

Sicurezza e protezione

Programma di studi dell'U.S.A.E.C. sulla sistemazione definitiva dei rifiuti liquidi ad elevata radioattività

I rifiuti radioattivi ad elevata attività provengono generalmente dal trattamento degli elementi di combustibile irradiati per il recupero del combustibile non esaurito e di speciali materiali nucleari formati durante l'irraggiamento; essi consistono per lo più in soluzioni saline concentrate che, raggiungendo un livello elevato di radioattività di 500-5.000 c/l, richiedono una spessa schermatura, opportuni accorgimenti per la dispersione del calore e la sistemazione in appositi luoghi sottoposti a continua sorveglianza.

Negli Stati Uniti tutti i prodotti di fissione provenienti dai processi di trattamento dei combustibili irradiati e di produzione del plutonio vengono attualmente immagazzinati presso i centri nucleari della Commissione di Hanford, Savannah River e Idaho, come rifiuti liquidi in serbatoi sotterranei per un periodo variabile da 1 a 19 anni.

I rifiuti concentrati sono di due tipi e vengono immagazzinati separatamente; «autobollenti» sono definiti quei rifiuti che in seguito al decadimento radioattivo generano una quantità di calore sufficiente a portare la temperatura del liquido immagazzinato alla temperatura di ebollizione, mentre «non bollenti» sono quei rifiuti che non raggiungono tali condizioni.

Speciali sistemi sono stati quindi impiegati per i rifiuti appartenenti alla prima classe fino a quando la loro radioattività non abbia raggiunto lo stadio «non bollente»; Hanford ha adottato la tecnica di lasciar bollire i rifiuti e di disperdere il calore condensando i vapori, mentre Savannah River e Idaho hanno preferito evitare l'ebollizione facendo circolare acqua nelle serpentine di refrigerazione di cui sono dotati i serbatoi di deposito.

Il principale problema dell'U.S.A.E.C., dopo quello della dispersione del calore generato dal decadimento radioattivo, è stato lo studio dei metodi relativi alla trasformazione di rifiuti liquidi altamente radioattivi in forme solide, in modo da rendere più agevole e sicura la manipolazione. Il programma di ricerca, che è da anni oggetto di studio da parte dei centri della Commissione, è giunto ora ad una fase conclusiva, cioè a quella di progettazione e costruzione degli impianti che si sono dimostrati consigliabili, per realizzare i processi di solidificazione dei rifiuti, sia da un punto di vista economico sia tecnico.

I procedimenti studiati per convertire gli scarichi liquidi altamente radioattivi in forme solide aventi minore volume sono di quattro tipi: a) la calcinazione a spruzzo con calore radiante nei laboratori di Hanford; b) la calcinazione in vasi cilindrici nel Laboratorio Nazionale di Oak Ridge; c) il processo di preparazione di vetri al fosforo nel Laboratorio Nazionale di Brookhaven; d) la calcinazione a letto fluidizzato realizzata presso

la *National Reactor Testing Station*. I primi 3 processi verranno quanto prima sperimentati e dimostrati con soluzioni radioattive presso Hanford in un impianto prototipo sperimentale attualmente in costruzione, il cui completamento è previsto per la metà del 1965 e l'entrata in funzione per la fine dello stesso anno. Sebbene l'impianto sia stato dotato di una capacità maggiore di quella richiesta per il trattamento di tutti i rifiuti prodotti dall'impianto di rigenerazione della *Nuclear Fuel Services* (cfr.: Notiziario 9, 88, dicembre 1963) il suo impiego sarà tuttavia sperimentale piuttosto che definitivo.

L'impianto progettato in modo da poter eseguire delle modifiche durante la fase di prove e successivamente smantellare al termine degli esperimenti è stato realizzato unicamente per effettuare i processi necessari alla sistemazione definitiva dei rifiuti prodotti dai reattori di uso commerciale e non sarà impiegato per il trattamento dei rifiuti generati dai reattori che ad Hanford producono plutonio.

a) Nel processo di calcinazione a spruzzo con calore radiante, che è un processo continuo, le soluzioni di rifiuti vengono introdotte dalla sommità di una torre riscaldata a 870 °C, in cui il vapore acqueo passa attraverso zone successive di evaporazione, di essiccazione e calcinazione (cfr.: Notiziario 9, 84-87, novembre 1963). Il prodotto solido finale uscente dalla torre è una fine polvere che può essere immagazzinata direttamente o fusa in vetro.

Le prime prove del processo con i rifiuti radioattivi ad elevato livello sono state eseguite nel novembre 1962 con un'apparecchiatura sperimentale sistemata in una cella calda di Hanford; con tale procedimento circa 45 litri alla volta di rifiuti liquidi concentrati provenienti dagli impianti di separazione Purex, sono stati trasformati in solidi aventi un volume finale di 4,5 litri. La velocità della soluzione di alimentazione durante queste prove è stata di 4,5 l/h, ma per l'impianto pilota è previsto un valore di 45-70 l/h.

b) Il processo studiato presso il Laboratorio di Oak Ridge consiste nel trasformare i rifiuti radioattivi liquidi in solidi calcinandoli in recipienti cilindrici, che servano anche da contenitori per l'immagazzinamento finale; esso rappresenta un trattamento semplice e diretto per sistemare definitivamente rifiuti liquidi altamente radioattivi ed è in grado di trattare un gran numero di rifiuti in soluzione acquosa come quelli prodotti dai processi Purex, TBP-25 e Darex, senza produrre notevoli quantità di effluenti gassosi da dover rimettere in ciclo o da disperdere nell'atmosfera.

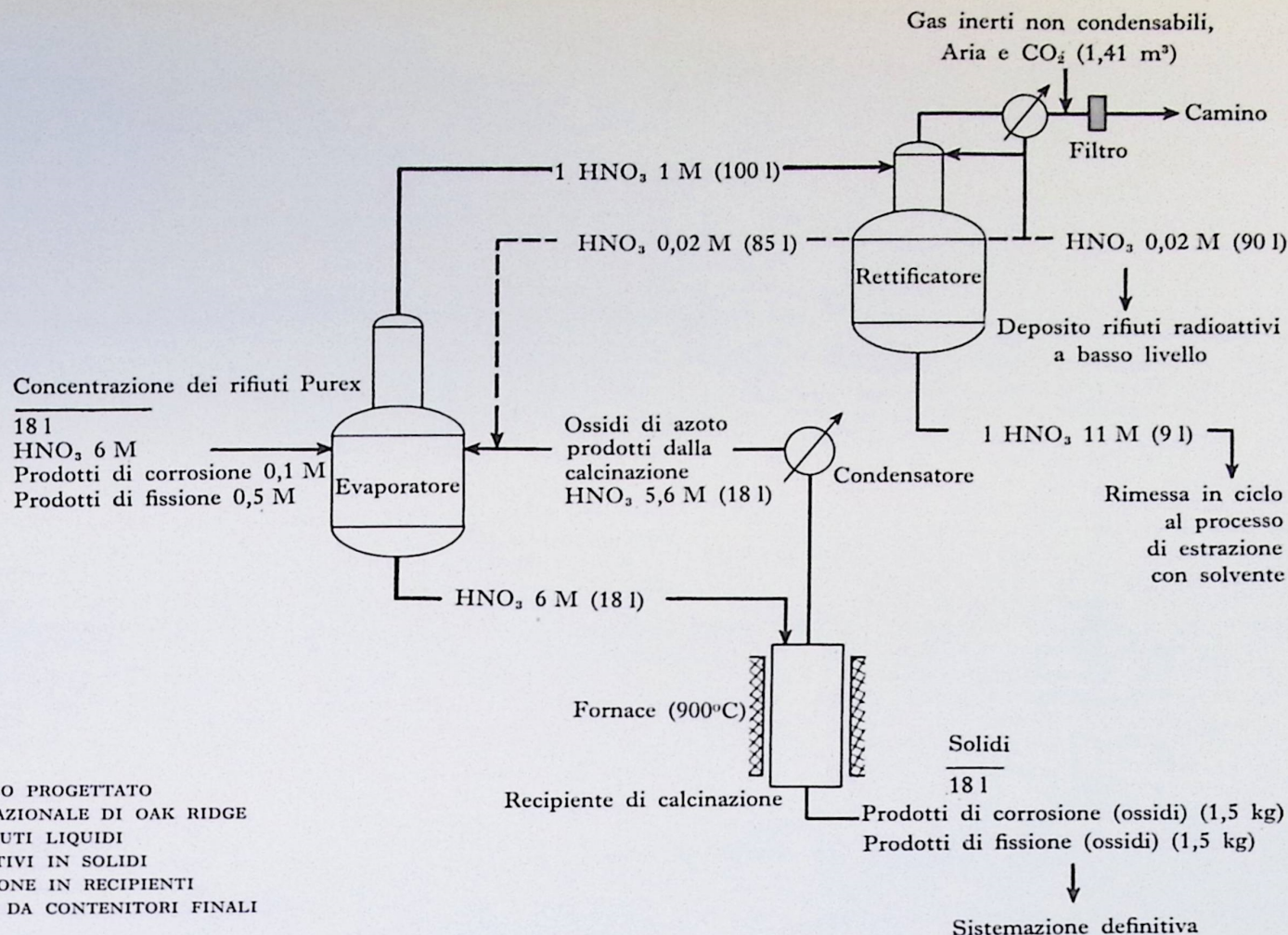
Numerose prove sono state fatte con tutti e tre i tipi di rifiuti ad un ritmo medio di 23 l/h sperimentando un'apparecchiatura di evaporazione e calcinazione a funzionamento sia continuo sia discontinuo allo scopo di raccogliere quei dati necessari alla progettazione di un impianto pilota, la cui costruzione dovrebbe essere realizzata ad Hanford con una spesa di 1,45 milioni di dollari; l'impianto tuttavia con minime modifiche potrà poi essere installato in ogni cella avente alcune particolari caratteristiche fondamentali.

Nel processo continuo proposto, che è risultato preferibile a quello discontinuo, i rifiuti radioattivi liquidi vengono prima concentrati in un evaporatore, che riduce il loro volume senza provocare la precipitazione di solidi; quindi vengono pompati al recipiente di calcinazione, posto in una fornace, dove vengono evaporati fino a secchezza e decomposti termicamente in ossidi metallici a 900 °C.

Il vapore prodotto durante la calcinazione viene fatto passare attraverso un condensatore che lo riporta all'evaporatore; il liquido ottenuto viene poi superraffreddato per recuperare gli ossidi di azoto allo scopo di diminuire il volume del gas ed ottenere una migliore decontaminazione. Dall'evaporatore il vapore passa attraverso una sezione di trascinamento e quindi attraverso un altro condensatore; la frazione condensabile viene raccolta, misurata e scaricata attraverso un dispositivo a pressione, mentre la parte non condensata viene inviata in un sistema di raccolta degli effluenti gassosi, dove viene filtrata ed eliminata nell'atmosfera. Negli effluenti gassosi è spesso presente un eccesso di ossigeno proveniente dalla decomposizione del nitrato in NO_2 e O_2 che talvolta può raggiungere valori del 34%.

I recipienti di calcinazione impiegati durante lo svolgimento delle prove hanno un diametro compreso tra 10 cm e 20 cm e una lunghezza massima di 2,3 m e sono di acciaio inossidabile con il fondo piatto avente un giunto di testa saldato; all'interno è stato posto un diaframma avente il compito di impedire che il liquido spruzzi e lo schiumeggi nel punto in cui è collegato il tubo dei gas effluenti.

Quando i rifiuti Purex e TBP-25 vengono calcinati il solido che si forma nel recipiente assume prima una disposizione radiale con una zona centrale liquida, ma al termine dell'operazione di alimentazione anche questo liquido, fortemente saturo di sali, viene calcinato in solido; la densità dei rifiuti Purex calcinati varia da 1,1 a 1,4 g/cm³, mentre quella dei TBP-25 è compresa tra 0,4 e 0,8 g/cm³. La riduzione di volume dei rifiuti liquidi convertiti in solidi è di 7 volte per i Purex e di numerose volte per i TBP-25.



SCHEMA DEL PROCESSO PROGETTATO DAL LABORATORIO NAZIONALE DI OAK RIDGE PER CONVERTIRE RIFIUTI LIQUIDI ALTAMENTE RADIOATTIVI IN SOLIDI MEDIANTE CALCINAZIONE IN RECIPIENTI CHE SERVONO ANCHE DA CONTENITORI FINALI (FIG. 1)

c) Il Laboratorio Nazionale di Brookhaven è in procinto di mettere in funzione un impianto pilota il quale, con l'impiego di soluzioni simultanti rifiuti, dovrebbe dimostrare che l'incorporazione di rifiuti altamente radioattivi in vetri al fosforo è un processo continuo realizzabile su vasta scala.

Il procedimento di preparazione di vetri al fosforo per incorporare prodotti di fissione in un mezzo stabile si presenta vantaggioso in quanto tutto il processo di conversione dei rifiuti liquidi nel prodotto finale vetroso avviene in un sistema completamente liquido. Il prodotto finale, inoltre, essendo un solido vetroso è meno lisciviabile degli ossidi calcinati, possiede migliori proprietà termiche e richiederà quindi uno spazio minore per la sistemazione definitiva.

Con l'impianto pilota di Brookhaven sono state già effettuate una serie di prove preliminari in condizioni costanti ottenendo un rendimento produttivo di 0,05 m³/d calcolato in base alla valutazione secondo cui 0,02 m³ di vetro si ottengono nel processo di rigenerazione da una quantità di combustibile esaurito contenente 1 t di U.

L'impianto pilota ha già effettuato un periodo di prove di numerosi mesi con soluzioni simultanti rifiuti Purx raggiungendo un ciclo totale di lavoro di 300 ore; l'evaporatore e il recipiente di fusione sono stati sperimentati alle rispettive temperature di esercizio di 135 °C e 1200 °C per un periodo superiore a 3.000 ore. L'esame macroscopico delle due apparecchiature non ha tuttavia rivelato segni particolari di deterioramento; solo il recipiente di supporto del crogiuolo mostra segni di corrosione nel punto in cui è saldato il tubo di passaggio del vetro fuso, a causa dell'attacco di vapori corrosivi della massa fusa, ma semplici accorgimenti possono eliminare tali inconvenienti.

Numerosi materiali sono stati sperimentati per determinare la loro resistenza all'attacco corrosivo degli effluenti gassosi condensati

prodotti nel recipiente di fusione e tra questi il platino e le sue leghe hanno dato soddisfacenti risultati.

Altri esperimenti sono stati fatti per migliorare le caratteristiche del dispositivo di alimentazione dall'evaporatore al recipiente di fusione e i metodi di eliminazione e di smistamento degli effluenti gassosi non condensabili dall'apparecchio di condensazione.

Sulla base dei risultati sperimentali fino ad ora ottenuti si ritiene che la possibilità tecnica di convertire con un processo continuo soluzioni simultanti rifiuti Purx in vetro al fosforo in un sistema completamente liquido sia stata convenientemente dimostrata.

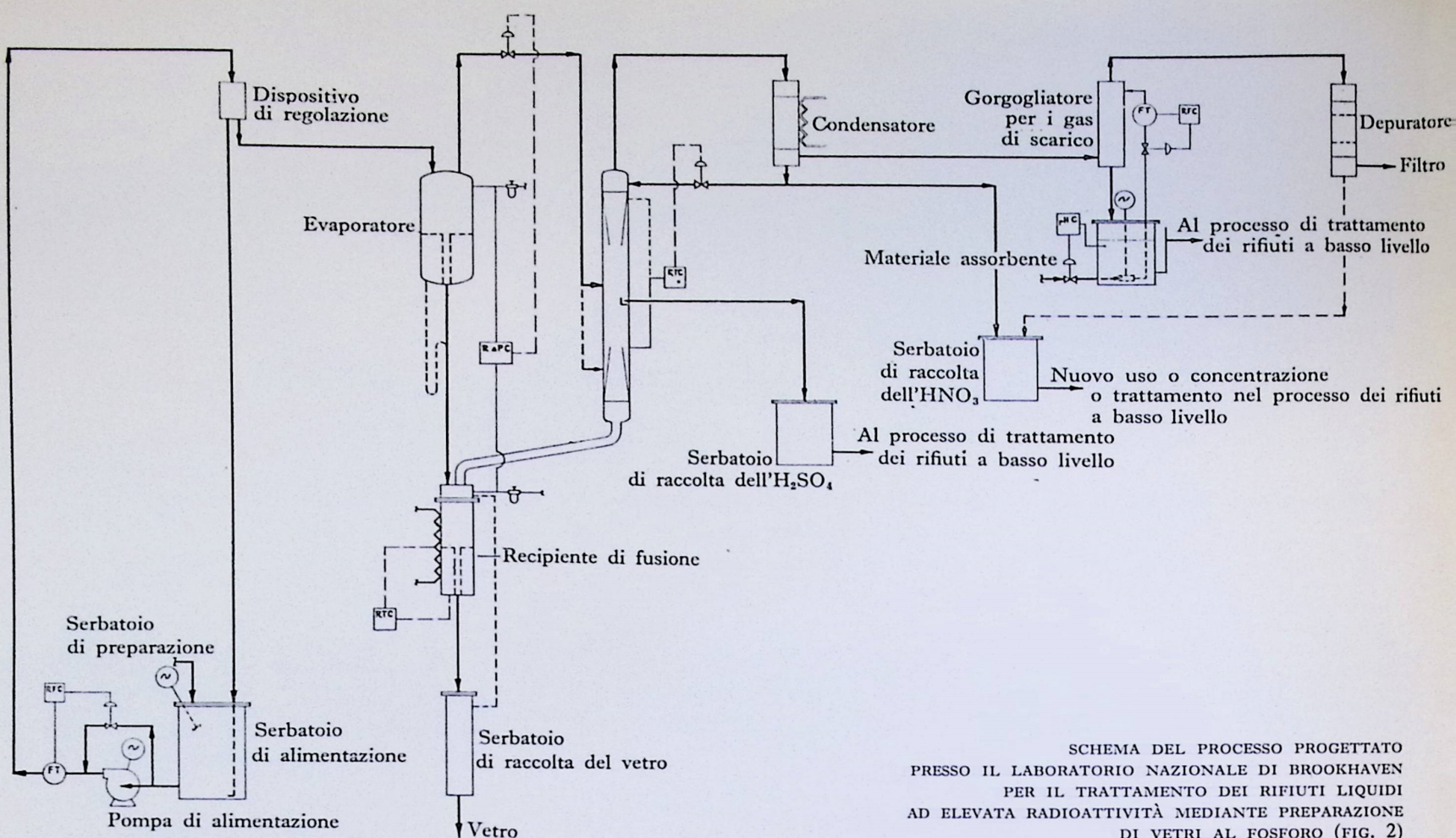
Inoltre il crescente interesse posto nel progetto di realizzare un impianto in grado di trattare su vasta scala rifiuti radioattivi di tipo Purx, Thorex, TBP-25 e Darex, ha accelerato gli sforzi riguardanti le modifiche da apportare agli impianti pilota e sperimentale del Laboratorio di Brookhaven allo scopo di trovare i migliori accorgimenti per la costruzione di tale impianto.

Nello schema in figura 2 è riportato il processo simile a quello usato negli impianti pilota e sperimentale di Brookhaven con alcune importanti modifiche ultimamente adottate; secondo tale schema i gas prodotti nel recipiente di calcinazione vengono direttamente inviati ad un sistema di distillazione frazionata da cui l' HNO_3 a bassa radioattività dovrebbe essere estratto come prodotto liquido di testa e l' H_2SO_4 a bassa radioattività come prodotto secondario.

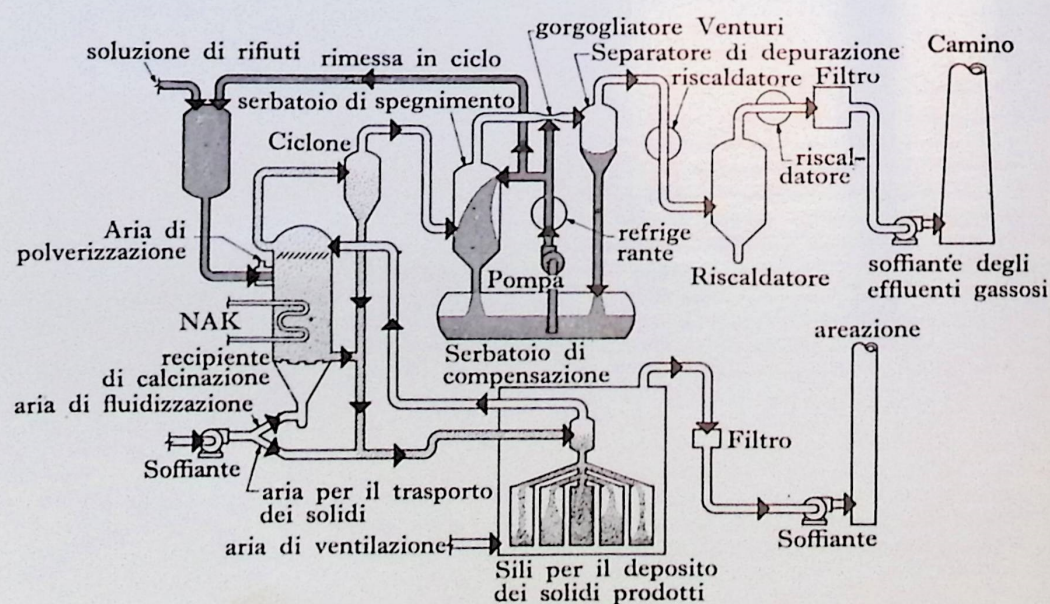
La rimessa in ciclo dell'acido fosforico e il trascinarsi dei gas prodotti nella fusione avvengono automaticamente mediante ritorno del reflusso del liquido dal fondo del frazionatore al recipiente di fusione; questo ultimo serve contemporaneamente come boiler della colonna di frazionamento, eliminando la necessità di un'unità apposta per l' H_3PO_4 e l' H_2SO_4 , della pompa di circolazione e di altri dispositivi.

d) Un altro promettente tentativo per sistemare definitivamente i rifiuti liquidi ad elevata radioattività è costituito dall'impianto di calcinazione a letto fluidizzato (*Demonstrational Waste Calcining Facility*) realizzato presso il Centro di prova dei reattori di Idaho; l'impianto dopo una serie di prove con soluzioni non radioattive simultanti rifiuti ha dato inizio alla fine del 1963 ad operazioni « calde » impiegando i rifiuti radioattivi attualmente immagazzinati in serbatoi presso l'impianto chimico di trattamento di Idaho (ICPP). La realizzazione dell'impianto, che sarà il primo a convertire rifiuti radioattivi in forme solide con un processo su larga scala, attualmente in fase di completamento, ha richiesto una somma di 6 milioni di dollari. La calcinazione a letto fluidizzato assicura una riduzione di volume dei rifiuti liquidi maggiore del 5% del processo di calcinazione sperimentato ad Oak Ridge e sarà adottata per i rifiuti acidi a base di $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, prodotti dai reattori di prova del tipo MTR e ETR, che infatti usano combustibili rivestiti in alluminio; gli altri processi già esaminati sono invece in grado di trattare ogni tipo di rifiuti. Secondo lo schema del processo (fig. 3) che è continuo, i rifiuti liquidi (272 l/h) provenienti dal serbatoio di deposito, collegato col flusso degli effluenti di riciclo provenienti dal gorgogliatore di lavaggio, vengono inviati ad un bocaglio pneumatico di polverizzazione, che si trova immerso al di sotto della zona gas-solida del letto fluidizzato.

Il recipiente di calcinazione è riscaldato mediante circolazione di un eutettico liquido di NaK; aria fluidizzante preriscaldata entra nel recipiente di calcinazione al di sotto della piastra a griglia e passa attraverso i fori di un distributore che serve all'agitazione del letto solido. Il prodotto risultante consiste di particelle quasi sferiche che conferiscono al solido una porosità di circa il 41%; esso viene poi trasportato pneumaticamente ai



silos di deposito, ciascuno dei quali è costituito da una sezione centrale cilindrica circondata da due sezioni di forma anulare congegnate in modo tale da essere riempite successivamente per eccedenza dei solidi attraverso condotti che si irradiano dal cilindro interno all'anello esterno. Lo spessore dei silos riempiti è tale che la temperatura al centro dei solidi calcinati non supera i 400 °C, temperatura normale di calcinazione dei rifiuti di tipo MTR dopo due anni dal prelevamento del reattore. I silos sono di acciaio inossidabile raffreddati per convezione da una corrente d'aria compressa e forniti di un sistema che permette di rimuovere dopo un certo periodo i prodotti di degradazione radiolitica come piccole quantità di ossidi di azoto ed acqua.



e per determinare le condizioni di equilibrio termico e di conducibilità termica dei sali. Per economizzare tempo, dato che i solidi calcinati non saranno prodotti dall'impianto pilota di Hanford prima del 1966, vengono impiegati elementi di combustibile esauriti brevemente raffreddati del tipo ETR contenuti in recipienti e simulanti il calore ed il flusso delle radiazioni dei rifiuti solidi.

Le attrezzature per la manipolazione dei rifiuti solidi nella miniera sono per ora in

fase di progettazione e costruzione presso il Laboratorio Nazionale di Oak Ridge; le operazioni di preparazione della miniera stanno progredendo sia in superficie sia in profondità e comprendono lo scavo di camere e fori nel soffitto, l'installazione di contatori e di altri apparecchi necessari.

La prima sistemazione di contenitori avverrà nel gennaio 1965; l'esperimento ha lo scopo di fornire le informazioni necessarie alla progettazione di un impianto per la sistemazione definitiva.

Nuovo impianto sperimentale in funzione ad Oak Ridge

Un nuovo impianto sperimentale avente il compito di fornire dati utili ai ricercatori e agli ingegneri addetti allo studio delle caratteristiche di sicurezza delle attrezzature nucleari, è entrato in funzione presso il Laboratorio Nazionale di Oak Ridge; il nuovo impianto (*Nuclear Safety Pilot Plant*) sarà usato principalmente per studiare il comportamento dei prodotti di fissione radioattivi dispersi durante un incidente nucleare.

L'impianto consiste di una fornace per la fusione dei combustibili irradiati, di un contenitore da 3,8 m³ e delle apparecchiature necessarie alla determinazione della distribuzione di prodotti di fissione in funzione dello spazio e del tempo entro il volume del contenitore; esso è dotato inoltre di sistemi in grado di stabilire i procedimenti da adottare per la rimozione dei prodotti dal contenitore e la decontaminazione.

Il materiale irradiato verrà fuso o vaporizzato in una fornace a eiezione di plasma; gli effluenti gassosi trasporteranno i prodotti di fissione e piccole particelle di combustibile nel contenitore attraverso un condotto riscaldato ad una temperatura stabilita.

Il movimento di materiale radioattivo sarà determinato da apparecchi di rivelamento posti lungo il percorso.

BIBLIOGRAFIA

A.E.C. *Well Along on Waste Disposal*, «Nucleonics» 22, 78, febbraio 1964.

Annual Report, 1 July 1963, BNL 806 (AS-17), novembre 1963.

Chemical Processing Technology Quarterly Progress Report, October-December 1962, IDO-14611, giugno 1963.

HANCHER C. W., SUDDATH J. C., WHATLEY M. E., *Engineering Studies on Pot Calcination for Ultimate Disposal of Nuclear Waste from the TBP-25, Darex, and Purex Processes*. - Parte I: «The System Evaluation», ORNL-3277, settembre 1963.

Major Activities in the Atomic Energy Programs, January-December 1963, U.S.A.E.C., gennaio 1964.

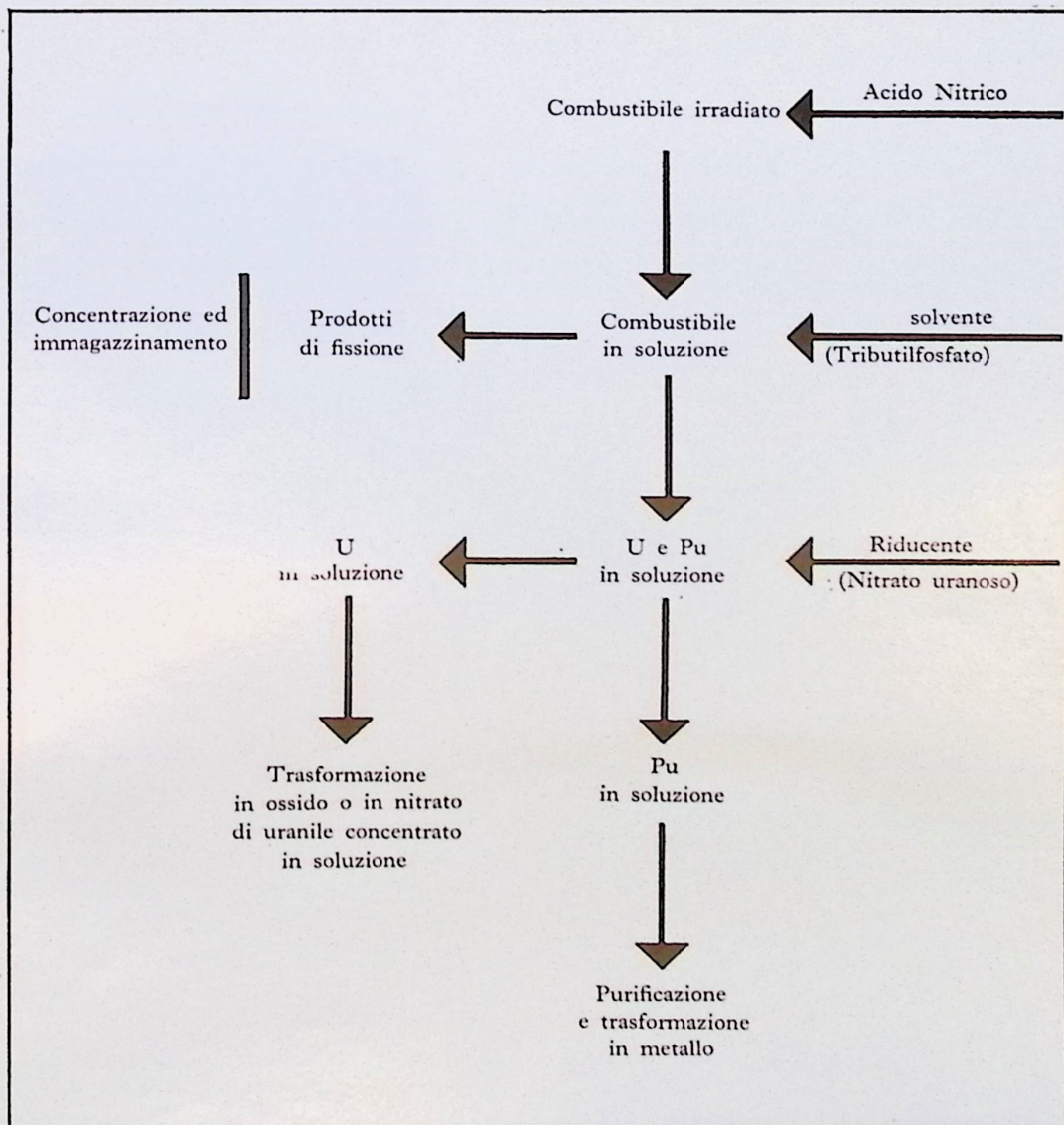
PERONA J. J., BRADSHAW R. L., ROBERTS J. T., BLOMEKE J. O., *Evaluation of Ultimate Disposal Methods for Liquid and Solid Radioactive Wastes*. - Parte II: «Conversion to Solid by Pot Calcination» ORNL-3192, ottobre 1961.

Progress Report Nuclear Engineering Department, 1 May-31 August 1963, BNL 823 (S-65), dicembre 1963.

STEVENS J. I., *An Economic Evaluation of Ultimate Disposal of Liquid Radioactive Wastes by the Fluidized Bed Calcination Process* IDO-14595, ottobre 1962.

WHEELER B. R., BUCKHAM J. A., *Design of a Pilot Plant Facility for Radioactive Demonstration of the Pot Calcination Process*, IDO-14596, dicembre 1962.

IMPIANTO DI LA HAGUE - SCHEMA DI TRATTAMENTO DEL COMBUSTIBILE



Trattamento dei combustibili irradiati e degli effluenti radioattivi presso il Centro di La Hague

Nel Centro di La Hague, la cui costruzione ha avuto inizio nel 1962, verranno trattati i combustibili irradiati provenienti dalle centrali E.D.F. di Chinon e di Saint Laurent-des-Eaux, per estrarne il plutonio (cfr.: Notiziario 9, 96, gennaio 1963).

Accenniamo brevemente ai metodi di trattamento dei combustibili e degli effluenti radioattivi.

Trattamento dei combustibili irradiati

Ai combustibili sciolti in HNO₃ si aggiunge un solvente organico, il tributilfosfato che estrae l'uranio ed il plutonio allo stato tetravalente, mentre lascia nella soluzione nitrica i prodotti di fissione. Successivamente l'aggiunta di una soluzione riducente consentirà l'allontanamento del plutonio allo stato trivalente lasciando l'uranio nel solvente. Dopo che i diversi elementi sono stati separati è necessario purificare le soluzioni di U e Pu, e trasformare l'uranio in triossido o nitrato d'uranile, prodotti che potranno essere o immagazzinati od avviati verso gli impianti di produzione d'uranio metallico, ed il plutonio in plutonio metallico che viene trattato sul posto. Allo scopo si precipita il plutonio dalla soluzione con acido ossalico e l'ossalato ottenuto si fluorura con HF in un forno riscaldato a 600°C. Il fluoruro è in seguito ridotto per calcioterminia; il lingotto di plutonio metallico si deposita sul fondo del crogiuolo. I prodotti di fissione a loro volta vengono concentrati per evaporazione ed immagazzinati in recipienti interrati.

Sebbene il metodo sia semplice, numerose sono le difficoltà che ne complicano l'attuazione pratica. Così le barre di combustibile debbono essere private della guaina di magnesio, il che si effettua con mezzi meccanici in una vasca speciale al fine di proteggere il personale dalle radiazioni emesse dal

combustibile. Durante lo scioglimento delle barre con HNO_3 caldo, è necessario recuperare i vapori nitrosi, trasformandoli in HNO_3 che viene riciclato, sia per ragioni di economia, sia perché non possono venire eliminati nell'atmosfera. Inoltre poiché la soluzione iniziale contiene particelle solide in sospensione essa deve essere filtrata prima di procedere all'estrazione con solvente il che è piuttosto complesso, poiché ogni operazione va ricominciata più volte per ottenere una separazione sufficientemente spinta dei diversi elementi. Infine il solvente non solo si decompone parzialmente sotto l'effetto delle radiazioni ma diviene anche leggermente radioattivo il che impone un trattamento particolare per purificarlo.

Il trattamento del combustibile viene eseguito in celle con le pareti di calcestruzzo mentre la purificazione e la metallurgia del plutonio si effettuano in celle perfettamente impermeabili alle particelle α con schermi di protezione contro i neutroni. Tutte queste operazioni sono telecomandate. Inoltre gli apparecchi sono riuniti in una zona attiva detta « rossa » in cui è proibito l'accesso. La manutenzione delle celle si effettua a partire da una zona « arancio » semi-attiva, in cui si entra solo per interventi eccezionali e per un tempo limitato. Quanto agli organi di comando e controllo essi si trovano in una zona « verde » in cui si può circolare liberamente. Inoltre poiché alcuni lavori presentano rischi di contaminazione, essi vengono svolti in una zona « gialla » in cui il personale è fornito di adatte tute.

Tutte queste zone sono in depressione le une rispetto alle altre, per evitare il passaggio delle polveri in sospensione nell'aria da una zona attiva verso una inattiva e l'atmosfera delle zone attive è costantemente rinnovata e filtrata. Gli apparecchi situati nella zona attiva sono oggetto di accurati studi dato che essi debbono funzionare continuamente. In tutte le operazioni effettuate nell'impianto vanno evitati i rischi di criticità il che si ottiene ricorrendo all'applicazione dei metodi classici di sicurezza e con un controllo permanente delle condizioni di esercizio. Tutte queste precauzioni consentono di garantire che il personale che lavora nell'impianto non corre alcun pericolo. Il livello d'irraggiamento a cui è stato esposto è registrato permanentemente mediante dosimetri individuali portatili. Anche la radioattività dei locali è costantemente controllata ed altrettante precauzioni sono prese rispetto alla sicurezza della zona e dell'ambiente circostante. L'aria che circola nell'impianto è filtrata prima di essere eliminata all'esterno.

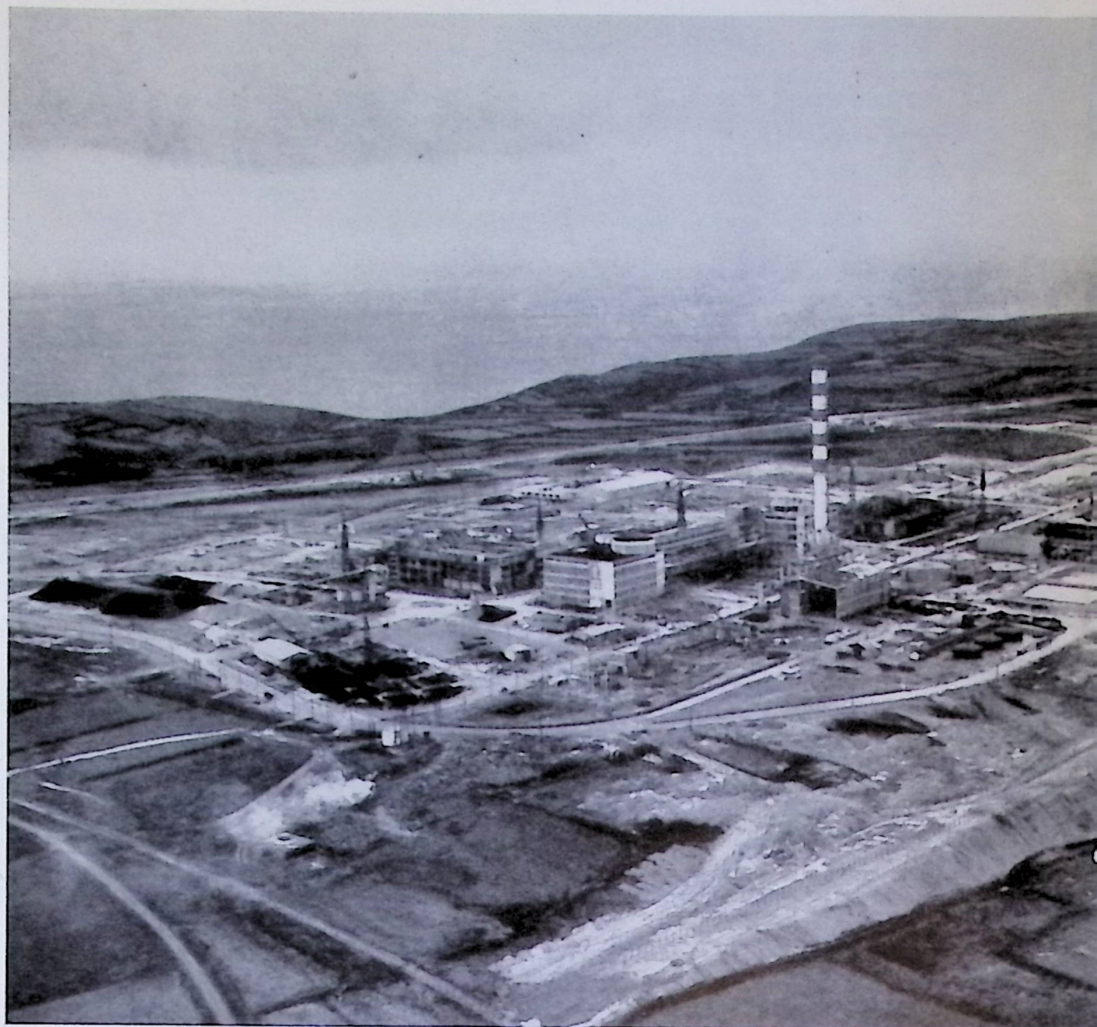
I rifiuti solidi e le acque residue sono opportunamente trattati assicurando così l'innocuità dei prodotti da smaltire.

Trattamento degli effluenti radioattivi

Gli elementi radioattivi vengono precipitati e coagulati sotto forma di fanghi nell'impianto di trattamento degli effluenti con procedimenti chimici simili a quelli a cui si ricorre nell'industria classica.

L'impianto di la Hague richiede due catene destinate al trattamento di attività differenti e che potranno essere messe in serie qualora alcuni effluenti debbano essere sottoposti a precipitazioni successive. Le acque trattate saranno dirette verso serbatoi in cui subiranno il controllo prima dell'eliminazione. Il precipitato verrà decantato ed i fanghi così ottenuti, il cui volume è relativamente piccolo, saranno immagazzinati in vasche prima del loro condizionamento definitivo.

La radioattività delle acque trattate sarà ancora superiore alla radioattività naturale media delle acque di mare o di fiume poiché non è possibile eliminare completamente i



CENTRO DI LA HAGUE - VEDUTA GENERALE DEL CANTIERE ALLA FINE DEL 1963

radioelementi. Ma l'eliminazione dei residui nel Raz Blanchard attraverso un condotto che sbocca a 5 km dalla costa e ad una profondità di circa 30 m, assicurerà una diluizione assai rapida di questi effluenti. Inoltre l'eliminazione sarà effettuata solamente per qualche ora al giorno ed in alto mare.

Allo scopo di definire la quantità massima ammissibile di questi residui sono in corso numerosi studi sia presso il C.E.A., sia presso enti esterni.

A la Hague, il gruppo di Radioecologia marina del C.E.A. studia la fauna e la flora del litorale, la composizione dei fondi marini, lo sfruttamento delle risorse del mare e la loro utilizzazione da parte delle popolazioni allo scopo di assicurarsi che non è possibile alcun rischio di contaminazione. Il gruppo dispone di laboratori di analisi e di acquari in cui sono eseguite esperienze sulla concentrazione dei radioelementi negli organismi marini. Analoghe ricerche sono state affidate al Laboratorio di Geologia della Facoltà di Scienze di Caen ed all'Istituto Oceanografico.

D'altro canto gli studi sulla dispersione degli effluenti nella corrente del Raz Blanchard sono stati compiuti sia in loco sia su modelli che riproducono esattamente il movimento delle correnti e delle maree, da parte del Gruppo di Studi Atomici della Marina Nazionale, del Laboratorio Nazionale d'Idraulica di Chatou, del Laboratorio di Meccanica dei fluidi del Politecnico di Grenoble. A questi vari gruppi si associano il Servizio idrografico della Marina e la Direzione dei Lavori Marittimi di Cherbourg.

(C.E.A. - Centre de la Hague, aprile 1964)

Varie