

16.- Anàlisi de Risc

16.1.- Anàlisi de risc per exposició a PCDD/Fs

En aquest apartat es presenten els resultats de l'anàlisi de risc per l'exposició a PCDD/Fs. L'anàlisi de risc s'ha portat a terme per a la població adulta que resideix a les rodalies de la planta Incineradora de Montcada i Reixac. L'anàlisi ha estat dividit en tres parts.

- 1) Aplicació de la metodologia d'anàlisi de risc per a PCDD/Fs. Primer es presenten els resultats de l'exposició de la població a PCDD/Fs. El següent pas ha estat calcular el risc cancerigen i no- cancerigen. Una vegada desenvolupada la metodologia d'anàlisi de risc d'una forma determinista, s'ha portat a terme un anàlisi probabilístic del risc per tal d'identificar la variabilitat i incertesa del mètode.
- 2) Estudi del benefici que tenen les millores ambientals a la planta sobre el risc cancerigen i no- cancerigen a PCDD/Fs en la població.
- 3) Comparació del risc degut a les emissions de PCDD/Fs (risc calculat amb el model multi-compartamental aire-sòl-vegetació) amb el degut als nivells ambientals de dioxines i furans a l'àrea mesurats durant la monitorització (risc mesurat).

16.1.1.- Aplicació de la metodologia d'anàlisi de risc per PCDD/Fs

L'avaluació del risc és una eina matemàtica, la qual es basa no únicament en els aspectes toxicològics, sinó també en un ampli transfons de coneixement en diversos camps que van des de la química a la fisiologia i biologia molecular, i des del transport medi ambiental fins a l'estadística aplicada. D'aquesta manera, l'avaluació del risc inclou quatre passos:

- I. Identificació del risc: el compost químic d'interès es identificat des de mesures de les emissions en estudi, o en cas d'instal·lacions en planificació, des de dades experimentals de plantes similars.
- II. Avaluació de l'exposició: es determina la quantitat de contaminant a la que la població i els ecosistemes es troben exposats.
- III. Avaluació de la dosi-resposta: caracteritza la relació entre la dosi i la incidència d'un efecte advers en la població exposada.
- IV. Caracterització del risc: predicció de la probabilitat de l'impacte sobre la salut en la població exposada.

En aquest apartat, es presenta una aplicació de la metodologia de l'anàlisi de risc de la població, degut a les emissions de dioxines abans de les millores ambientals de la planta. Per tant, les dades utilitzades en el càlcul són el resultat de l'aplicació del model multi-compartamental aire-sòl-vegetal. Així, ara es presenta l'avaluació de l'exposició de la població a les dioxines degudes a les emissions

Exposició a dioxines

Les vies d'exposició considerades han estat les següents:

- Ingesta de sòl contaminat
- Ingesta de vegetals conreats a l'àrea
- Inhalació de partícules resuspeses
- Inhalació de l'aire
- Absorció dèrmica

Malgrat que és per tots conegut que la principal via d'exposició de la població a les dioxines és per mitjà de la dieta, no s'ha considerat aquesta via d'exposició. El fet de no considerar aquesta via es deu al fet que el nostre objectiu era avaluar el risc de la població degut a les emissions de la planta en estudi. En aquesta àrea totalment industrial, les activitats agrícoles i ramaderes són menyspreables. Malgrat això, es va decidir considerar que un 10% dels vegetals ingerits en la dieta eren cultivats en l'àrea d'impacte de les emissions de la planta.

Com a primer pas s'avalua la contribució de cada via d'exposició a l'exposició total. A la Taula 16.1 es presenten els resultats de l'exposició deguda a les emissions de PCDD/Fs de la planta incineradora de Montcada i Reixac per a les diferents vies. Es pot observar que en l'exposició total, les vies amb més pes han estat la ingesta de vegetals de l'àrea i la inhalació d'aire. Per altra banda, l'exposició a sòl correspon a l'exposició deguda a la ingesta de sòl que ha estat exposat a les emissions de la planta, sense considerar els nivells de fons pre-existents en el sòl. Per aquest motiu, les vies que depenen del nivell de PCDD/Fs en el sòl: ingesta, inhalació de partícules resuspeses, i absorció dèrmica, presenten uns valors tan baixos.

Taula 16.1.- Exposició de la població per diferents vies a les *emissions* de PCDD/Fs (ng I-TEQ/d).

Exposició	ng I-TEQ/d
Ingestió de sòls contaminats	6.97E-07
Ingestió de vegetals de l'àrea	1.80E-04
Inhalació de partícules resuspeses	4.98E-08
Inhalació d'aire	1.38E-04
Absorció dèrmica	2.40E-11
<i>Exposició total</i>	<i>3.19E-4</i>

Caracterització del Risc

L'últim pas de l'avaluació del risc és la caracterització d'aquest. En aquest apartat, es presenten els resultats del risc cancerigen i el no- cancerigen de la població per a les emissions de la planta IRSU abans de la instal·lació de les millores ambientals.

Per a les substàncies cancerígenes, el risc cancerigen s'ha definit com la probabilitat de que un individu desenvolupi un càncer al llarg de la seva vida, com a resultat de l'exposició a una substància cancerígena. En aquest estudi, el risc cancerigen de la població a les emissions de PCDD/Fs de la planta és de 2.06 E-10. Aquest valor ens diu que existeix la probabilitat de que 2.06 persones d'entre 1E10 puguin desenvolupar un càncer a llarg de la seva vida. El risc cancerigen presentat en aquest estudi s'ha calculat afegint un factor corrector, ja que les potències cancerígenes estan calculades en base a una exposició continua durant 70 anys. Així, per a calcular el risc de la població corresponent a edats diferents cal fer un ajust per la duració de l'exposició (USEPA, 1990). En adults, considerem que l'exposició mitjana tindrà lloc durant 55 anys.

El risc no- cancerigen és el resultat de determinar si l'exposició de la població excedeix un valor d'exposició, el qual és una estimació baixa del NOAEL (No-Observed-Adverse-Effects-Level) d'un contaminant per a les diferents possibles vies d'exposició. El risc no- cancerigen s'expressa pel coeficient de perill (HQ). Si aquest coeficient és més gran que 1, ens indica que hi ha un risc potencial cap a la salut; és a dir, podem identificar els nivells d'exposició on es poden trobar efectes adversos. El resultat del risc no- cancerigen degut a les emissions de PCDD/Fs de la població resident a les rodalies de la planta de Montcada i Reixac és igual a 2.29E-3. Aquest valor significa que la població resident a les rodalies de la planta no es trobarà sota efectes adversos per les emissions de la incineradora de Montcada i Reixac, abans de que es fessin la instal·lació de les millores ambientals en la planta (Taula 16.2).

Taula 16.2.- Riscs cancerigen i no- cancerigen de la població deguts a les emissions de PCDD/Fs abans de les millores.

	RISC *
Risc cancerigen (ER)	2.06E-10
Risc no- cancerigen (HQ)	2.29E-03

* Valor obtingut a partir dels resultats de l'aplicació de models matemàtics

Anàlisi probabilístic: Monte Carlo

Encara que l'anàlisi de risc és un càlcul relativament senzill, les seves implicacions són complicades ja que els paràmetres utilitzats en el càlcul no poden ser considerats com valors fixes puntuals. Cada paràmetre pot ser considerat com un rang de valors, degut a que el seu valor real: 1) en molts casos és incert, 2) varia de persona a persona, o 3) ambdues coses, és incert i varia de persona a persona. Per una banda, l'incertesa de les variables pot ser descrita com una manca de coneixement. Malgrat això, com la falta de coneixement no significa una ignorància total, és possible caracteritzar la relativa probabilitat dels diferents valors d'una variable. Per altra banda, la variabilitat pot ser descrita com la diferència de valor d'una variable que pot tenir entre els diferents membres de la població. S'ha de tenir present que la incertesa pot ser reduïda, i en teoria eliminada, mitjançant un estudi exhaustiu de les variables. Tanmateix, la variabilitat no pot ser eliminada.

El mètode més eficient per tal de quantificar incerteses i variabilitats és assignant a cada paràmetre una distribució acumulativa de probabilitats o una funció de densitat de probabilitats. Per aquest motiu, al nostre anàlisi de risc vam aplicar el mètode de Monte Carlo, que ens ofereix la possibilitat de descriure la incertesa i variabilitat associada amb els paràmetres utilitzats en el càlcul del risc. Així, vam calcular el risc considerant la variabilitat natural entre membres d'una població i la incertesa de les variables, per manca de coneixement. A l'Annex H es troben totes les variables utilitzades en l'anàlisi de risc amb els seus valors i corresponents distribucions probabilistes que s'han fet servir en el càlcul. La determinació de les funcions probabilístiques assignades per a cada paràmetre ha depès de dades específiques, la gran majoria proporcionades per la literatura.

A continuació, es presenten els resultats de l'anàlisi probabilístic per a l'anàlisi de risc degut a les emissions de PCDD/Fs per la IRSU de Montcada i Reixac, abans de les millores medi ambientals a la planta. La Figura 16.1 mostra l'anàlisi de sensibilitat de l'exposició per a les diferents vies. Aquest diagrama dona informació de quina és la via d'exposició que contribueix més a la variància total de l'exposició. S'observa que la ingesta de vegetals contribueix amb un 93.3% a la variància total, i la inhalació amb un 6.7%. Les altres tres vies d'exposició inhalació de partícules resuspenses, ingesta de sòls i absorció dèrmica són de fet irrelevantes. Això mostra que la incertesa de l'exposició depèn majoritàriament de la incertesa que presenta l'exposició a través de la ingesta de vegetals. A la Taula 16.3 trobem la distribució probabilística de cada via d'exposició: mitjana, desviació estàndard i percentils 10th, 50th (tendència central de l'exposició), i 90th.

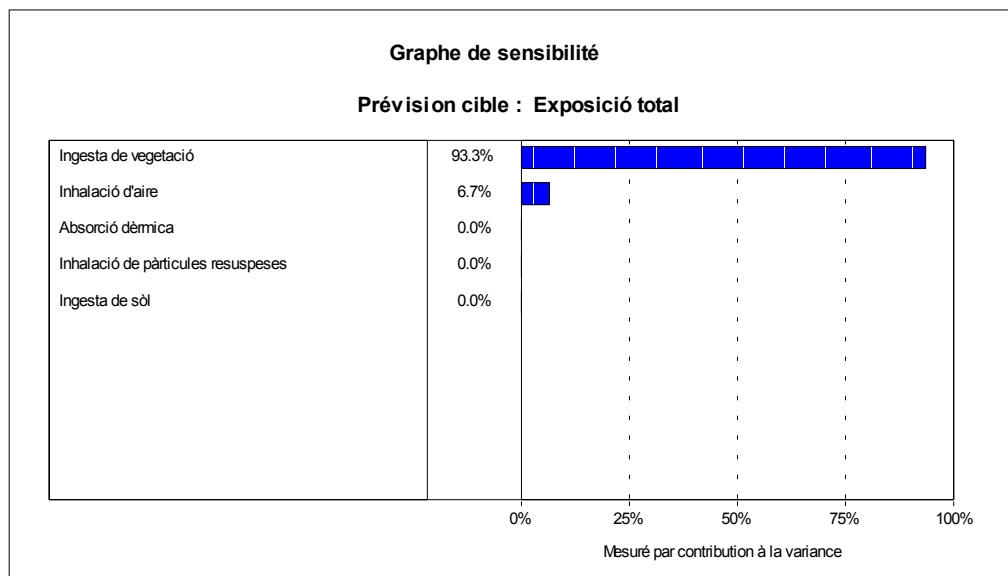


Figura 16.1.- Anàlisi de sensibilitat de l'exposició deguda a les emissions de PCDD/Fs per la planta Incineradora de Montcada i Reixac abans de les millores.

Taula 16.3.- Distribució probabilística de l'exposició a PCDD/Fs (ng I-TEQ/dia) per les diferents vies d'exposició directa abans de les millores.

	Mitjana	DE	Percentils		
			10th	50 th	90th
Ingesta de sòls contaminants	4.91E-6	1.24E-6	3.44E-6	4.77E-6	6.53E-6
Ingesta de vegetals de l'àrea	1.10E-4	7.23E-5	3.21E-5	9.58E-5	2.05E-4
Inhalació de partícules resuspeses	2.86E-6	4.05E-7	2.35E-6	2.84E-6	3.39E-6
Inhalació d'aire	1.24E-4	1.73E-5	1.02E-4	1.23E-4	1.47E-4
Absorció dèrmica	4.74E-9	3.48E-9	1.12E-9	3.89E-9	9.65E-9
Exposició total	2.42E-4	7.46E-5	1.61E-4	2.28E-4	3.40E-4

A les Figures 16.2 i 16.3 es presenta el diagrama de sensibilitat del risc per a totes les variables de càlcul per les que s'ha considerat una distribució probabilística en el càlcul del risc no- cancerigen i cancerigen, respectivament. S'observa que les variables que tenen una important contribució en la variància del risc no-cancerigen, també presenten un pes important en el risc cancerigen. D'aquesta manera, aquesta gràfica assenyala les variables a les que hem de prestar una atenció especial per tal de reduir la variància del risc. S'ha comentat que l'exposició amb més pes ha estat deguda a la ingesta de vegetals. Per tant, totes les variables que formen part del càlcul d'aquesta via d'exposició són les que tenen més pes en el risc cancerigen i no- cancerigen. Aquestes gràfiques ens mostren que la incertesa en el RfD i el potencial cancerigen són contribuyents molt importants en la variància total del risc. Per tant, la reducció de la incertesa en aquests valors implicaria una reducció quantitativa important en la variància del risc. Una atenció especial es

requereix en la determinació d'aquestes dues variables. A la Taula 16.4 es presenten les distribucions probabilístiques del risc cancerigen i no- cancerigen abans de la instal·lació del sistema de neteja de gasos.

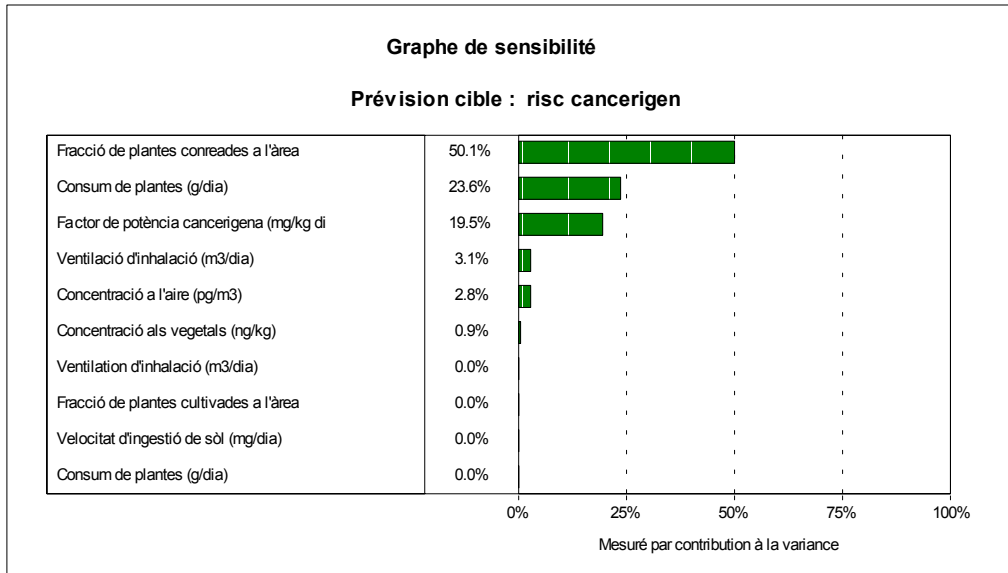


Figura 16.2.- Anàlisi de sensibilitat del risc cancerigen degut a les emissions de la planta Incineradora de Montcada i Reixac abans (1996) de les millores ambientals.

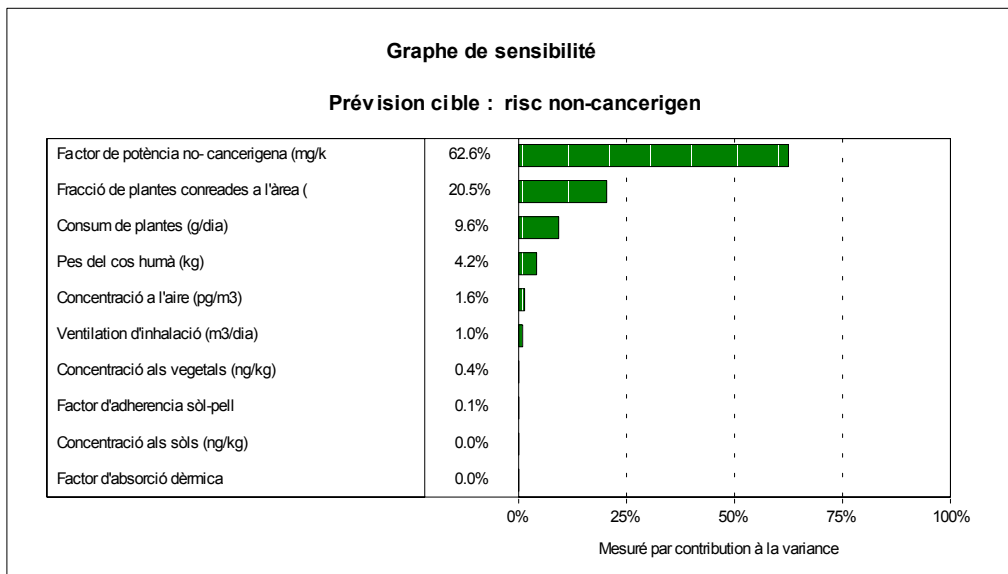


Figura 16.3.- Anàlisi de sensibilitat del risc no- cancerigen degut a les emissions de la planta Incineradora de Montcada i Reixac abans (1996) de les millores.

Taula 16.4.- Distribució probabilística del risc cancerigen i no- cancerigen degut a les emissions de PCDD/Fs abans de les millores.

	Mitjana	DE	Percentils		
			10th	50th	90th
Risc cancerigen	1.60E-10	5.78E-11	9.65E-11	1.49E-10	2.37E-10
Risc no- cancerigen	1.37E-3	8.67E-4	7.87E-4	1.37E-3	2.85E-3

Segons els resultat d'aquest apartat, podem arribar a la conclusió que un anàlisi probabilístic en el qual la variabilitat inter-individual i la incertesa és considerada, pot facilitar la presa de decisions sobre les diferents fonts i les seves implicacions en aquest context, ja que ens dóna informació de la via o variable que contribueix més a la variància final. Un increment en l'esforç ha d'anar dirigit a la reducció d'incerteses en la RfD i en el factor de potència cancerigen, per d'aquesta manera reduir la incertesa del risc.

16.1.2.- Risc cancerigen i no- cancerigen abans i després de les millores ambientals de la planta.

A continuació, es presenta una comparació del risc degut a les emissions de PCDD/Fs per la planta incineradora de Montcada i Reixac, abans i després de les millores ambientals de la planta (Taula 16.5). D'aquesta manera es vol avaluar el benefici que les millores ambientals de la planta tenen sobre el risc calculat per la població. Per al seu càlcul, s'han utilitzat els resultats obtinguts a partir de l'aplicació del model matemàtic muti-compartmental aire-sòl-vegetal, explicat anteriorment.

El risc sobre la població degut a les emissions de la planta incineradora una vegada instal·lat el nou sistema de neteja de gasos presenta una reducció de 2.06E-10 a 1.04E-11 per al risc cancerigen, i de 2.29E-03 a 1.14E-04 per al risc no- cancerigen. Això implica una reducció al voltant de 95% en tots dos casos.

Taula 16.5.- Risc cancerigen i no- cancerigen sobre la població abans i després de la instal·lació del sistema de neteja de gasos.

	abans	després	reducció %
Risc cancerigen	2.06E-10	1.04E-11	95
Risc no- cancerigen	2.29E-03	1.15E-04	95

Aquests resultats mostren en termes generals que el risc sobre la salut decreix considerablement (95%) després de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos. Cal considerar que les emissions de la font han presentat una descens des de 111.99 ng I-TEQ/Nm³ a 0.008 ng I-TEQ/Nm³. Per tant, la reducció en el risc degut a

les emissions està en total concordança amb la davallada en els nivells d'emissió de dioxines i furans.

16.1.3.- Comparació del risc degut a les emissions de PCDD/Fs amb el risc degut als nivells ambientals de l'àrea

En aquest apartat, es presenten els resultats del risc cancerigen i no- cancerigen degut als nivells ambientals (risc mesurat). Primer s'avalua l'evolució del risc mesurat, i després es compara amb el degut a les emissions per xemeneia (risc calculat) a partir del model multi-compartamental sòl-aire-vegetal.

El risc per la població degut als nivells ambientals de PCDD/Fs ha estat avaluat per a 1996 i 2000, ja que no es disposava de valors dels nivells de PCDD/Fs en aire per a la resta d'anys. Els nivells ambientals en sòls i vegetals utilitzats en els càlculs han estat les mitjanes de les monitoritzacions realitzades a les rodalies de la planta incineradora de Montcada i Reixac durant 1996 i 2000.

El risc cancerigen per PCDD/Fs mesurat per la població degut als nivells ambientals al 1996 és de $1.52E-8$, i al 2000 és de $5.84E-9$, presentant una reducció del 62% (Taula 16.6). Això indica que al 1996 existia la probabilitat de que 1.52 persones desenvolupessin un càncer d'entre 100 milions. Per al risc no- cancerigen (Taula 16.6) mesurat degut als nivells ambientals observem una reducció del 62% ($1.69E-1$ a $6.49E-2$). En ambdós casos ens trobem per sota d'un risc potencial per a la salut degut als nivells ambientals de PCDD/Fs.

Taula 16.6.- Risc cancerigen i no- cancerigen sobre la població degut als nivells ambientals després de la instal·lació dels sistema de neteja de gasos.

	1996	2000	reducció %
Risc cancerigen	1.52E-08	5.84E-09	62
Risc no- cancerigen	1.69E-01	6.49E-02	62

La contribució del risc calculat a partir dels models matemàtics al risc mesurat sobre la població, és d'1.55% abans de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos i un 0.70% després. Aquesta mínima contribució del risc calculat al risc mesurat indica que altres fonts emissores de PCDD/Fs tenen també un impacte medi ambiental notable en la mateixa àrea d'influència de la planta incineradora de Montcada i Reixac. Així doncs, podem concloure que la planta incineradora de Montcada i Reixac no és ni la única font, ni la més important, responsable de les

emissions de PCDD/F a l'àrea d'influència directa d'aquesta planta incineradora (Figura 16.4-16.5).

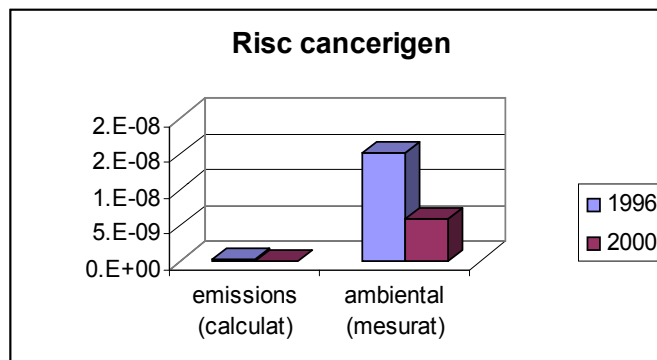


Figura 16.4.- Risc cancerigen degut a les emissions (calculat) i als nivells ambientals (mesurat).

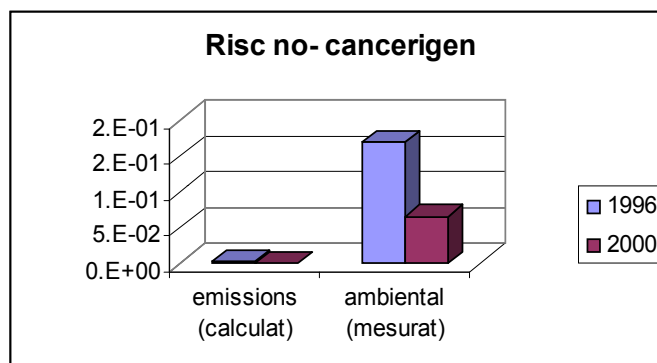


Figura 16.5.- Risc no-cancerigen degut a les emissions (calculat) i als nivells ambientals (mesurat).

Com a resum, podem dir que el risc sobre la salut associat a les emissions de PCDD/Fs per la planta incineradora de Montcada i Reixac és mínim en comparació amb el risc degut als nivells ambientals presents en l'àrea d'estudi. Els resultats són semblats als descrits per altres investigadors (Travis i Hattmer-Frey 1989 a, b; Levin *et al.*, 1991; Nouwen *et al.*, 2001), que indiquen que incineradores de residus modernes o incineradores equipades amb tecnologies d'emissions modernes, amb les seves emissions per sota de 0.1 ng I-TEQ/Nm³, no són la principal responsable del risc sobre la salut de la població que resideix a les rodalies d'aquesta mena d'instal·lacions.