DIRECTRICES SOBRE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES Y ORIENTACIÓN PROVISIONAL SOBRE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES

conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes

Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso

PNUMA

Esta publicación puede ser reproducida toda o parcialmente, sin autorización especial, para fines educativos no lucrativos, siempre que se acredite la fuente. La Secretaría del Convenio de Estocolmo agradecerán se les haga llegar un ejemplar de cualquier publicación que tenga como fuente esta publicación. No se autoriza el uso de esta publicación para reventa o cualquier otro fin comercial sin permiso previo por escrito del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Publicado por la Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes en octubre de 2008.
Para mayor información sírvase escribir a:

Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Maison internationale de l'environnement
11-13 chemin des Anémones
CH-1219, Châtelaine, Ginebra, Suiza
ssc@pops.int - www.pops.int

Esta publicación ha sido diseñada e impresa por: SRO-Kundig - Ginebra

DIRECTRICES SOBRE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES Y ORIENTACIÓN PROVISIONAL SOBRE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES

conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes

MAYO DE 2007, GINEBRA, SUIZA

Índice

Sección I: Introducción

I.A Objetivo

I.B Estructura del documento y forma de utilizar las directrices y la orientación

I.C Sustancias químicas que figuran en el Anexo C: Definición, riesgos, toxicidad

I.D Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo

I.E Relación con el Convenio de Basilea

I.F Relación con otras preocupaciones ambientales

Sección II: Consideración de alternativas en la aplicación de mejores técnicas disponibles

II.A Consideración de alternativas en el Convenio de Estocolmo

II.B El Convenio de Estocolmo y las nuevas fuentes

II.C Una forma de considerar alternativas

II.D Otras consideraciones del Convenio de Estocolmo

Sección III: Mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales: orientación, principios y consideraciones transectoriales

III.A Orientación

III.B Principios y planteamientos generales

III.C Consideraciones transectoriales:

(i) Sustancias químicas que figuran en el Anexo C: Mecanismos de formación

(ii) Consideraciones sobre la gestión de desechos

(iii) Co-beneficios de la aplicación de mejores técnicas disponibles a las sustancias del Anexo C

(iv) Gestión de gases de combustión y otros residuos

(v) Capacitación de los responsables de la toma de decisiones y el personal técnico

(vi) Pruebas de laboratorio, monitoreo y registro

Sección IV: Resúmenes de las categorías de fuentes que figuran en las secciones V y VI

Resúmenes de la sección V: categorías de fuentes incluidas en la parte II del Anexo C

Resúmenes de la sección VI: categorías de fuentes incluidas en la parte III del Anexo C

Sección V: Orientación/directrices por categorías de fuentes: Categorías de fuentes de la Parte II del Anexo C

V.A Incineradoras de desechos

(i) Desechos sólidos urbanos, desechos peligrosos y lodos de alcantarillado

(ii) Desechos médicos

V.B Hornos de cemento que incineran desechos peligrosos

V.C Producción de pasta de papel utilizando cloro elemental o productos químicos que producen cloro elemental

V.D Procesos térmicos en la industria metalúrgica

(i) Producción secundaria de cobre

(ii) Plantas de sinterización en la industria del hierro y el acero

(iii) Producción secundaria de aluminio

(iv) Producción secundaria de zinc

Sección VI: Orientación/directrices por categorías de fuentes: Categorías de fuentes de la Parte III del Anexo C

VI.A Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos

VI.B Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en el Anexo C, Parte II

(i) Producción secundaria de plomo

(ii) Producción primaria de aluminio

(iii) Producción de magnesio

(iv) Producción secundaria de acero

(v) Fundición primaria de metales comunes

VI.C	Fuentes de combustión doméstica
VI.D	Combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas y calderas industriales
VI.E	Instalaciones de combustión de madera u otros combustibles de biomasa
VI.F	Procesos de producción de productos químicos determinados que liberan sustancias químicas que figuran en el Anexo C
VI.G	Crematorios
VI.H	Vehículos de motor, en particular los que utilizan gasolina con plomo como combustible
VI.I	Destrucción de carcasas de animales
VI.J	Teñido (con cloranil) y terminado (con extracción alcalina) de textiles y cueros
VI.K	Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso
VI.L	Recuperación del cobre de cables por combustión lenta
VI.M	Refinerías de aceites de desecho

Sección VI.K

Orientación/directrices por categorías de fuentes: Categorías de fuentes de la Parte III del Anexo C

Categoría de fuentes (k) de la Parte III: Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos uera de uso

VI.K Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso 9

1. Preámbulo 10
2. Descripción del proceso 10
3. Composición de desechos de la fragmentación 11
4. Concentraciones de emisiones de plantas de fragmentación 13
5. Medidas recomendadas 14
6. Condiciones técnicas mínimas para el tratamiento 15
7. Medidas primarias 15
8. Medidas secundarias 16

Referencias 16

Otras fuentes 16

Tablas

Tabla 1. Material orgánico en residuos de fragmentación, que en la referencia original se definen como "fracciones combustibles" y "fracciones de desecho" 12

Tabla 2. Emisiones de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos en plantas de fragmentación alemanas 13

Tabla 3. Datos medidos de las concentraciones de emisiones originadas en plantas de fragmentación 14

Figuras

Figura 1. Esquema general del proceso de fragmentación 10

Figura 2. Composición de desechos de fragmentación 11

VI.K Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso

Resumen

En el Anexo C del Convenio de Estocolmo las plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso figuran como fuente con potencial para formar y liberar las sustancias nombradas en el mismo Anexo. Las fragmentadoras son grandes máquinas compuestas por uno o más yunques o barras rompedoras y revestidas con placas de desgaste de acero aleado. Un motor eléctrico mueve el rotor con los martillos de acero aleado cuyo movimiento es de cabeceo libre. En la parte inferior de la fragmentadora hay una bandeja vibratoria que recibe el material triturado que se descarga a través de las parrillas. Según el procedimiento, se produce un flujo de metal ferroso, relativamente limpio y compuesto de trozos de acero pequeños (50 mm) y una "borra" que contiene fragmentos de metales no ferrosos y de otros materiales que ingresaron a la trituradora (conocida también como fragmentadora).

Hay muy pocos datos de mediciones de emisiones de chimenea en plantas de fragmentación; sin embargo, los resultados de algunos estudios arrojan niveles de compuestos de dioxinas de más de 0.1 ng EQT-I/m^3. Por el momento no hay pruebas suficientes de que durante la fragmentación (mecánica) de vehículos, equipos eléctricos domésticos u otros aparatos eléctricos se produzca nueva formación de dibenzoparadioxinas (PCDD) policloradas, dibenzofuranos policlorados (PCDF) o bifenilos policlorados (PCB). La información existente indica que los PCDD/PCDF y PCB liberados por las plantas de fragmentación son un producto industrial, intencional, que ha ingresado con los aceites, fluidos dieléctricos y otros materiales contenidos en estos vehículos o bienes de consumo, y que este proceso mecánico se limita a liberar.

En todo caso, en las plantas de fragmentación se deben aplicar medidas para evitar incendios accidentales (que podrían provocar la formación de sustancias del Anexo C). La borra de la fragmentación está compuesta de películas de plástico inflamable y polvo fibroso, lo que obliga a una cuidadosa operación de la planta para evitar incendios accidentales. Normalmente se instalan sistemas para eliminación de polvo (por ejemplo, fragmentación en húmedo) o para recolección de polvo (por ejemplo, ciclones, lavadores Venturi o cámaras de filtros) en plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso. Estos sistemas ayudan a reducir la emisión potencial de contaminantes orgánicos persistentes. Para aumentar el control de las emisiones de polvo, los residuos secos finos se deberían almacenar de forma que su dispersión sea mínima. Otras fuentes de precursores de dioxinas que pueden provocar la formación de PCDD/PCDF cuando son quemadas son los condensadores que contienen PCB, aceites de desecho o textiles contaminados con PCB o clorobenceno y polímeros que contienen pirorretardantes bromados (formación de dibenzoparadioxinas polibromadas (PBDD) y dibenzofuranos polibromados (PBDF) como contaminantes).

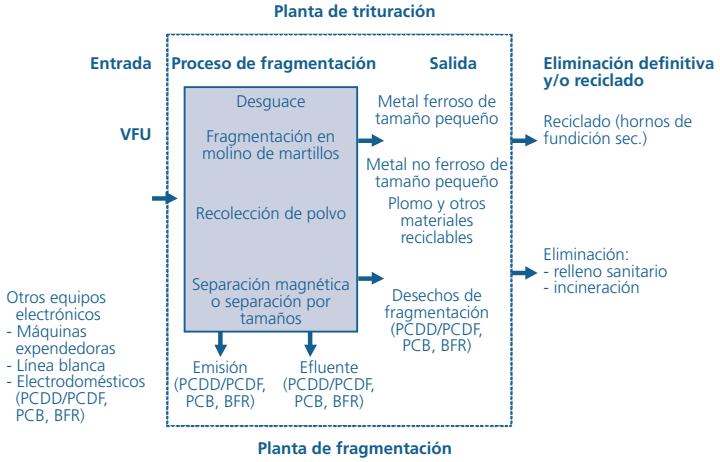
1. Preámbulo

En el Anexo C del Convenio de Estocolmo las plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso figuran como fuente que tiene potencial para formar y liberar involuntariamente contaminantes orgánicos persistentes. Sin embargo, por ahora no hay pruebas suficientes de que en este proceso mecánico se produzca nueva formación de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos o bifenilos policlorados. Los datos disponibles indican que las dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos y bifenilos policlorados liberados por las plantas de fragmentación provienen de la producción industrial, intencional, de bifenilos policlorados, y que han ingresado en éstas como parte de aceites y fluidos dieléctricos, etc. que se encuentran en vehículos o, más probablemente, en bienes de consumo. Las fragmentadoras no hacen sino liberar estas sustancias.

2. Descripción del proceso

Los vehículos fuera de uso son procesados en fragmentadoras. El proceso consiste en triturarlos junto con otros productos metálicos fuera de uso (bicicletas, muebles de oficina, máquinas expendedoras y equipos llamados de línea blanca, como los electrodomésticos). En la planta, un molino de martillos de alto rendimiento produce piezas dimensionadas de chatarra ferrosa de gran pureza química y física. Esta chatarra ferrosa es apreciada por los fabricantes de acero y otros productores de metales secundarios. La Figura 1 muestra un esquema general del proceso.

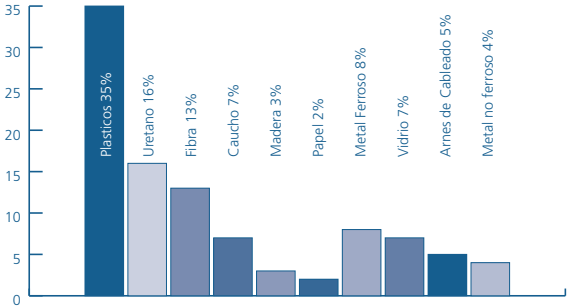
Figura 1 Esquema general del proceso de fragmentación



Muchas partes de vehículos y aparatos eléctricos son de materiales no ferrosos, como cobre, aluminio y zinc. En el proceso de fragmentación se extrae la fracción ferrosa de otros materiales mediante separación magnética. Los metales no ferrosos, como cobre y aluminio, generalmente se separan en una fase posterior. El remanente es el

denominado desecho de trituración y se estima equivale al 25% - 35% del peso del vehículo fuera de uso (Environment Australia, Department of the Environment and Heritage, 2002). El desecho de fragmentación está compuesto de vidrio, fibra, caucho, líquidos de automóvil, plásticos y suciedad. La Figura 2 ilustra la composición de los desechos de la fragmentación.

Figura 2 Composición de desechos de fragmentación



Fuente: Environment Australia, Department of the Environment and Heritage (2002)

3. Composición de desechos de la fragmentación

La composición de la borra de fragmentación variará mucho según la partida de material y la planta, por las diferencias en las mezclas de materias primas procesadas y en los niveles de procesamiento previo e inspección aplicados por los operadores de la planta. Cabe señalar que es probable que la borra difiera bastante de una planta a otra por las distintas reglamentaciones existentes en materia de permisos y por las variaciones que éstas experimentan con el tiempo

Una investigación sueca (Börjeson, L; Löfvenius, G.; Hjelt, M; Johansson, S.; Marklund, S., 2000) muestra que los niveles de PCDD/PCDF por gramo en las muestras secas de borra de fragmentación son bajos en todas las fracciones (Tabla 1), lo que confirma la expectativa de que los niveles de dioxinas y furanos generalmente deberían ser muy bajos, porque las dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos no se usan ni se producen deliberadamente para ningún producto o sustancia técnicos.

Sin embargo, a diferencia de los niveles de dibenzoparadioxinas y de dibenzofuranos, los niveles de bifenilos policlorados fueron altos, especialmente en fracciones provenientes de desechos industriales o de línea blanca. Los bifenilos policlorados que se encuentran en los productos de línea blanca constituyen la presencia más alta de bifenilos policlorados en el proceso de fragmentación; pero no son resultado de formación involuntaria durante este proceso. Por lo tanto, antes de proceder a la fragmentación, es recomendable conocer e identificar qué partes de un aparato eléctrico pueden tener estos componentes y procurar desmontarlas.

Tabla 1 Material orgánico en residuos de fragmentación, que en la referencia original se definen como "fracciones combustibles" y "fracciones de desecho"

Orgánicos	PCDD/PCDF EQT-I ng g^{-1} Fracción combustible	PCDD/PCDF EQT-I ng g^{-1} Fracción de desecho	PCB ug g^{-1} Fracción combustible	PCB ug g^{-1} Fracción de desecho	PCBz ug g^{-1} Fracción combustible	PCBz ug g^{-1} Fracción de desecho
P1 desguace parcial	<0.6	–	6.7	–	2.2	–
P1 desguace completo	<0.20	–	6.1	–	0.4	–
P1 autos varios	<0.03	0.04	1.1	41	0.7	0.4
P1 desechos mixtos	<0.2	0.03	12	77	0.8	0.3
P1 línea blanca	<0.15	0.04	34	114	0.9	0.4
P1 desechos industriales	<0.3	0.04	24	62	0.3	0.2
P2 desguace parcial	<0.2	–	2.1	–	1.9	–
P2 desguace parcial	<0.11	–	0.5	–	1.5	–
P2 desguace completo	<0.6	–	0.6	–	0.4	–
P2 autos varios	<0.3	0.06	1.5	14	1.5	0.3
P2 desechos mixtos	<0.2	0.15	39	217	1.9	0.4
P2 línea blanca	<0.16	0.11	102	254	0.7	0.5
P2 desechos industriales	<0.12	0.14	25	295	0.4	0.15

Fuente: Börjeson, L.; Löfvenius, G.; Hjelt, M.;Johanssin, S; Marklund, S. 2000

Algunos estudios han confirmado que los residuos de la fragmentación de vehículos fuera de uso contienen PCB en un rango de ppm (=mg/kg) (Urano *et al.* 1999, Sakai *et al.* 1998, 2000). No se detectó contaminación con dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos en aceite de motor de vehículos fuera de uso. Tomando en cuenta los perfiles de los congéneres, cabe considerar que estos resultados se deben a que en los procesos de reciclaje y tratamiento de desechos se mezclan materiales de fabricación antigua que contienen bifenilos policlorados. Aunque en estos estudios no se analizaron las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes de las plantas de fragmentación, se deberían tomar en cuenta las emisiones potenciales de estos contaminantes en el gas de escape, en vista de los niveles de PCB en el rango de ppm (=mg/kg) en residuos de automóviles fragmentados. Esta liberación de bifenilo policlorado proviene de la mezcla de bifenilo policlorado comercial que se usa en automóviles. Estos PCB no son contaminantes orgánicos persistentes generados de forma involuntaria y por lo tanto, en un sentido estricto, no son materia del inventario de liberaciones de bifenilos policlorados previsto en el Artículo 5 del Convenio de Estocolmo. Sin embargo, al no haber manera de distinguir entre bifenilos policlorados intencionales y no intencionales en desechos y emisiones de fragmentación, se deberían aplicar mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales con el fin de minimizar o eliminar la liberación de cualquier tipo de bifenilo policlorado en el proceso de fragmentación.

Los desechos de la fragmentación contienen cantidades importantes de cobre y cloro que al ser quemados favorecen la formación de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos y otros contaminantes orgánicos persistentes liberados involuntariamente.

4. Concentraciones de emisiones de plantas de fragmentación

Según un informe sobre un inventario de dioxinas europeo se cuenta con datos medidos de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos emitidos por unas pocas plantas de fragmentación. Generalmente, se detectaron concentraciones muy bajas (<0.01 ng EQT-l/m^3) en una planta de Sanchsen-Anhalt (Alemania). Los datos se resumen en la tabla 2, donde se muestran las emisiones y los factores de emisión al aire.

Tabla 2. Emisiones de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos en plantas de fragmentación alemanas

	Mínimo	Máximo	Medida geométrica	Medida aritmética
Concentración de emisiones (ng EQT-l/m3)	0.002	0.430	0.056	0.140
Factor de emisión (mg EQT-l/t)	0.059	0.667	0.236	0.303

Fuente: LUA 1997

Otra investigación, realizada en Bélgica (François, F., Blondeel, M, Bernaert, P., Baert, R, 2004), consideró las fuentes específicas potenciales de liberaciones involuntarias de PCB y PCDD/PCDF de una planta de fragmentación donde se convierten vehículos fuera de uso y equipos electrónicos y eléctricos en diversas fracciones reutilizables. En la tabla 3 se presentan de forma general varias mediciones de emisiones de chimenea de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos y bifenilos policlorados liberados involuntariamente. Las plantas cuentan al menos con un sistema de filtro de ciclón para desempolvar los gases de escape. Los coeficientes de flujo típicos de gases de escape son de 75,000 Nm^3/h. Todas las concentraciones de dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos, salvo una, fueron de menos de 0.1 ng EQT/Nm^3.

Tabla 3. Datos medidos de las concentraciones de emisiones originadas en plantas de fragmentación

Mediciones de emisiones	PCDD/PCDF ng EQT/Nm^3	PCB tipo dioxina (total 12) ng EQT/Nm^3
Planta 1	0.0098	0.048
	0.012	0.41
	0.0048	0.073
	0.0004	0.025
Planta 2	0.077	0.74
	0.043	1.06
	0.022	0.30
Planta 3	0.0088	0.171
	0.37	0.34
	0.025	0.73

Fuente: François, F., Blondeel, M., Bernaert, P., Baert, R. 2004

Algunos precursores de dioxinas que al quemarse pueden formar dibenzoparadioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF) son los bifenilos policlorados presentes en condensadores, los bifenilos policlorados o clorobenceno que contaminan aceites de desecho o telas, y los pirorretardantes bromados contenidos en los polímeros (formación de dibenzoparadioxinas polibromadas (PBDD) y dibenzofuranos polibromados (PBDF) como contaminantes).

5. Medidas recomendadas

Una mejor práctica ambiental importante es la que consiste en reforzar el sentido de responsabilidad de los operadores de las fragmentadoras. Se debería hacer un análisis para identificar los componentes y fluidos peligrosos del material entrante y prever las instalaciones para eliminarlos antes de la fragmentación.

Es crucial controlar la chatarra tratada, especialmente la que es producto de aparatos eléctricos, transformadores y condensadores, que debe ser identificada, desmantelada y eliminada por separado con el fin de evitar el ingreso de bifenilos policlorados a la planta. El control también es una medida para reducir la contaminación de residuos de fragmentación con bifenilos policlorados.

No obstante, los residuos de fragmentación siempre están contaminados y sólo se deben eliminar en una planta de incineración especial.

Al desmantelar y reciclar piezas de plástico de gran tamaño, por ejemplo, parachoques, se puede reducir mucho el remanente plástico de los vehículos fuera de uso y de los desechos producidos con la fragmentación.

Con un tratamiento complementario de los desechos de fragmentación, por ejemplo, mediante separación de corrientes de Foucault, se puede recuperar una proporción importante de metales presentes en los desechos, como cobre y aluminio.

Para obtener una mayor proporción de fracciones reciclables se debería fomentar el uso de materiales reciclables y de partes fácilmente desmontables desde la etapa de concepción de los productos, lo que es recomendable no sólo para vehículos.

6. Condiciones técnicas mínimas para el tratamiento

En la construcción de las instalaciones se debe prevenir la contaminación del suelo, agua y aire. Por ello es preciso contar con instalaciones de almacenamiento apropiadas, superficies impermeables provistas de colectores de derrames, decantadores y limpiadores-desengrasantes; asimismo, debe haber equipos para el tratamiento de tanques de almacenamiento de agua, en particular de agua de lluvia. Además, es preciso disponer de almacenamiento para las piezas de desguace, en especial almacenamiento impermeable para piezas contaminadas con aceites, contenedores especiales para baterías (con neutralización de electrolitos *in situ* o en otro lugar), filtros y condensadores que contengan PCB/PCT, y tanques especiales para los fluidos.

7. Medidas primarias

Por lo general, antes de la fragmentación se deberían extraer los fluidos (líquido de frenos, petróleo, líquido de dirección, aceite de motor, refrigerantes y líquido de transmisión). Esta medida se recomienda especialmente para la eliminación de los PCB, que deben identificarse y extraerse de todos los artefactos para fragmentación. Se debe prestar especial atención a transformadores y condensadores. Algunas medidas son las siguientes:

- Extracción de baterías y tanques de gas licuado.
- Extracción o neutralización de componentes potencialmente explosivos (p. ej., bolsas de aire).
- Extracción y recolección y almacenamiento por separado de combustible, aceite de motor y aceite de otros componentes.
- Extracción de catalizadores.
- Extracción de neumáticos y componentes de plástico de gran tamaño (parachoques, tablero de conducción, recipientes de fluidos, etc.) si en el proceso de fragmentación estos materiales no se han separado de forma que puedan reciclarse efectivamente como materiales.

8. Medidas secundarias

Algunas medidas para evitar liberaciones de contaminantes orgánicos persistentes en las plantas de fragmentación son las siguientes:

Tratamiento avanzado de gases de escape (con cámaras de filtros y filtros de carbón activado para eliminar tanto emisiones gaseosas como particuladas).

Eliminación apropiada de desechos de fragmentación residuales y líquidos que contienen mezclas de materiales orgánicos, metales pesados como el cobre y, en muchos casos, bifenilos policlorados y otras sustancias cloradas. El tratamiento deficiente de estos desechos puede provocar emisiones involuntarias de contaminantes orgánicos persistentes, lo que sucede especialmente en la quema a cielo abierto. Los desechos nunca se deberían quemar a cielo abierto o en instalaciones no aptas para ello.

La incineración en instalaciones que cumplan los requisitos de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales es la forma apropiada de tratar los desechos de fragmentación. A falta de estas instalaciones, la forma de eliminación más recomendable es el relleno sanitario.

Referencias

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, United Nations Environment Programme. Geneva.

Börjeson, L.; Löfvenius, G.; Hjelt, M.; Johansson, S.; Marklund, S. 2000. "*Characterization of automotive shredder residues from two shredding facilities with different refining processes in Sweden"*, Waste Manage Res. (2000) 18 p.358±366

European Commission. 2000. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. Official Journal of the European Communities, L 269/34-269/42 EN, 21.10.2000

Environment Australia, Department of the Environment and Heritage. 2002. "Environmental Impact of End-of-Life Vehicles: An Information Paper"

François F., M. Blondeel, P. Bernaert, and R. Baert. 2004. Diffuse Emissions of PCDD/F and Dioxin-like PCB from Industrial Sources in the Flemish Region. Organohalogen Compd. 66, 906-912

Fahrni, H.-P., 2005. Präsentation - Seminar der Abteilung Abfall "Situation RESH" 2005, BUWAL, Switzerland,

Fiedler, H.; Sakai, S. 2004. Shredder Plants for Treatment of end-of-life-vehicles. Information document prepared for the third Session of the Expert Group on BAT/BEP. www.pops.int

LUA. 1997. Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins und furans in Europe. Materialien No. 43. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Germany

Sakai S., S. Urano, and H. Takatsuki. 2000. Leaching behavior of PCB and PCDDs/DFs from some waste materials. Waste Management 20, 241-247

Sakai S., S. Urano, and H. Takatsuki. 1998. Leaching Behavior of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Shredder Residues. Chemosphere 37, 2047-2054

Towa Kagaku Co. 2001. Research report on current status of recycling plaza

Urano S., S. Sakai, and H. Takatsuki. 1999. *PCB in Automobile Shredder Residue and its origin*. 8th Symposium on Environmental Chemistry Program and Abstracts, pp 50-51 (in Japanese)

Otras fuentes

Nourreddine, M. 2006. *"Recycling of auto shredder residue"* Journal of Hazardous Materials-5423.

http://www.pops.int
UNEP/SSC/BATBEP/2008/16