

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901850523A1

Publication Date

20111222

Applicant

ENEA - AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO

Title

PROCESSO PER LA DETRIZIAZIONE DI SOFT HOUSEKEEPING WASTE E  
IMPIANTO RELATIVO

Domanda di Brevetto per Invenzione dal titolo:  
PROCESSO PER LA DETRIZIAZIONE DI SOFT HOUSEKEEPING  
WASTE E IMPIANTO RELATIVO; a nome di ENEA - Agenzia  
Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo  
Sviluppo Economico Sostenibile, con sede in  
Lungotevere G.A. Thaon di Revel 76 - 00196 Roma; e di  
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES  
ALTERNATIVES, con sede in BATIMENT LE PONANT D, 25  
Rue LEBLANC, 75015 PARIGI (Francia).

Inventori Designati: Nicolas GHIRELLI, Silvano TOSTI,  
Pierre TRABUC, Fabio BORGOGNONI,  
Karine LIGER, Alessia SANTUCCI,  
Xavier LEFEBVRE.

\*\*\*\*\*

### **Riassunto**

La rimozione del trizio ( $^3\text{H}$ , T) da tutti i materiali che ne sono contaminati è un processo fondamentale per tutti gli impianti che operano con trizio. Tale processo ha due importanti funzioni: la prima riguarda la limitazione del rilascio di trizio fuori dagli impianti, la seconda è legata alla possibilità di stoccare materiali già completamente de-categorizzati (con livelli di contaminazione molto più bassi e quindi con costi di stoccaggio molto inferiori). Fino ad oggi i processi utilizzati per

recuperare il trizio da tali materiali prevedono come sottoprodotto acqua triziata, con una bassa concentrazione di trizio, e, a volte, ulteriori flussi gassosi radioattivi.

Il processo secondo la presente invenzione propone una soluzione a questo problema. In tale innovativo processo, infatti, il trizio viene recuperato dai rifiuti grazie ad un trattamento termico ( $T < 120^{\circ}\text{C}$ ), in un atmosfera leggermente ossidante. Il trovato prevede l'impiego di un reattore in cui avviene la reazione per la rimozione del trizio dai rifiuti, che viene recuperato mediante un flusso di gas inerte umido nel quale si utilizza una bassissima percentuale di umidità. I rifiuti riscaldati rilasciano una corrente di gas triziati, questa corrente di gas viene rimossa dal reattore tramite il gas inerte umido che la trasporta all'interno di un reattore a membrana per la decontaminazione. Il reattore a membrana, infatti, è in grado di rimuovere selettivamente il trizio presente nella miscela di gas: si ha così il duplice vantaggio di purificare la miscela di gas e di recuperare il trizio in essa contenuto.

Una migliore comprensione dell'invenzione si avrà con la seguente descrizione dettagliata e con

riferimento alle figure allegate che illustrano, a puro titolo esemplificativo e non già limitativo, una preferita forma di attuazione.

Nei disegni:

La Figura 1 mostra uno schema completo di un processo di tipo noto;

La Figura 2 mostra uno schema completo di un ulteriore processo di tipo noto;

La Figura 3 è uno schema a blocchi di un impianto di attuazione del processo secondo il trovato;

La Figura 4 mostra in maniera più particolareggiata l'impianto di fig. 3;

La figura 5 è uno schema di un reattore di detritizzazione utilizzato nel procedimento secondo la presente invenzione;

La figura 5bis è uno schema di un reattore a membrana di tipo noto; e

La figura 6 è uno schema di un reattore a membrana utilizzato nel procedimento secondo la presente invenzione.

## **1. Stato dell'arte**

La gestione dei rifiuti radioattivi è un problema critico sia per gli impianti che utilizzano trizio, sia per le macchine a fusione che prevedono

sperimentazioni con trizio. I cosiddetti "soft house keeping waste" vengono prodotti durante l'intera vita di utilizzo e anche durante lo smaltimento dei suddetti impianti e macchine (JET, ITER, DEMO), il loro trattamento, quindi, è un argomento di fondamentale importanza.

All'interno di un impianto nucleare, si stima che la quantità di "housekeeping waste" prodotta è pari a circa  $0.2 \text{ kg h}^{-1} \text{ lavoratore}^{-1}$ . I rifiuti cosiddetti "soft housekeeping" comprendono guanti, copri-scarpe, copri-vestiti, filtri per gas, carta, etc...

Al fine di determinare i processi di trattamento più promettenti, negli ultimi anni sono state studiate su scala di laboratorio diverse tecniche finalizzate alla rimozione del trizio da questi rifiuti [2]. La maggior difficoltà è quella di trovare un compromesso tra: un adeguato fattore di decontaminazione, che si traduce in una potenziale de-categorizzazione dei rifiuti finali, e un volume accettabile di prodotti provenienti dal processo di detritizzazione.

Tra tutte le tecniche illustrate nei riferimenti [3], un processo già studiato con buone caratteristiche di efficacia e fattibilità

industriale, è quello relativo alla combustione continua con ossigeno puro a pressione atmosferica. In questo processo, i gas prodotti durante la combustione necessitano di essere trattati prima di venire immagazzinati.

La Figura 1 illustra lo schema completo di tale processo noto, nel quale si ha un'unità di trattamento dei gas che prevede le seguenti fasi: separazione dei solidi e del flusso dei gas attraverso un ciclone, condensazione dell'acqua triziata ( $4^{\circ}\text{C}$ ), neutralizzazione dei gas non condensabili attraverso una soluzione di KOH (50% in peso) e, come operazione finale, l'assorbimento su un letto a setaccio molecolare di  $\text{Q}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{NO}_x$  (la lettera Q sta ad indicare genericamente un isotopo dell'idrogeno e quindi anche trizio).

Per quanto riguarda il processo descritto nel riferimento [4] e illustrato in Figura 2, esso è basato sull'iniezione di vapore in un contenitore (1) dove i rifiuti (essiccati) vengono preventivamente caricati. Il vapore acqueo prodotto nel generatore di vapore (7) viene messo in (1) in stretto contatto con i rifiuti e promuove l'estrazione del trizio da essi. Il vapor d'acqua contaminato viene inviato in un condensatore a due stadi attraverso la tubazione (9).

Il primo stadio (11) opera a 15°C, mentre il secondo stadio (13) opera alla temperatura dell'azoto liquido: in questo modo tutto il trizio può essere raccolto sotto forma di acqua triziata nel serbatoio (15). Lo svantaggio principale di questo metodo noto è rappresentato dal fatto che per separare il trizio dall'acqua triziata è necessario un ulteriore processo di detriziatura.

## **2. Descrizione tecnica dell'invenzione**

Il processo secondo la presente invenzione, permette vantaggiosamente la simultanea rimozione del trizio dai rifiuti di laboratorio (de-categorizzazione) e il suo recupero in fase gassosa (valorizzazione).

In particolare, secondo il trovato si prevede l'impiego di due dispositivi in serie: un reattore RT per la rimozione del trizio che effettua la detriziatura dei rifiuti ed un reattore a membrana RM in cui avviene il recupero del trizio in forma gassosa. La membrana utilizzata è preferibilmente, ma non esclusivamente, in lega di palladio.

Nei paragrafi successivi, usando come guida un diagramma a blocchi e un diagramma di flusso, vengono descritte le modalità operative del processo e le principali funzioni dei due reattori RT e RM.

## **2.1 Diagramma a blocchi**

La seguente descrizione dell'impianto di attuazione del processo secondo l'invenzione fa riferimento al diagramma riportato in figura 3.

- Gas inerte

Il gas inerte o "inert gas" proviene ad esempio da bombole commerciali: tale gas può essere elio o argon, o altro gas adatto allo scopo, il cui flusso viene controllato e registrato.

- Acqua demineralizzata

Acqua demineralizzata, priva di trizio, viene utilizzata come agente decontaminante; la quantità d'acqua viene controllata, ottimizzata e registrata. Quest'acqua è immagazzinata a temperatura ambiente in un appropriato contenitore.

- Zona di vaporizzazione

In questa zona avviene la vaporizzazione dell'acqua e la sua miscelazione con il gas inerte (gas mixer): questo avviene in un dispositivo in cui entrambi i flussi (liquido e gassoso) vengono miscelati e riscaldati. Il calore fornito per il riscaldamento e la vaporizzazione viene controllato e registrato. Il volume interno di tale dispositivo di vaporizzazione deve essere ottimizzato al fine di evitare volumi morti. Da questa zona di miscelazione,



quindi, si ha in uscita un gas umido che va ad alimentare il reattore RT in cui avviene la reazione di detrizzazione. La presenza di acqua è importante, poiché favorisce il trasferimento del trizio dai rifiuti al gas inerte.

- Reattore di detrizzazione

Il reattore di detrizzazione RT è un contenitore ermetico in cui avviene la reazione di rimozione di trizio dai rifiuti. La detrizzazione può essere considerata come una decontaminazione da trizio. Questa operazione è favorita a temperature superiori alla temperatura atmosferica, per questo, in accordo con la tipologia dei rifiuti (principalmente plastica) il reattore viene mantenuto ad una temperatura pari a 120°C. E' importante anche sottolineare che oltre alla temperatura un altro importante parametro che riguarda il dimensionamento del reattore è il tempo di residenza del gas umido.

Questo tempo di residenza deve essere sufficientemente lungo da garantire il trasferimento del trizio e degli isotopi (dell'idrogeno) senza tuttavia che siano raggiunti valori elevati di concentrazione di trizio nel gas inerte umido in uscita dal reattore RT. A questo scopo bisogna garantire un'elevata portata del gas inerte umido

(pari a circa 30 o 50 volte il volume interno del reattore per ora). Un altro parametro da considerare è il tempo di permanenza dei rifiuti da detritizzare: questo deve essere sufficientemente lungo da garantire il raggiungimento dei valori di decontaminazione richiesti.

- Reattore a membrana

Un reattore a membrana è un dispositivo che combina in un solo dispositivo le proprietà di separazione di una membrana con le caratteristiche di un reattore a letto catalitico. Esso consente la rimozione di uno (o più) prodotti dal sito della reazione stessa, consentendo così conversioni di reazione maggiori rispetto ad un reattore tradizionale. Tale dispositivo è stato sviluppato presso i laboratori ENEA di Frascati.

- Swamping gas

Il gas di swamping o lavaggio è alimentato da bombole commerciali: per ottenere il massimo effetto di scambio isotopico nelle reazioni di detritizzazione si utilizza preferibilmente idrogeno puro.

Il flusso del gas di swamping è controllato e ottimizzato a seconda delle caratteristiche dei rifiuti e dei requisiti richiesti al processo (quantità di rifiuti, livello di trizio contenuto,

fattore di decontaminazione, etc).

Nell'impianto (Fig. 3) si possono distinguere diverse sezioni: le utenze (upstream e downstream), il reattore di detrizzazione RT e l'unità di trattamento dei gas RM.

Le utenze di upstream sono relative sostanzialmente alla fornitura di gas inerte (He o Ar) e quella del gas di swamping o lavaggio ( $H_2$ ) vengono assicurate da bombole commerciali. Il flusso dei gas viene controllato attraverso dei controllori di flusso e registrato al fine di monitorare i flussi dei gas in entrata. Un sistema per l'iniezione di acqua e un vaporizzatore vengono collegati alla linea di gas inerte, al fine di ottenere del gas umido. Il grado di umidità è determinato conoscendo e controllando l'esatta quantità di acqua e gas.

La temperatura del vaporizzatore è mantenuta a  $120^{\circ}C$  al fine di evitare la condensazione nei raccordi tra il vaporizzatore e il reattore RT. Il materiale utilizzato per i raccordi, le connessioni e le valvole è preferibilmente acciaio inox per garantire un'ottima tenuta e ridurre i fenomeni di corrosione.

## **2.2 Diagramma di flusso**

I rifiuti da trattare vengono collocati

all'interno di un reattore RT di detritazione, il cui schema è mostrato in Figura 5. Per meglio omogeneizzare i rifiuti è opportuno prevedere una fase preliminare di sminuzzamento. All'interno del reattore RT i rifiuti sono posizionati su una piastra forata inferiore P (reattore a letto fisso) in modo da consentire la circolazione del gas inerte umido attraverso i rifiuti stessi. Nella flangia superiore del reattore RT è previsto un tubo metallico T di ingresso che attraversa la zona di contenimento dei rifiuti e termina sul fondo dello stesso reattore RT, al di sotto di detta piastra forata P, con la funzione di trasportare il gas inerte umido al di sotto dei rifiuti.

In detta piastra superiore è anche previsto un condotto F per consentire l'uscita della corrente dei gas contenenti trizio.

Al fine di facilitare il desorbimento termico, il reattore RT è inserito all'interno di un forno (oven) (vedi Fig. 5), il quale controlla e regola la temperatura del reattore RT intorno al valore di set point predefinito ( $120^{\circ}\text{C}$ ). Il controllo della temperatura viene effettuato, ad esempio, tramite una termocoppia posizionata sulla parete esterna del reattore. Il reattore RT opera a pressione

atmosferica o ad una pressione leggermente superiore ad essa.

#### Unità di trattamento dei gas

L'unità di trattamento dei gas contenenti trizio consiste sostanzialmente in un reattore a membrana RM che utilizza preferibilmente membrane in lega Pd-Ag. Si noti che le leghe comunemente usate per i tubi permeatori sono a base di Pd, come ad es. PdCu, ma vengono studiate anche leghe metalliche a base di Ni, Nb, V, Ta, Ti. Gli spessori di interesse pratico per tali membrane tubolari metalliche dense sono sostanzialmente compresi nell'intervallo 50-200  $\mu\text{m}$ .

Il reattore a membrana utilizzato nel processo che si descrive è dotato di tubi permeatori a parete sottile (come si è già detto, lo spessore di parete varia tra 50-150  $\mu\text{m}$ ) composti da una lega commerciale di palladio-argento (23-25% in peso di Ag).

Il tubo permeatore (vedi Fig. 6) è alloggiato all'interno del modulo preferibilmente secondo una configurazione del tipo "finger like". Il riscaldamento del reattore a membrana RM, la cui temperatura di esercizio è compresa nel range tra 300-400°C, viene realizzato attraverso il passaggio di una corrente elettrica attraverso il tubo stesso per ottenere un riscaldamento di tipo ohmico.

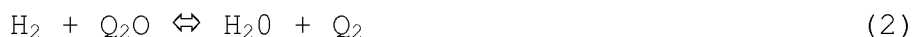
Il gas contenente trizio che deve essere trattato viene inviato nel mantello del reattore RM, mentre il gas di lavaggio (swamping), che nell'esempio qui descritto è una corrente di idrogeno puro, viene inviato nel lumen della membrana (come rappresentato nella figura 6).

In alternativa, le due correnti del gas da trattare e dell'idrogeno puro di lavaggio possono essere invertite.

Lo schema di funzionamento è sostanzialmente quello di un reattore tipo PERMCAT [5, 6, 7], illustrato in fig. 5bis.

Il gas da trattare (la lettera Q sta ad indicare genericamente un isotopo dell'idrogeno e quindi anche trizio) è inviato su un letto di catalizzatore posto - in questo caso - nel mantello del reattore RM mentre in controcorrente, nel lumen della membrana, viene mandato idrogeno puro. Il reattore a membrana RM realizza attraverso la membrana stessa (selettivamente permeabile ai soli isotopi dell'idrogeno) lo scambio isotopico che opera il processo richiesto.

A titolo di esempio vengono descritte due possibili reazioni di scambio isotopico relative alla detriziazione di metano ed acqua:



Si evince che nelle reazioni (1) e (2) gli atomi di trizio contenuti rispettivamente nel metano e nell'acqua vengono scambiati con  $\text{H}_2$  (protium, cioè idrogeno di massa atomica 1).

Il contenuto innovativo del reattore a membrana RM utilizzato nella presente invenzione è rappresentato dall'utilizzo di un particolare dispositivo applicato all'estremità chiusa del tubo permeatore. Tale dispositivo consiste in una molla bimetallica che ha due funzioni separate:

- applicare una forza di trazione al tubo permeatore in modo da evitare il contatto tra il tubo stesso e la parete interna del modulo, e prevenire, quindi, deformazioni della membrana legate ai cicli termici e di idrogenazione,

- assicurare una continuità termica tra l'estremità chiusa del tubo permeatore e l'esterno del modulo a membrane, e consentire, quindi, il riscaldamento del tubo per effetto Joule.

Una soluzione proposta è quella di realizzare tale molla bimetallica attraverso:

- un filo di Inconel<sup>®</sup>, in grado di garantire, anche alle temperature operative, le prestazioni

meccaniche richieste (cioè capace di applicare al tubo permeatore una forza di trazione sufficiente a mantenere il tubo stesso in posizione lineare, anche durante la sua espansione),

- un filo in argento con una bassa resistenza, per assicurare il passaggio della corrente elettrica ed evitare il riscaldamento della molla stessa.

Utenze di downstream

Il compito principale della sezione di downstreaming è:

- monitorare il livello di contaminazione della corrente di gas retentato in uscita dal reattore a membrana (si tratta della corrente in uscita dal lumen nel caso di fig. 3 e della corrente proveniente dal mantello del reattore nel caso di fig. 6) in modo da assicurare il rilascio in condizioni di sicurezza all'ambiente (mediante camino) e fornire il valore di depressione necessario alla circolazione del gas
- lo stoccaggio degli isotopi estratti (corrente di idrogeno di lavaggio arricchita dal trizio rilasciato dai gas contaminati) e fornire anche in questo caso il valore di depressione necessario alla circolazione del gas. A questo punto, gli isotopi estratti durante il processo



possono essere valorizzati.

La depressione per i due circuiti (linea gas decontaminati e linea idrogeno triziato) è realizzata da due pompe da vuoto che sono collegate al circuito tramite opportune valvole di regolazione. La pressione di idrogeno nel lato permeato è di circa 900 mbar mentre quella del lato retentato è di circa 100 mbar.

I sensori di pressione e le termocoppie fanno anch'essi parte delle utenze e servono per la regolazione dei parametri di processo. Tutte le informazioni vengono registrate attraverso un sistema di acquisizione dati.

Per quanto detto finora, il processo che si descrive comprende sostanzialmente le seguenti fasi:

- A) sminuzzare e mescolare uniformemente i rifiuti da detriziare;
- B) collocare detto materiale da trattare in un reattore di detriziazione RT,
- C) inviare il gas inerte e l'acqua demineralizzata ad un dispositivo di evaporazione/miscelazione;
- D) alimentare detta miscela gassosa umida, costituita da gas inerte e vapore, a detto reattore RT in modo che tale miscela attraversi tutto il materiale da detriziare, dando luogo

alla formazione di una corrente gassosa umida contenente trizio;

E) inviare detta corrente gassosa contenente trizio ad un apposito reattore catalitico a membrana RM;

F) alimentare detto reattore a membrana RM con un gas di swamping come ad esempio idrogeno puro, ottenendosi così che dal reattore RM stesso escano, come prodotti finali, una corrente gassosa di isotopi dell'idrogeno contenenti il trizio estratto dai rifiuti trattati ed una corrente gassosa di gas detriziati.

### **3. Applicazioni**

Il processo oggetto di questo brevetto è stato specificamente progettato per decontaminare (detriziare) rifiuti cosiddetti "soft housekeeping waste " (ad esempio guanti, carta, ecc) provenienti dai laboratori JET.

Tali rifiuti vengono dapprima trattati all'interno di un reattore di detriziazione progettato e sviluppato da CEA. Il processo proposto, oltre alla decontaminazione dei rifiuti, consente anche il recupero e la valorizzazione del trizio estratto (1gT ~ 30 000 €). Queste attività di ricerca e sviluppo sono state condotte nell'ambito

del Task JW9-FT-2,<sup>34</sup> (Preliminary Design and Tests for the detritiation of JET Soft House Keeping Waste) e JW10-FT-2.<sup>35</sup> (Implementation of a Pd-membrane reactor into a detritiation facility treating JET Soft House Keeping Waste) che riferiscono al programma di ricerca e sviluppo "EFDA JET Fusion Technology Workprogramme". Lo scopo di questa attività è quella di progettare e assemblare un impianto pilota per provare questo nuovo processo di detritizzazione.

Più in generale, questo dispositivo può essere applicato al trattamento di materiale proveniente dalle macchine tokamak (ad esempio, JET, ITER e DEMO) oppure a tutte le strutture in cui vengono utilizzati gli isotopi dell'idrogeno come H (protium), D (deuterio) e T (trizio).

A seconda dell'applicazione può essere necessario cambiare uno dei componenti (tipo di reattore di detritizzazione, rapporto dimensionale, materiali impiegati, posizione di ingresso e uscita, tipo di valvole, tipo di pompa), oppure le dimensioni degli oggetti descritti (lunghezza, diametro, tipo e volume del catalizzatore, ecc).

A seconda della quantità di rifiuti da trattare o del grado di decontaminazione che si vuole ottenere

è altresì possibile utilizzare dispositivi a membrana che contengono più tubi permeatori o realizzare connessioni in serie o in parallelo dei moduli a membrana.

E' noto che un esperto lavorando nello stesso settore sarà in grado, modificando il tipo di dispositivo di detritizzazione, il tipo di membrana, ecc... di progettare un processo analogo con le stesse funzioni.

#### **4. Bibliografia**

[1]. EFDA, European Fusion Development Agreement. ERB 5035 CT 99 0001. ANNEX VI, Information & Intellectual Property.

[2]. Rist-Lambert, A., Detritiation of soft housekeeping materials. CEA Internal report, DTN/STPA/LPC/2005/024.

[3]. Liger, K., Detritiation process for JET waste. CEA Internal report, DTN/STPA/LPC/2007/013.

[4]. P. Giroux, D.O., JC. Durand, FR2620262A1, Patent for solid organic waste treatment.

[5]. M. Glugla, A. Perevezentsev, D. Niyongabo, R.D. Penzhorn, A. Bell, P. Hermann, A PERMCAT Reactor for Impurity Processing in the JET Active Gas Handling System, Fusion Engineering and Design 49-50 (2000) 817-823

[6]. B. Bornschein, M. Glugla, K. Gunther, R. Lasser, T.L. Le, K.H. Simon, S. Welte, Tritium tests with a technical Permcath for final clean-up of ITER exhaust gases, Fusion Engineering and Design 69 (2003) 51-56

[7]. S. Tosti, L. Bettinali, F. Marini, Dispositivo per la rimozione di trizio da correnti gassose, Italian Patent n. RM2005U000165 (14.12.2005)

## RIVENDICAZIONI

1. Processo per la detrizzazione di soft housekeeping waste, cioè di rifiuti radioattivi prodotti da laboratori ed impianti che utilizzano trizio, caratterizzato dal fatto che prevede di effettuare un desorbimento termico sottoponendo detti rifiuti, opportunamente collocati in un reattore di detrizzazione (RT), ad un flusso di gas umido e successivamente di recuperare il trizio sottoforma di gassosa mediante un reattore a membrana (RM) al fine di valorizzarlo e riutilizzarlo.

2. Processo secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che prevede sostanzialmente le seguenti fasi:

- A) sminuzzare e mescolare uniformemente i rifiuti da detrizzare;
- B) collocare detto materiale da trattare in un reattore di detrizzazione (RT),
- C) inviare gas inerte e acqua demineralizzata ad un dispositivo di evaporazione/miscelazione;
- D) alimentare detta miscela gassosa umida, costituita da gas inerte e vapore, a detto reattore (RT) in modo che tale miscela attraversi tutto il materiale da detrizzare, dando luogo alla formazione di una corrente

gassosa umida contenente trizio;

E) inviare detta corrente gassosa contenente trizio ad un apposito reattore a membrana (RM);

F) alimentare detto reattore a membrana (RM) con un gas di lavaggio (swamping), ottenendosi così che dal reattore (RM) stesso escano, come prodotti finali, una corrente gassosa di isotopi contenenti il trizio estratto dai rifiuti trattati ed una corrente gassosa di gas detriziati.

3. Processo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che il gas di swamping della fase F) è idrogeno puro.

4. Processo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che prevede di operare nel reattore di detriziazione (RT) ad una pressione pari o superiore a quella atmosferica, mentre nel reattore a membrana (RM) ad una pressione inferiore a quella atmosferica.

5. Processo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, al fine di facilitare il desorbimento termico, prevede che il reattore di detriziazione (RT) sia inserito all'interno di un forno che controlla e regola la temperatura del reattore (RT) intorno al valore di set point

predefinito, che è preferibilmente pari a 120°C.

6. Processo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che al fine di mantenere molto bassa la concentrazione di trizio all'interno del reattore di detriziazione (RT), prevede un'elevata portata del gas inerte umido (miscela gassosa umida), pari a circa 30 o 50 volte il volume interno del reattore (RT) per ora.

7. Processo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che il gas inerte umido viene mantenuto all'interno del reattore (RT) ad una pressione leggermente superiore a quella atmosferica e che il reattore (RM) viene fatto funzionare ad una pressione di 100 mbar dal lato gas di lavaggio e ad una pressione di 900 mbar dal lato alimentazione gas provenienti dal reattore (RT).

8. Processo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che prevede che il tempo di residenza del gas umido nel reattore di detriziazione (RT) sia sufficientemente lungo da garantire il trasferimento del trizio e degli isotopi dell'idrogeno, senza tuttavia che siano raggiunti valori elevati di concentrazione di trizio nel gas inerte umido in uscita dal reattore (RT).

9. Processo secondo la rivendicazione 1 o 2,



caratterizzato dal fatto che prevede che il tempo di permanenza dei rifiuti da detriziare nel reattore (RT) sia sufficientemente lungo da garantire il raggiungimento dei valori di decontaminazione richiesti.

10. Impianto per la detrizzazione di soft housekeeping waste, cioè di rifiuti radioattivi prodotti da laboratori ed impianti che utilizzano trizio, con il procedimento di cui alle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende:

- mezzi per produrre un gas inerte umido, costituito sostanzialmente da gas inerte miscelato a vapore d'acqua, dedicato al successivo trattamento di rifiuti triziati;

- un reattore (RT) per la detrizzazione dei rifiuti triziati mediante desorbimento con detto gas inerte umido;

- un reattore a membrana (RM) atto a recuperare il trizio in forma gassosa dalla corrente gassosa umida triziata proveniente dal reattore di detrizzazione (RT) mediante reazioni di scambio isotopico con una corrente di idrogeno puro; tale corrente potendo essere inviata preferibilmente in controcorrente rispetto alla alimentazione della

corrente gassosa umida triziata;

- mezzi di pompaggio con apposite valvole di regolazione.

Per i Richiedenti,  
il Rappresentante.

## CLAIMS

1. A process for the detritiation of soft housekeeping waste, i.e., of radioactive waste produced by laboratories and plants that use tritium, characterized in that it envisages carrying out a thermal desorption by subjecting said waste, appropriately located in a detritiation reactor (RT), to a flow of moist gas and subsequently recovering tritium in the form of gas by means of a membrane reactor (RM) for the purpose of valorizing it and re-utilizing it.

2. The process according to the preceding claim, characterized in that it basically envisages the following steps:

- A) shredding and uniformly mixing the waste to be detritiated;
- B) placing said material to be treated in a detritiation reactor (RT);
- C) sending inert gas and demineralized water to an evaporation/mixing device;
- D) feeding said moist gaseous mixture, constituted by inert gas and vapour, to said reactor (RT) so that said mixture traverses all the material to be detritiated, giving rise to the formation of a moist gaseous current containing tritium;

E) sending said gaseous current containing tritium to a purposely provided membrane reactor (RM); and

F) feeding said membrane reactor (RM) with a swamping gas, thus obtaining exit from the reactor (RM) itself, as end products, of a gaseous current of isotopes containing tritium extracted from the treated waste and a gaseous current of detritiated gases.

3. The process according to Claim 2, characterized in that the swamping gas of step F) is pure hydrogen.

4. The process according to Claim 1 or Claim 2, characterized in that it envisages operating in the detritiation reactor (RT) at a pressure equal to or higher than atmospheric pressure and in the membrane reactor (RM) at a pressure lower than atmospheric pressure.

5. The process according to Claim 1, characterized in that, in order to facilitate thermal desorption, it envisages that the detritiation reactor (RT) is introduced into an oven that controls and regulates the temperature of the reactor (RT) around the pre-defined set-point value, which is preferably 120°C.

6. The process according to Claim 1 or Claim 2, characterized in that in order to keep the concentration of tritium within the detritiation reactor (RT) very low, it envisages a high flow rate of the moist inert gas (moist gaseous mixture), equal to approximately 30 or 50 times the internal volume of the reactor (RT) per hour.

7. The process according to Claim 2, characterized in that the moist inert gas is kept within the reactor (RT) at a pressure slightly higher than atmospheric pressure and in that the reactor (RM) is made to operate at a pressure of 100 mbar on the swamping-gas side and at a pressure of 900 mbar on the side of feed of gases coming from the reactor (RT).

8. The process according to Claim 1 or Claim 2, characterized in that it envisages that the time of stay of the moist gas in the detritiation reactor (RT) is long enough to guarantee the transfer of tritium and of the isotopes of hydrogen, without, however, high values of concentration of tritium being reached in the moist inert gas leaving the reactor (RT).

9. The process according to Claim 1 or Claim 2, characterized in that it envisages that the time

of stay of the waste to be detritiated in the reactor (RT) is long enough to guarantee that the required values of decontamination are reached.

10. A plant for the detritiation of soft housekeeping waste, i.e., of radioactive waste produced by laboratories and plants that use tritium, with the method referred to in the preceding claims, characterized in that it comprises:

- means for producing a moist inert gas, basically constituted by inert gas mixed to water vapour, dedicated to the subsequent treatment of tritiated waste;

- a reactor (RT) for the detritiation of the tritiated waste by desorption with said moist inert gas;

- a membrane reactor (RM) designed to recover tritium in gaseous form from the tritiated moist gaseous current coming from the detritiation reactor (RT) by means of isotope-exchange reactions with a current of pure hydrogen; it being possible for said current to be sent preferably in countercurrent with respect to the feed of the tritiated moist gaseous current; and

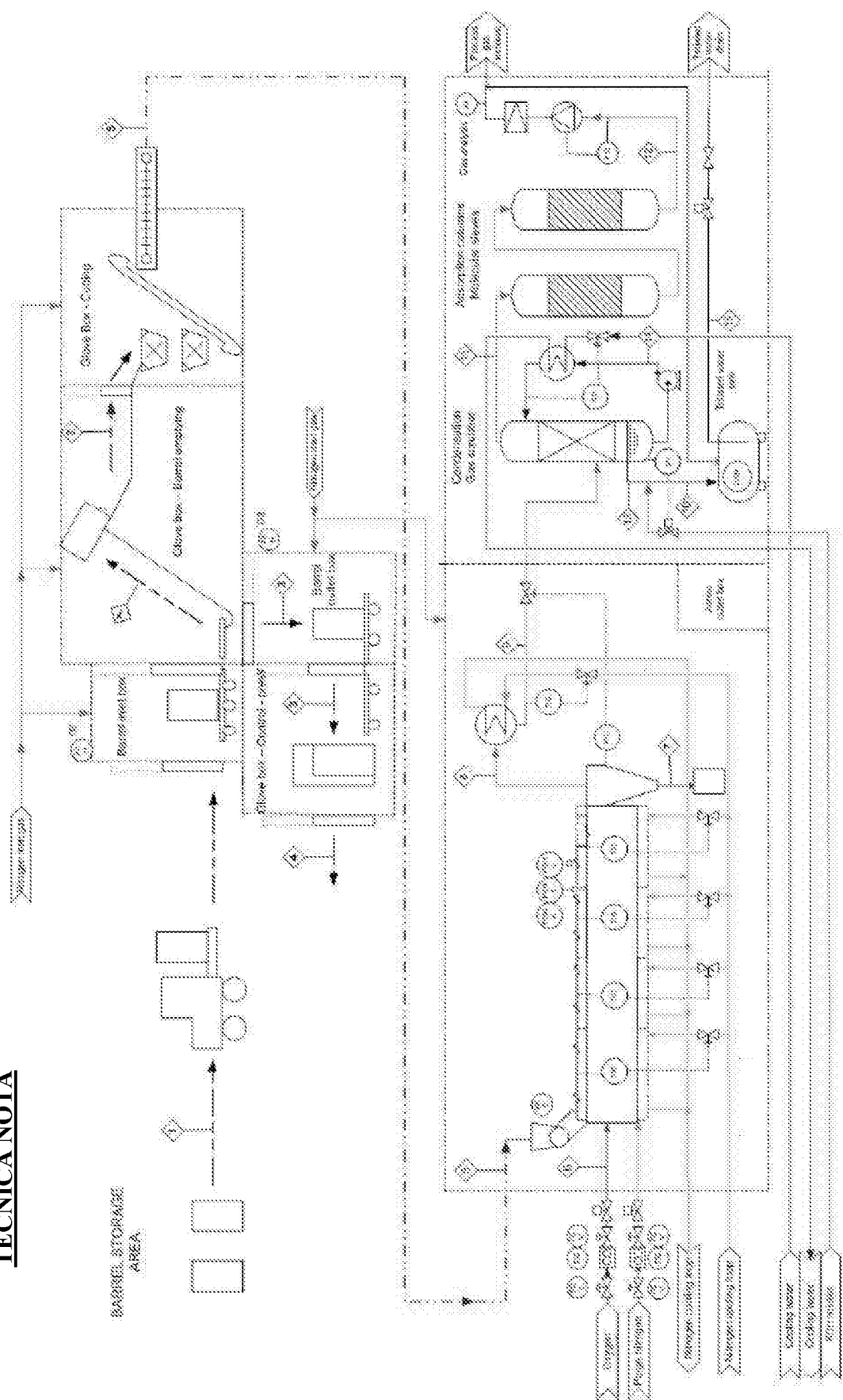
- pumping means with purposely provided regulating valves.

On behalf of the Applicants,

The Representative

  
Maurizio SARPI  
dello  
Studio FERRARIO

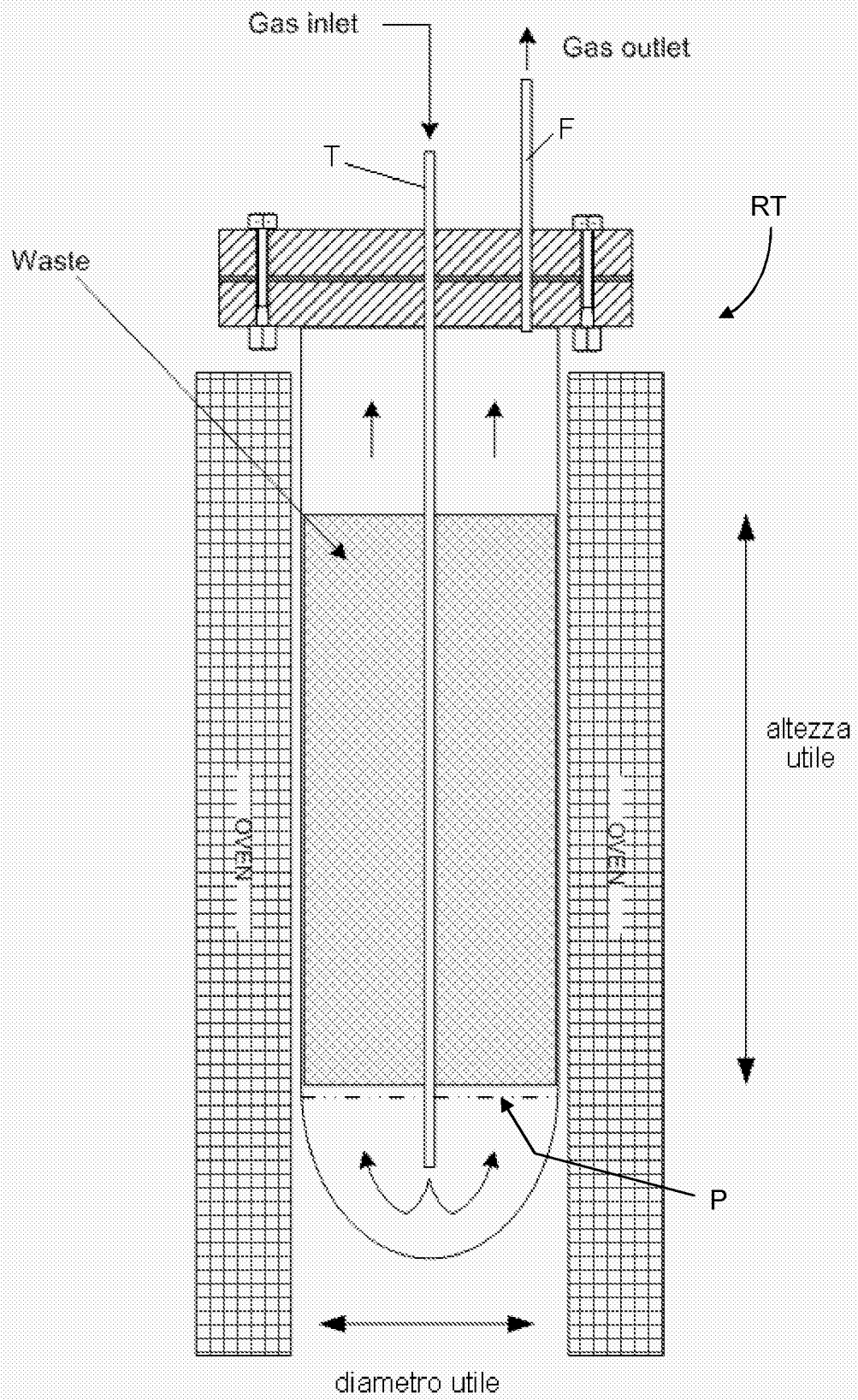
## TECNICA NOTA



## Figura 1



## TECNICA NOTA

**Figura 5**

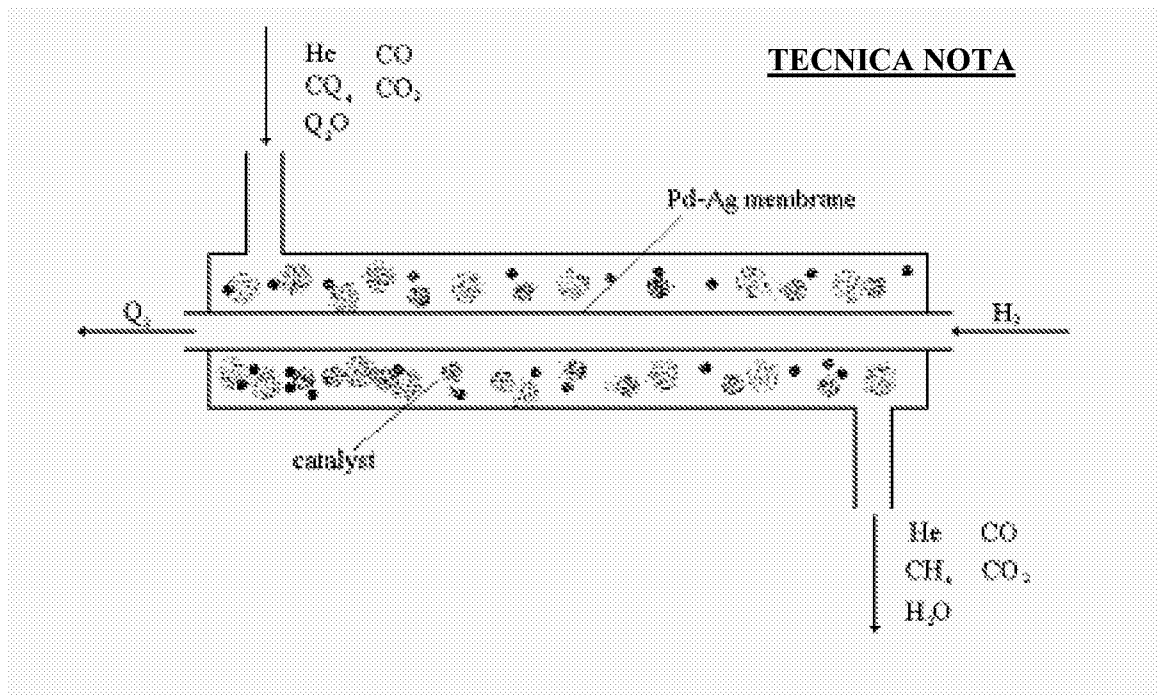


Figura 5bis

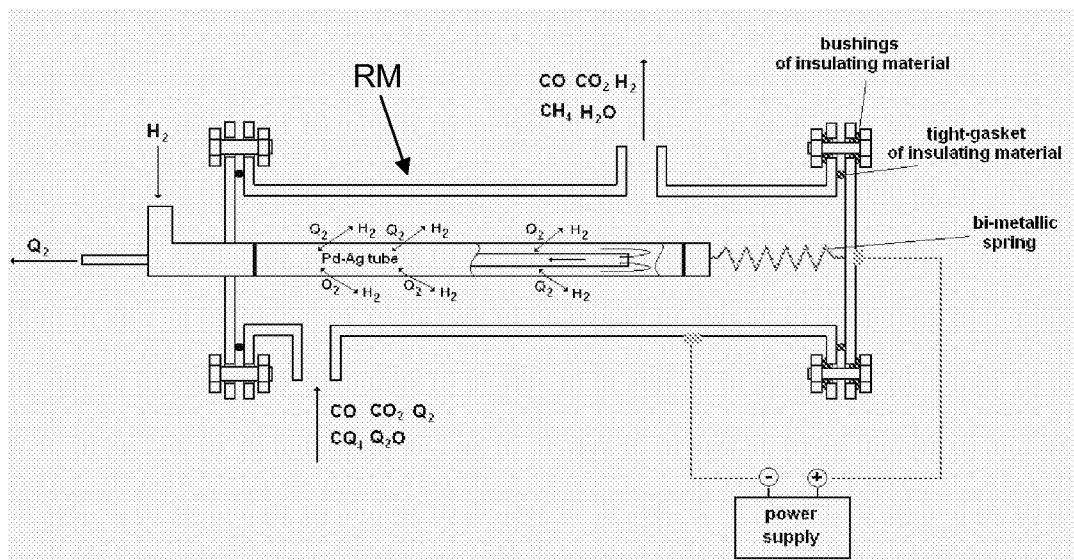


Figura 6