

Dipartimento Energia

**CAMPAGNE DI TRATTAMENTO DI RIFIUTI  
RADIOATTIVI SOLIDI A BASSA ATTIVITÀ  
PROVENIENTI DAGLI IMPIANTI PILOTA  
DI RITRATTAMENTO EUREX ED ITREC  
DELL'ENEA**

MICHELE GILI  
Centro Ricerche di Saluggia, Vercelli

RT/ERG/95/09



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

Dipartimento Energia

**CAMPAGNE DI TRATTAMENTO DI RIFIUTI  
RADIOATTIVI SOLIDI A BASSA ATTIVITÀ  
PROVENIENTI DAGLI IMPIANTI PILOTA  
DI RITRATTAMENTO EUREX ED ITREC  
DELL'ENEA**

MICHELE GILI

Centro Ricerche di Saluggia, Vercelli

RT/ERG/95/09

Testo pervenuto nell'agosto 1995

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA  
rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Ente.

## **RIASSUNTO**

Il documento descrive le campagne di riduzione di volume e condizionamento di rifiuti radioattivi solidi a bassa attività, confezionati in fusti, condotte tra il 1989 ed il 1993 presso i Centri ENEA di Trisaia (Impianto ITREC) e Saluggia (Impianto EUREX), mediante supercompattazione ed inglobamento in cemento entro contenitori denominati *overpacks*. Vengono illustrate le metodiche operative e le attrezzature impiegate, i fattori globali di riduzione di volume ottenuti ed alcune considerazioni finali su questa tipologia di trattamento dei rifiuti radioattivi, il quale - se opportunamente condotto ed accoppiato ad una corretta caratterizzazione radiologica del materiale trattato - permette di risparmiare, nel breve periodo, spazio per lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti ed ottenere manufatti finali, certificati idonei allo smaltimento finale di superficie secondo la GT n°26 ANPA-DISP.

## **ABSTRACT**

The volume reduction and conditioning campaigns, upon low level solid waste drums, realised between 1989 and 1993 in the ENEA Centres of Trisaia (ITREC plant) and Saluggia (EUREX plant), by the mean of supercompactation, and cement immobilisation inside overpacks, are hereby described.

The operational techniques and the equipments used, the whole volume reduction factors obtained and some final considerations over this solid radwastes treatment procedure are shown. This method, where correctly operated and coupled to an accurate radiological characterisation, permits to save space for the waste storage in the short period and to obtain final manufacts, certified suitable for shallow burial disposal, according to italian Technical Guide n°26.

## **INDICE**

- 1     **INTRODUZIONE**
- 2     **DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI**
  - 2.1    Supercompattazione
  - 2.2    Caratterizzazione radioattiva
  - 2.3    Cementazione
  - 2.4    Gestione del personale e delle operazioni
- 3     **DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE**
  - 3.1    Superpressa ed accessori
  - 3.2    Contenimento dinamico e protezione dagli agenti atmosferici
  - 3.3    Contenitori finali (overpacks)
- 4     **QUALIFICAZIONE DEL MANUFATTO FINALE**
- 5     **TIPOLOGIA DEI RIFIUTI TRATTATI**
  - 5.1    Materiale e confezionamento
  - 5.2    Contenuto radioattivo
- 6     **QUANTITATIVI TRATTATI**
- 7     **FATTORI DI RIDUZIONE VOLUMETRICA**
- 8     **DOSI AL PERSONALE**
- 9     **RIFIUTI SECONDARI**
- 10    **VALUTAZIONI COMPLESSIVE E CONCLUSIONI**
- 11    **RINGRAZIAMENTI**
- 12    **BIBLIOGRAFIA**

## 1 INTRODUZIONE

I rifiuti radioattivi solidi di bassa attività prodotti negli impianti di ritrattamento ENEA dei C.R. di Saluggia (VC) e di Trisaia (MT) vengono differenziati all'atto della produzione, dividendoli nelle due categorie dei "combustibili" e degli "incombustibili".

Questa suddivisione era funzionale ad un successivo trattamento di riduzione di volume e condizionamento che, per la categoria "combustibili", prevedeva un pretrattamento di incenerimento ed il successivo condizionamento dei prodotti della combustione.

Tale metodologia, che presenta fattori di riduzione di volume molto elevati e che è tuttora praticata presso produttori nazionali ed esteri, non è stata più perseguita presso l'ENEA per motivi che esulano da considerazioni puramente tecniche.

Tuttavia, in tempi recenti, si è posto il problema di ridurre di volume e condizionare in maniera idonea allo smaltimento definitivo, i quantitativi di rifiuti solidi a bassa attività che risultano immagazzinati, presso i Centri di Ricerca suddetti, quale residuo delle passate attività di R&S sul ciclo del combustibile nucleare.

Una soluzione alternativa all'incenerimento è stata quella di ridurre i volumi di rifiuti tramite compattazione e condizionare in cemento il manufatto finale, per ottenere caratteristiche di migliore conservazione nel tempo e per disporre di un prodotto finale idoneo al futuro smaltimento finale.

Il presente documento descrive le tre campagne di supercompattazione<sup>1</sup> (due presso il C.R. di Trisaia ed una presso quello di Saluggia { 1, 2, 3 }) con le quali sono stati trattati e condizionati circa 1790 m<sup>3</sup> di rifiuti radioattivi solidi a bassa attività, ottenendo 540 m<sup>3</sup> di manufatti condizionati.

L'apparecchiatura utilizzata effettua la supercompattazione di fusti petroliferi da 220 L in lamiera, contenitori tipicamente utilizzati per il confezionamento dei rifiuti solidi a bassa attività. Nelle campagne descritte si sono perciò trattati rifiuti confezionati entro contenitori di questo tipo. In un caso (Saluggia) si è colta l'occasione della campagna per ridurre di volume e confezionare in fusti (poi supercompattati) anche alcuni componenti metallici di grosse dimensioni.

---

<sup>1</sup> Date le caratteristiche di elevata spinta della macchina utilizzata per tali campagne, il trattamento è stato denominato con il nome di "supercompattazione", e così viene qui citato.

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI

### 2.1 Supercompattazione

L'operazione di supercompattazione è distinta in due fasi: nella prima (supercompattazione vera e propria) il fusto viene schiacciato con un pistone ad elevata spinta e ridotto a volumi inferiori a quelli originari (il fattore varia da 3 a 10). I fusti così schiacciati (denominati "pizze", "cialde" o *pellets*) vengono introdotti in un contenitore di maggiori dimensioni (*overpack*) che ne assicura il contenimento.

Opzionalmente è possibile immobilizzare il contenuto degli *overpacks* con un colata di cemento (cementazione), ottenendo così un manufatto finale monolitico, idoneo allo smaltimento finale. Le tre campagne eseguite hanno compreso tutte la cementazione finale degli *overpacks*.

In Figura 1 è schematizzato un "ciclo completo" di operazione, dal prelievo dei fusti alla cementazione finale dell'*overpack*, in Figura 2 è visibile un fusto prima e dopo la supercompattazione.

All'uscita delle *pellets* dalla macchina è presente una rulliera con alcuni *overpacks* in attesa, allo scopo di ottimizzare il riempimento di ciascun *overpack* in base alle dimensioni presentate dalle *pellets* in uscita.

### 2.2 Caratterizzazione radioattiva

La caratterizzazione radioattiva del manufatto finale può essere effettuata individuando ogni singolo fusto (caratterizzato) all'atto dell'introduzione nella superpressa e caratterizzando di conseguenza l'*overpack* tramite le *pellets* introdotte (procedura seguita all'ENEA).

Altri produttori, che eseguono la supercompattazione, preferiscono invece rimandare la fase di caratterizzazione analizzando l'*overpack* riempito<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> La caratterizzazione fusto per fusto, benché notevolmente più onerosa, dato che necessita della disponibilità dei dati di caratterizzazione di ogni fusto e della registrazione di ogni *pellet* entro gli *overpacks*, risulta però maggiormente accurata.

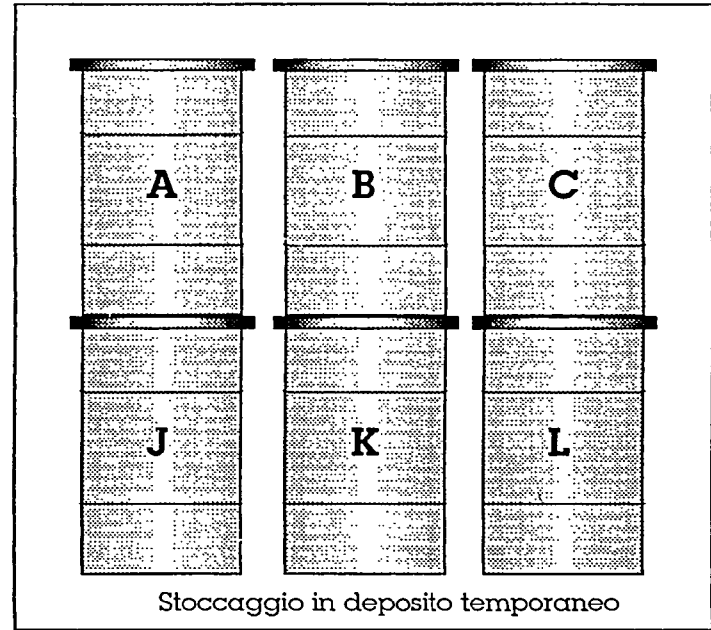
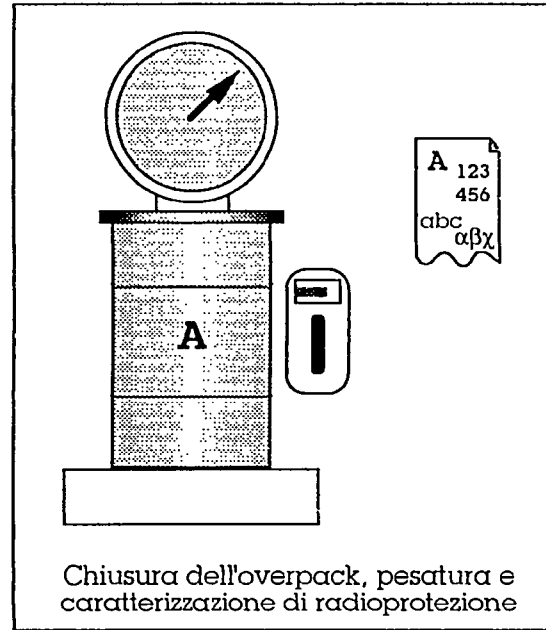
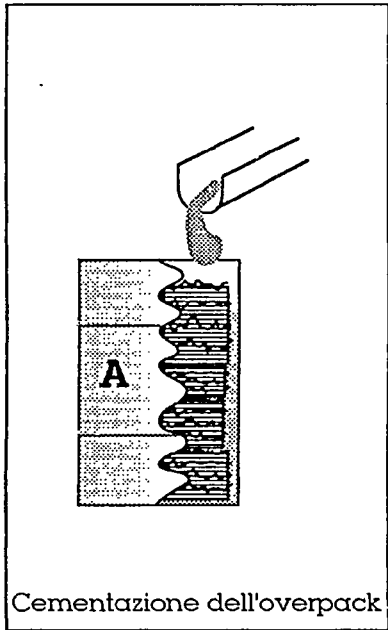
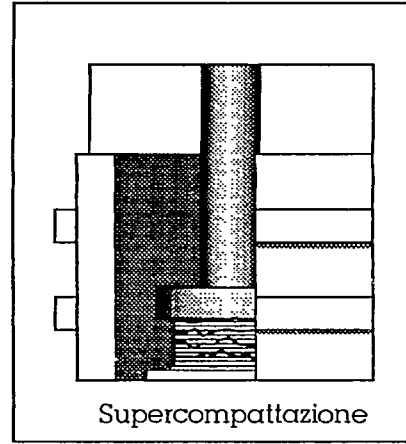
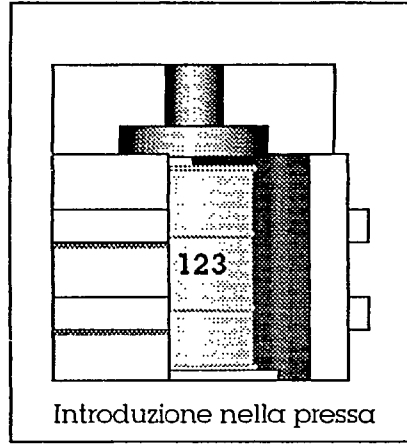
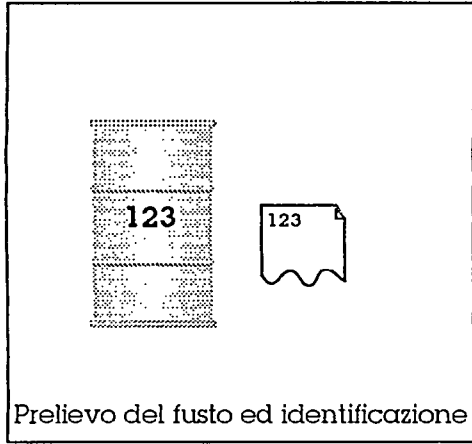
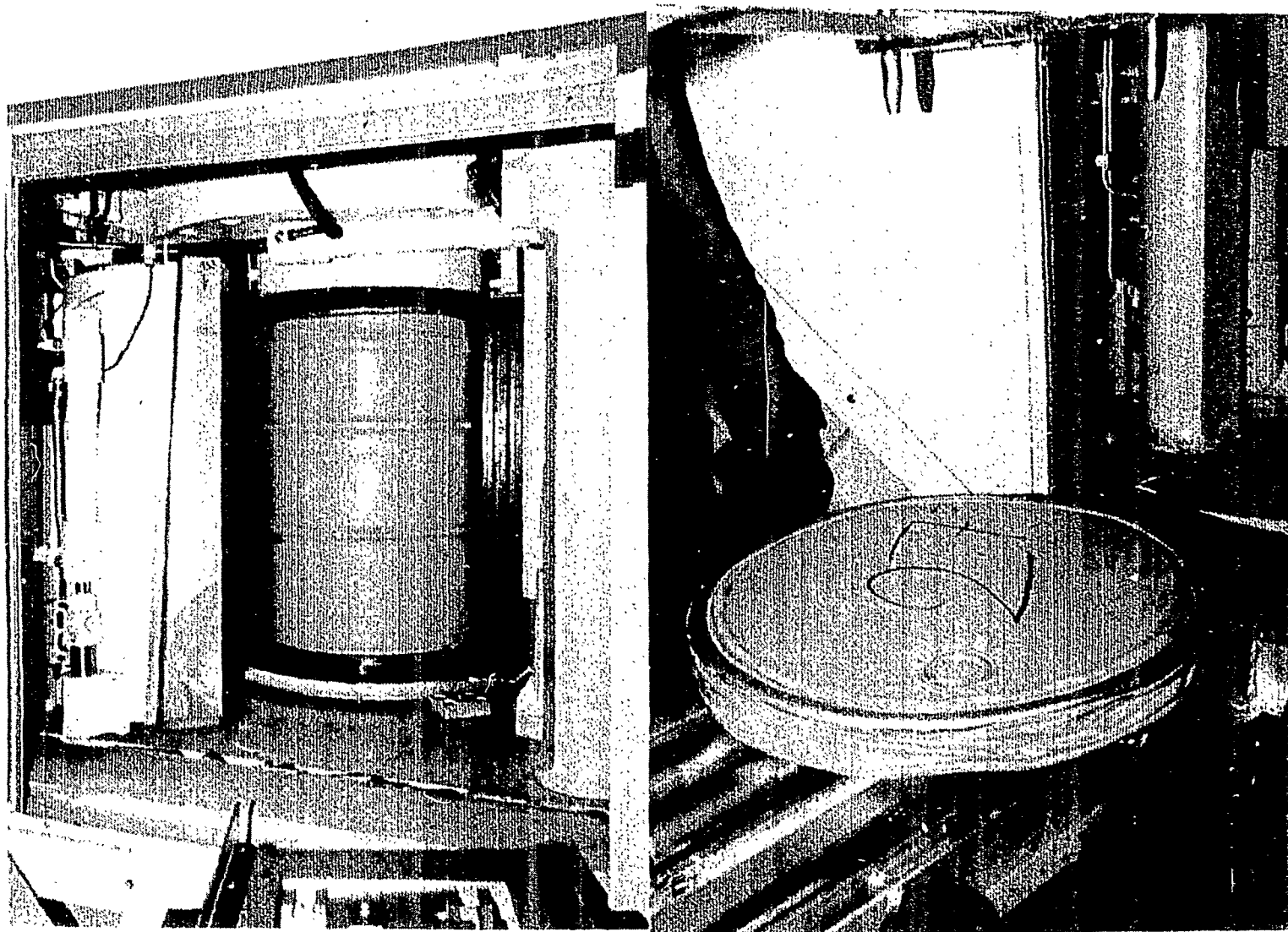


FIGURA 1





*FIGURA 2: Fusti di rifiuti solidi prima e dopo la supercompattazione*

### 2.3 Cementazione

Per motivi di maggior stabilità nel tempo del manufatto finale, allo scopo di immobilizzare le *pellets* entro l'*overpack* ed evitare la presenza all'interno del manufatto di umidità residua, che potrebbe danneggiare col tempo il contenitore, le operazioni sono concluse effettuando un inglobamento con cemento degli *overpacks* già riempiti.

Durante la colata di cemento, il contenitore viene vibrato mediante una tavola elettropneumatica allo scopo di assestare convenientemente il contenuto ed espellere eventuali bolle d'aria.



*La cementazione tramite betoniera presso il C.R. Saluggia*

Dopo la cementazione, gli *overpacks* sono posti in maturazione, senza coperchio, per il tempo necessario ad una completa presa del cemento (24-48 ore). Il controllo visivo dell'assenza di liquidi liberi, la chiusura ed i controlli di radioprotezione (contaminazione esterna e rateo di esposizione) ed infine il trasporto allo stoccaggio temporaneo concludono l'operazione.



*La maturazione degli overpacks cementati*



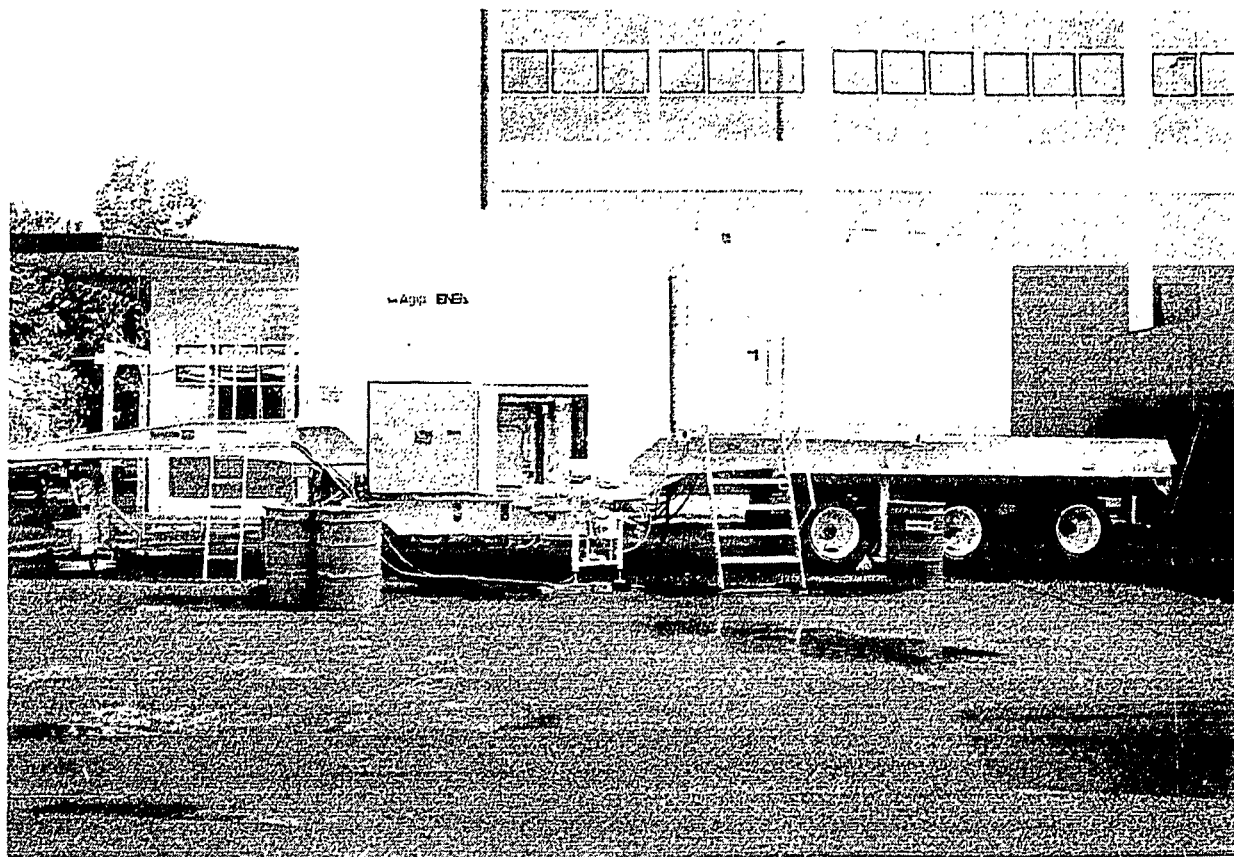
*Il trasporto allo stoccaggio definitivo*

## 2.4 Gestione del personale e delle operazioni

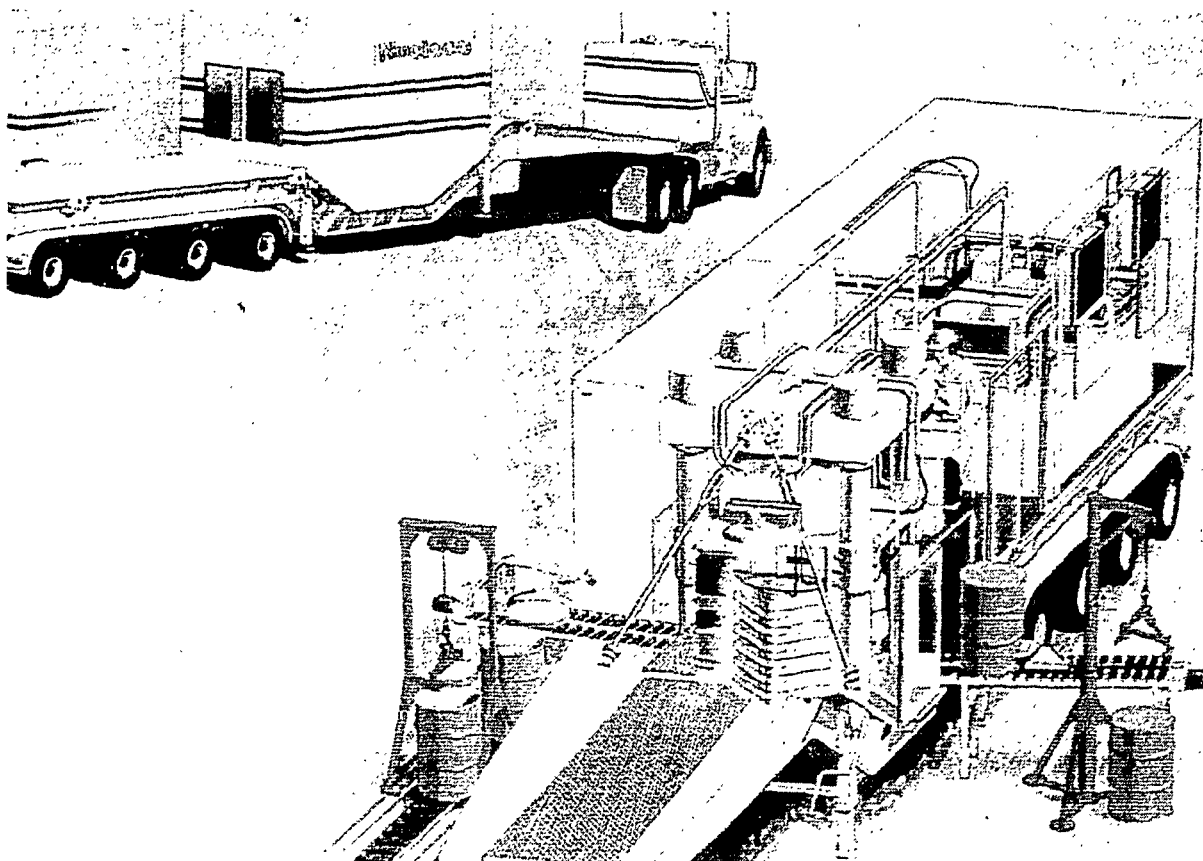
Nelle campagne eseguite presso il C.R. Trisaia, la NUCLECO ha gestito in pratica le operazioni, assumendosi la responsabilità della conduzione della Superpack, del carico dei fusti, dell'introduzione degli stessi, supercompattati, negli *overpacks* ed infine della cementazione degli *overpacks*, mentre il personale ENEA ha garantito la movimentazione dei materiali da e per le aree di stoccaggio, la raccolta ed archiviazione dati e la sorveglianza fisica della radioprotezione.

Nella campagna presso il C.R. Saluggia la gestione delle operazioni è stata tutta dell'ENEA, avendo preso la Superpack a nolo dalla NUCLECO, con relativo operatore di manovra.

La differenza tra le due campagne è consistita anche nelle modalità di cementazione: presso il C.R. Trisaia venne effettuata la cementazione di ogni *overpack* man mano prodotto; presso il C.R. Saluggia invece, la cementazione è stata effettuata al termine delle operazioni, su tutti gli *overpacks* complessivamente prodotti.



*FIGURA 3: La Superpack*



*FIGURA 4: La Superpack: spaccato*

### 3 DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE

#### 3.1 Superpressa ed accessori

La superpressa impiegata è la Superpack TM 2000 della Hansa Project di Amburgo (D), costruita per compattare fusti petroliferi da 220 L, con una spinta da 2000 tonnellate, di proprietà della NUCLECO.

In Figura 3 è visibile la pressa (lato introduzione pellets), con i due moduli (il gruppo idraulico a destra, il gruppo di compattazione a sinistra) che costituiscono l'insieme operativo, ed in Figura 4 uno spaccato della stessa.

Alla pressa installata, viene collegato l'insieme esterno per il riempimento degli *overpacks*, costituito da:

- un carrello mobile con forca, che estrae le *pellets* dalla camera di compattazione
- un *tapis roulant*, sul quale vengono spinte le *pellets*
- un paranco per il prelievo delle *pellets*
- una guida a rulli, componibile a piacere, dove vengono posizionati gli *overpacks* in stazionamento, durante l'introduzione delle *pellets*
- una betoniera, per la preparazione della malta di inglobamento<sup>3</sup>.

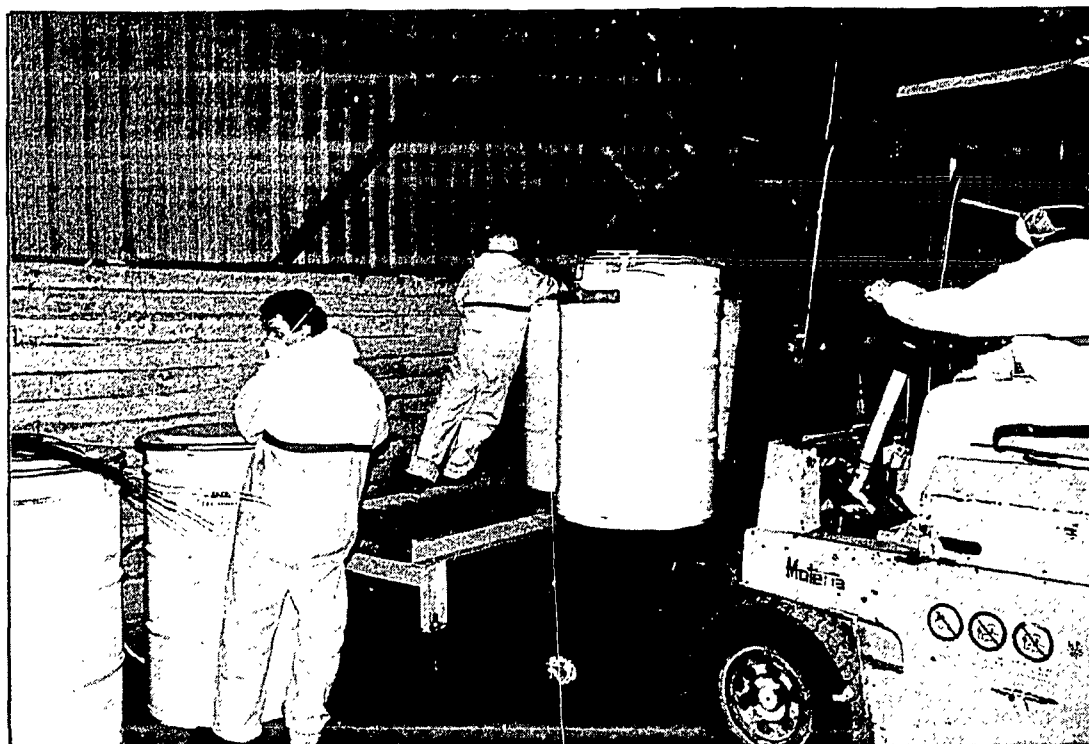


---

<sup>3</sup> Per motivi di comodità operativa, nella campagna Saluggia è stato utilizzato un fornitore esterno di malta (betoniera).

### *La colata di cemento*

L'*overpack* cementato viene movimentato lungo la guida a rulli, per essere chiuso e pesato ed infine portato all'area di stoccaggio provvisorio.



### *La rulliera di movimentazione*

## **3.2 Contenimento dinamico e protezione dagli agenti atmosferici**

La superpressa è stata progettata e concepita per eseguire campagne senza necessità di collegamento a sistemi di ventilazione esterni e di protezione dagli agenti atmosferici.

È a tal fine dotata un proprio sistema di contenimento dinamico della camera interna di pressatura (ventilatore e filtri assoluti di espulsione), e viene fornita assieme al materiale necessario per ricoprire e delimitare l'area operativa (sistema modulare di sostegni metallici e telone di copertura)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Nella campagna Saluggia è stato utilizzato come riparo, un capannone disponibile in loco.

### 3.3 Contenitori finali (*overpacks*)

Gli *overpacks* utilizzati sono qualificati<sup>5</sup> come colli industriali tipo IP2, secondo la normativa internazionale di trasporto IAEA 1985.

Normalmente sono fusti in lamiera rinforzata, di diametro superiore a quello dei fusti; gli *overpacks* utilizzati all'ENEA contengono internamente una gabbia, alla quale vengono fissate le *pellets*, per evitarne il "galleggiamento" durante la cementazione e per garantire uno spessore sufficiente del guscio di cemento laterale.



*Fusti entro l'overpack, in attesa della cementazione*

---

<sup>5</sup> Per *overpacks* di peso complessivo inferiore a 850 kg.



## 4 QUALIFICAZIONE DEL MANUFATTO FINALE

Nella prima campagna Trisaia-1 è stata definita tra ENEA e DISP - con l'assistenza tecnica di NUCLECO - una procedura di qualificazione del manufatto {4}, che ha comportato l'esecuzione di controlli e prove sia sugli *overpacks* tal quali, che su simulacri cementati.

Le prove hanno permesso di qualificare l'*overpack* come contenitore, definendone le specifiche di costruzione {5, 6}, e di stabilire le caratteristiche della malta impiegata per l'immobilizzazione delle *pellets* entro l'*overpack* {7, 8}.

Nel corso delle tre campagne ENEA gli *overpacks* sono stati approvvigionati in base alla stessa specifica, mentre la composizione della malta è stata definita in base alle possibilità di approvvigionamento del momento, eseguendo controlli su provini.

## 5 TIPOLOGIA DEI RIFIUTI TRATTATI

### 5.1 Materiale e confezionamento

La suddivisione dei rifiuti in "combustibili" e "non combustibili" non è ovviamente finalizzata ad un loro eventuale trattamento di supercompattazione. Tuttavia, le caratteristiche dei rifiuti tipicamente "combustibili", quali carta, stracci, indumenti protettivi, etc. (denominati all'estero come *technological wastes*) li rendono anche suscettibili di una riduzione di volume con questa metodica.

Questo trattamento può ovviamente essere esteso, in linea di principio, a tutti i rifiuti (anche "incombustibili"), ma la sua applicazione non è conveniente qualora non sia possibile ottenere riduzioni di volume sostanziali (cfr. il successivo Cap. 7).

Le campagne di supercompattazione eseguite presso l'ENEA si sono perciò sempre orientate verso rifiuti di tipo "combustibile" ma hanno poi anche interessato rifiuti di tipo "incombustibile" (tipicamente spezzoni metallici e filtri della ventilazione), di determinate caratteristiche.

## 5.2 Contenuto radioattivo

Come già segnalato, in ENEA è stata adottata la metodica di caratterizzare il manufatto finale (*overpack*) tramite la caratterizzazione delle *pellets* introdotte.

La caratterizzazione ha lo scopo di verificare che il manufatto finale rispetti i limiti di contenuto radioattivo per rifiuti non condizionati<sup>6</sup> destinati allo smaltimento di superficie (GT 26 Cat.II Tabella 2).

Questa metodica, se da un lato richiede la registrazione di ogni singolo fusto entro l'*overpack*, dall'altro però permette anche di supercompattare fusti che di per sé eccedano i limiti di GT 26 Tab. 2, controllando che tuttavia il contenuto totale di radioattività nell'*overpack* non superi tali limiti.

La caratterizzazione dei fusti è stata effettuata utilizzando correlazioni tra il rateo di esposizione a contatto e contenuto interno di radioattività, confermandole in alcuni casi tramite sistemi di spettrometria  $\gamma$  {9}.

## 6 QUANTITATIVI TRATTATI

Le campagne hanno interessato complessivamente i seguenti quantitativi di fusti:

CAMPAGNA	PERIODO	FUSTI TRATTATI	OVERPACKS PRODOTTI
Trisaia-1	Gen-Mag '89	1449	326
Trisaia-2	Dic '91-Mar '92	3457	515
Saluggia	Set-Nov '93	3051	376
<b>TOTALE</b>	<i>(n° di colli)</i>	7957	1217
	<i>(m<sup>3</sup>)</i>	1790	540

---

<sup>6</sup> La cementazione successivamente effettuata negli *overpacks* (imposta dall'Autorità di Controllo) è considerata un'immobilizzazione del contenuto interno e non un condizionamento propriamente detto.

## 7 FATTORI DI RIDUZIONE VOLUMETRICA

I fattori di riduzione di volume<sup>7</sup> che possono essere ottenuti dipendono principalmente dalle condizioni dei rifiuti entro i fusti: fusti contenenti rifiuti senza alcuna precompattazione (tipicamente 10-30 kg per fusto) presentano riduzioni di volume notevoli (8-10), mentre per fusti che siano già stati precompattati all'atto della produzione o contenenti materiale metallico, difficilmente si ottengono fattori di riduzione di volume superiori a tre.

In Tabella A si sono sintetizzate le riduzioni di volume ottenute dall'operazione. In tale tabella la riduzione di volume è stata considerata sia in termini di volume effettivo (il volume occupato dal fusto o dall'*overpack*) che in termini di volume di stoccaggio (il parallelepipedo che il fusto o l'*overpack* occupano concettualmente, dato che gli spazi vuoti di accatastamento non possono venir comunque sfruttati).

Va notato (Figura 5) come un fusto petrolifero da 220 L (volume effettivo 225 L) occupi in realtà un volume di stoccaggio di 286 L, mentre un *overpack* da 380 L (volume effettivo 444 L) abbia un volume di stoccaggio di 566 L e quindi un "fattore di occupazione di volume" più sfavorevole.

L'occupazione di superficie (m<sup>2</sup> di area di stoccaggio per m<sup>3</sup> di rifiuto) è invece all'incirca pari, nell'ipotesi - operativamente perseguibile - di riuscire ad accatastare fusti su cinque piani od *overpacks* su quattro.

---

<sup>7</sup> I fattori qui presentati non sono quelli "grezzi" offerti dalla superpressa (volume fusto/volume *pellets*), generalmente più elevati ma non molto significativi, dato che i volumi di stoccaggio finale sono rappresentati dagli *overpacks* cementati e l'*overpack*, come si è detto, presenta spazi vuoti tra *pellet* e *pellet* e tra *pellets* e parete esterna per la penetrazione della malta di immobilizzazione.

## 8 DOSI AL PERSONALE

Lo specchio seguente riporta le registrazioni di dose assorbita durante le tre campagne. Si noti la sostanziale equivalenza nelle tre campagne.

CAMPAGNA	PERSONALE COINVOLTO	DOSE ASSORBITA <i>[mSv•uomo]</i>
Trisaia-1	12	7,73
Trisaia-2	17	6,45
Saluggia	31	7,72

## 9 RIFIUTI SECONDARI

Un aspetto da non trascurare in operazioni di questo genere è la produzione di rifiuti secondari, che - a volte, sotto determinate circostanze - può assumere aspetti non trascurabili.

Nel caso delle operazioni di supercompattazione, oltre al normale materiale operativo che si produce in operazioni di questo tipo (indumenti protettivi e residui da decontaminazioni locali), la superpressa genera reflui liquidi, costituiti da una miscela di acqua (contenuta a volte entro i fusti e che viene "spremuta" durante la supercompattazione) ed olio, utilizzato per la frequente lubrificazione del pistone.

CAMPAGNA	RIFIUTI SOLIDI SECONDARI <i>[fusti 220 L]</i>	RIFIUTI LIQUIDI SECONDARI <i>[L]</i>
Trisaia-1	10	6000
Trisaia-2	20	600
Saluggia	60*	500

(\*) Supercompattati all'atto stesso della produzione.

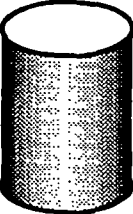
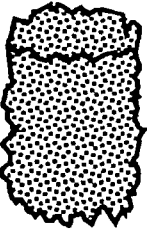
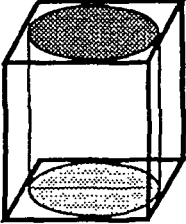
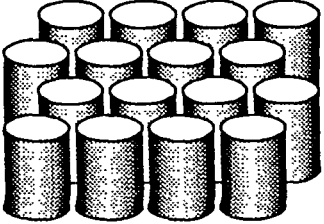
	FUSTO PETROLIFERO	OVERPACK
 <p>VOLUME DEL COLLO [L]</p>	225	444
 <p>VOLUME CONTENUTO NETTO DI RIFIUTO [L]</p>	220	380
 <p>VOLUME DI STOCCAGGIO OCCUPATO EFFETTIVO [L]</p>	286	566
 <p>AREA OCCUPATA PER 100 m<sup>3</sup> DI COLLI [m<sup>2</sup>] (1 piano - massimo avvicinamento)</p>	144	115

FIGURA 5

**TABELLA A**

	QUANTITÀ	PESO LORDO [ton]	VOLUME			AREA OCCUPATA* [m <sup>2</sup> ]	
			RIFIUTO	[m <sup>3</sup> ] COLLO	STOCCAGGIO		
<b>TRISAIA-1</b>	FUSTI	1449	113,4	318,8	326,0	414,4	94,2
	OVERPACKS	326	232,5	123,9	144,7	184,5	41,5
	FATTORE DI RIDUZIONE	<b>4,44</b>	<b>0,49</b>	<b>2,57</b>	<b>2,25</b>	<b>2,25</b>	<b>2,27</b>
<b>TRISAIA-2</b>	FUSTI	3457	198,8	760,5	777,8	988,7	224,6
	OVERPACKS	515	376,3	195,7	228,7	291,5	65,6
	FATTORE DI RIDUZIONE	<b>6,71</b>	<b>0,53</b>	<b>3,89</b>	<b>3,40</b>	<b>3,39</b>	<b>3,42</b>
<b>SALUGGIA</b>	FUSTI	3051	136,5	671,2	686,5	872,6	198,3
	OVERPACKS	376	277,0	142,9	166,9	212,8	47,9
	FATTORE DI RIDUZIONE	<b>8,11</b>	<b>0,49</b>	<b>4,70</b>	<b>4,11</b>	<b>4,10</b>	<b>4,14</b>
							* piani di 5 fusti o 4 overpacks
<b>TOTALE</b>	FUSTI	7957	448,7	1750,5	1790,3	2275,7	517,0
	OVERPACKS	1217	885,8	462,5	540,3	688,8	155,1
	FATTORE DI RIDUZIONE	<b>6,54</b>	<b>0,51</b>	<b>3,79</b>	<b>3,31</b>	<b>3,30</b>	<b>3,33</b>

*Fattori di riduzione volumetrica*

Mentre per quanto riguarda la produzione di liquidi non sono possibili particolari accorgimenti per limitarne la quantità, dato che provengono principalmente dai fusti stessi e sono conseguenza delle modalità con cui sono stati stoccati<sup>8</sup>, per i rifiuti solidi secondari è conveniente cercare - per quanto possibile - di supercompattare i fusti relativi finché la campagna è in corso.

Nel caso della campagna Saluggia, tale pratica ha permesso di riutilizzare, per il confezionamento transitorio di detti rifiuti secondari, in attesa della supercompattazione immediatamente successiva, fusti provenienti da operazioni di bonifica, cioè fusti che avevano presentato in passato segni di degradamento ed il cui contenuto fu riconfezionato in fusti nuovi.

## 10 VALUTAZIONI COMPLESSIVE E CONCLUSIONI

Le campagne di supercompattazione presso i C.R. Trisaia e Saluggia hanno permesso di effettuare la riduzione di volume e condizionamento di quasi 1800 m<sup>3</sup> di fusti, con una riduzione di volume superiore a 3,3.

Oltre alla riduzione prima citata, di valore inferiore a quella che può essere ottenuta con un trattamento di incenerimento ma comunque soddisfacente, la supercompattazione ha permesso di condizionare, in maniera idonea per uno smaltimento finale in superficie, un'elevata percentuale dei rifiuti prodotti, nel corso della loro attività, dagli impianti ITREC ed EUREX, risolvendo anche eventuali preoccupazioni, legate alla stabilità dei precedenti contenitori, nel periodo di stoccaggio intermedio in attesa dello smaltimento.

Le dosi assorbite sono state complessivamente contenute ed i volumi secondari prodotti rappresentano solo una frazione della massa trattata.

I tempi ed i costi legati al trasporto ed all'installazione della superpressa sui siti di trattamento, consigliano di effettuare campagne di supercompattazione solo su quantitativi di fusti elevati, indicativamente non inferiori al migliaio.

---

<sup>8</sup> Le cause principali sono la presenza all'interno di acque piovane, per prolungati stoccaggi all'aperto o di contenitori di soluzioni di svariata provenienza.

## 11 RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano:

- D.Martinelli (RES-INE) per la documentazione fotografica
- La NUCLECO per le fotografie della Superpack e le specifiche
- Il personale del Dipartimento ex-COMB e del Settore ERG-RAD del CR Trisaia
- Il personale del Settore ERG-RAD del CR Saluggia.

## 12 BIBLIOGRAFIA

- {1} (RTI)COMB-ITREC(89)213 • “Relazione finale sulle attività relative alle operazioni di supercompattazione e cementazione di rifiuti radioattivi solidi di II Categoria” • 1989.
- {2} Doc.T.F. NUC-IMP-ITREC(92)203 • “Relazione finale sulle attività relative alla 2ª campagna di supercompattazione e cementazione dei rifiuti radioattivi solidi di II Categoria” • 1992.
- {3} (RTI)ERG-RAD-TRA(94)3 • “Relazione finale sulle attività relative alle operazioni di supercompattazione e cementazione di rifiuti radioattivi solidi di II Categoria” • Giugno 1994.
- {4} NUCLECO ATEC/QUPR-800127-S-016 • “Campagna CRE Trisaia - Programma di qualificazione di manufatti contenenti cialde di supercompattazione inglobate in malta cementizia ai fini della GT 26 dell'ENEA-DISP” • Rev.1 Ottobre 1988.
- {5} NUCLECO ATEC/UTRO-800127-S-001 • “Specifica tecnica per la realizzazione dei contenitori finali per la campagna di supercompattazione Trisaia” • Rev.3 Aprile 1992.
- {6} Dis. NUCLECO ATEC-800118-D-017 • Rev.6 Aprile 1992.
- {7} NUCLECO ATEC/QUPR-800127-S-004 • “Specifica per la realizzazione della malta cementizia da impiegare per l'inglobamento delle cialde ottenute dalla supercompattazione” • Aprile 1988.
- {8} NUCLECO ATEC/QUPR-800141-S-021 • “Specifica per la realizzazione della malta cementizia da impiegare per l'inglobamento di cialde di supercompattazione” • Dicembre 1991.
- {9} (NT)NUC-IMP-EUREX(92)7 • “Caratterizzazione dei rifiuti solidi comprimibili/combustibili EUREX - in base alla GT 26 ENEA-DISP - tramite misure di spettrometria gamma” • Maggio 1992



Edito dall'Enea  
*Direzione Relazioni Esterne*  
V. le Regina Margherita, 125 - 00198 Roma  
Finito di stampare nel mese di settembre 1995  
presso il Tecnografico