations in C. Porta Est, an absorption of dioxin of at least two orders of magnitude could be assumed higher than that of the lateral strips and of one order in regard to A6-A7. The absorption by inhalation at the time of the incident (iso-concentration curve in Fig. 3 would be:

160 ng/kg	in C. Porta Est
38 "	in A6
28 "	in A7
15 "	in BN
8 "	in BS
30 "	P olo di Meda
20 "	Seveso R
15 "	Cesano R
15 "	Cesano esterno (outside) R

The absorption of dioxin by inhalation during the emission presumed for the lateral strips is on the order of tens of ng/kg body weight and is quite small (if compared to L.D. 50 for the laboratory animals) can cause the light forms of chloracne found in children below age 14 because the children are much more sensitive to TCDD than adults.

It should also be noted that for the different ratio between the respiration air, the skin surface and the consumption of food in regard to the body weight, the absorption for children below age 14 is 30 to 50%

higher as compared to the standard subject weighing 70 kg.

In regard to Cesano R and Seveso R., for the greater frequency and severity of the cases of chloracne, the dose of TCDD absorbed in C. Porta Est should be at least two orders of magnitude higher (and therefore > 2,000 ng/kg), by one order of magnitude in A6-A7 (and therefore > 200).

In order to reach 2,000 ng/kg body weight of absorption by inhalation in C. Porta Est during the dispersion, an emission of TCDD higher than 100 kg would have to be assumed, which would therefore cause a corresponding increase in the lateral strips.

A very high ratio between absorption in C, Porta Est. in regard to the lateral strips, could derive alone from a greater persistence of the wind in the direction of Zones A and B as compared to that assumed; in this case however the absorption in B would be higher than that of the lateral strips in contrast to the survey.

The greater frequency and severity of chloracne in Zone A can be caused alone by the successive absorption of TCDD by ingestion with locally produced food products, directly proportional to the contamination of the ground and very elevated in C. Porta Est and negligible in the lateral strips. Ingestion was confirmed by the fact that 70% of children afflicted with chloracne said that they had consumed locally produced food products. By including the ingestion with food, the absorption of TCDD at the time of the evacuation with the hypotheses stated, the total would be (Table 9):

C. Porta Est	5,000 ng/kg
A6	160 "
A7	78 "
BN	30 "
BS	11 "
Desio R	8 "
Polò di Meda	35 "
Seveso R	20 "
Cesano R	15 "
Seveso esterno R	15 "

with differences between the different zones according to the survey of chloracne victims and for C. Porta Est, with data for only one individual for concentration in the human organism. Therefore the ratios between the absorption between the external strips and those of Zones A and B should be higher than indicated, since in the evaluations the absorption was overstated, while that for ingestion was understated.

A dispersion of dioxin in a vapor condition considerably less than that estimated can be precluded, since in this case the absorption by ingestion of food in Zone B would be higher than that inhaled in the lateral strips as opposed to the survey.

The data reported according to the hypotheses made and for purely orienting purposes are however valid to identify the exposure ratios between the various zones of the area involved in the Seveso incident. Everything indicates that the forms of chloracne encountered in Zone A can be attributed primarily to the absorption by ingestion of TCDD with local agricultural products, while the light delayed forms in 1977 would have been caused primarily by absorption by inhalation during emission of 10 - 20 ng/kg body weight of TCDD.

After the evacuation the exposure continued only for Zone BN and to a lesser extent for Zone BS, where in regard to the health standards (daily removal of the children), the absorption of dioxin was on the order of pcg/kg body weight and would not have been sufficient to make the total dose of TCDD absorbed vary particularly even in cases where the normal attitude is exceeded.

In fact, from the production in 1977 of fruit and local food products the concentrations of dioxin were 10,000 times less as compared to those concentrations caused by direct contamination by sedimentation.

The absence of new cases in Zone B and along the lateral strips from the second semester of 1977, with reference to the long latent period of the light cases of chloracne confirm that the absorption of dioxin was very negligible in the first months after the incident.

Therefore it would appear unlikely that the doses of 10-20 ng/kg body weight could produce injuries which could be detected with an extremely active substance such as TCDD., but the light cases of delayed chloracne in 1977 in children below age 14 can be regarded as being a very sensitive test; in fact, all of the tests performed on chloracne victims: γ -globulin, porphyrin, etc.) were always within the norm.

A slight change resulted from these parameters was noted in only one case of chloracne in Carlo Porta Est in children below age 14 who were exposed by another two orders of magnitude higher.

The particular sensitivity of children to TCDD also plays a role; as a matter of fact in Carlo Porta Est in adults there were 5 slight cases, which occurred some 6 months after the incident.

Independently of the approximations with the hypotheses made, the 5 lighter cases in 1977 in children below age 14 in A6 (3,3% of the children below age 14) would be the consequence of an absorption of 100-200 ng/kg body weight, while the more severe cases in children below age 14 in C. Porta Est and in five cases in adults in 1976, in C. Porta Est would result from an absorption on the order of mcg/kg body weight, which would be consistent with the TCDD found in the organs of the single case examined (55-year old woman - autopsy).

These results confirm the discretion of the Lombardy Toxicological Commission (Commissione Tossicologica Lombarda) which stated in 1980 that the acceptable dose of TCDD for human beings is 1 pcg/kg body weight per day; this is a dose which would require at least 30 years to introduce into the organism 10-20 ng/kg of TCDD, which would appear to be sufficient to cause the delayed light cases of chloracne.

The validity of the limit used in the USA was therefore confirmed for the fish contaminated in the Great Lakes by TCDD, limits which correspond for the human organism to an acceptable dose of 10-20 pcg per day of TCDD/kg body weight.

With 10-20 pcg/kg body weight, more than three years would have to pass to reach the dose which would appear sufficient to cause light delayed chloracne, while more than 100 years would be needed to reach the total dose of mcg/kg body weight which would be necessary to cause the traditional chloracne accompanied in this case by slight temporary changes in the laboratory data.

Independently of the approximations involved, the light forms of chloracne encountered in 1977 in the lateral strips outside of Zone A and the Meda Nord Zone can be attributed to the absorption by inhalation during the emission of small doses of TCDD, while for Zone A and especially for Carlo Porta Est the more severe cases of chloracne can be attributed to larger doses of TCDD ingested with locally produced food. The ingestion with food increased by approximately 1,000 times the TCDD absorbed by the residents and therefore the hazard of the TCDD deposited.

The direct action on the skin and on the organism in general if the atmospheric contamination following the emission of 2,900 kg of gases and vapors, which derived from the charge of the reactor, contributed substantially to causing acute dermatological damage in the arc downwind from the chimney during the emission, skin injuries which were very pronounced in Zone A because of the coincidental action of the caustic

sedimentation. The direct action of 150 grams of particulate TCDD deposited in the soil to the effects of chloracne was considerably aggravated by the indirect method by accumulation of TCDD in the organism by ingestion of local agricultural products, an ingestion which increased the total dose absorbed by several times as compared to the dose inhaled during the emission.

The TCDD emitted in vapor or smoke form in the absence of indirect action by the sedimentation outside of Zone A would have caused only these light delayed cases of chloracne, which very probably would not have been detected since in the absence of the early and severe cases in Zone A, the stimulus would have been lacking which generated the high-sensitivity investigation techniques, which made identification of these cases possible.