

## 3rd SFRP/IRPA workshop: Tolerability and Reasonableness

### Management of phosphogypsum in ponds (example of Huelva City)

### Management of residues from coal-fired power plants in Spain

Juan Carlos Mora  
[Jc.mora@ciemat.es](mailto:Jc.mora@ciemat.es)



# Tolerability in a NORM situation

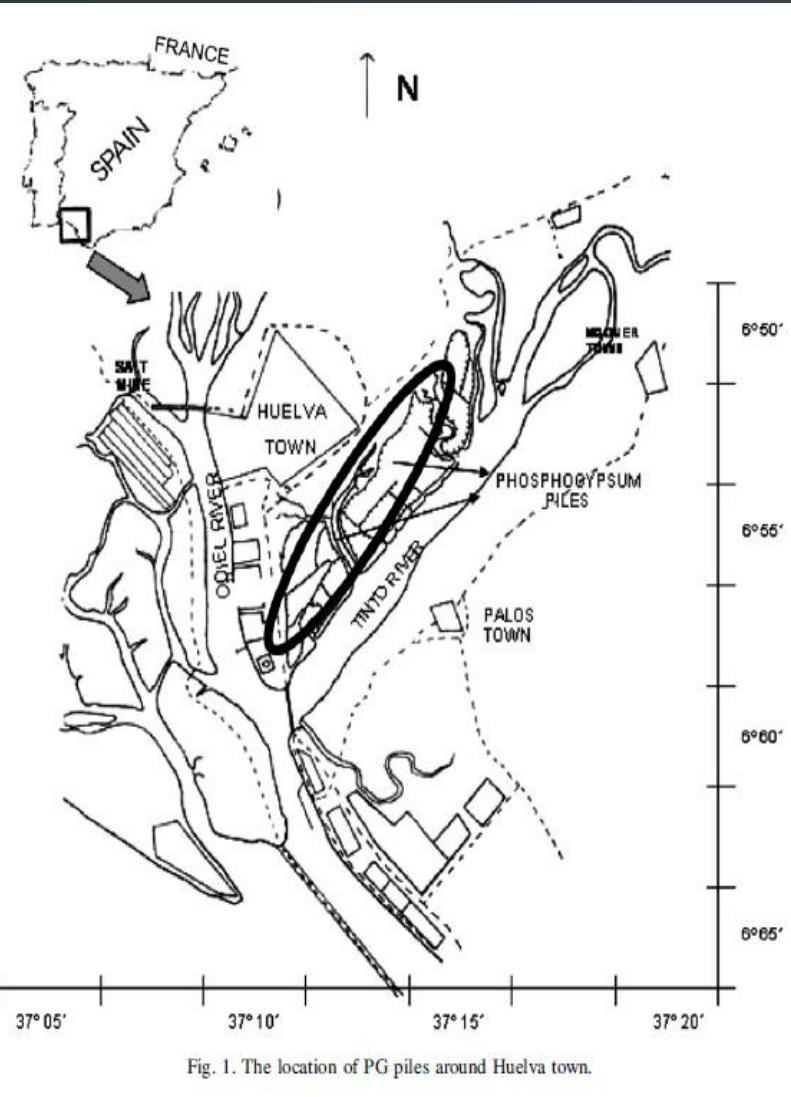
- For RP experts → 1 – 20 mSv / a.
- For the workers → Whatever is negotiated and written in the law.
- For the public → Other interests are often involved, but, as low as possible.



# **Management of phosphogypsum in ponds (example of Huelva City)**



# Fertilizers Production (Fertiberia)



- Phosphate rock from the north of Africa.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> process.
- Commissioned in 1968.
- 1968-1997
  - 20% released to the river.
  - 80% accumulated into ponds.

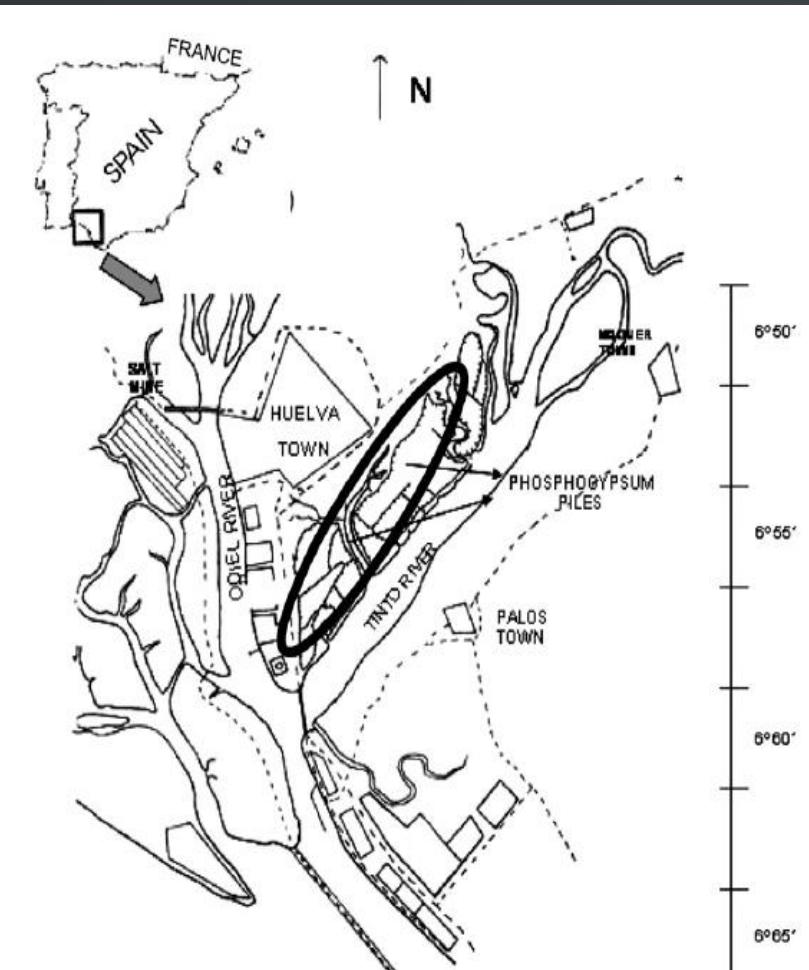


C. Dueñas et. al.

Exhalation of 222Rn from phosphogypsum piles located at the Southwest of Spain

JER 95 (2007) pp 63-74

# Fertilizers Production (Fertiberia)



Fig

- Total area of the ponds: 120 000 000 m<sup>2</sup>
- Mass of residues: 80 000 000 000 kg
- Avg conc raw material: U<sub>238</sub> (sec. eq.) ~ 1.5 Bq g<sup>-1</sup>
- Avg conc residues:

Fig	$^{234}\text{U}$ (Bq/Kg)	$^{238}\text{U}$ (Bq/Kg)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{210}\text{Po}$ (Bq/Kg)	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/Kg)
	$\approx 170 \pm 110$	$170 \pm 110$	$0,97 \pm 0,03$	$660 \pm 110$	$720 \pm 200$





# Scenarios

1. Dilution in the environment.
2. Ponds not remediated.
3. Remediation using a clean soil cover.
4. Transportation of the residues to another landfill.
5. Recycling of the residues.



# Answers

- By RP experts:

The remediation with a 1m depth clean soil and revegetation will assure that effective committed doses for present and future generations are well below the dose limits.

Number 3 was the solution adopted by the experts+regulators+politicians, funded by the Company and almost totally applied.



# Answers

- By RP experts:



Chemosphere

Volume 230, September 2019, Pages 219-229



Pollution evaluation on the salt-marshes under the phosphogypsum stacks of Huelva due to deep leachates

José Luis Guerrero <sup>a</sup>✉, Isidoro Gutiérrez-Álvarez <sup>a</sup>, Fernando Mosc  
Tenorio <sup>c</sup>, Juan Pedro Bolívar <sup>a</sup>

## El peligro de la filtración a la Ría de Huelva

Juan Pedro Bolívar experto en radioactividad insiste que no hay peligro para la población salvo que se produzcan filtraciones a la Ría solo así podría llegar a afectar al ser humano



**Estudio y evaluación del impacto radiológico producido por las actividades de diversas industrias no nucleares del sur de España**  
**Industrias de ácido fosfórico**

**CSN**

Collección Informes Técnicos 29.2011

ARTÍCULOS TÉCNICOS

## Evaluación radiológica del apilamiento de fosfoyesos de las marismas del río Tinto (Huelva)

El complejo químico de Huelva alberga el mayor conjunto de producción de ácido fosfórico de Europa. La producción de este material, del que se derivan fertilizantes y otros productos de amplio uso, deja como residuo unos compuestos denominados fosfoyesos, que contienen radioactividad de origen natural, de los cuales se han acumulado ya más de 80 millones de toneladas desde el inicio de la actividad, en 1968.

Para conocer el posible impacto que los apllamientos de estos fosfoyesos podrían estar produciendo sobre los trabajadores, el público y el medio ambiente, el CSN encargó al Ciemat estos estudios sobre la situación radiológica de las balas que los contienen, y que ocupan unas 1.200 hectáreas, que fueron realizados en 1989 y 1998.

A partir de los resultados de estos estudios, investigadores de las universidades de Huelva y Sevilla, han llevado a cabo un proyecto de I+D (2004-2007), financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear, en el marco de su plan de acción sobre el control de la exposición debida a la radiación natural. El objetivo fundamental ha sido realizar una evaluación del posible incremento de la exposición recibida por los trabajadores y el público en relación con la producción de ácido fosfórico en las plantas onubenses y la gestión de los fosfoyesos almacenados en sus alrededores.

Desde hace aproximadamente 40 años, en las proximidades de la ciudad de Huelva y más concretamente en los márgenes de la ría formada en la confluencia de las desembocaduras de los ríos Tinto y Odiel, se localiza un gran complejo de industria química básica que incluye, entre otras, diversas plantas dedicadas a la producción de ácido fosfórico a partir del tratamiento de roca fosfatífera importada. El ácido fosfórico producido es fundamentalmente utilizado para la posterior fabricación de fertilizantes fosfatados, polifósforatos sólidos para detergentes y otras aplicaciones.

El proceso de producción de ácido fosfórico en dichas plantas se basa en el ataque de la roca fosfatífera con ácido sulfúrico al 70%, reacción que origina ácido fosfórico, y como sub-producto, un sólido denominado fosfosojo (FY), compuesto mayoritariamente por sulfato cálcico dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). De forma muy simplificada, la reacción química producida es:



Las mencionadas plantas son actualmente las mayores productoras de ácido fosfórico en el ámbito de la Unión Europea. En ellas se procesan anualmente aproximadamente unos dos millones de toneladas de roca fosfatífera para la producción

huelva24.com Viernes, 13 de Julio de 2008 1/2008

Cursos de verano de la UNIA

El catedrático Juan Pedro Bolívar asegura que los fosfoyesos de Huelva "son los depósitos más estudiados del mundo"

# Answers

- By the public (years later):

The residues must disappear.

## Fosfoyesos: el ecocidio de Huelva

0 No al Proyecto de Fertiberia TRIBUNAS 0



**NO 3D  
2020**  
AL PROYECTO DE  
**FERTIBERIA**  
**SI A LA MARISMA**



Vista aérea de los fosfoyesos de Huelva, que se encuentran a 500 metros de los primeros edificios de la ciudad.

EL ESPAÑOL / Marcos Moreno

REPORTAJES / CONTAMINACIÓN

**El 'Fukushima' de Huelva:**

**1** El 'Fukushima' de Huelva: 120 millones de toneladas tóxicas de fosfoyesos a 500 m tóxicas de fosfoyesos a 500 metros de las casas

# Answers

- By the public (years later):

The residues must dissapear.



**JUAN PEDRO BOLÍVAR RETURNS**

09.07.2014 · de Huelvadenuncia.org · en Denuncias, en Portada, Mesa de la Ría, Noticias ·

 **Juan Pedro Bolívar (JULIO 2014)**  
huelvainformacion.es  
Un estudio de la UHU descarta el riesgo radiactivo de los fosfoyesos  
La Onubense realiza un proyecto de excelencia de la Junta que dará sus resultados definitivos en septiembre de 2015

 **Juan Pedro Bolívar (MARZO 1995)**  
Los Fosfoyesos "producen un considerable impacto radioactivo en las marismas".  
TESIS DOCTORAL. Capítulo 8: Conclusiones, apartado 10, página 263.

**REQUERIDA:**  
**MANIFESTACIÓN**  
MIÉRC. 9/OCT. - 20 H.  
HUELVA CONTRA LOS FOSFOYESOS

 Quien defendía en su Tesis Doctoral la radioactividad de los fosfoyesos y sus peligros en el entorno, ahora dice lo contrario. ¿QUÉ HA CAMBIADO? NO MÁS MENTIRAS.

## DENUNCIA

**Detenido por suplantar a un profesor de Huelva en su blog para desestimigarlo**

EFE

25.01.09 | 14:38

 **HUELVA DENUNCIA.ORG**

#fosfoyesos / #huelva / #mesa de la ría / #otra huelva es posible / #pa

**BOLÍVAR PRETENDE QUE FERTIBERIA NO CUMPLA LA LEY**

20.11.2012 · de Huelvadenuncia.org · en Portada, Medio Ambiente, Noticias ·



# Answers

- New stakeholders panel (TERRITORIES EU PROJECT).

Ref. Ares(2016)4100858 - 28/08/2016



This project has received funding from the European research and training programme 2014-2018 under grant agreement No 662287.



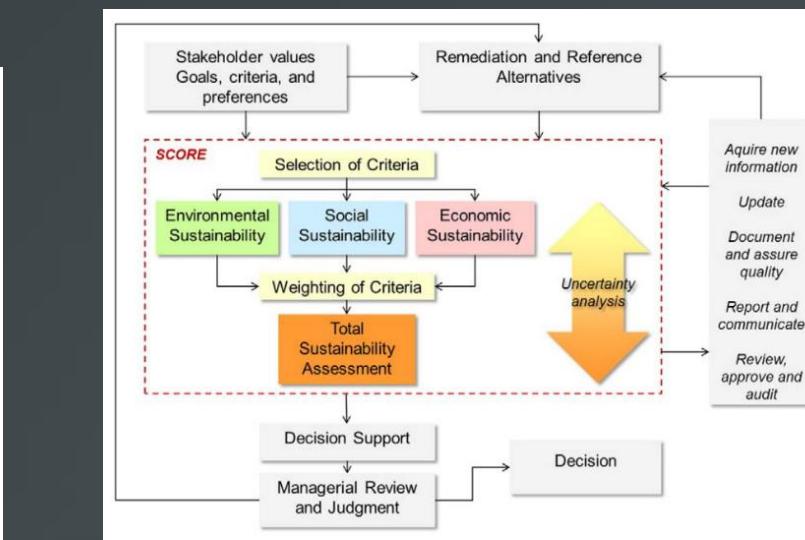
**EJP-CONCERT**  
European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research  
H2020 – 662287

**D9.67 - Stakeholders panel results/Spain**

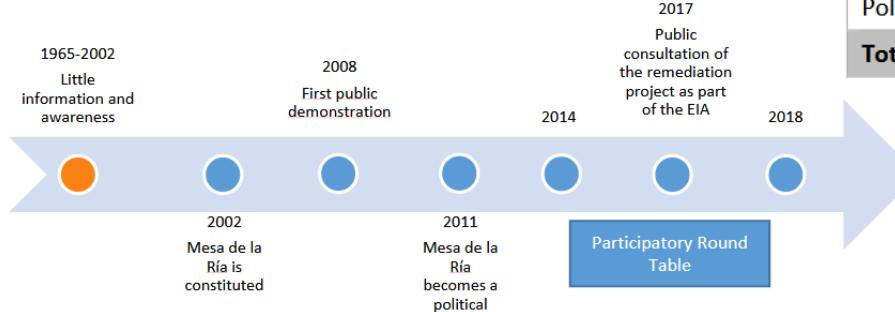
**Lead Authors:** Roser Sala, Silvia Germán, Sergi López-Asensio, Christian Oltra, Danyl Pérez (CIEMAT)

**Reviewers:** Astrid Liland (DSA), Marie Simon-Cornu (IRSN)  
and  
CONCERT coordination team

Work package / Task	WP 9	Task 9.3 (TERRITORIES)	SST 9.3.3.3
Deliverable nature:	Report		
Dissemination level: (confidentiality)	Public		
Contractual delivery date:	M49		
Actual delivery date:	M49		
Version:	V0		
Total number of pages:	82		
Keywords:	Participatory MCDA, stakeholders, uncertainties, NORM		
Approved by the coordinator:	M49		
Submitted to EC by the coordinator:	M49		



Stakeholder group	N
Industry representatives	1
Public authorities (regional and local)	2
Researchers	7
Environmental NGOs	1
Political parties	3
<b>Total</b>	<b>14</b>



# Answers

- New stakeholders panel (TERRITORIES EU PROJECT).

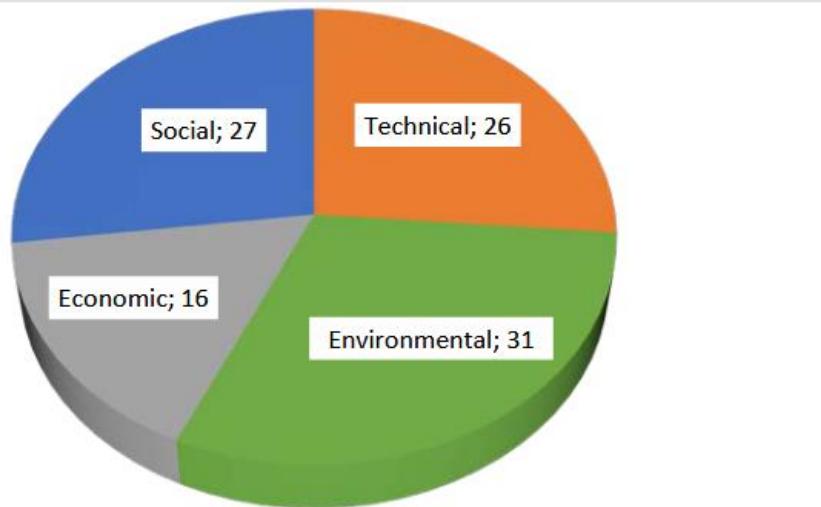


Figure 13. Distribution of 100 points in terms of importance among the four criteria

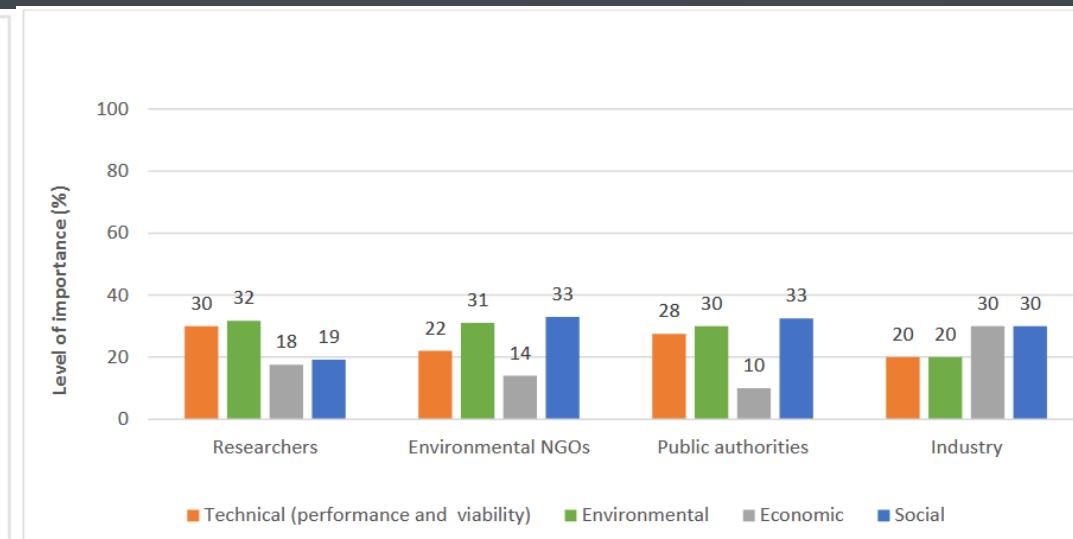


Figure 14. Importance of criteria by stakeholders' groups

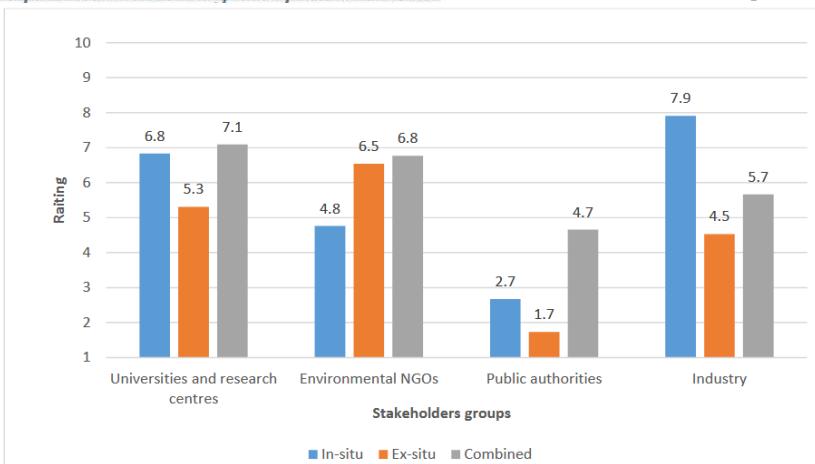
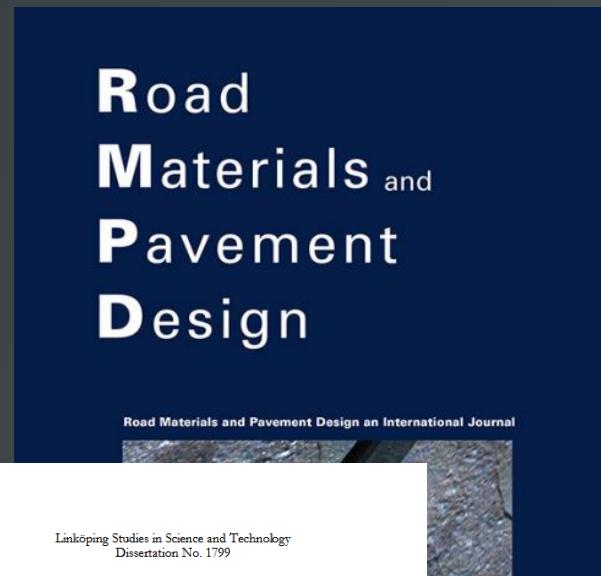
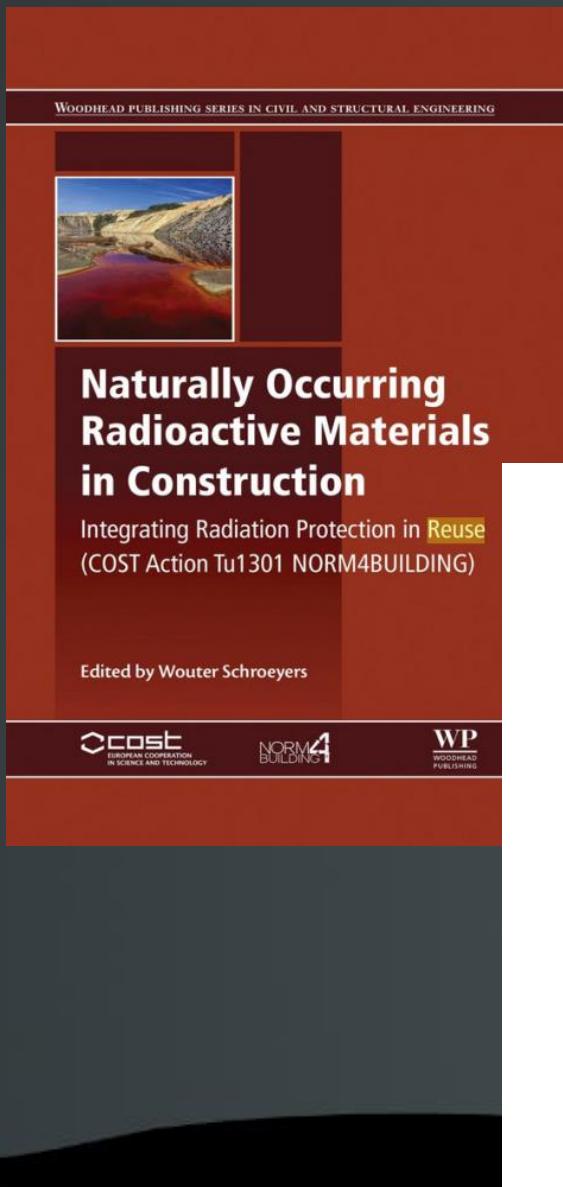


Figure 22. Assessment of the remediation option by stakeholders' groups (average)



# Answers

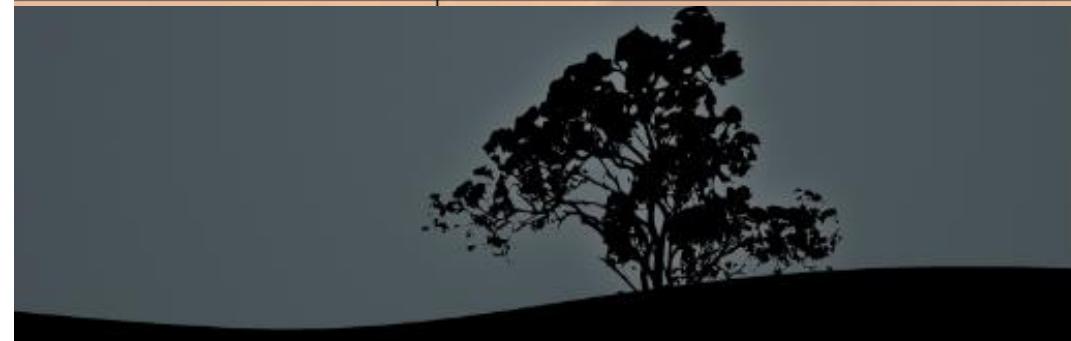
- Is there a final answer?



Environmental Technology and Management  
Department of Management and Engineering  
Linköping University, SE-581 83 Linköping, Sweden  
Linköping, 2016



Phosphogypsum	Soil improvement Fertilizer Building materials Landfills cover Water purification Road construction
---------------	--



# **Management of residues from coal-fired power plants in Spain**



# Coal-Fired Power Plants – Pilot project

## - CSN - 2005



Colección Documentos Ciemat

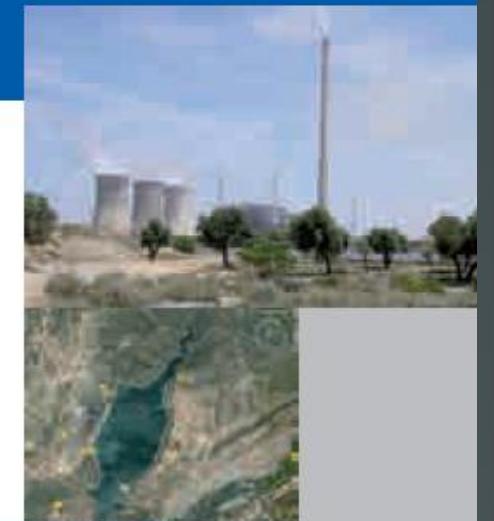
Colección Documentos Ciemat

Colección Documentos Ciemat

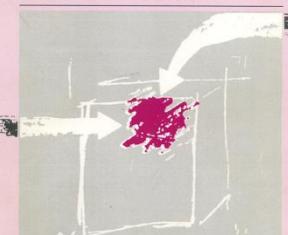
Colección Documentos Ciemat

CSN

Estudio del impacto radiológico  
de las centrales térmicas de carbón  
sobre sus entornos



ESTUDIO DEL IMPACTO RADIOLÓGICO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN SOBRE SUS ENTORNOS.  
UNIDAD DE PRODUCCIÓN TÉRMICA DE TERUEL  
PROYECTO SUBVENCIONADO POR EL CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR (CONVOCATORIA 2004)



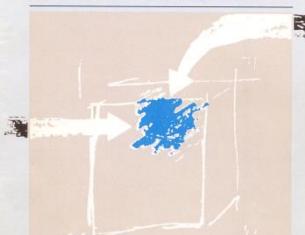
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA  
Ciemat

ESTUDIO DEL IMPACTO RADIOLÓGICO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN SOBRE SUS ENTORNOS.  
UNIDAD DE PRODUCCIÓN TÉRMICA DE LITORAL  
PROYECTO SUBVENCIONADO POR EL CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR (CONVOCATORIA 2004)



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA  
Ciemat

ESTUDIO DEL IMPACTO RADIOLÓGICO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN SOBRE SUS ENTORNOS.  
UNIDAD DE PRODUCCIÓN TÉRMICA DE COMPOSTILLA I  
PROYECTO SUBVENCIONADO POR EL CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR (CONVOCATORIA 2004)



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA  
Ciemat

ESTUDIO DEL IMPACTO RADIOLÓGICO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE CARBÓN SOBRE SUS ENTORNOS.  
UNIDAD DE PRODUCCIÓN TÉRMICA DE LAS PONTES  
PROYECTO SUBVENCIONADO POR EL CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR (CONVOCATORIA 2004)



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA  
Ciemat



Colección  
Informes Técnicos  
34.2012



# Coal-Fired Power Plants – Pilot project - CSN - 2005



Journal of Environmental Radioactivity 102 (2011) 520–526

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Radioactivity

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jenvrad](http://www.elsevier.com/locate/jenvrad)





## Modelling the behaviour of $^{210}\text{Po}$ in high temperature processes

J.C. Mora <sup>a,\*</sup>, B. Robles <sup>a</sup>, J.A. Corbacho <sup>b</sup>, Catalina Gascó <sup>a</sup>, M.J. Gázquez <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Radiological Protection of the Public and the Environment Unit, CIEMAT, Avda. Complutense, 22, 28040 Madrid, Spain

<sup>b</sup> Environmental Radioactivity Laboratory, University of Extremadura, Avda. de la Universidad, s/n 10071 Cáceres, Spain

<sup>c</sup> Experimental Sciences Faculty, University of Huelva, Campus del Carmen, 21071 Huelva, Spain

*Radioprotection*, vol. 44, n° 5 (2009) 577–580

© EDP Sciences, 2009

DOI: [10.1051/radiopro/20095106](https://doi.org/10.1051/radiopro/20095106)

## Behaviour of natural radionuclides in coal combustion

J.C. Mora<sup>1</sup>, A. Baeza<sup>2</sup>, B. Robles<sup>1</sup>, J.A. Corbacho<sup>2</sup> and D. Cancio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unit of Radiological Protection of the Public and Environment, CIEMAT,  
Avda. de la Complutense 22, 28040 Madrid, Spain

<sup>2</sup>Environmental Radioactivity Laboratory, University of Extremadura,  
Avda. de la Universidad SN, 10071 Cáceres, Spain

[View Article Online](#) | [Journal homepage](#) | [Table of Contents for this issue](#)

Dynamic Article Links 

  
Journal of  
Environmental  
Monitoring

Cite this: *J. Environ. Monit.*, 2012, **14**, 1064

[www.rsc.org/jem](http://www.rsc.org/jem)

PAPER

## Enhancement of natural radionuclides in the surroundings of the four largest coal-fired power plants in Spain

A. Baeza<sup>a</sup>, J.A. Corbacho<sup>a</sup>, J. Guillén<sup>a,\*a</sup>, A. Salas<sup>a</sup>, J.C. Mora<sup>b</sup>

<sup>a</sup> LARUEX, Dpt. Applied Physics, Faculty of Veterinary Science, University of Extremadura, Avda. Universidad, s/n, 10071 Cáceres, Spain

<sup>b</sup> Radiation Protection for the Public and Environment Unit, Environmental Department CIEMAT, Madrid, Spain

A. Baeza,<sup>a</sup> J. A. Corbacho,<sup>a</sup> J. Guillén,<sup>\*a</sup> A. Salas,<sup>a</sup> J. C. Mora,<sup>b</sup> B. Robles<sup>b</sup> and D. Cancio<sup>b</sup>

Received 12th December 2011, Accepted 3rd January 2012

DOI: [10.1039/c2em10991c](https://doi.org/10.1039/c2em10991c)

Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere)



Analysis of the different source terms of natural radionuclides in a river affected by NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) activities

A. Baeza<sup>a</sup>, J.A. Corbacho<sup>a</sup>, J. Guillén<sup>a,\*</sup>, A. Salas<sup>a</sup>, J.C. Mora<sup>b</sup>

<sup>a</sup> LARUEX, Dpt. Applied Physics, Faculty of Veterinary Science, University of Extremadura, Avda. Universidad, s/n, 10071 Cáceres, Spain

<sup>b</sup> Radiation Protection for the Public and Environment Unit, Environmental Department CIEMAT, Madrid, Spain

# Behavior of radionuclides in coal combustion

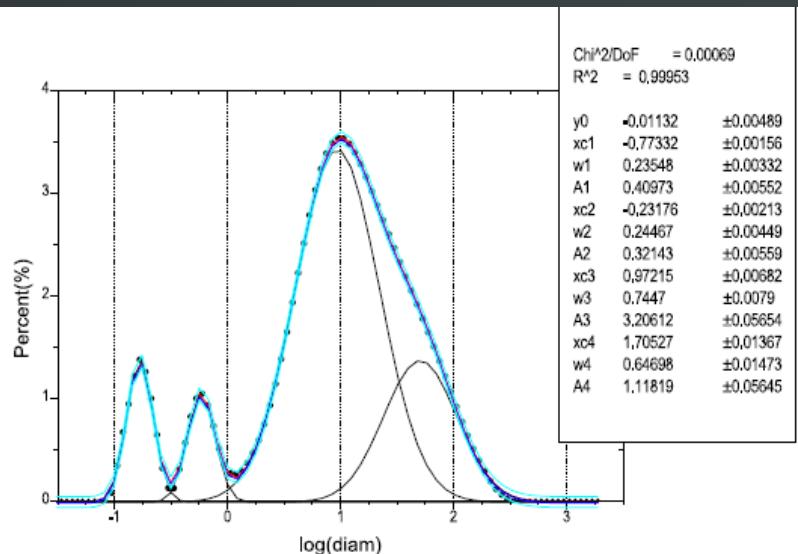


Fig. 2. Measurements of solid particles size in  $\mu\text{m}$ , collected from a 4 fields electrostatic precipitator, fitted to a 4 gaussian (log) su

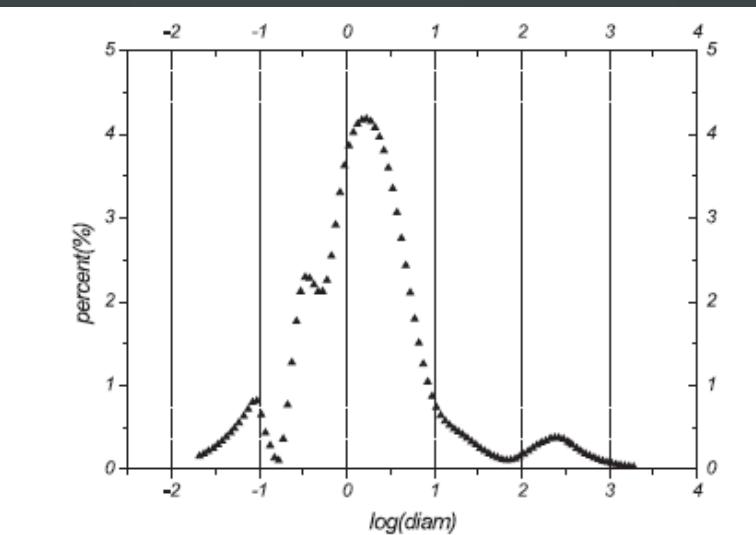
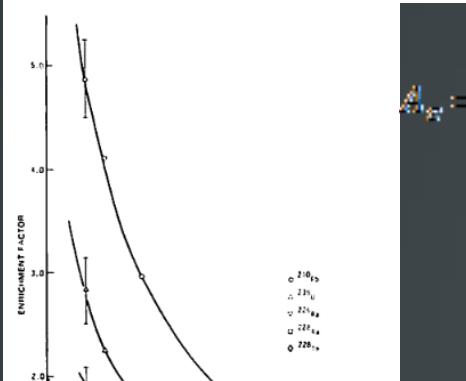


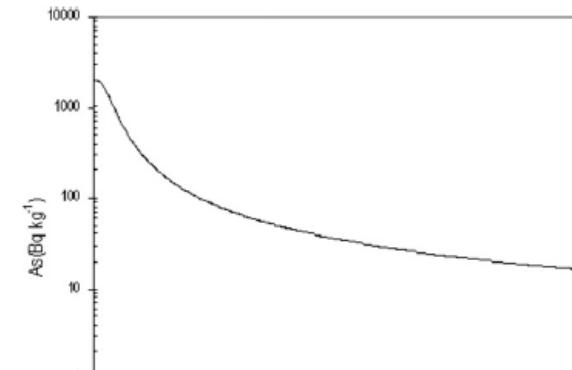
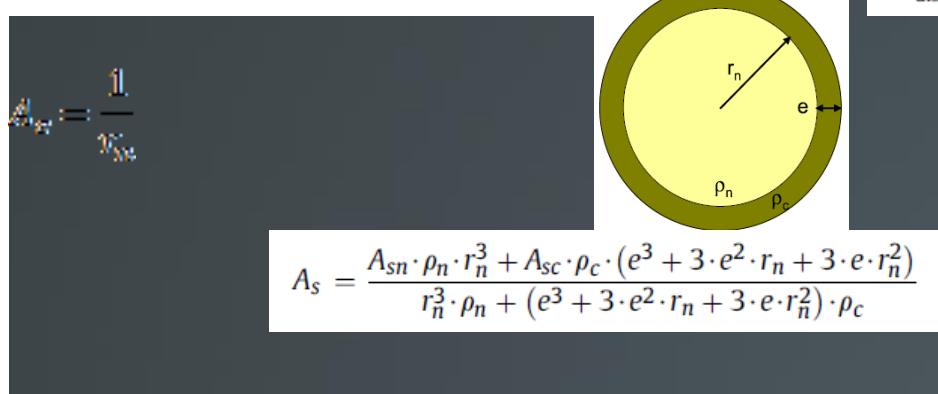
Fig. 3. Subtraction of an enveloping lognormal function to the measured size distribution.



Radioprotection, vol. 44, n° 5 (2009) 577–580

© EDP Sciences, 2009

DOI: 10.1051/radiopro/20095106



Journal of Environmental Radioactivity 102 (2011) 520–526

## Behaviour of natural radionuclides in coal combustion

J.C. Mora<sup>1</sup>, A. Baeza<sup>2</sup>, B. Robles<sup>1</sup>, J.A. Corbacho<sup>2</sup> and D. Cancio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unit of Radiological Protection of the Public and Environment, CIEMAT,  
Avda. de la Complutense 22, 28040 Madrid, Spain

<sup>2</sup>Environmental Radioactivity Laboratory, University of Extremadura,  
Avda. de la Universidad SN, 10071 Cáceres, Spain



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Radioactivity

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jenvrad](http://www.elsevier.com/locate/jenvrad)



Modelling the behaviour of  $^{210}\text{Po}$  in high temperature processes

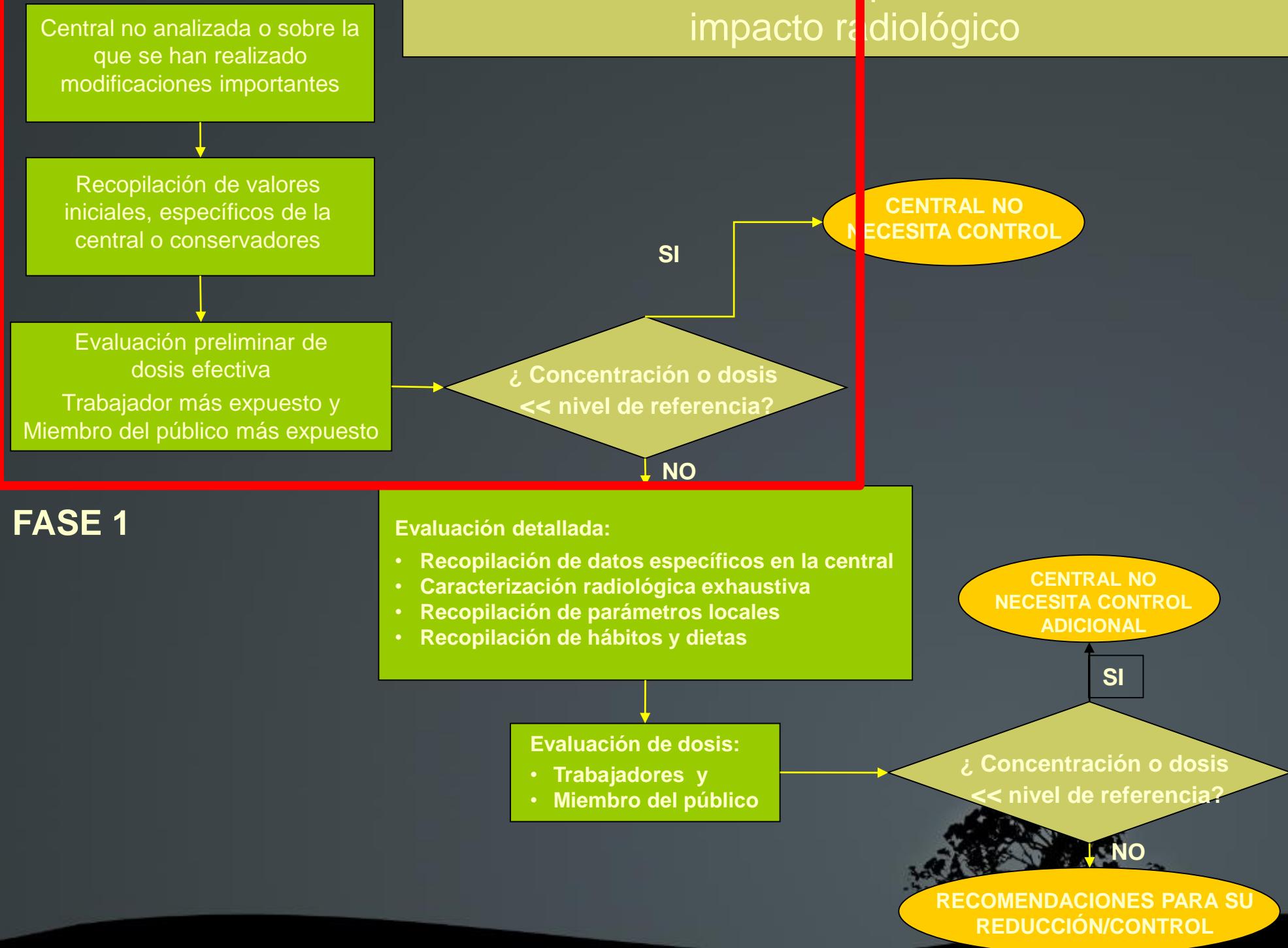
J.C. Mora<sup>a,\*</sup>, B. Robles<sup>a</sup>, J.A. Corbacho<sup>b</sup>, Catalina Gascó<sup>a</sup>, M.J. Gázquez<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Radiological Protection of the Public and the Environment Unit, CIEMAT. Avda. Complutense, 22, 28040 Madrid, Spain

<sup>b</sup>Environmental Radioactivity Laboratory, University of Extremadura, Avda. de la Universidad, s/n 10071 Cáceres, Spain

<sup>c</sup>Experimental Sciences Faculty, University of Huelva, Campus del Carmen, 21071 Huelva, Spain

# Protocolo de actuación para la evaluación del impacto radiológico



# Radiological Impact of the Spanish Coal-Fired Power Plants - UNESA - 2011 - 2015

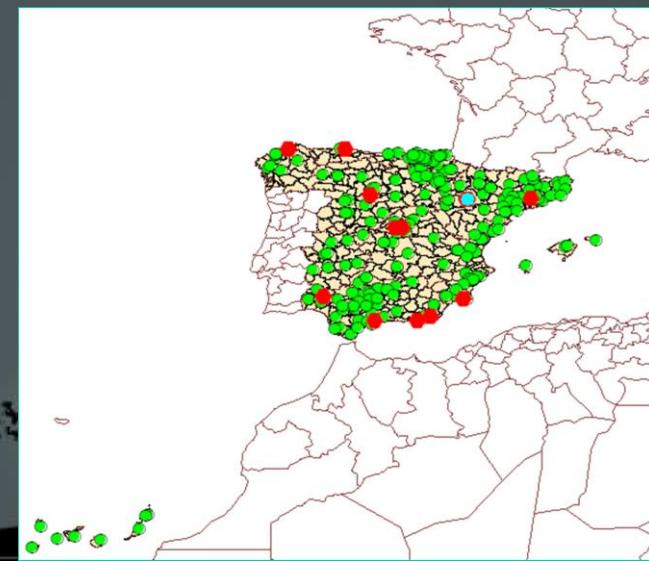


# Situation for CFPPs

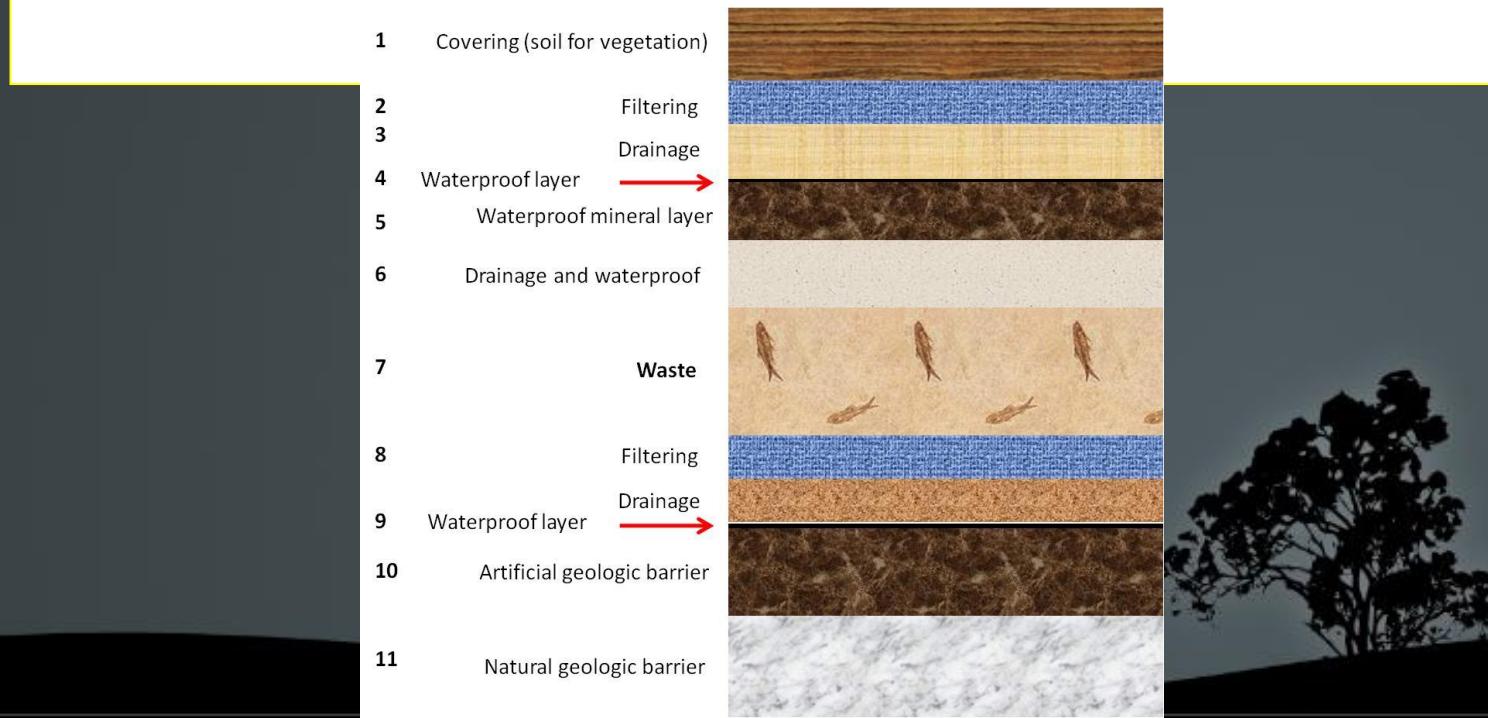
- For RP experts → 1 – 20 mSv / a.
- For the workers → Whatever is negotiated and written in the law.
- For the public → Most of the people living in the zone works for the industry directly or indirectly. High degree of tolerance.

# Methodology

- Explain to the main responsible from each installation what was the problem. Treat it under a scientific view.
- Perform the dose evaluations being as neutral as possible, showing the real situation and possible alternatives.
- Make the results public.
- Involve the regulators.
- Study all possible impacts.

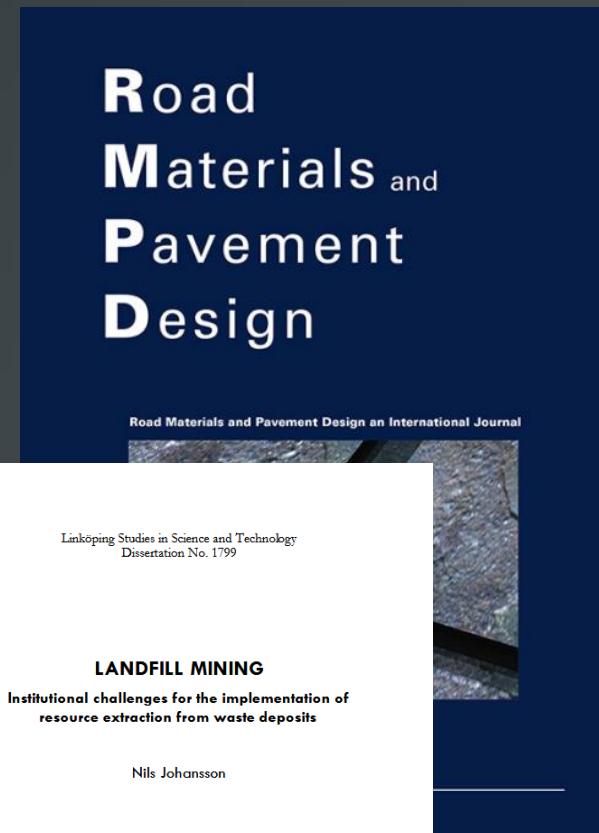
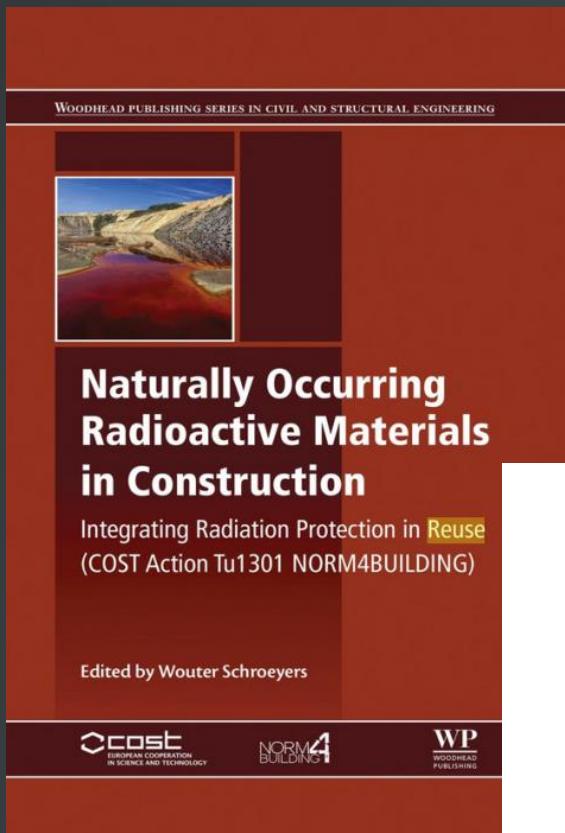


Layer #	Non-Hazardous waste		Hazardous waste	
	W (m)	K ( $\text{m s}^{-1}$ )	W (m)	K ( $\text{m s}^{-1}$ )
1	> 1	-	> 1	-
2	-	-	-	-
3	> 0.3	-	> 0.3	-
4	High-density polyethylene (HDPE) or Polypropylene (PP)			
5	Non used		> 1	$< 10^{-9}$
6	> 0.5	-	> 1	-
7	Waste (width fixed in this study)			
8	> 0.5	-	> 0.5	-
9	High-density polyethylene (HDPE) or Polypropylene (PP)			
10	> 0.5	$< 10^{-9}$	> 0.5	$< 10^{-9}$
11	> 1	$< 10^{-9}$	> 5	$< 10^{-9}$



# Answers

- Is there a final answer?



Environmental Technology and Management  
Department of Management and Engineering  
Linköping University, SE-581 83 Linköping, Sweden  
Linköping, 2016



THANK YOU

Jc.mora@ciemat.es