

*Gli Argonauti XI*  
Napoli, 22-24 Aprile



# *Trattamento dei rifiuti e bonifica dei siti contaminati*

**Raffaele Cioffi**

*Università Parthenope, Napoli*



## *Direttiva 2006/12/CE*

### **Riduzione della produzione e della nocività dei rifiuti, mediante:**

- ✓ **Sviluppo tecnologie pulite**
- ✓ **Fabbricazione, uso e smaltimento di nuovi prodotti**
- ✓ **Sviluppo di tecniche per l'eliminazione**
- ✓ **delle sostanze pericolose contenute nei rifiuti**

### **Recupero di materia ed energia da rifiuti, mediante:**

- ✓ **Riciclo, reimpiego, riutilizzo e produzione di MPS**
- ✓ **Uso come combustibili alternativi**

## *Risoluzione del Parlamento Europeo del 17 giugno 2008*

### **Ordine di priorità:**

- ✓ **Prevenzione, ridurre la quantità di rifiuti**
- ✓ **Preparazione dei prodotti per il riutilizzo, reimpiego senza pretrattamento**
- ✓ **Riciclaggio, trattamento per utilizzo per la loro funzione originaria (esclusi recupero di energia o produzione di combustibili alternativi)**
- ✓ **Recupero diverso dal riciclaggio, recupero di energia o incenerimento ad alta efficienza energetica**
- ✓ **Smaltimento, qualsiasi operazione diversa dal recupero**

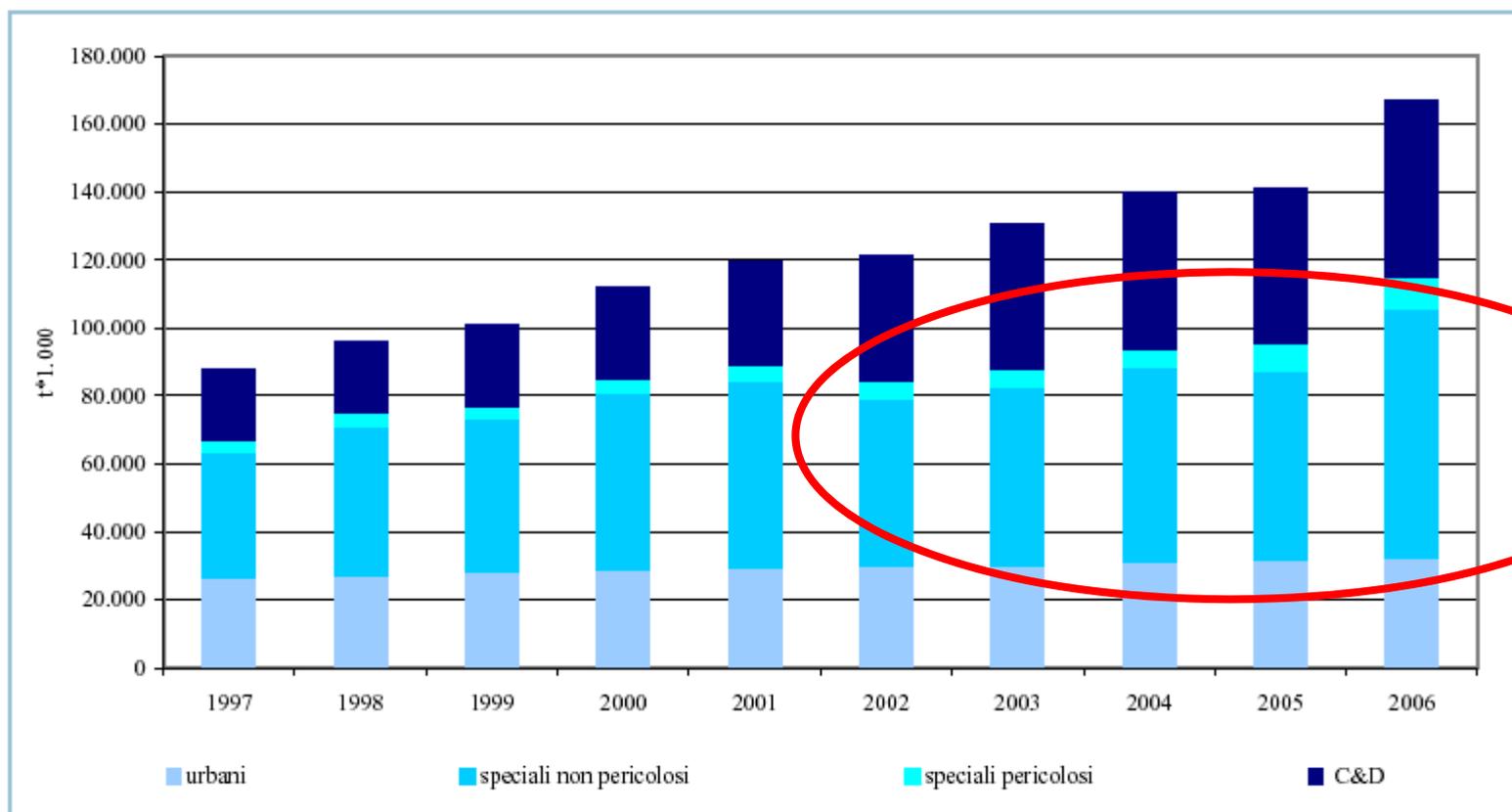
# Rapporto I.S.P.R.A.

Raffaele Cioffi

Trend	Nome indicatore	Descrizione
	Quantità di rifiuti smaltiti in discarica, totale e per tipologia di rifiuti	Nel del periodo 1997-2006, la quantità totale dei rifiuti smaltiti in discarica è diminuita di oltre il 15%, passando da più di 42 milioni di tonnellate a 36 milioni di tonnellate. Tale riduzione è principalmente imputabile allo smaltimento dei rifiuti urbani (-18%), sebbene anche la quota di rifiuti speciali faccia registrare, nello stesso arco di tempo, sensibili contrazioni (-13,1%).
	Quantità dei rifiuti urbani raccolti in modo differenziato	La raccolta differenziata, pur registrando un incremento, tra il 2000 e il 2007, di circa 4,8 milioni di tonnellate si attesta a un valore percentuale pari al 27,5%, sensibilmente inferiore rispetto ai <i>target</i> fissati dalla normativa.
	Produzione dei rifiuti totale e per unità di PIL	Il <i>trend</i> della produzione totale dei rifiuti documenta un incremento, tra il 2005 e il 2006, pari al 18,5%, a seguito di una crescita particolarmente marcata della produzione dei rifiuti speciali (da circa 109 milioni di tonnellate del 2005 a quasi 135 milioni di tonnellate del 2006).

# Rapporto I.S.P.R.A.

Raffaele Cioffi

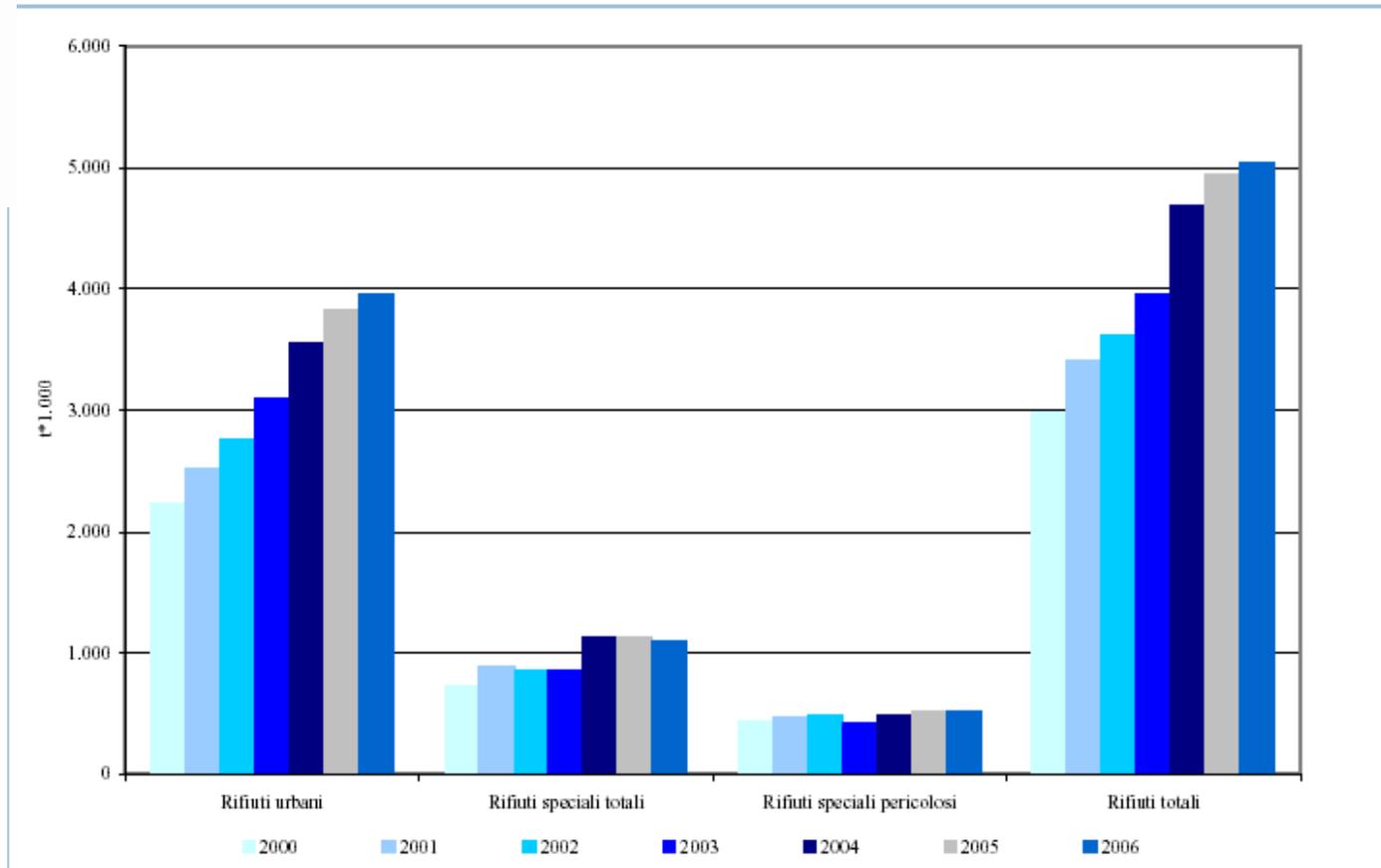


Fonte: ISPRA

## Combustione:

- ✓ Nuovi composti pericolosi (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, metalli pesanti, polveri, COV, IPA, diossine/furani)
- ✓ Bilancio energetico sfavorevole (rifiuti alto P.C.)

Raffaele Cioffi

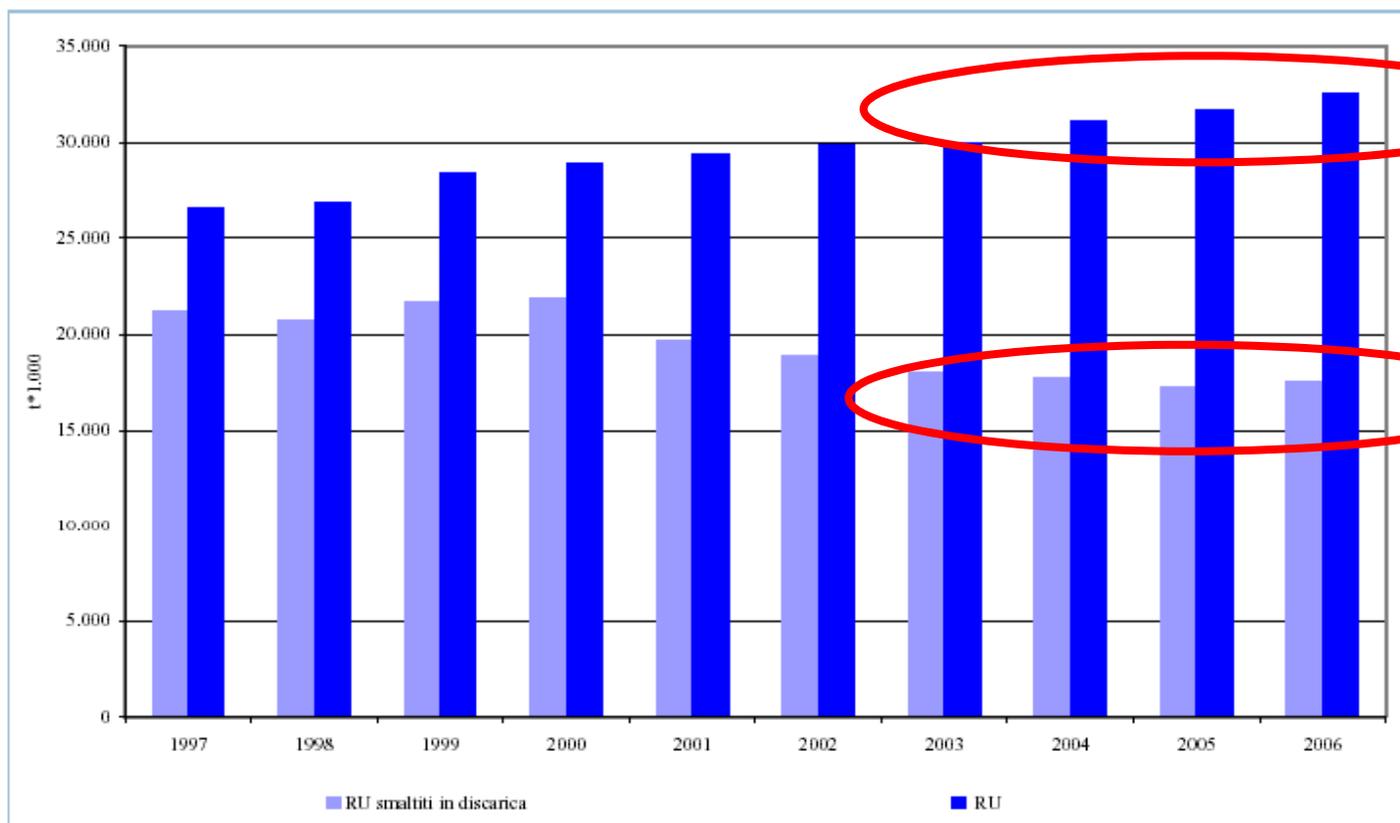


Fonte: ISPRA

Figura 10.12: Quantità di rifiuti urbani, speciali, speciali pericolosi e totali inceneriti



Raffaele Cioffi



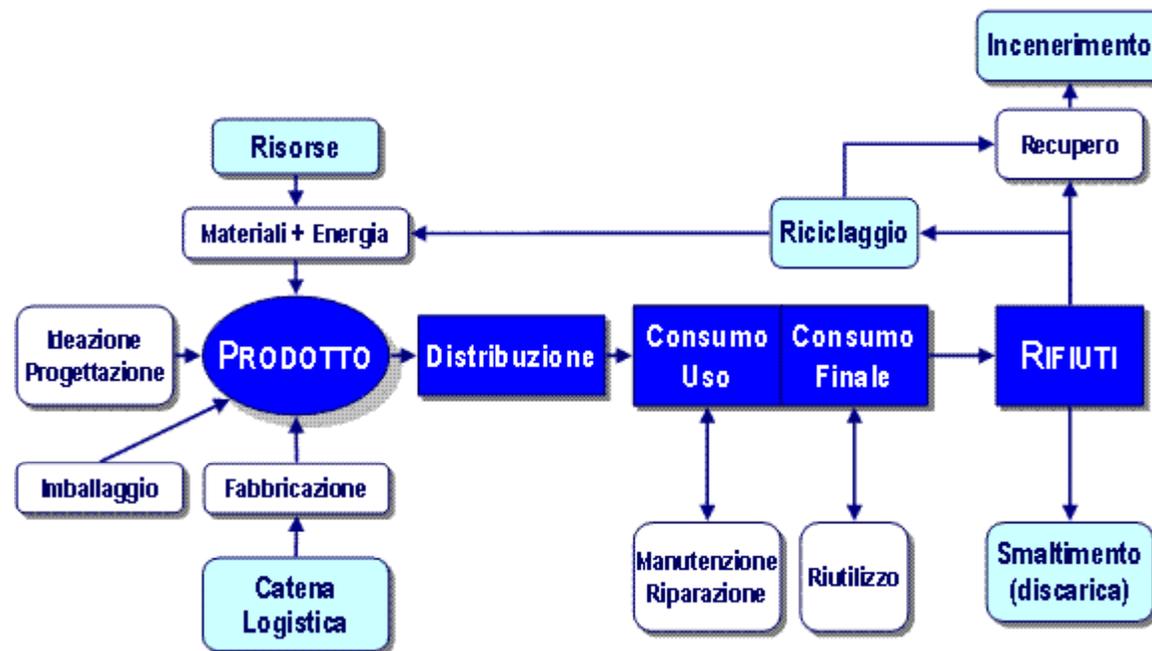
Fonte: ISPRA

**Figura 10.10: Quantità di rifiuti urbani prodotti e smaltiti in discarica**

# Life Cycle Analysis (LCA):

- ✓ sostituzione combustibile tradizionale
- ✓ necessità di altre materie prime
- ✓ bilancio finale

Raffaele Cioffi





Raffaele Cioffi

**Tabella 10.6: Compostaggio dei rifiuti urbani da matrici selezionate**

Ripartizione territoriale	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	t*1.000								
Nord	725	1.046	1.258	1.317	1.332	1.601	1.673	1.761	1.798
Centro	85	167	223	225	305	271	328	331	348
Sud e Isole	31	24	249	154	160	86	87	168	222
<b>ITALIA</b>	<b>841</b>	<b>1.237</b>	<b>1.730</b>	<b>1.696</b>	<b>1.797</b>	<b>1.958</b>	<b>2.088</b>	<b>2.260</b>	<b>2.368</b>

Fonte: ISPRA

**Tabella 10.7: Rifiuti misti in impianti di trattamento meccanico-biologico**

Ripartizione territoriale	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	t*1.000							
Nord	1.602	1.635	1.688	2.227	2.534 <sup>a</sup>	2.819	3.135	3.054
Centro	1.207	1.573	1.860	1.855	1.799	1.984	2.096	2.508
Sud e Isole	310	583	2.286	3.421	3.094	3.655	3.816	4.011
<b>ITALIA</b>	<b>3.119</b>	<b>3.791</b>	<b>5.833</b>	<b>7.503</b>	<b>7.427<sup>a</sup></b>	<b>8.458</b>	<b>9.047</b>	<b>9.572</b>

Fonte: ISPRA



TMB (CDR)



Inceneritore (Acerra)

**Concentrazione di PCDD/F (pg/Nmc) nelle emissioni**      **lim. 0,1 ng/Nmc**

	<u>TMB</u>	<u>Incenerimento</u>
Camino		8 (20; 3)
Aria soccaggio		1,39 (4,6; 0,085)
Aria esterna		0,05 (0,5; 0,010)
Aria ambiente	0,181	
Aria monte biofiltro	0,12	
Aria valle biofiltro	0,033	
Aria uscita tratt. CDR	0,015	

**Scarti solidi**

<u>Raccolta differenziata</u>	<u>TMB</u>	<u>Incenerimento</u>
10%	55%	15-30%



TMB (CDR)



Inceneritore (Acerra)

Scarti solidi

**Raccolta differenziata**

10%

**TMB**

55%

**Incenerimento**

15-30%



Raffaele Cioffi

Fattori di emissioni di  $\text{NO}_x$  (kg/ton) per diversi trattamenti di “MPC”

	<b>Incenerimento</b>	<b>Riciclo</b>	<b>Riduzione</b>
Raccolta	+0,26	+0,82	-0,26
Trattamento	+1,09	+0,08	-1,09
Emissione evitata	-1,52	-5,40	-5,40
Discarica residui	+0,07	+0,04	-0,07
Trasporto prodotti		+0,13	
Mancato recupero energia			+1,52
<b>TOTALE</b>	<b>-0,10</b>	<b>-4,33</b>	<b>-5,30</b>

Fonte: Faggioli, Burgio-ISDE 2009

## New Incinerator Plant – Acerra (Naples) - Italy

### MSW treated:

600,000 tonnes per year

2,000 tonnes per day

### Fly ash produced:

30,000 tonnes per year

100 tonnes per day

### Bottom ash produced:

180,000 tonnes per year

600 tonnes per day





Raffaele Cioffi

**Tabella 10.18: Numero di impianti di incenerimento di rifiuti urbani operativi**

Regione	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	n.							
Piemonte	2	2	2	2	2	2	2	2
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-	-	-	0
Lombardia	12	14	14	13	13	13	13	13
Trentino Alto Adige	1	1	1	1	1	1	1	1
Veneto	3	3	4	4	4	4	4	3
Friuli Venezia Giulia	3	3	3	2	1	1	1	1
Liguria	-	-	-	-	-	-	-	-
Emilia Romagna	9	9	10	8	8	9	8	8
Toscana	8	5	8	8	8	8	8	7
Umbria	1	1	1	1	1	1	1	1
Marche	1	1	1	1	1	1	1	1
Lazio	-	-	1	3	3	3	3	3
Abruzzo	-	-	-	-	-	-	-	0
Molise	-	-	-	-	-	-	-	0
Campania	-	-	-	-	-	-	-	0
Puglia	-	-	1	2	2	2	2	1
Basilicata	-	-	1	1	1	1	2	2
Calabria	-	-	-	-	-	1	1	1
Sicilia	1	1	1	1	1	1	1	1
Sardegna	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>ITALIA</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>47</b>

Fonte: ISPRA

DA : ARPAC      AT:      OSSERVATORIO AMBIENTALE SUL TERMOVALORIZZATORE DI ACERRA

Si trasmettono i dati della qualità dell'aria rilevati nella zona acerrana il giorno 15 Aprile 2010 dalle ore 1:00 alle ore 24:00

POSTAZIONI	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			CO <sub>tot</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]			PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2.5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			Benzene [µg/m <sup>3</sup> ]			Toluene [µg/m <sup>3</sup> ]			
	max	min	media	max	min	media	max	min	media	media	media	max	min	media	max	min	media	max	min	media	
Acerra zona industriale <sup>(1)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acerra scuola <sup>o</sup>	4,2	3,7	4,0	48,7	15,6	34,1	*	*	*	33,8	17,3	73,9	5,1	30,2	4,1	0,6	2,2	45,1	2,3	7,9	
San Felice a Cancell <sup>o</sup>	ND	ND	ND	41,9	0,0	17,5	*	*	*	ND	ND	ND	ND	ND	5,1	0,3	1,8	21,4	0,0	1,8	

LEGENDA

N.D.: Dato non disponibile

\* : Strumento non presente

— : Superamento del valore limite

# ARPA Campania

Raffaele Cioffi

PM<sub>10</sub> Il valore giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> non può essere superato più di 35 volte nell'arco dell'anno civile

O<sub>3</sub> Per il valore orario la Soglia di Informazione è pari a 180 µg/m<sup>3</sup>, la Soglia di Allarme è pari a 240 µg/m<sup>3</sup>

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> Il valore medio annuale di 5 µg/m<sup>3</sup> non può essere superato nell'arco dell'anno civile

PM<sub>2,5</sub>

Toluene, M-Xylene, Non sono previsti valori soglia per la qualità dell'aria ambiente

H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>,

NMHC

H<sub>2</sub>S (1) Concentrazione di punta semioraria 100 µg/m<sup>3</sup>; concentrazione media giornaliera 40 µg/m<sup>3</sup> (DPR 322/71)

## TEMPI DI MEDIAZIONE

SO<sub>2</sub> - NO<sub>2</sub> - CO - O<sub>3</sub> massima media oraria

SO<sub>2</sub> - PM<sub>10</sub> PM<sub>2,5</sub> media giornaliera

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> media annuale

NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto	SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo
CO	Ossido di carbonio	PM <sub>10</sub>	Polveri sospese con diametro <10 µm
O <sub>3</sub>	Ozono	PM <sub>2,5</sub>	Polveri sospese con diametro <2,5 µm
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzene	H <sub>2</sub> S	Acido solfidrico
CH <sub>4</sub>	Metano	NMHC	Idrocarburi non metanici

	Acerra Z.I.	Acerra Scuola	San Felice a Canello
Giorni di superamento del valore di 50 µg/m <sup>3</sup> del PM <sub>10</sub> ad oggi:	32	16	8
Ore di superamento del valore di 350 µg/m <sup>3</sup> del SO <sub>2</sub> ad oggi:	0	0	0
Ore di superamento del valore di 180 µg/m <sup>3</sup> del O <sub>3</sub> ad oggi:	0	0	0
Ore di superamento del valore di 200 µg/m <sup>3</sup> del NO <sub>2</sub> ad oggi:	0	0	0

## Quadro riassuntivo delle valutazioni

<i>Trend</i>	Nome indicatore	Descrizione
	Emissioni di sostanze acidificanti (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> ): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Si registra, nel 2007 rispetto al 1990, una riduzione dell'81% delle emissioni di SO <sub>x</sub> , che già conseguono quindi l'obiettivo fissato per il 2010. Le emissioni di NO <sub>x</sub> diminuiscono del 43% dal 1990; ai fini dell'obiettivo, entro il 2010 dovrebbero ulteriormente ridursi del 13,3%. Le emissioni di NH <sub>3</sub> registrano una riduzione del 10%, conseguendo già l'obiettivo imposto per il 2010.
	Emissioni di composti organici persistenti (IPA, diossine e furani): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Nell'ambito del Protocollo di Aarhus, l'Italia ha l'impegno di ridurre le emissioni di IPA, diossine e furani a livelli inferiori rispetto a quelli del 1990. L'obiettivo è già stato conseguito per quanto riguarda diossine e furani (le emissioni dal 1990 al 2007 si riducono di circa il 33%). Le emissioni di IPA, invece, mostrano una crescita complessiva, rispetto al 1990, di circa il 51%.
	Emissioni di gas serra (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> ): <i>trend</i> e disaggregazione settoriale	Nel 2007, rispetto al 1990, si registra una crescita di emissioni di gas serra totali in CO <sub>2</sub> equivalente del 7,1%, nonostante tale <i>trend</i> , comunque nel corso degli ultimi tre anni si evidenzia una diminuzione delle stesse. Le emissioni senza LULUCF di CO <sub>2</sub> dal 1990 aumentano del 9,3%, mentre le emissioni di CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O diminuiscono rispettivamente dell'8,4% e del 14,9%. Più che raddoppiate dal 1990 risultano le emissioni di F-gas.
	Qualità dell'aria ambiente: particolato PM <sub>10</sub>	La qualità dell'aria continua a essere insoddisfacente per il PM <sub>10</sub> : nel 2008 il valore limite giornaliero non è stato rispettato nel 48% delle stazioni di monitoraggio.

# Monitoraggio I.S.P.R.A.

Raffaele Cioffi

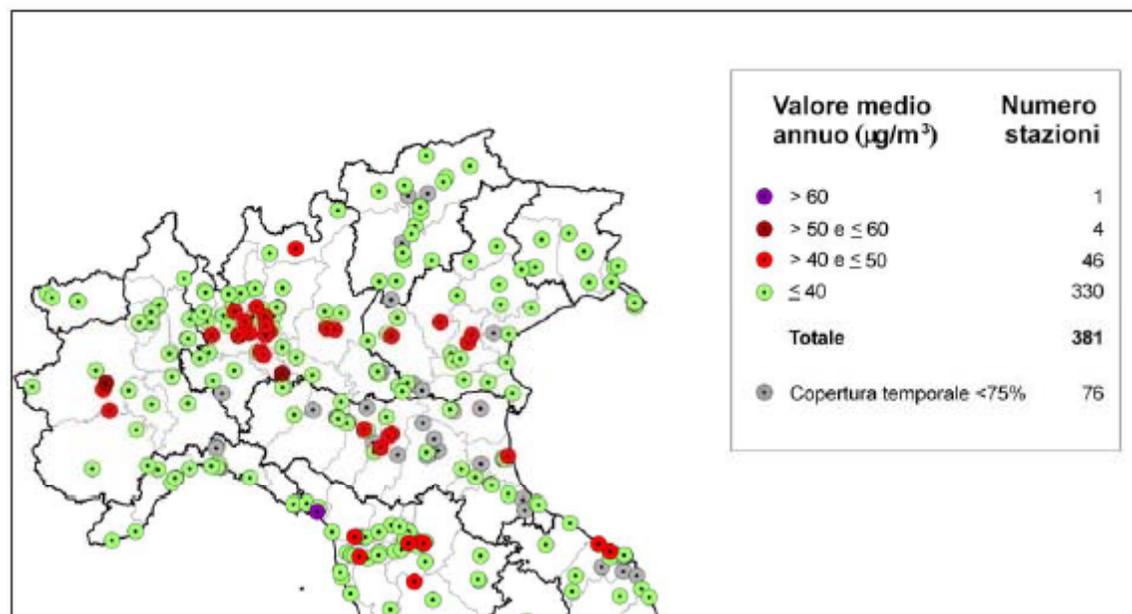
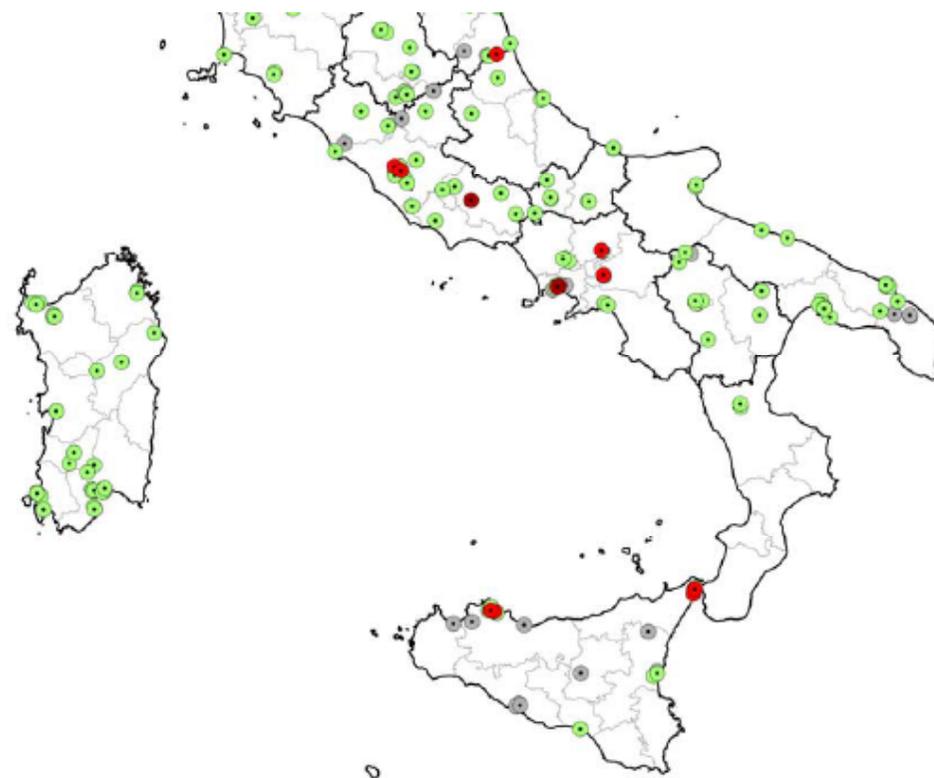


Figura 6.46:  $\text{PM}_{10}$  - Stazioni di monitoraggio per classi di valore medio annuale (valore limite annuale:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (2008)

# Monitoraggio I.S.P.R.A.

Raffaele Cioffi



Valore medio annuo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Numero stazioni
● > 60	1
● > 50 e ≤ 60	4
● > 40 e ≤ 50	46
● ≤ 40	330
<b>Totale</b>	<b>381</b>
● Copertura temporale <75%	76

Figura 6.46: PM<sub>10</sub> - Stazioni di monitoraggio per classi di valore medio annuale (valore limite annuale: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (2008)

# EPA (*Environment Protection Agency* - USA)

- ✓ Emissioni provenienti dagli inceneritori, al di sotto di una soglia definita sulla base del funzionamento del 12% di tutti gli inceneritori in esercizio (questo standard viene definito come MACT – *Maximal Achievable Control Technology*).
- ✓ I nuovi impianti che soddisfino in pieno lo standard MACT, dovrebbero apportare un livello di emissioni più basso rispetto ad impianti di vecchia costruzione. Operando in condizioni di “normalità”, il miglioramento dello standard MACT riduce il rischio per la salute umana.
- ✓ Lo standard MACT non è stato ideato per proteggere i lavoratori che operano all'interno dell'inceneritore ed è improbabile che i regolamenti MACT riducano il rischio per tali lavoratori.

# Trattamento rifiuti !?!

Raffaele Cioffi



- *MSW Crisis in Campania Region (southern Italy), 2008*

Raffaele Cioffi

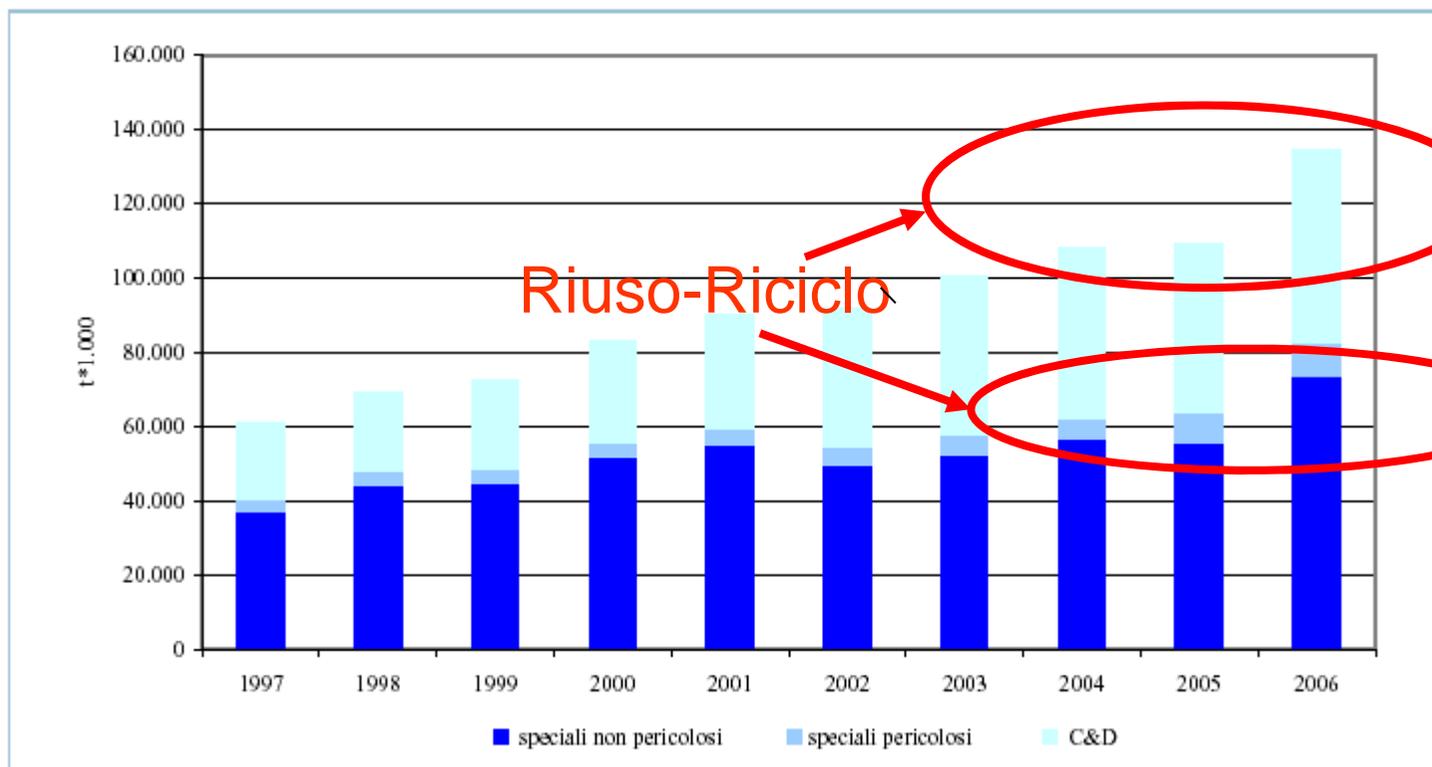
**VESUVIUS**

**SOLUTION !?!**



# Rifiuti Speciali!!!!

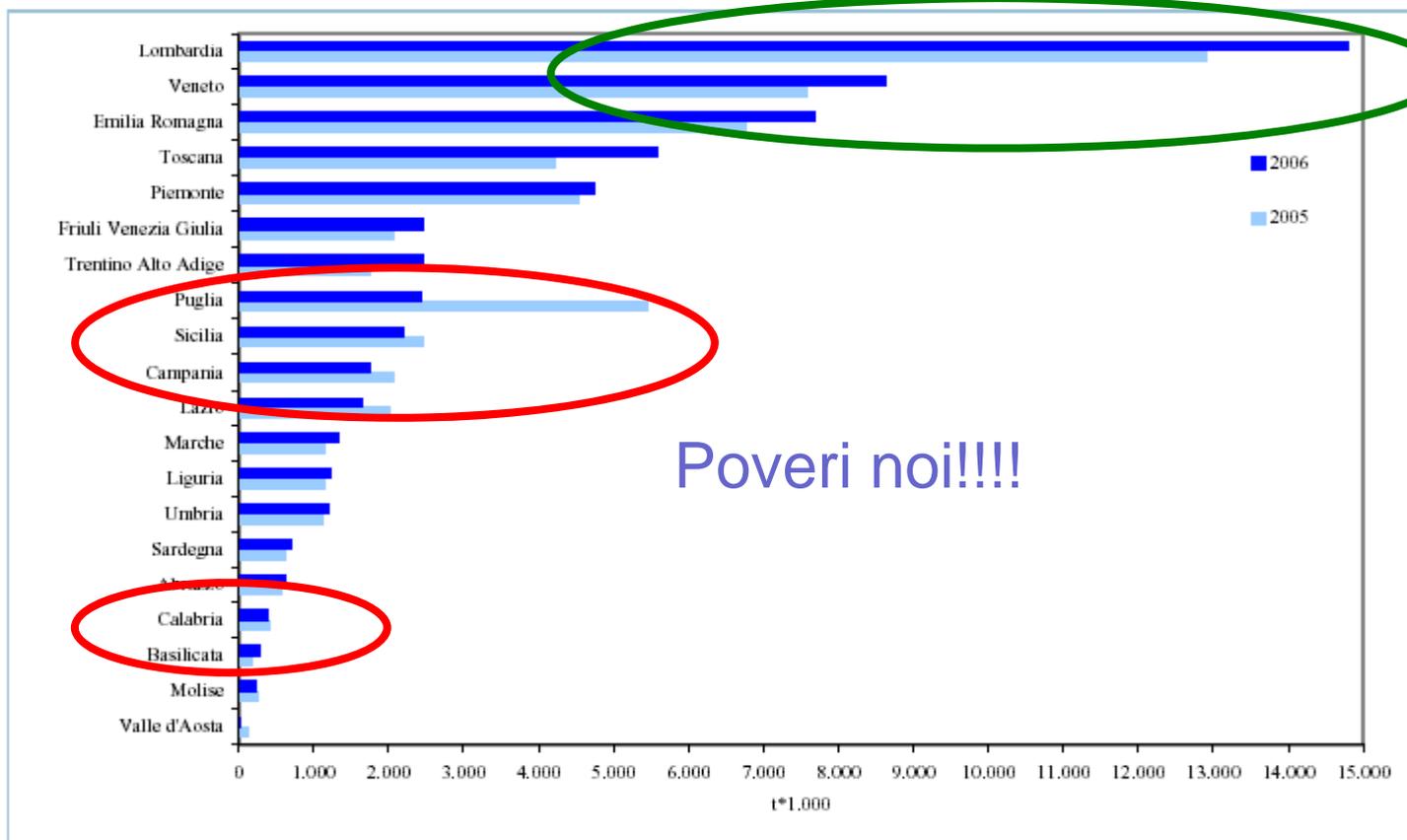
Raffaele Cioffi



Fonte: ISPRA

# Recupero Rifiuti Speciali

Raffaele Cioffi



Poveri noi!!!!

Fonte: ISPRA

**Figura 10.9: Rifiuti speciali totali avviati al recupero**

# Trattamento e Recupero Rifiuti Speciali

Raffaele Cioffi

Stabilizzazione/solidificazione (bassa temperatura)

Sinterizzazione-Ceramizzazione

Vetrificazione-Vetroceramizzazione



Manufatti per ingegneria civile

Aggregati per costruzioni

Riempimenti cave

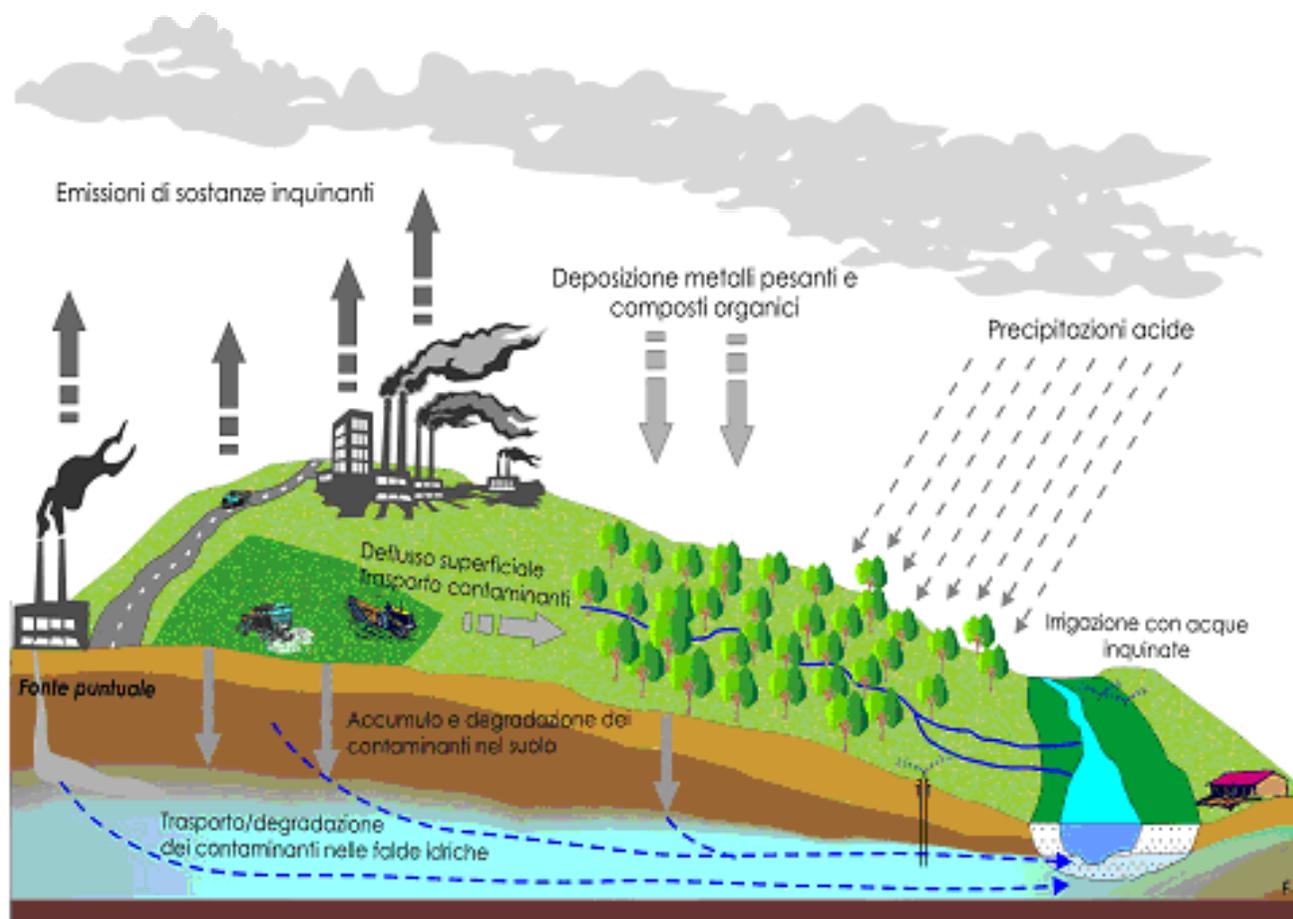


# Gestione dei Rifiuti Speciali

- ✓ **Minimizzazione della gestione illegale e non ecocompatibile**
- ✓ **Minimizzazione della produzione e della pericolosità**
- ✓ **Massimizzazione riutilizzo in cicli produttivi diversi**
- ✓ **Massimizzazione del riciclo all'interno dello stesso ciclo produttivo**
- ✓ **Realizzazione di impiantistica ad elevata affidabilità per il trattamento dei rifiuti speciali (*Best Available Techniques*)**
- ✓ **Favorire l'iter autorizzativo: AIA, VIA**
- ✓ **Avviare operazione di bonifica di siti contaminati da abbandono di rifiuti industriali pericolosi (scorie, amianto, fusti, polveri, etc.)**

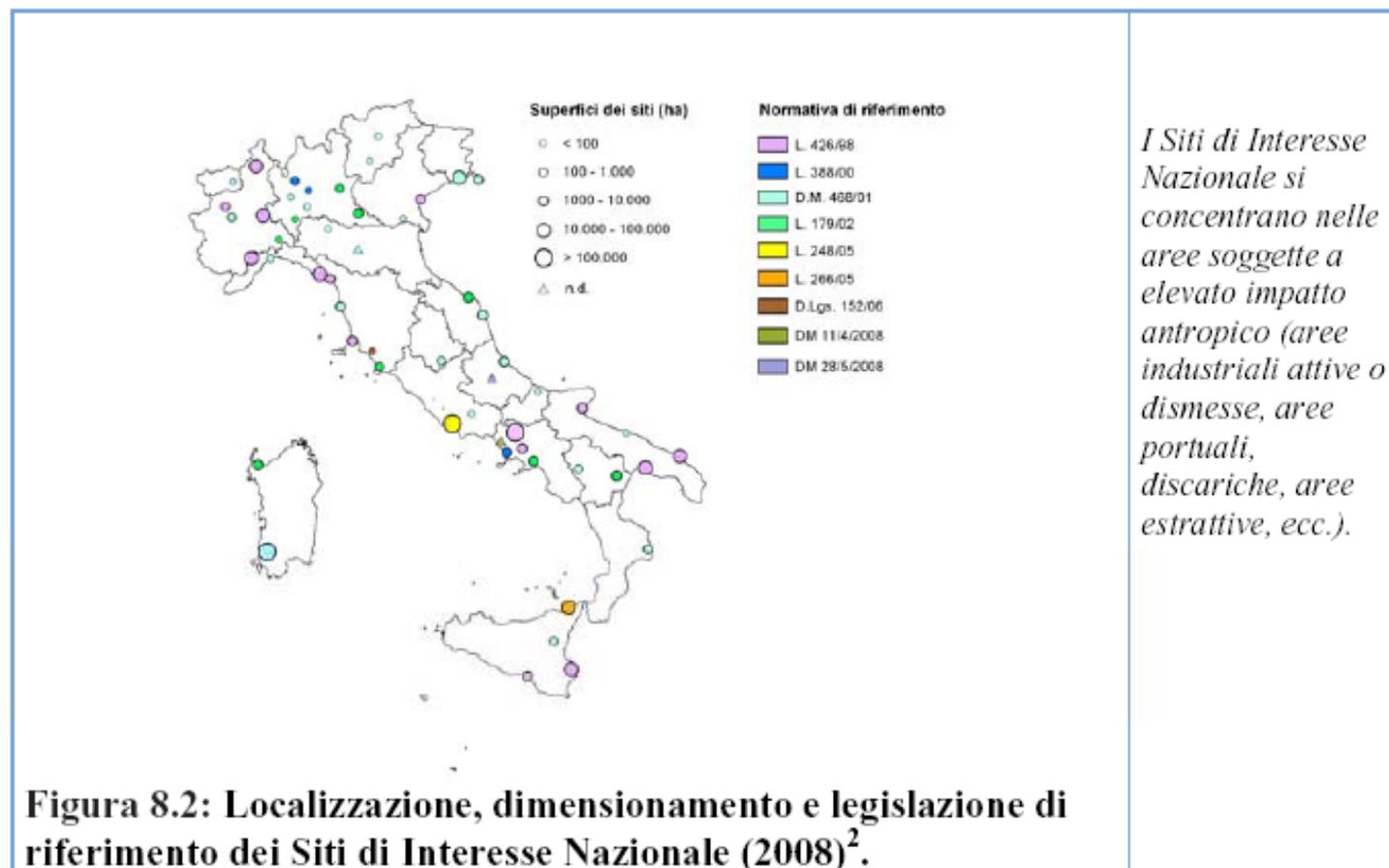
# Siti contaminati

Raffaele Cioffi



# Censimento siti contaminati

Raffaele Cioffi



# Sindrome N.I.M.B.Y.

Raffaele Cioffi

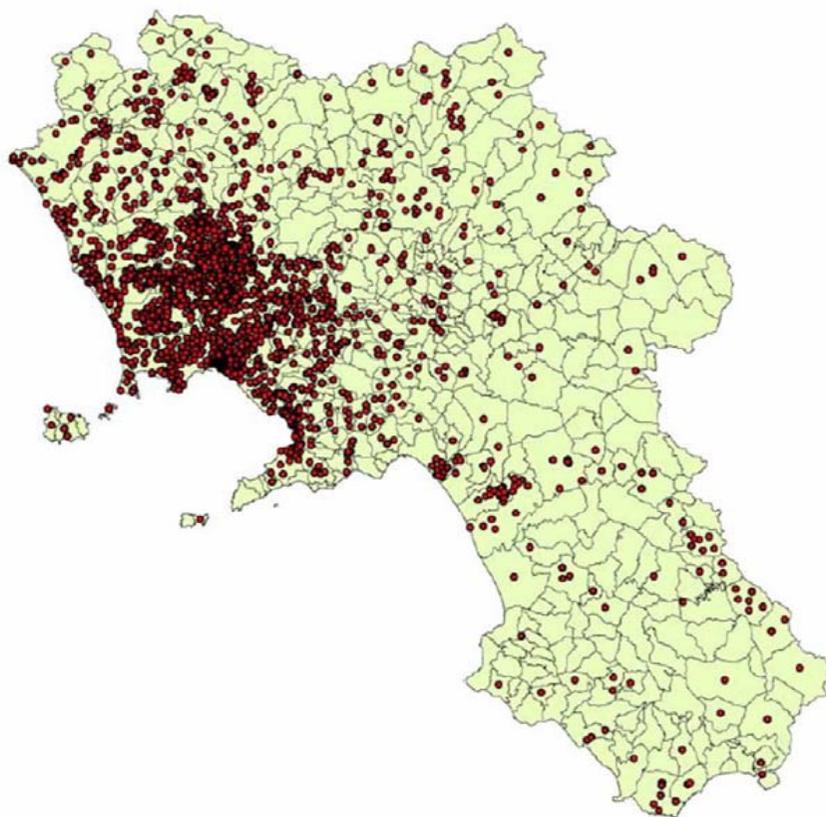
© Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
[www.CartoonStock.com](http://www.CartoonStock.com)



“No toxic waste in *my* backyard!”

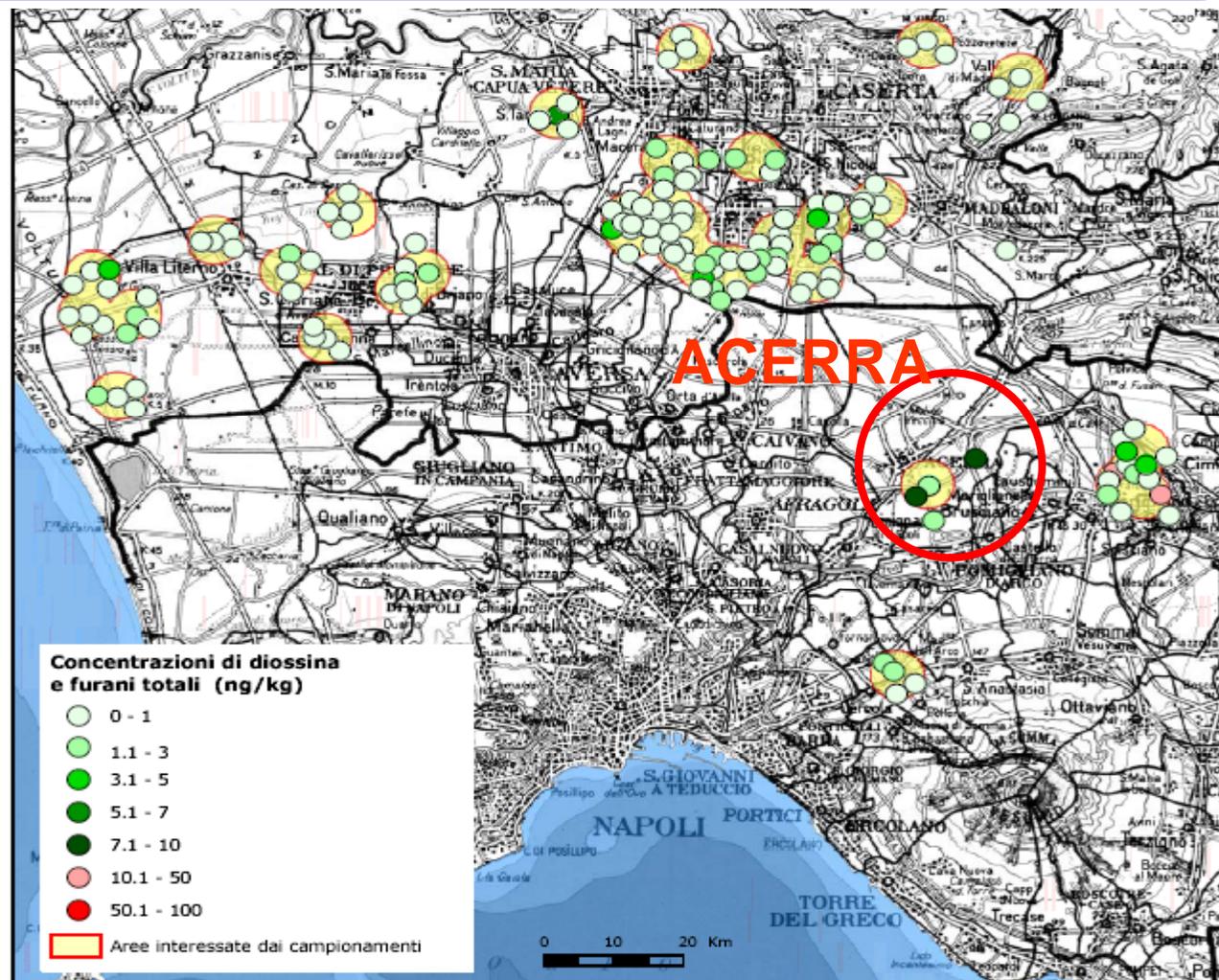
# Censimento siti contaminati

Raffaele Cioffi



# Censimento siti contaminati

Raffaele Cioffi



# Tecniche di bonifica

Raffaele Cioffi

Stabilizzazione/solidificazione terreni (*jet grouting*)

Desorbimento termico

Bio-remediation

Soil washing

Natural attenuation

In-site

Off-site

Costi

Tempi

Destinazione sito

# Bonifica abbandono rifiuti



# Grandi questioni!!!

*I problemi ambientali sono una grande emergenza in Campania. Rifiuti, bonifiche, dissesto idrogeologico, inquinamento del mare. Da cosa partirebbe per affrontare le grandi questioni ambientali?*

*Nelle settimane scorse il sottosegretario Guido Bertolaso ha fatto marcia indietro sul numero dei termovalorizzatori quando ha detto che ne basterebbero tre: lei cosa pensa a riguardo?*

# Grandi risposte?!?

*“La questione più importante e urgente, perché riguarda la salute dei cittadini, è quella dei siti contaminati che necessitano di operazioni di bonifica. In aggiunta agli interventi con fondi pubblici si dovranno incentivare bonifiche promosse da investitori privati. A questi potranno essere rilasciate, a particolari condizioni, autorizzazioni e concessioni per l'utilizzo delle aree stesse. In base ai dati Arpac, nell'anno 2008 sono stati censiti 3.733 siti contaminati o potenzialmente tali nella regione di cui solo 13 bonificati.”*

*“L'ambiente è una delle grandi risorse della nostra regione. Un efficiente sistema di depurazione delle acque, il risanamento della fascia costiera, il riassetto idrogeologico, la bonifica delle cave e l'eliminazione delle ecoballe meritano investimenti prioritari con risorse comunitarie e regionali, per la sicurezza dei cittadini, la qualità della vita, lo sviluppo economico.”*

# Grandi risposte?!?

*“Riguardo alle dichiarazioni di Bertolaso sul numero di termovalorizzatori da costruire, penso che si tratti di una valutazione di carattere tecnico che induce a ritenere di essere sulla strada giusta per risolvere in modo sistematico un'emergenza disastrosa. Grazie all'impegno del Presidente Berlusconi la fase più critica è superata. E poiché la percentuale di raccolta differenziata, che raggiunge il 12% a Napoli e 8% a Caserta deve essere raddoppiata e triplicata, è evidente che a mano a mano che si raggiungono gli obiettivi sarà possibile revisionare il piano dei rifiuti. Oggi i tecnici ritengono che siano sufficienti tre termovalorizzatori.”*

# Grandi risposte?!?

“Sui termovalorizzatori c'è tanta confusione con cifre ballerine. Bisogna completare il ciclo industriale con impianti moderni e sicuri e con una forte crescita della differenziata. Posso dire di aver ottenuto risultati importantissimi a Salerno: con il 75% è il primo capoluogo d'Italia per raccolta differenziata, abbiamo realizzato isole ecologiche per rifiuti ingombranti ed entrerà in funzione a maggio l'impianto di compostaggio; senza mai conoscere, dal 2006, un giorno d'emergenza. È questa la strada da seguire. Basteranno due termovalorizzatori: quello in funzione di Acerra da monitorare con attenzione e quello di Salerno da dimensionare sulle reali necessità.”

Si puo fare!!!!!!



**Molte grazie per la vostra  
cortese attenzione**

*Prof. Ing. Raffaele Cioffi*

Dipartimento per le Tecnologie, Università Parthenope, Napoli

Tel. +39 0815476732-6750 Fax +39 081 5476777-6774 E-mail [raffaele.cioffi@uniparthenope.it](mailto:raffaele.cioffi@uniparthenope.it)