

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO | 102021000024026 |
| Data Deposito | 20/09/2021 |
| Data Pubblicazione | 20/03/2023 |

Classifiche IPC

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| G | 21 | F | 9 | 12 |

Titolo

PROCESSO E APPARATO PER DEPURARE E SMALTIRE REFLUI RADIOATTIVI DA IODIO-131

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo "PROCESSO E APPARATO PER DEPURARE E SMALTIRE REFLUI RADIOATTIVI DA IODIO-131", a nome dei cittadini italiani Luca MENICHETTI residente a Vecchiano (PI); Aldo DEL GRATTA, residente a Rosignano Marittimo (LI); Antonio TRAINO, residente a Pisa; Riccardo SANTAGUIDA, residente a Sestola (MO); Giovanni POLIDORI, residente a Lucca.

DESCRIZIONE

Ambito dell'invenzione

[0001] La presente invenzione si riferisce a un processo e a un apparato per depurare e smaltire reflui radioattivi generati da strutture sanitarie in cui si somministrano o comunque si utilizzano sostanze radioattive, tipicamente reparti di medicina nucleare o strutture in cui si trattano patologie tiroidee con radionuclidi.

Cenni relativi alla tecnica nota - Problema tecnico

[0002] Come anticipato, strutture sanitarie quali reparti di medicina nucleare fanno largo uso di sostanze radioattive per diagnosticare e trattare patologie maligne e benigne. Tali sostanze vengono impiegate sotto forma di sorgenti non sigillate e somministrate ai pazienti oralmente o per endovena. Una volta assorbite dall'organismo, tali sostanze possono localizzarsi in particolari tessuti corporei e ivi decadere in modo completo, oppure possono essere eliminate prima del decadimento completo, per esempio, attraverso il tratto urinario.

[0003] L'impiego crescente di radiofarmaci nelle strutture sanitarie comporta quindi una costante produzione di effluenti radioattivi, con rischio di esposizione diretta per i lavoratori e di contaminazione ambientale. In particolare, lo iodio-131 (^{131}I), ampiamente usato per curare patologie tiroidee, ha un tempo di dimezzamento di circa 8 giorni

ed è il radionuclide più utilizzato in terapia medico-nucleare, nonché quello più critico dal punto di vista dell'impatto ambientale.

[0004] Per evitare che tale materiale radioattivo finisca nella rete fognaria pubblica con gli escreti dei pazienti e a una concentrazione superiore al limite consentito dalla normativa di riferimento, cioè in quantità tale da superare i limiti di non rilevanza radiologica prevista da tale normativa, i reparti clinici si sono dotati di servizi igienici con scarichi dedicati e sistemi di rilascio ritardato, per abbattere l'attività dei materiali radioattivi fino a valori di concentrazione tali da garantire la non rilevanza radiologica, per cui la legge ammette il rilascio nella rete fognaria pubblica. Tali sistemi di rilascio ritardato sono costituiti da grandi vasche di decantazione, normalmente disposte in cascata, per consentire il decadimento della radioattività a valori che consentano il rilascio del refluo. Tempi di permanenza nelle vasche normalmente superiori a 90 giorni consentono di immettere nella rete fognaria liquami la cui contaminazione radioattiva è da considerare irrilevante secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

[0005] I sistemi di decantazione di questo tipo sono hanno dimensioni notevoli e comportano alti costi di costruzione e manutenzione. Inoltre, l'elevato consumo di acqua per igiene personale può comportare carenze nella capacità di accumulo e di stoccaggio delle vasche, che quindi debbono essere progettate in maniera ridondante. Per contenere i consumi in modo da garantire l'opportuno decadimento della radioattività nelle vasche, a volte è necessario limitare l'uso di acqua ai pazienti ricoverati, con conseguente disagio per gli stessi.

[0006] Un sistema più evoluto per trattare reflui contaminati da iodio radioattivo è descritto in DE 102005036470. Tale sistema prevede di conferire i reflui a due chiarificatori disposti in serie, ciascuno dei quali contiene corpi di riempimento o un riempimento strutturato, ed è provvisto di un dispositivo per alimentare un gas contenente ossigeno al di sotto del livello del liquido, oltre ad agenti floculanti, un dispositivo essendo previsto per il prelievo dei fanghi che si formano. I chiarificatori sono configurati in modo da rimuovere dal 95 al 99% dello iodio presente nei reflui alimentati. A valle dei chiarificatori può essere disposto un decantatore e, in serie a questo, può essere prevista una colonna di adsorbimento riempita con un prodotto macroporoso a scambio anionico.

15 Sintesi dell'invenzione

[0007] È quindi scopo della presente invenzione fornire un processo e un apparato per depurare reflui radioattivi per $^{131}\text{I}^-$, rimuovendo tale agente contaminante mediante scambio anionico, che permetta di utilizzare resine a scambio anionico senza sostanziale detrimento delle prestazioni per effetto di depositi di materiale organico e deposito/formazione/crescita microbica sulla superficie della resina a scambio anionico.

[0008] È scopo particolare dell'invenzione fornire un processo e un apparato come sopra che consentano l'utilizzo dell'agente ossidante, in proporzioni tali da causare un'“ossidazione biologica” del materiale organico degradabile biologicamente e limitare la crescita microbiologica senza modificare lo stato di ossidazione e la forma chimico-fisica dello iodio radioattivo in senso sfavorevole per l'eliminazione mediante scambio ionico.

[0009] È inoltre scopo dell'invenzione fornire un apparato per attuare tale processo che richieda spazi significa-

tivamente inferiori a quelli richiesti dagli impianti attualmente impiegati, in particolare, nei complessi ospedalieri, basati sull'impiego di vasche di decadimento a cascata.

5 [0010] È altresì scopo dell'invenzione fornire un siffatto apparato che comporti costi di costruzione, manutenzione ed esercizio inferiori a quelli della tecnica corrente.

10 [0011] Questi ed altri scopi sono raggiunti da un processo e da un apparato per depurare e smaltire un refluo liquido radioattivo comprendente, oltre ad acqua, iodio-131 radioattivo nella forma di anioni ioduro $^{131}\text{I}^-$ disciolti nell'acqua secondo una determinata concentrazione e attività in ingresso, nonché materiale organico degradabile biologicamente, come descritto, rispettivamente, nelle rivendicazioni indipendenti 1 e 6. Varianti vantaggiose del processo e forme realizzative vantaggiose dell'apparato sono definite nelle rivendicazioni rispettivamente dipendenti.

20 [0012] Secondo un aspetto dell'invenzione, il processo comprende le fasi di:

- predisposizione di una quantità predeterminata del refluo liquido radioattivo;
- pretrattamento ossidativo del refluo liquido radioattivo con un agente ossidante, con ossidazione del materiale organico degradabile biologicamente per limitare la crescita microbiologica associata a detto materiale organico degradabile biologicamente, ottenendo in tal modo un refluo liquido radioattivo pretrattato a minor carico organico e biologico;
- successivo contatto ovvero passaggio del refluo liquido radioattivo con/su una resina a scambio anionico, e scambio anionico, su detta resina a scambio

anionico, degli anioni ioduro $^{131}\text{I}^-$ con anioni scambiatori della resina a scambio anionico, in modo da eliminare in modo sostanzialmente quantitativo lo ioduro ($^{131}\text{I}^-$) radioattivo;

- 5 - misura di attività o concentrazione dello iodio-131 in uscita nel reffluo liquido da scambio anionico;
- confronto dell'attività o della concentrazione dello iodio-131 in uscita rispettivamente con un'attività o con una concentrazione di iodio-131 massima ammisible in un ricettore pubblico di scarichi;
- 10 in cui, se nella fase di confronto l'attività o concentrazione in uscita misurata risulta superiore a tale attività o concentrazione massima ammissibile, è prevista una fase di:
- 15 - riciclo del reffluo liquido da scambio anionico alla fase di scambio anionico; mentre in cui, se nella fase di confronto l'attività o concentrazione in uscita misurata non è superiore all'attività o alla concentrazione massima ammmissible, è prevista una fase di:
- 20 - scarico del reffluo liquido da scambio anionico in un ricettore pubblico di scarichi.

[0013] Secondo un altro aspetto dell'invenzione, l'apparato comprende:

- 25 - un bacino di accumulo per il reffluo da trattare;
- un reattore di pretrattamento ossidativo configurato per ricevere il reffluo liquido radioattivo e un agente ossidante per ossidare il materiale organico nutriente per i microorganismi e limitare in tal modo la crescita microbiologica associata al materiale organico degradabile biologicamente presente nel reffluo liquido radioattivo, ottenendo un reffluo liquido radioattivo pretrattato;
- 30

- un contenitore di scambio anionico, normalmente una colonna, cioè un contenitore di forma allungata, contenente un letto di una resina a scambio anionico disposto per venire a contatto con il reffluo liquido radioattivo pretrattato e a trattenere l'anione ioduro rilasciando un diverso anione nel reffluo liquido radioattivo pretrattato, cioè eseguendo una fase di scambio anionico, in modo da ottenere un reffluo liquido da scambio anionico;
- 5 - uno strumento rivelatore o radioetector per misurare un'attività o una concentrazione di iodio-131 in uscita nel reffluo liquido da scambio anionico;
- 10 - un gruppo valvolare deviatore disposto per ricevere il liquido da scambio anionico dal contenitore di scambio anionico e per inviare selettivamente il reffluo liquido da scambio anionico a monte del contenitore di scambio anionico o a un'uscita, in modo da poter scaricare il reffluo liquido da scambio anionico in un ricettore pubblico di scarichi;
- 15 - un'unità di controllo configurata per:
 - ricevere un valore di attività o di concentrazione in uscita dallo strumento e:
 - confrontare il valore di attività o di concentrazione in uscita rispettivamente con un'attività o con una concentrazione di iodio-131 massima ammissibile in un ricettore pubblico di scarichi;
 - generare e trasferire al gruppo valvolare un segnale di comando di riciclo o di scarico secondoché il valore dell'attività o della concentrazione in uscita misurata, quando confrontato, risulti superiore o non superiore all'attività o alla concentrazione massima ammissibile, in modo che solo in quest'ultimo caso il reffluo liquido da
- 20 - un'unità di controllo configurata per:
 - ricevere un valore di attività o di concentrazione in uscita dallo strumento e:
 - confrontare il valore di attività o di concentrazione in uscita rispettivamente con un'attività o con una concentrazione di iodio-131 massima ammissibile in un ricettore pubblico di scarichi;
 - generare e trasferire al gruppo valvolare un segnale di comando di riciclo o di scarico secondoché il valore dell'attività o della concentrazione in uscita misurata, quando confrontato, risulti superiore o non superiore all'attività o alla concentrazione massima ammissibile, in modo che solo in quest'ultimo caso il reffluo liquido da
- 25 - un'unità di controllo configurata per:
 - ricevere un valore di attività o di concentrazione in uscita dallo strumento e:
 - confrontare il valore di attività o di concentrazione in uscita rispettivamente con un'attività o con una concentrazione di iodio-131 massima ammissibile in un ricettore pubblico di scarichi;
 - generare e trasferire al gruppo valvolare un segnale di comando di riciclo o di scarico secondoché il valore dell'attività o della concentrazione in uscita misurata, quando confrontato, risulti superiore o non superiore all'attività o alla concentrazione massima ammissibile, in modo che solo in quest'ultimo caso il reffluo liquido da
- 30 - un'unità di controllo configurata per:
 - ricevere un valore di attività o di concentrazione in uscita dallo strumento e:
 - confrontare il valore di attività o di concentrazione in uscita rispettivamente con un'attività o con una concentrazione di iodio-131 massima ammissibile in un ricettore pubblico di scarichi;
 - generare e trasferire al gruppo valvolare un segnale di comando di riciclo o di scarico secondoché il valore dell'attività o della concentrazione in uscita misurata, quando confrontato, risulti superiore o non superiore all'attività o alla concentrazione massima ammissibile, in modo che solo in quest'ultimo caso il reffluo liquido da

scambio anionico possa essere scaricato nel ricettore pubblico di scarichi.

[0014] Il pretrattamento con l'agente ossidante riduce i nutrienti costituiti dal materiale organico degradabile 5 biologicamente e in tal modo ostacola o rende impossibile un'estesa crescita microbica nel refluo. Il refluo radioattivo così pretrattato risulta in tal modo idoneo al passaggio sulla resina a scambio ionico.

[0015] Più in dettaglio, il pretrattamento ossidativo 10 con l'agente ossidante permette la parziale disinfezione e mineralizzazione delle molecole organiche presenti nel refluo liquido trattato, in particolare delle molecole nutrienti per i microrganismi degradabili biologicamente, in modo da inibire la proliferazione 15 della componente microbiologica associata a tale materiale organico. Il materiale organico può essere ancora presenti nel refluo liquido da trattare anche dopo eventuali trattamenti preliminari di sedimentazione e/o chiarificazione, come descritto più avanti.

[0016] L'abbattimento significativo della componente 20 organica e la sostanziale riduzione/inibizione della componente microbiologica permettono di garantire un'efficienza accettabile dello scambio anionico cui viene successivamente sottoposto il refluo liquido 25 radioattivo. Infatti, la struttura normalmente porosa delle resine a scambio anionico costituirebbe un supporto ideale per il deposito delle molecole organiche e per la proliferazione di microrganismi e batteri. Tali fenomeni ridurrebbero la superficie di scambio anionico 30 offerta dalla resina, riducendo l'efficienza di scambio anionico di quest'ultima. La parziale disinfezione e l'abbattimento microbico ad essa associato nel refluo radioattivo consente invece di mantenere le condizioni

di efficienza di scambio della resina a scambio anionico e quindi definisce il periodo massimo di utilizzo della resina nella fase di estrazione dello iodio radioattivo mediante scambio ionico.

5 [0017] L'attività o concentrazione di iodio-131 massima ammissibile con cui viene confrontata l'attività o concentrazione di iodio-131 in uscita è normalmente stabilita da un esperto qualificato di radioprotezione come stabilito e in modo di ottemperare alla non
10 rilevanza radiologica come definito dalla normativa di riferimento vigente.

[0018] In particolare, l'agente ossidante è un composto ossidante che può essere scelto tra

- un composto disponibile in fase liquida come perossido d'idrogeno; un perossido organico quale l'acido peracetico; ipoclorito di sodio;
 - un composto disponibile in fase gassosa come ozono o cloro molecolare;
 - una combinazione dei composti sopra indicati
- 20 e la fase di pretrattamento ossidativo comprende una fase di miscelazione del refluo liquido radioattivo con una quantità del composto ossidante.

[0019] A tale scopo, il reattore di pretrattamento ossidativo dell'apparato è configurato per miscelare il refluo liquido radioattivo con una quantità di un siffatto composto ossidante.

[0020] In una forma realizzativa, è possibile utilizzare il composto ossidante o la miscela di composti ossidanti in combinazione con una radiazione ultravioletta.

30 [0021] In una forma realizzativa vantaggiosa, il processo comprende inoltre una fase di rilevazione di un contenuto di materiale organico degradabile biologicamente nel refluo liquido radioattivo, e l'agente

ossidante viene dosato in base al contenuto rilevato di materiale organico degradabile biologicamente, in particolare la quantità del composto ossidante viene scelta in base al contenuto rilevato di detto materiale 5 organico degradabile biologicamente. In particolare, la fase di rilevazione di un contenuto di materiale organico degradabile biologicamente comprende una fase di misura di richiesta biochimica di ossigeno (BOD) del refluo liquido radioattivo.

10 [0022] Le fasi di rilevazione del contenuto di materiale organico degradabile biologicamente e di dosaggio dell'agente ossidante possono essere eseguite manualmente da un operatore oppure, come illustrato nel seguito, automaticamente.

15 [0023] A tale scopo, l'apparato comprende inoltre mezzi per rilevare in linea un contenuto del materiale organico degradabile biologicamente nel refluo liquido radioattivo, in particolare uno strumento misuratore in linea di richiesta biochimica di ossigeno (BOD) disposto lungo un percorso del refluo liquido radioattivo, e l'agente ossidante viene dosato in base al contenuto rilevato di materiale organico degradabile biologicamente, in particolare la quantità del composto ossidante viene scelta in base al contenuto rilevato di 20 materiale organico degradabile biologicamente.

25 [0024] Come noto, le resine a scambio anionico comprendono un supporto o matrice polimerica, normalmente porosa, e la superficie del supporto o matrice polimerica presenta gruppi funzionali comprendenti anioni disponibili per essere scambiati con gli anioni presenti in un liquido da trattare, in questo caso con lo ione ioduro I⁻. Più in dettaglio, i gruppi funzionali hanno una parte cationica legata alla matrice polimerica e una parte anionica

disponibile per lo scambio con gli anioni presenti nel liquido da trattare. Preferibilmente, la parte anionica comprende, tra gli anioni scambiabili con lo ioduro, preferibilmente anioni ossidrile OH^- , e/o cloruro Cl^- e/o bicarbonato HCO_3^- , disponibili per lo scambio con gli ioni ioduro $^{131}\text{I}^-$ del refluo liquido radioattivo, secondo lo schema



dove A^- può essere OH^- , Cl^- o HCO_3^- . La parte cationica dei gruppi funzionali comprende invece preferibilmente gruppi amminici quaternari NR_4^+ , per esempio gruppi trimetilammonio $-\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$. Resine di questo tipo mostrano una capacità di scambio anionico particolarmente elevata nei confronti dello ione ioduro I^- , in questo caso $^{131}\text{I}^-$. Più in dettaglio, questo tipo di resine a scambio anionico si distingue per un carattere fortemente basico che permette ai gruppi sostituiti di mantenere la propria carica negativa, e quindi permette alla resina di operare in un ampio intervallo di valori di pH.

[0025] Il supporto della resina a scambio anionico comprende una matrice porosa preferibilmente costituita da un polimero stirenico reticolato, in particolare un copolimero stirene-divinilbenzene, in cui quest'ultimo comonomero permette la reticolazione. Tali resine stireniche reticolate hanno il vantaggio di possedere un'elevata stabilità chimica e meccanica.

[0026] Il refluo liquido radioattivo può comprendere solidi in sospensione, e in tal caso la fase di predisposizione comprende preferibilmente una fase di decantazione del refluo liquido radioattivo, preferibilmente in una vasca di decantazione. La vasca di decantazione può costituire o far parte del bacino di accumulo dell'apparato, ed è disposta in modo da

separare solidi in sospensione dal refluo liquido radioattivo e ottenere un refluo liquido radioattivo decantato. In particolare, la vasca di decantazione può essere una vasca tipo Imhoff, utilizzata per separare
5 uno strato centrale più chiaro di un liquido trattato dai fanghi organici, prelevando tale strato centrale a una quota intermedia tra quella di uno strato di fanghi flottante sulla superficie del liquido e quella dei fanghi depositati come corpo di fondo.

10 [0027] Possono poi essere previste ulteriori e diverse fasi di decantazione del refluo liquido radioattivo, in particolare, a valle della decantazione Imhoff. Per esempio, può essere prevista una decantazione a sfioro in una corrispondente vasca a sfioro per trattenere
15 ulteriore materiale organico disperso nel refluo.

[0028] Vantaggiosamente, prima della fase di passaggio sulla resina a scambio anionico, è prevista una fase di filtrazione di un eventuale residuo del materiale organico dal refluo liquido radioattivo pretrattato
20 attraverso sabbia e/o attraverso carboni attivi. A tale scopo, l'apparato, a monte del contenitore di scambio anionico, include un dispositivo di filtrazione scelto tra un filtro a sabbia, un filtro a carboni attivi o una combinazione di quanto sopra, in particolare un filtro a
25 sabbia seguito da un filtro a carboni attivi. Tale dispositivo di filtrazione è disposto per ricevere il refluo liquido radioattivo pretrattato proveniente dal reattore di pretrattamento ossidativo, e per separare il refluo liquido radioattivo pretrattato in un residuo del
30 materiale organico contenuto nel refluo liquido alimentato all'apparato, dopo il pretrattamento con l'agente ossidante, e in un refluo liquido radioattivo pretrattato filtrato.

[0029] In tal modo si evita che la resina a scambio anionico debba trattare un refluo contenente una quantità eccessiva di sostanze organiche, che impegnerebbero una parte cospicua della resina a scambio anionico riducendone le prestazioni nei confronti dello ione ioduro e quindi limitando l'efficienza della fase / del contenitore di scambio anionico.

[0030] Preferibilmente, se nella fase di confronto l'attività o concentrazione dello iodio-131 in uscita risulta maggiore dell'attività o della concentrazione massima ammissibile, la fase di riciclo del refluo liquido da scambio anionico è diretta più a monte della fase di passaggio su resina a scambio anionico, per esempio alla fase di filtrazione su sabbia e/o carbone, 15 ove prevista, o anche alla fase di pretrattamento con un agente ossidante.

Breve descrizione dei disegni

[0031] L'invenzione verrà di seguito illustrata con la descrizione di alcune forme realizzative, fatta a titolo 20 esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni, in cui:

- la figura 1 è un diagramma di flusso di un apparato per eseguire il processo secondo l'invenzione;
- la figura 2 è un diagramma di flusso dell'apparato secondo una forma realizzativa in cui è prevista una vasca di decantazione;
- la figura 3 è un diagramma di flusso dell'apparato secondo una forma realizzativa in cui è inoltre prevista una vasca a sfioro per eseguire una fase di chiarificazione del refluo liquido radioattivo;
- la figura 4 è un diagramma di flusso dell'apparato secondo una forma realizzativa in cui sono previsti mezzi per dosare l'agente ossidante in base al contenuto di

materiale organico degradabile biologicamente nel
refluo liquido radioattivo;

- la figura 5 è un diagramma di flusso di un apparato se-
condo una forma realizzativa dell'invenzione in cui è
previsto un dispositivo per eseguire una fase di fil-
trazione del reflujo liquido radioattivo prima del pas-
saggio su resine a scambio anionico;

- la figura 6 è un diagramma di flusso di un apparato si-
mile a quello di figura 5, in cui il dispositivo di
filtrazione si articola in un filtro a sabbia e in un
filtro a carbone;

- la figura 7 è un diagramma di flusso di un apparato in
cui secondo una forma realizzativa vantaggiosa
dell'invenzione in cui, oltre alle caratteristiche mo-
strate nelle figure 3 e 4, sono previste apparecchiatu-
re distinte per eseguire una filtrazione a sabbia e una
filtrazione su carboni attivi del reflujo liquido ra-
dioattivo prima del passaggio su resine a scambio anio-
nico.

20 Descrizione di forme realizzative preferite

[0032] Con riferimento alle figure 1-3, si descrivono un
processo nonché apparati 101, 102, 103, in accordo con
alcune forme realizzative dell'invenzione, per depurare e
smaltire un reflujo liquido radioattivo 1 comprendente,
oltre ad acqua, iodio-131 nella forma di anione ioduro, a
una determinata concentrazione d'ingresso di cui
corrisponde una determinata concentrazione di attività
espressa in Bq/g (Becquerel per grammo), e una frazione di
un materiale organico degradabile biologicamente,
comprendente cioè composti almeno in parte degradabili
biologicamente.

[0033] Tale può essere, per esempio, un reflujo liquido
radioattivo 1 proveniente da una struttura sanitaria in cui

si utilizzano materiali radioattivi come iodio-131, in particolare una struttura sanitaria in cui alcuni pazienti ricoverati ricevono somministrazioni di tali materiali radioattivi, e in cui sono previsti servizi igienici dedicati per tali pazienti, afferenti a un contenitore di raccolta comune, per esempio una vasca o bacino 10.

5 [0034] Il reffluo liquido radioattivo 1 viene quindi predisposto nel bacino 10 di capacità predeterminata, il quale ha la funzione primaria di permettere
10 un'alimentazione continua e regolare delle apparecchiature di depurazione vere e proprie 20 e 50, preferibilmente operanti in continuo e descritte nel seguito.

15 [0035] Tuttavia, come mostrato in figura 2, il bacino di accumulo 10 può svolgere anche funzioni di decantatore, per rimuovere dal reffluo radioattivo 1 una prima parte della frazione organica, non solubile in acqua, in cui sono presenti composti degradabili biologicamente. Tale frazione è inevitabilmente accompagnata da una quantità più o meno importante di fanghi 3.

20 [0036] A tale scopo, il bacino di accumulo può comprendere una vasca o fossa Imhoff 10, del tipo cioè normalmente impiegato per la digestione anaerobica dei reflui civili. La vasca Imhoff 10 è configurata per formare uno strato centrale più chiaro 2 tra uno strato di fanghi flottanti 25 3' e uno strato di fanghi depositati come corpo di fondo 3''. Lo strato centrale più chiaro costituisce un reffluo liquido radioattivo decantato 2 che viene prelevato a una quota intermedia tra quella dei due tipi di fango. Nelle condizioni del reffluo liquido radioattivo 1, la 30 vasca Imhoff può essere vantaggiosamente dimensionata per portare la carica batterica del reffluo liquido radioattivo 1 a un valore compreso tra il 65% e il 70% del valore di ingresso.

[0037] Come mostrato in figura 3, a valle della vasca di

decantazione 10 può essere prevista una vasca a sfioro 15 per rimuovere ulteriore materiale solido e semisolido dal refluo liquido radioattivo decantato 2, ottenendo un refluo liquido radioattivo almeno parzialmente 5 chiarificato 4.

[0038] Secondo l'invenzione, il processo prevede poi una fase di pretrattamento ossidativo del refluo liquido radioattivo 1 sostanzialmente tal quale (figura 1), o del refluo liquido radioattivo decantato 2 (figura 2), o del 10 refluo liquido radioattivo chiarificato 4 (figura 3) con un agente ossidante 9, allo scopo di pretrattare il refluo liquido radioattivo 1 o 2 o 4, cioè di ossidare la maggior parte delle molecole organiche presenti, anche in presenza della decantazione nella vasca 10 (figura 2) ed 15 eventualmente anche della chiarificazione nella vasca a sfioro 15. In tal modo si ostacola o si rende impossibile una significativa crescita microbica nel refluo, associata al materiale organico degradabile biologicamente che ne costituisce il nutrimento.

[0039] Nella forma realizzativa mostrata nelle figure 1, 2 e 3, l'agente ossidante è un composto ossidante 9 disponibile in forma liquida. Nella presente descrizione si farà riferimento all'impiego di perossido d'idrogeno 9, tuttavia possono essere utilizzati anche altri composti in 25 soluzione acquosa come un perossido organico quale acido peracetico o ipoclorito di sodio, oltre che agenti ossidanti in forma gassosa come cloro molecolare, ozono ed altri, o loro combinazioni.

[0040] Per realizzare il pretrattamento con l'agente ossidante, l'apparato 101, 102, 103 comprende un serbatoio o reattore di pretrattamento ossidativo 20 in cui il refluo liquido radioattivo 1 (figura 1), o il refluo liquido radioattivo decantato 2 (figura 2), o ancora il refluo

almeno parzialmente chiarificato 4 (figura 3), viene alimentato dal serbatoio o bacino di alimentazione, che può comprendere il decantatore 10 e/o la vasca a sfioro 15 precedentemente descritta. Nel reattore di pretrattamento ossidativo 20 viene inoltre alimentato l'agente ossidante 9 in forma liquida, per esempio acqua ossigenata 9. Per l'alimentazione dell'agente ossidante liquido 9 è previsto un dispositivo di dosaggio comprendente un serbatoio 21 e una pompa di alimentazione 22 dell'agente ossidante. Il reattore di pretrattamento ossidativo 20 è preferibilmente previsto di mezzi di omogeneizzazione per rendere omogenea la miscela ivi formata del refluo liquido radioattivo 1 o 2 o 4 e dell'agente ossidante in forma liquida 9. Per esempio, può essere previsto un agitatore meccanico 24 di tipo convenzionale. In alternativa, può essere prevista una pompa di riciclo 27 e, sulla tubazione di mandata di questa, una tubazione di ritorno nel serbatoio 20, in modo da mantenere la miscela del refluo liquido radioattivo 1 o 2 o 4 e dell'agente ossidante in forma liquida 9 in riciclo attraverso il reattore di pretrattamento ossidativo 20. La pompa di riciclo 27 può essere in tal caso una pompa di trasferimento del refluo liquido radioattivo pretrattato 5, ottenuto dalla fase di pretrattamento con un agente ossidante, alle fasi successive del processo, in questo caso alla fase di contatto del refluo liquido radioattivo pretrattato 5 su una resina a scambio anionico. Una valvola a tre vie 28 permette in tal caso di collegare selettivamente la mandata della pompa di riciclo/trasferimento 27 di nuovo con il serbatoio di pretrattamento ossidativo 20 o con le apparecchiature dell'apparato 101 più a valle, secondo il processo di depurazione e smaltimento del refluo liquido.

[0041] Sempre secondo l'invenzione, la radioattività del refluo liquido radioattivo pretrattato 5 viene abbattuta

attraverso una fase di scambio anionico. Più in dettaglio, è previsto almeno un passaggio del refluo liquido radioattivo pretrattato 7 attraverso un letto 51 formato da una resina a scambio anionico disposta in un contenitore a scambio anionico 50, preferibilmente di forma allungata lungo una direzione di flusso, cioè in una colonna a scambio anionico 50, preferibilmente disposta in verticale. Non sono tuttavia escluse altre forme e disposizioni del contenitore a scambio anionico 50 e del letto 51 di resina a scambio anionico.

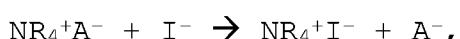
[0042] La resina a scambio anionico ha la proprietà di sequestrare lo ione ioduro, in questo caso lo ione radioattivo $^{131}\text{I}^-$, dalla corrente del refluo liquido radioattivo pretrattato 5, e di rilasciare in tale corrente un diverso anione, caratteristico del tipo di resina a scambio anionico, ammissibile per lo scarico in un corpo ricettore pubblico 99. Pertanto, nel contenitore di scambio anionico 50 il refluo liquido radioattivo pretrattato 5 viene convertito in un refluo liquido da scambio anionico sostanzialmente privo di radioattività, o comunque con una radioattività inferiore a un valore ammissibile per lo scarico nel corpo ricettore pubblico 99.

[0043] La resina a scambio anionico del letto 51 è provvista in superficie di gruppi funzionali che hanno una parte cationica, legata alla matrice, e una parte anionica che è legata alla parte cationica con un legame ionico, e che è scambiabile con lo ione ioduro.

[0044] In questo caso, il letto 51 di resina a scambio anionico è costituito da una resina a scambio anionico avente elevata affinità per lo ione ioduro, tipicamente comprendente anioni basici forti su una matrice polistirenica o poliacrilica con strutture macroporose.

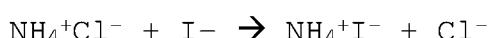
[0045] In particolare, la parte cationica comprende gruppi amminici, preferibilmente gruppi amminici quaternari NR_4^+ ,

per esempio gruppi trimetilammonio $-N(CH_3)_4^+$. Come anticipato, tali resine mostrano una capacità di scambio anionico particolarmente elevata nei confronti dello ione ioduro. La parte cationica comprende anioni A^- come ossidrile OH^- e/o cloruro Cl^- e/o bicarbonato HCO_3^- , disponibili per lo scambio con gli ioni ioduro presenti nel reffluo liquido radioattivo pretrattato 5 secondo lo schema



dove A^- può essere per esempio OH^- , Cl^- o HCO_3^- .

10 [0046] Il supporto della resina a scambio anionico comprende poi una matrice porosa che può essere formata per esempio da un polimero stirenico reticolato, in particolare un copolimero stirene-divinilbenzene. Per esempio, la resina a scambio anionico può essere una resina commercialmente nota 15 come Purolite® A 600, in cui la parte cationica dei gruppi funzionali è costituita da gruppi ammonio quaternario NH_4^+ e la parte anionica dei gruppi funzionali, cioè l'anione A^- che viene scambiato con un liquido trattato, è lo ione cloruro Cl^- . In tal caso, nel letto 51 di resina a scambio 20 anionico ha luogo la reazione di scambio anionico



[0047] L'altezza del letto 51 di resina a scambio anionico è scelta in modo da realizzare almeno un tempo di contatto tra il reffluo liquido radioattivo trattato e il letto 25 stesso che sia sufficiente ad abbattere il contenuto di ioni ioduro $^{131}I^-$ per semplice passaggio, tale tempo di contatto essendo suggerito dall'esperienza. Per il controllo dello stato di efficienza del letto 51 di resina a scambio anionico, il contenitore o colonna di scambio 30 anionico 50 è provvisto di prese campione, non mostrate, in corrispondenza di più sezioni del letto 51 di resina a scambio anionico.

[0048] Il contenitore di scambio anionico 50 comprende poi preferibilmente due strumenti di misura della radioattività, in ingresso e in uscita, per esempio nella forma di rilevatori a ioduro di sodio 3x3 con relativa catena di conteggio.

[0049] La corrente di refluo liquido da scambio anionico 8, in uscita dal contenitore di scambio anionico 50, viene raccolta in una vasca di accumulo, non mostrata, per controllarne il contenuto radiologico prima del rilascio in un corpo ricettore pubblico 99 di scarichi idrici ovvero in una rete fognaria 99. A tal fine, nella vasca di accumulo il refluo liquido da scambio anionico 8 viene sottoposto a una misura della concentrazione di attività C, espressa in Bq/g. A tale scopo è previsto uno strumento misuratore o rilevatore di concentrazione di attività (radiodetector) 72, preferibilmente del tipo a ioduro di sodio. Il processo prevede inoltre una fase di confronto della concentrazione di attività C misurata con un valore di riferimento, tipicamente con una concentrazione di attività massima ammissibile C*. Per questo motivo, l'apparato comprende un'unità di controllo 75 connessa con il misuratore 72 di concentrazione di attività, nella forma di mezzi a programma come mezzi a microprocessore residenti in un computer o dispositivo equivalente. L'unità di controllo 75 è inoltre configurata per generare un segnale 76 di comando di riciclo o un segnale 77 di comando di scarico, secondoché il valore della concentrazione di attività di uscita C misurata, quando confrontato, risulti superiore o non superiore alla concentrazione di attività massima ammissibile C*.

[0050] A valle dello strumento 72 per la misura della concentrazione di attività è previsto un gruppo valvolare 70 con funzione di deviatore della corrente del refluo liquido da scambio anionico 8 proveniente dal contenitore

di scambio anionico 50. Più in dettaglio, il gruppo valvolare 70 è disposto per inviare selettivamente il reflujo liquido da scambio anionico 8 nuovamente alla fase di scambio anionico, o più in generale a monte del contenitore di scambio anionico 50, oppure a un'uscita 95 verso un corpo ricettore pubblico 99 di scarichi idrici. In una variante mostrata con linea tratteggiata, il reflujo liquido da scambio anionico 8 può essere riciclato più a monte dello scambio anionico 50.

10 [0051] Il gruppo valvolare può avere la forma di una valvola a tre vie 70, o la forma, non mostrata, di una coppia di valvole a due vie disposte per essere azionate in modo opposto in apertura e in chiusura.

15 [0052] Il gruppo valvolare 70 è altresì provvisto di mezzi attuatori 71 configurati per ricevere il segnale 76 di comando di riciclo o il segnale 77 di comando di scarico dall'unità di controllo 75, e per deviare automaticamente la corrente di reflujo liquido da scambio anionico 8, riciclandola a monte come sopra indicato, o convogliandola 20 verso l'uscita 95 e quindi verso il corpo ricettore pubblico 99, secondoché i mezzi attuatori 71 ricevano il segnale 76 di comando di riciclo o il segnale 77 di comando di scarico. In tal modo, il reflujo liquido da scambio anionico 8 può essere scaricato nel corpo ricettore 25 pubblico 99 solo se il valore della concentrazione di attività di uscita C misurata non è superiore alla concentrazione di attività massima ammissibile C*.

30 [0053] Con riferimento alla figura 4, il processo secondo l'invenzione può altresì prevedere una fase di rilevazione di un contenuto di materiale organico degradabile biologicamente nel reflujo liquido radioattivo 1, o comunque del reflujo radioattivo decantato o chiarificato (figure 2 e 3). A tale scopo, l'apparato 104 comprende uno strumento 11 per rilevare in linea, per esempio, il BOD del reflujo

radioattivo ossigeno (BOD). Ciò permette di dosare l'agente ossidante, in particolare nella forma di un composto come perossido d'idrogeno e altri come quelli precedentemente elencati, in base al contenuto di materiale organico
5 degradabile biologicamente del refluo liquido radioattivo da trattare. A tal fine, è previsto un dispositivo per dosare l'agente ossidante 9, in particolare il composto ossidante nel refluo liquido radioattivo 1 in base alla misura fornita dallo strumento 11. Per esempio, tale
10 dispositivo può includere una valvola di regolazione disposta lungo una linea di adduzione del composto ossidante 9 nel serbatoio di pretrattamento ossidativo 20, oppure una pompa a velocità variabile associata per esempio a un inverter 22' per variarne il numero di giri e quindi
15 la portata erogata.

[0054] Con riferimento alle figure 5-7, si descrivono ora un processo nonché apparati 201, 202, 203 in accordo con altre forme realizzative dell'invenzione. Per brevità, vengono descritte le sole differenze rispetto alle forme
20 realizzative delle figure 1-3.

[0055] Secondo queste forme realizzative, il processo comprende una fase di filtrazione di un residuo 4' comprendente solidi sospesi e/o materiale organico presente nel refluo liquido radioattivo pretrattato 5, ottenendo da
25 quest'ultimo un refluo liquido radioattivo pretrattato filtrato 7. Come mostra la figura 5, la fase di filtrazione può essere eseguita in un dispositivo filtrante comprendente un filtro meccanico 35 provvisto di almeno un elemento filtrante 37 e disposto per ricevere il refluo
30 liquido radioattivo pretrattato 5, in cui è stato abbattuto il contenuto della carica microbiologica, proveniente dal serbatoio di pretrattamento ossidativo 20, e configurato per separare il refluo liquido radioattivo pretrattato 5 nel residuo 4' e nel refluo liquido radioattivo pretrattato

filtrato 7. Le linee di flusso tratteggiate in ingresso e
in uscita al/dal filtro 35 indicano un'operazione di
controlavaggio con la quale si può recuperare il residuo
solido e/o organico 4' e/o rigenerare l'elemento filtrante
5 37.

[0056] Anche in questo caso, il gruppo valvolare 70 è
disposto per inviare selettivamente il reffluo liquido da
scambio anionico 8 a un'uscita 95 verso un corpo ricettore
10 pubblico 99 di scarichi idrici oppure nuovamente alla fase
di scambio anionico o, più in generale, a monte del
contenitore di scambio anionico 50, in particolare a monte
del filtro 35 ovvero a monte della fase di filtrazione del
residuo organico. Tali varianti alternative sono mostrate
con linee tratteggiate in figura 5.

[0057] La fase di filtrazione si articola preferibilmente in
una prima fase di filtrazione su sabbia e in una seconda
fase di filtrazione su carboni attivi. Come mostra la
figura 6, il dispositivo filtrante può allora articolarsi
in un filtro 30 provvisto di un letto di filtrazione a
sabbia 32 e, a valle di questo, in un filtro 40 provvisto
di un letto di carboni attivi 42. Il letto di filtrazione a
sabbia 32 può essere costituito, per esempio, da quarzite.
La fase di filtrazione su sabbia ha lo scopo per rimuovere
solidi sospesi residui dal reffluo liquido radioattivo
25 pretrattato 5, in modo che tali solidi sospesi non
raggiungano le successive fasi di filtrazione su sabbia o
di contatto o passaggio su resina a scambio anionico. La
fase di filtrazione su carboni attivi ha invece lo scopo
per rimuovere possibili residui organici dal reffluo liquido
30 radioattivo pretrattato 5 come sopra descritto,
eventualmente dal reffluo liquido radioattivo pretrattato e
filtrato a sabbia 6, in modo che tale materia organica non
raggiunga la successiva fase di passaggio su resina a
scambio anionico, cioè non raggiunga il contenitore di

scambio ionico 50.

[0058] La figura 7 si riferisce a un apparato, in una forma realizzativa preferita, in cui la tubazione di mandata della pompa di trasferimento 27 è collegata a un gruppo di 5 filtrazione a sabbia 30 comprendente più filtri a sabbia, per esempio una coppia di filtri a sabbia 30a,30b provvisti di rispettivi letti di filtrazione a sabbia 32a e 32b. I filtri a sabbia 30a,30b sono tra loro disposti in parallelo, in modo da poter deviare il flusso del refluo 10 liquido radioattivo pretrattato 5 dal filtro 30a al filtro 30b, o viceversa, quando il filtro 30a o 30b richiede rigenerazione o sostituzione del letto filtrante rispettivamente 32a e 32b. A tale scopo, la tubazione di mandata della pompa di trasferimento 27 si divide in due 15 rami di alimentazione dei filtri a sabbia 30a e 30b, preferibilmente attraverso una valvola a tre vie deviatrice 31, e le tubazioni di uscita dei filtri a sabbia 30a e 30b si uniscono in un'unica tubazione di uscita dal gruppo di filtrazione a sabbia 30 attraverso un'analogia valvola a tre 20 vie 33.

[0059] Lungo la tubazione di mandata della pompa di trasferimento 27, a monte della valvola a tre vie 31 in ingresso al gruppo di filtrazione a sabbia 30, un'ulteriore valvola a tre vie di emergenza 29 è vantaggiosamente 25 disposta per poter deviare il flusso del refluo liquido radioattivo pretrattato 5 in una vasca di emergenza 80, nel caso in cui il refluo liquido pretrattato 5 non raggiunga le caratteristiche desiderate in termini di abbattimento della materia organica e/o della materia sospesa e/o della 30 flora microbiologica ivi contenute.

[0060] La fase di filtrazione su carboni attivi viene eseguita, nella forma realizzativa di figura 7, in due filtri a carboni attivi 40a, 40b contenenti rispettivi letti a carboni attivi 42a e 42b disposti in serie e a

monte di rispettivi contenitori di scambio anionico o colonne a scambio anionico 50a,50b, lungo rispettivi percorsi di purificazione. Ciascun percorso di filtrazione è selezionabile a partire dalla tubazione di uscita dal 5 gruppo di filtrazione a sabbia 30, aprendo una rispettiva coppia di valvole di intercettazione 41a,59a e chiudendo una coppia di valvole di intercettazione 41b,59b sul percorso di purificazione opposto, o viceversa. In altre parole, nella forma realizzativa di figura 7, ciascun 10 filtro a carboni attivi 40a,40b è disposto a protezione di un solo rispettivo contenitore di scambio anionico 50a,50b, per evitare che sui rispettivi letti 52a,52b di resina a scambio anionico si depositino molecole organiche in grado di ridurre l'efficienza di scambio anionico.

15 [0061] L'altezza di ciascun letto a carboni attivi 42a,42b è scelta in modo da realizzare almeno un tempo di contatto tra il refluo liquido radioattivo trattato e il letto stesso che sia sufficiente ad abbattere le molecole organiche residue per semplice passaggio, tale tempo di 20 contatto essendo suggerito dall'esperienza. Per il controllo dello stato di efficienza dei letti a carboni attivi 42a,42b, i filtri a carboni attivi 40a,40b sono provvisti di prese campione, non mostrate, in corrispondenza di più sezioni dei letti a carboni attivi 25 42a,42b, attraverso cui prelevare campioni per misure, in particolare, di COD.

[0062] I letti a carboni attivi 42a,42b sono preferibilmente costituiti da carbone mesoporoso avente granulometria predeterminata, per esempio 12x40 mesh.

30 [0063] Per effetto del pretrattamento con l'agente ossidante 9, e in particolare se come agente ossidante 9 si impiega acqua ossigenata, una certa quantità di ioni ioduro $^{131}\text{I}^-$ viene ossidata a iodio elementare ^{131}I , o anche a stati di ossidazione più avanzati. Per questo motivo, oltre a

trattenere le molecole organiche residue, i letti a carboni attivi 42a, 42b assorbono una certa quantità di iodio elementare ^{131}I , per cui diventano essi stessi radioattivi.

[0064] Pertanto, per poter procedere alla sostituzione dei letti a carboni attivi 42a, 42b con carboni freschi, i carboni esauriti vengono scaricati in un contenitore di decadimento dei carboni, non mostrato, dove vengono mantenuti per un tempo sufficiente ad ottenere un decadimento della radioattività fino al di sotto di un livello massimo di radioattività ammesso dalla legge per poter essere smaltiti in modo convenzionale. I filtri a carboni attivi 40a, 40b sono quindi preferibilmente provvisti, oltre che di mezzi di carico dei carboni attivi freschi, di mezzi di scarico in sicurezza dei carboni attivi esauriti.

[0065] Come in tutti i processi di scambio anionico, lo iodio come specie chimica, sotto forma di ione ioduro $^{131}\text{I}^-$ viene trattenuto sulle resine fino ad esaurimento del loro potere di scambio, dopodiché il letto 51, 52b di resina a scambio anionico esaurito deve essere sostituito con un nuovo letto 51, 52b di resina a scambio anionico contenente resina a scambio anionico fresca. In questo caso di scambio di uno ione radioattivo, lo iodio trattenuto chimicamente comporta un accumulo di radioattività nei letti 52a, 52b di resina a scambio anionico fino a raggiungere un valore di equilibrio. In altre parole, dopo un certo periodo di funzionamento, l'aumento di attività nei letti 52a, 52b di resina a scambio anionico per effetto del continuo apporto di reflui radioattivi è uguale alla diminuzione di attività per effetto del naturale decadimento.

[0066] Pertanto, per poter procedere alla sostituzione con resine fresche, le resine esaurite vengono scaricate in un contenitore di decadimento delle resine, non mostrato, dove vengono mantenute in decadimento per un tempo sufficiente

ottenere un decadimento della radioattività fino al di sotto di un livello massimo di radioattività ammesso dalla legge per poter essere smaltiti in modo convenzionale. I contenitori di scambio anionico 50a, 50b sono quindi preferibilmente provvisti, oltre che di mezzi di carico di resine fresche, di mezzi di scarico in sicurezza delle resine esaurite.

[0067] I due percorsi di purificazione comprendenti l'uno il filtro a carboni attivi 40a e il contenitore di scambio anionico 50a, e l'altro il filtro a carboni attivi 40b e il contenitore di scambio anionico 50b si riuniscono in un'unica tubazione di uscita collegata idraulicamente con il gruppo valvolare o valvola a tre vie 70, già descritto con riferimento alla figura 1, per riciclare indietro o scaricare nel ricettore pubblico di scarichi 99 il refluo liquido da scambio anionico 8. In particolare, il refluo liquido da scambio anionico 8 non in specifica può essere riciclati indietro attraverso la vasca di emergenza 80 e una valvola a tre vie 25 in aspirazione alla pompa di alimentazione 27 del gruppo di filtrazione a sabbia 30.

[0068] In una forma realizzativa non mostrata, i filtri a carboni attivi 40a, 40b sono attivabili in modo selettivo indipendentemente dal contenitore di scambio anionico 50a o 50b che è operativo, per esempio i filtri a carboni attivi 40a, 40b formano un gruppo di filtrazione a carbone comprendente una coppia di valvole a tre vie in ingresso e in uscita come il gruppo di filtrazione a sabbia 30.

[0069] In un'altra forma realizzativa non mostrata, sono previste due linee di purificazione in ciascuna delle quali sono collegati idraulicamente in serie un filtro a sabbia 30a o 30b, un rispettivo filtro a carbone 40a o 40b e un rispettivo contenitore a scambio ionico 50a o 50b. Gli schemi di entrambe le due ultime forme realizzative citate sono facilmente deducibili dallo schema di figura 7,

attraverso modifiche evidenti per il tecnico del ramo.

[0070] La descrizione di cui sopra di forme realizzative e varianti dell'invenzione è in grado di mostrare l'invenzione dal punto di vista concettuale in modo che altri, utilizzando la tecnica nota, potranno modificare e/o adattare in varie applicazioni tali forme realizzative specifiche senza ulteriori ricerche e senza allontanarsi dal concetto inventivo, e, quindi, si intende che tali adattamenti e modifiche saranno considerabili come equivalenti delle varianti e forme realizzative specifiche. I mezzi e i materiali per realizzare le varie funzioni descritte potranno essere di varia natura senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione. S'intende che le espressioni o la terminologia utilizzate hanno scopo puramente descrittivo e, per questo, non limitativo.

RIVENDICAZIONI

1. Un processo per depurare e smaltire un reffluo liquido radioattivo (1) contenente:

- acqua;
- iodio-131 radioattivo nella forma di anioni ioduro ($^{131}\text{I}^-$) disciolti in detta acqua secondo una determinata concentrazione in ingresso;
- materiale organico degradabile biologicamente;

detto processo comprendendo le fasi di:

- predisposizione di una quantità predeterminata di detto reffluo liquido radioattivo (1,2,4);
- pretrattamento ossidativo di detto reffluo liquido radioattivo (1,2,4) con un agente ossidante (9), con ossidazione di detto materiale organico degradabile biologicamente per limitare la proliferazione di microorganismi associata a detto materiale organico degradabile biologicamente, ottenendo un reffluo liquido radioattivo pretrattato (5);
- contatto di detto reffluo liquido radioattivo pretrattato (5,6,7) con una resina a scambio anionico (52,52a,52b) e scambio anionico di detti anioni ioduro ($^{131}\text{I}^-$) con anioni scambiabili di detta resina a scambio anionico (52,52a,52b), ottenendo un reffluo liquido da scambio anionico (8);
- misura di un'attività o di una concentrazione di detto iodio-131 in uscita (C) in detto reffluo liquido da scambio anionico (8);
- confronto di detta attività o di detta concentrazione di detto iodio-131 in uscita (C) misurata rispettivamente con un'attività o con una

concentrazione di detto iodio-131 massima ammisibile in un ricettore pubblico di scarichi; e in cui, se in detta fase di confronto detta attività o detta concentrazione in uscita (C) misurata è superiore rispettivamente a detta attività o a detta concentrazione massima ammissibile, è prevista una fase di:

- riciclo di detto refluo liquido da scambio anionico (8) a detta fase di contatto scambio anionico;

in cui, se in detta fase di confronto detta attività o detta concentrazione in uscita (C) misurata non è superiore a detta attività o a detta concentrazione massima ammissibile, è prevista una fase di:

- scarico di detto refluo liquido da scambio anionico (8) in un ricettore pubblico di scarichi (99).

2. Il processo come da rivendicazione 1, in cui detto agente ossidante è un composto ossidante (9) scelto tra:

- perossido d'idrogeno;
- ozono;
- cloro molecolare;
- ipoclorito di sodio;
- un perossido organico, in particolare acido peracetico;
- una combinazione di quanto sopra;

e detta fase di pretrattamento ossidativo di detto refluo liquido radioattivo comprende una fase di miscelazione di detto refluo liquido radioattivo con una quantità di detto composto ossidante.

3. Il processo come da rivendicazione 1 o 2, comprendente inoltre fasi di:

- rilevazione di un contenuto di detto materiale organico degradabile biologicamente in detto reflujo liquido radioattivo (1,2,4,5),

5 in cui detto agente ossidante viene dosato in base a detto contenuto rilevato di detto materiale organico degradabile biologicamente, in particolare detta quantità di detto composto ossidante viene scelta in base a detto contenuto rilevato di detto materiale organico degradabile biologicamente,

10 in particolare, detta fase di rilevazione di un contenuto di detto materiale organico degradabile biologicamente comprende una fase di misura di richiesta biochimica di ossigeno (BOD) di detto reflujo liquido radioattivo (1,2,4,5).

15 4. Il processo come da rivendicazione 1, in cui detta resina a scambio anionico comprende una matrice polimerica porosa e gruppi funzionali in superficie a detta matrice polimerica porosa,

20 in cui una parte cationica di detti gruppi funzionali, legata a detta matrice polimerica, comprende gruppi amminici quaternari NR_4^+ , e in cui una parte anionica di detti gruppi funzionali comprende anioni scambiabili con lo ione ioduro I^- ,

25 in particolare, detti anioni scambiabili sono scelti tra: anioni ossidrile; anioni cloruro; anioni bicarbonato;

30 in particolare, detti gruppi amminici quaternari NR_4^+ comprendono gruppi trimetilammonio $-\text{N}(\text{CH}_3)_4^+$,

in particolare, detta matrice polimerica porosa comprende un copolimero stirenico reticolato.

5. Il processo come da rivendicazione 1, in cui, prima di detta fase di contatto di detto refluo liquido radioattivo pretrattato (5,6,7) con una resina a scambio anionico (52,52a,52b) è prevista una fase

di:

- filtrazione di un residuo (4') di detto materiale organico degradabile biologicamente da detto refluo liquido radioattivo pretrattato (5) attraverso sabbia (32,32a,32b) e/o attraverso carboni attivi (42,42a,42b),

10 ottenendo un refluo liquido radioattivo pretrattato filtrato (6,7).

6. Un apparato (100,200) per depurare e smaltire un refluo liquido radioattivo (1) contenente acqua; iodio-131 radioattivo nella forma di anioni ioduro ($^{131}\text{I}^-$) disolti in detta acqua secondo una determinata concentrazione in ingresso; materiale organico degradabile biologicamente,

detto apparato (1) comprendendo:

- 20
- un bacino di accumulo (10,15) per detto refluo liquido radioattivo (1,2,4) da trattare;
 - un reattore di pretrattamento ossidativo (20) configurato per ricevere detto refluo liquido radioattivo (1,2,4) e un agente ossidante (9) per ossidare detto materiale organico degradabile biologicamente per limitare la proliferazione di microorganismi associata a detto materiale organico degradabile biologicamente presente in detto refluo liquido radioattivo (1,2,4), e ottenere un refluo liquido radioattivo pretrattato (5);
 - un contenitore di scambio anionico (50,50a,50b) contenente un letto (52,52a,52b) di una resina a scambio anionico disposto per venire a contatto

con detto reffluo liquido radioattivo pretrattato (5,6,7) e a trattenere detti anioni ioduro rilasciando un diverso anione in detto reffluo liquido radioattivo pretrattato (5,6,7), in modo da ottenere un reffluo liquido da scambio anionico (8);

5

- uno strumento (72) per misurare un'attività o una concentrazione di detto iodio-131 in uscita (C) in detto reffluo liquido da scambio anionico (8);

10

- un gruppo valvolare (70) deviatore disposto per ricevere detto reffluo liquido da scambio anionico (8) da detto contenitore di scambio anionico (50,50a,50b) e per inviare selettivamente detto reffluo liquido da scambio anionico (8) a monte di detto contenitore di scambio anionico (50,50a,50b) o a un'uscita (95) di detto apparato, in modo da poter scaricare detto reffluo liquido da scambio anionico (8) in un ricettore pubblico di scarichi (99);

15

- un'unità di controllo (75) configurata per
 - ricevere un valore di detta attività o di detta concentrazione in uscita (C) da detto strumento (72);

20

- confrontare detto valore di detta attività o di detta concentrazione in uscita (C) rispettivamente con un'attività o concentrazione di detto iodio-131 massima ammissibile (C*) in un ricettore pubblico di scarichi;

25

- generare e trasferire a detto gruppo valvolare (70) un segnale di comando (76,77) di riciclo o di scarico secondoché detto valore misurato di detta attività o di detta concentrazione in uscita (C), quando confrontato,

30

risulti superiore o non superiore a detta attività o concentrazione massima ammissibile (C*), in modo che solo in nell'ultimo caso detto refluo liquido da scambio anionico (8) venga scaricato in detto ricettore pubblico di scarichi (99).

5 **7.** L'apparato come da rivendicazione 6, in cui detto reattore di pretrattamento ossidativo è configurato per miscelare detto refluo liquido radioattivo (1,2,4) con una quantità di un composto ossidante (9) quale agente ossidante,

10 in cui detto composto ossidante è scelto tra:

- un composto in fase liquida (9), in particolare scelto tra:
 - perossido d'idrogeno;
 - un perossido organico, in particolare acido peracetico;
 - ipoclorito di sodio;
- un composto in fase gassosa, in particolare scelto tra:
 - ozono;
 - cloro molecolare;
- una combinazione di quanto sopra.

15 **8.** L'apparato come da rivendicazione 6 o 7, comprendente inoltre:

- mezzi (11) per rilevare in linea un contenuto di detto materiale organico degradabile biologicamente in detto refluo liquido radioattivo (1,2,4,5), in particolare uno strumento misuratore in linea (11) di richiesta biochimica di ossigeno (BOD), disposto in un percorso di detto refluo liquido radioattivo (1,2,4,5),

- mezzi (22,22') per dosare detto agente ossidante (9), in particolare detto composto ossidante, in detto reffluo liquido radioattivo (1,2,4) in base a una misura in linea di detto contenuto di detto materiale organico degradabile biologicamente, in particolare di detta richiesta biochimica di ossigeno (BOD).

5

9. L'apparato (100,200) come da rivendicazione 6, in cui detto bacino di accumulo (10,15) comprende una vasca di decantazione (10), disposta in modo da separare solidi in sospensione da detto reffluo liquido radioattivo (1,2) e ottenere un reffluo liquido radioattivo decantato (4).

10

10. L'apparato (200) come da rivendicazione 6, in cui, a monte di detto contenitore di scambio anionico (50,50a,50b) è previsto un dispositivo di filtrazione (30,35,30a,30b,40a,40b) scelto tra: un filtro a sabbia (30,30a,30b); un filtro a carboni attivi (40,40a,40b); una combinazione di quanto sopra,

20

25

detto dispositivo di filtrazione (30,35,30a,30b,40a,40b) essendo disposto per ricevere detto reffluo liquido radioattivo pretrattato (5) e per separare detto reffluo liquido radioattivo pretrattato (5) in un residuo (4') di detto materiale organico degradabile biologicamente e in un reffluo liquido radioattivo pretrattato filtrato (6,7).

p.p. Luca MENICETTI

Aldo DEL GRATTA

30

Antonio TRAINO

Riccardo SANTAGUIDA

Giovanni POLIDORI

Fig.1

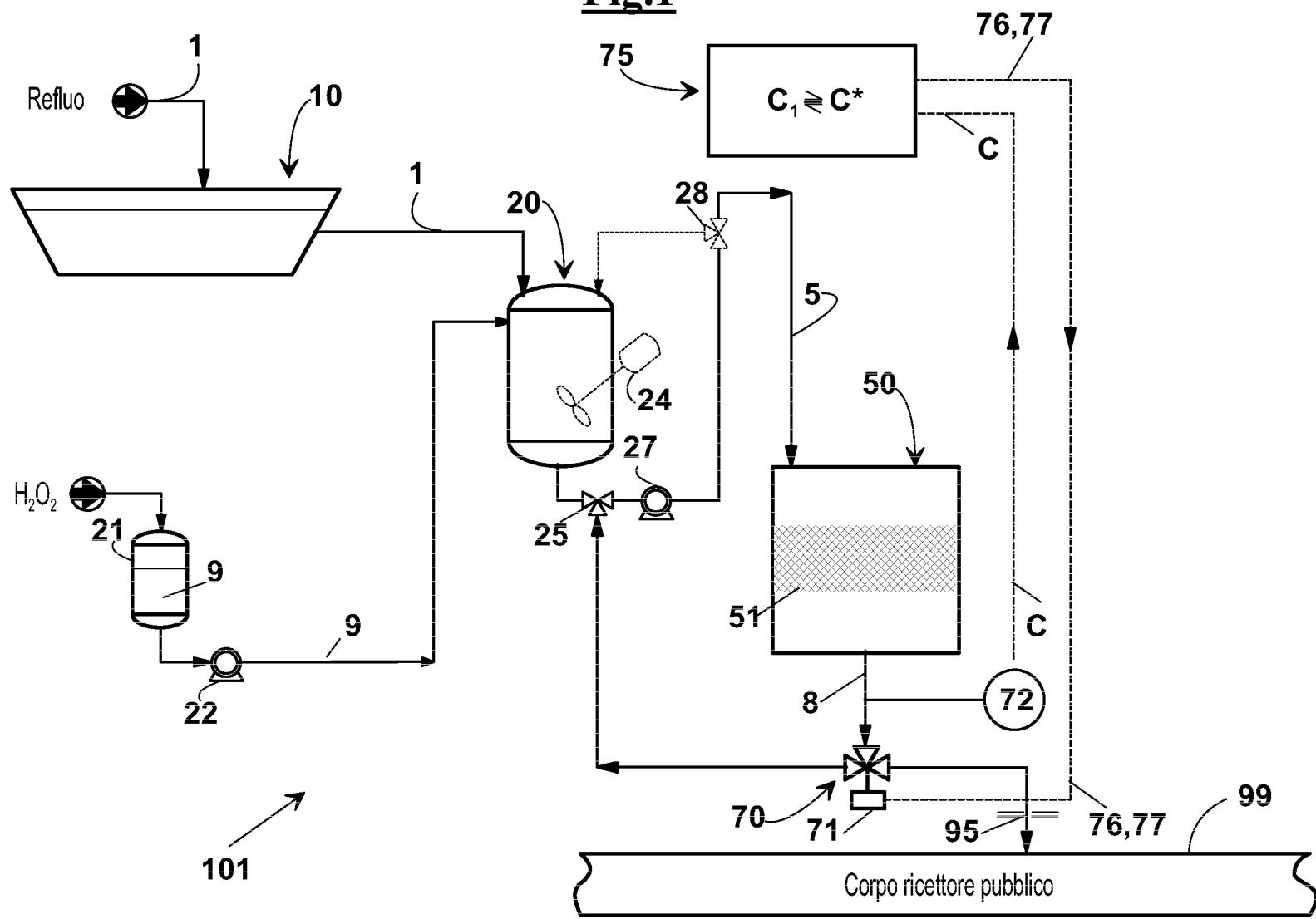
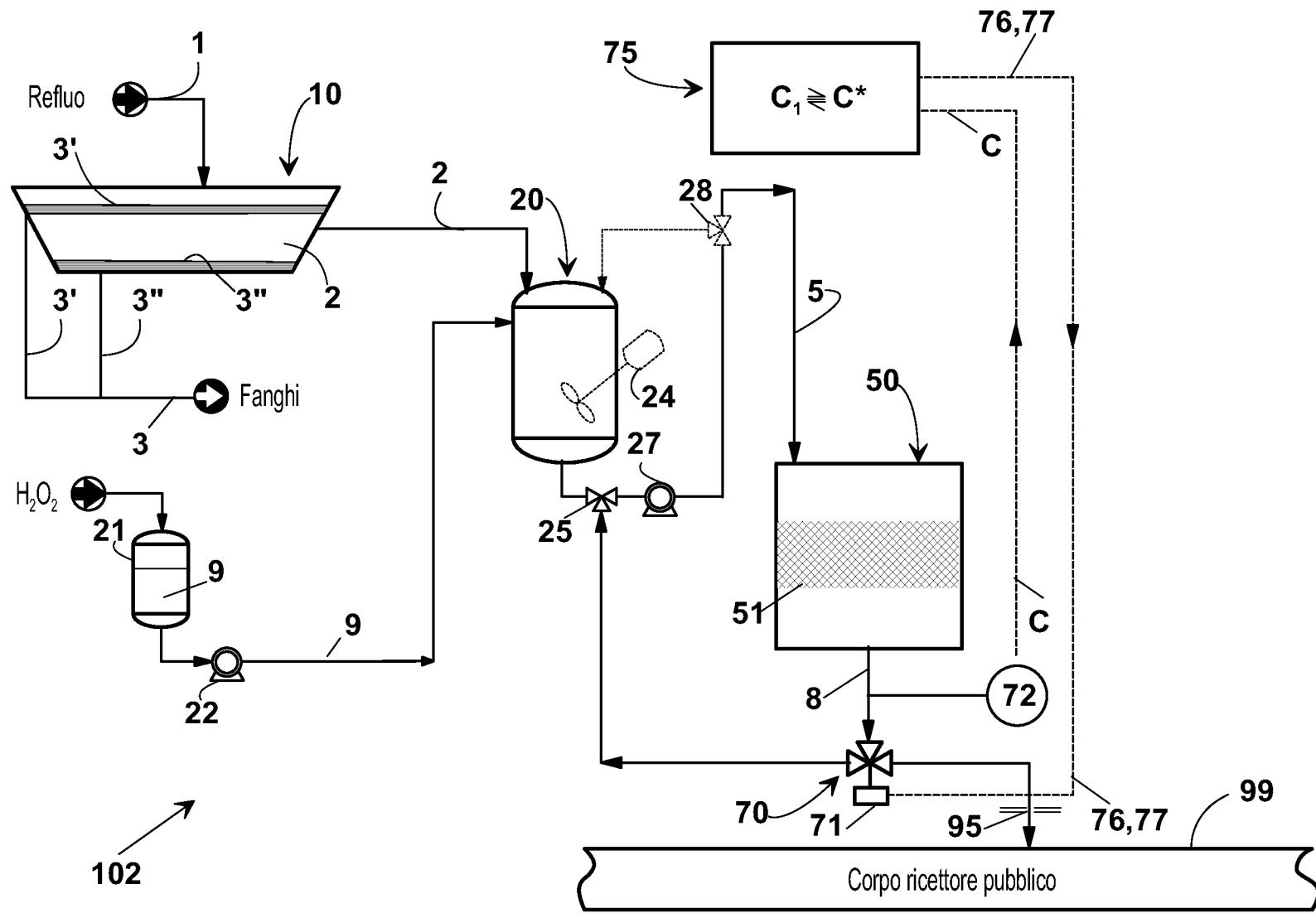


Fig.2



-2/7-

Fig.3

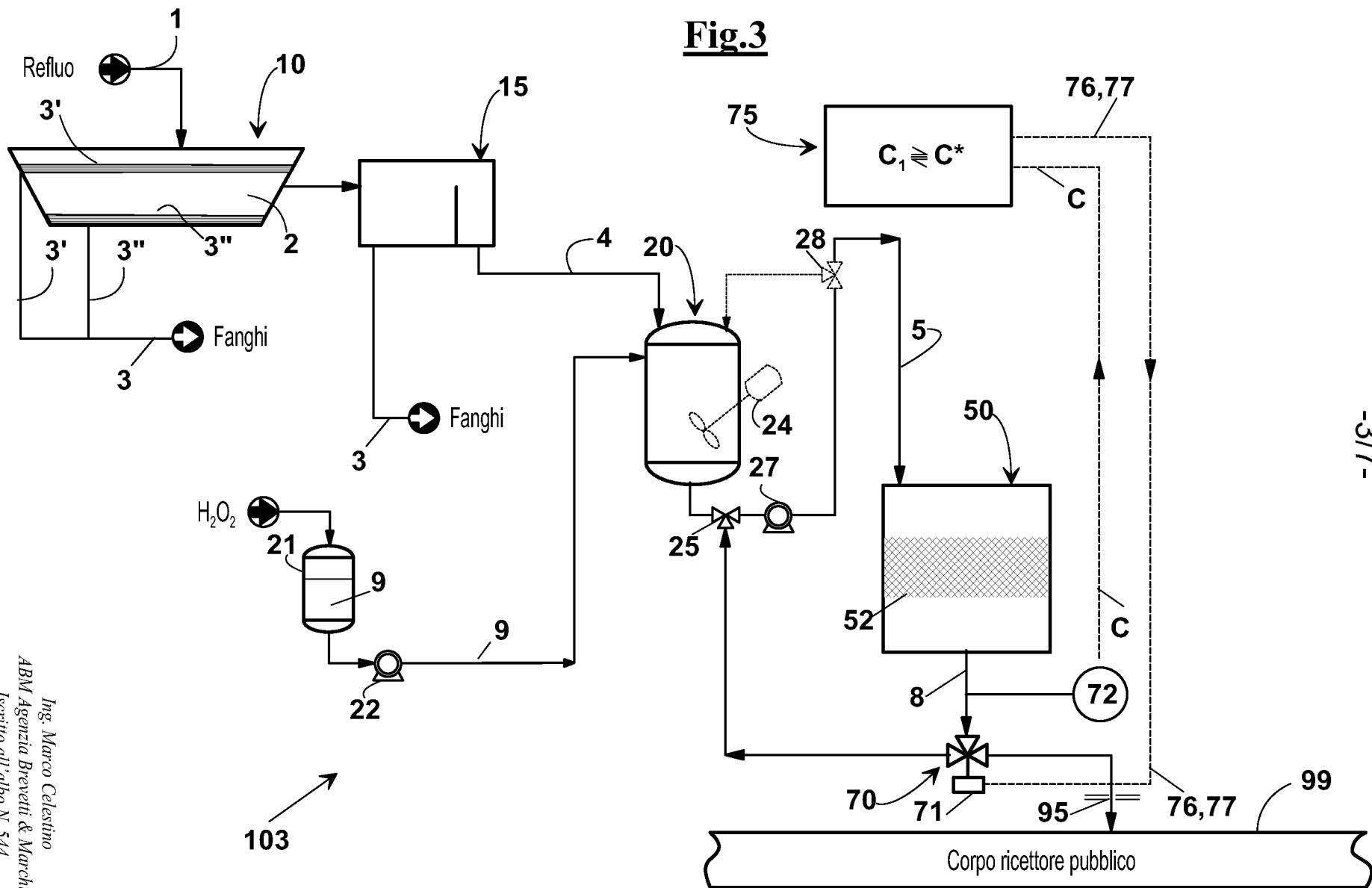
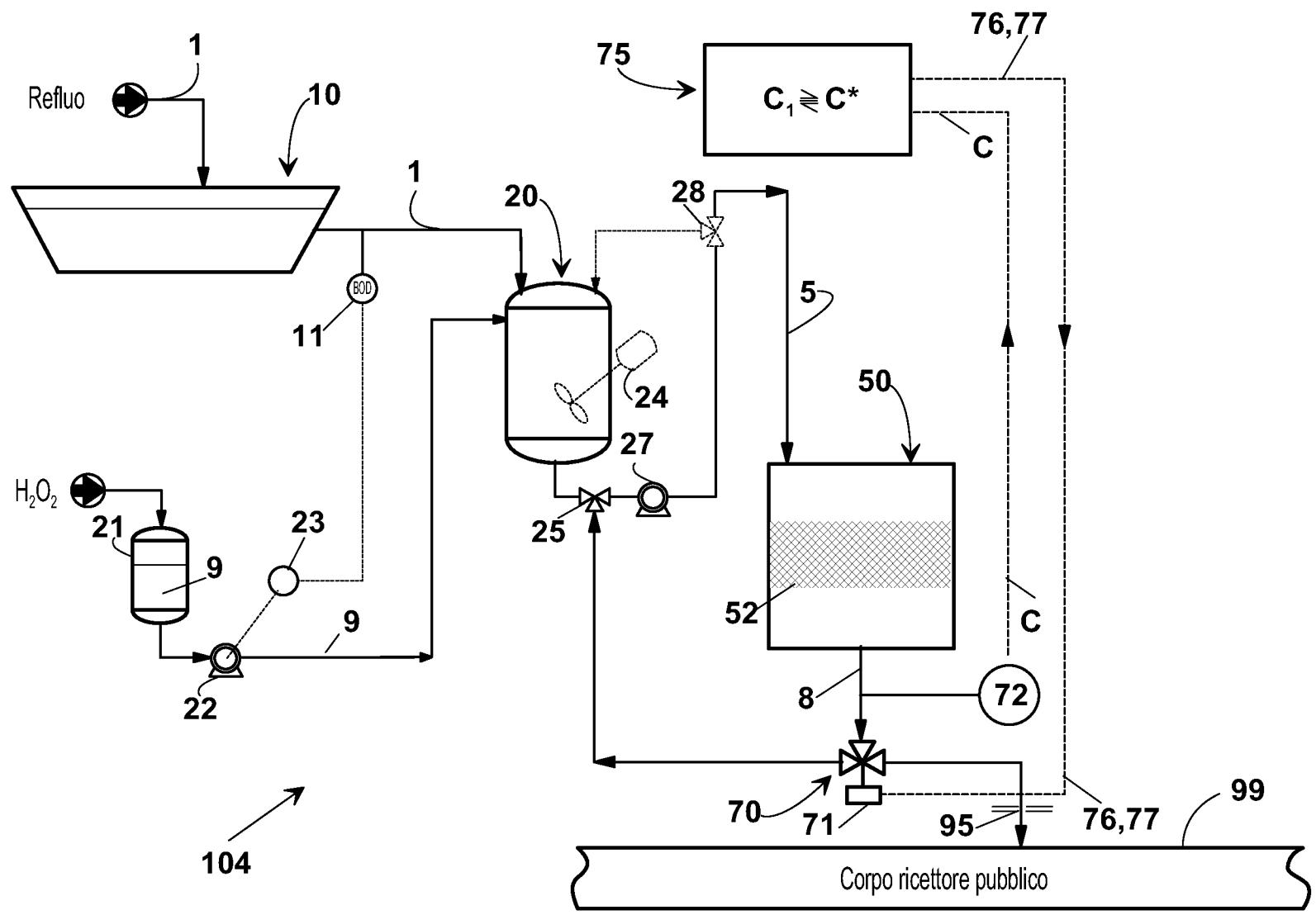
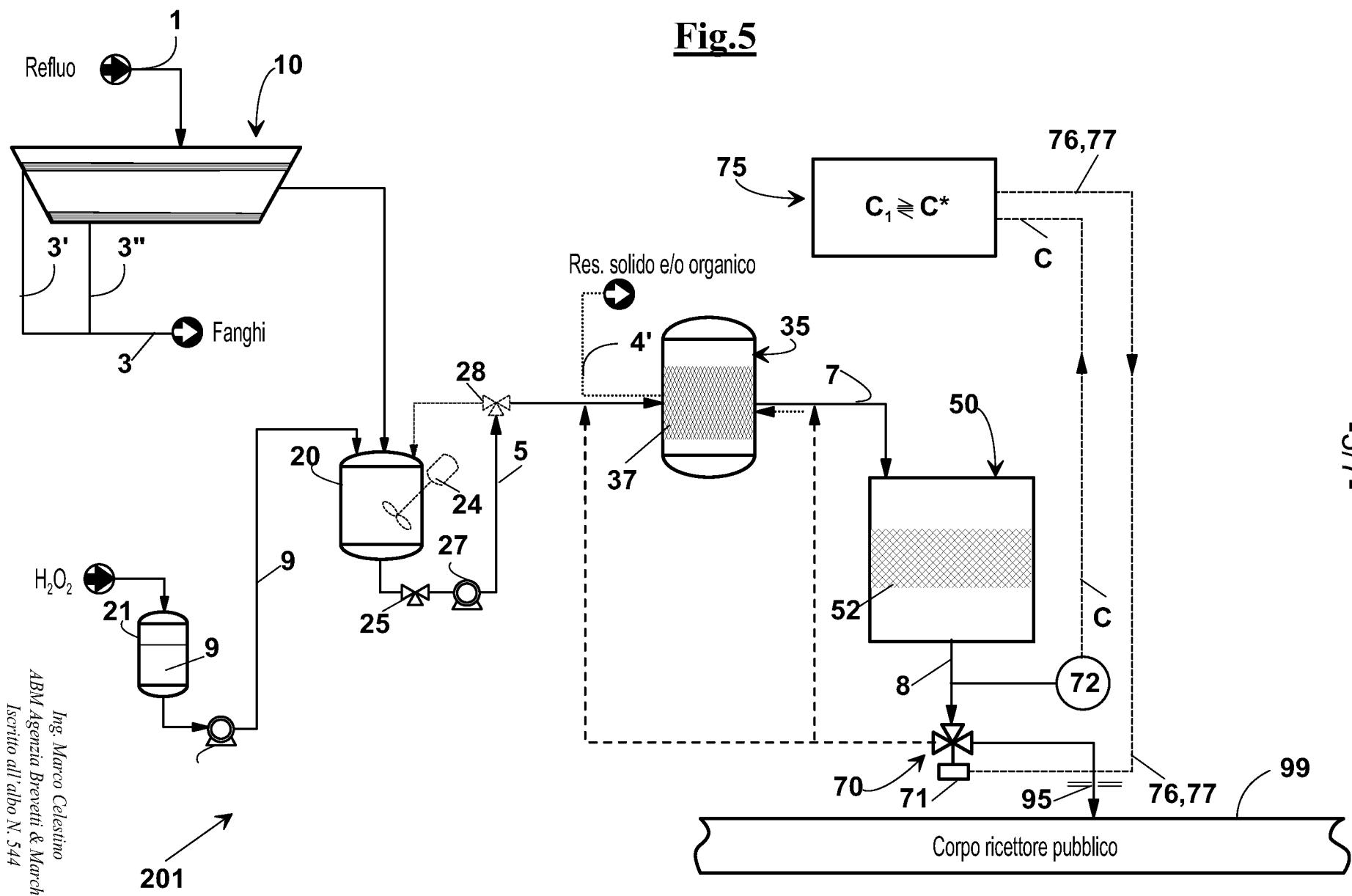


Fig.4



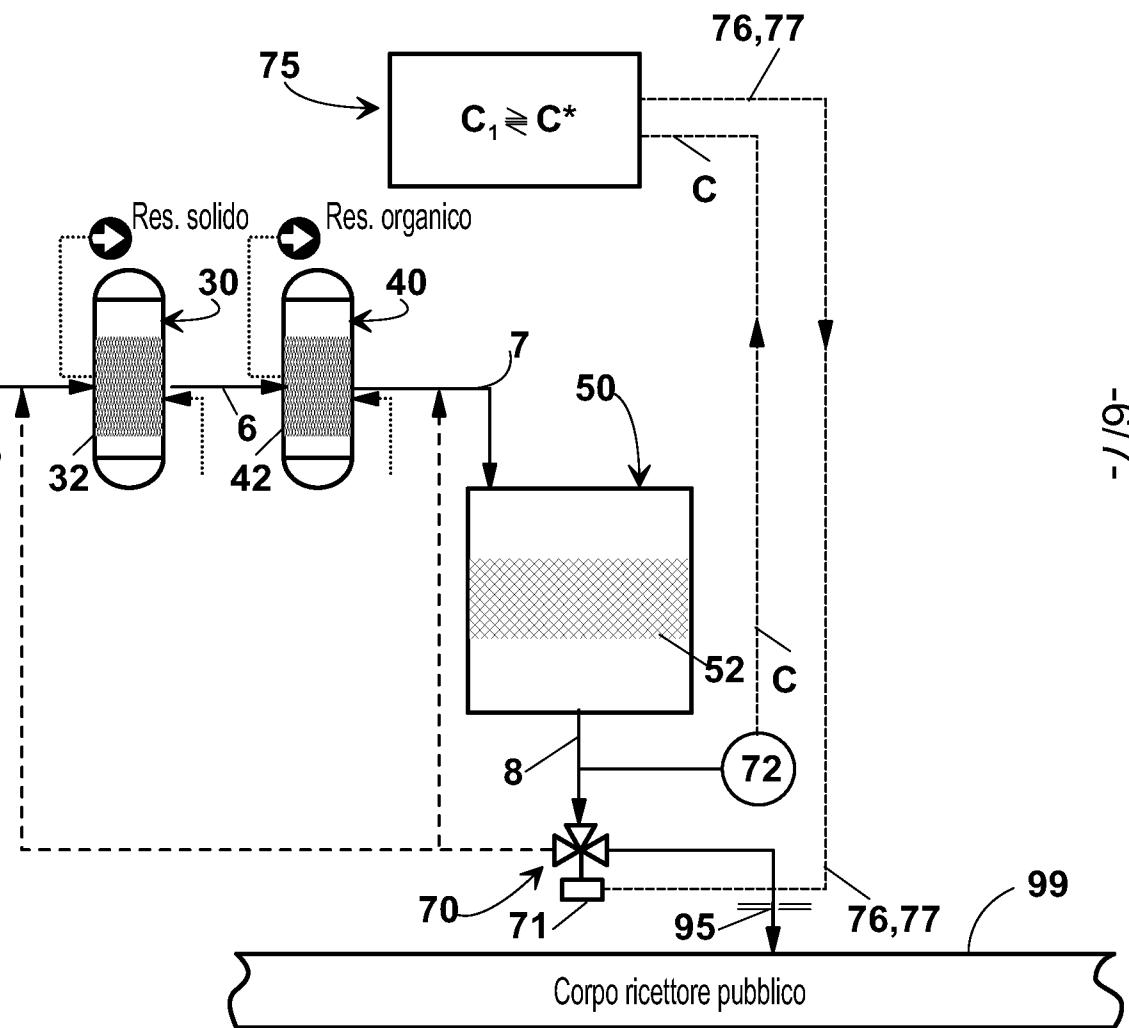
-4/7-

Fig.5



-5/7-

Fig.6



Ing. Marco Celestino
ABM Agenzia Brevetti & Marchi
Iscritto all'albo N. 544

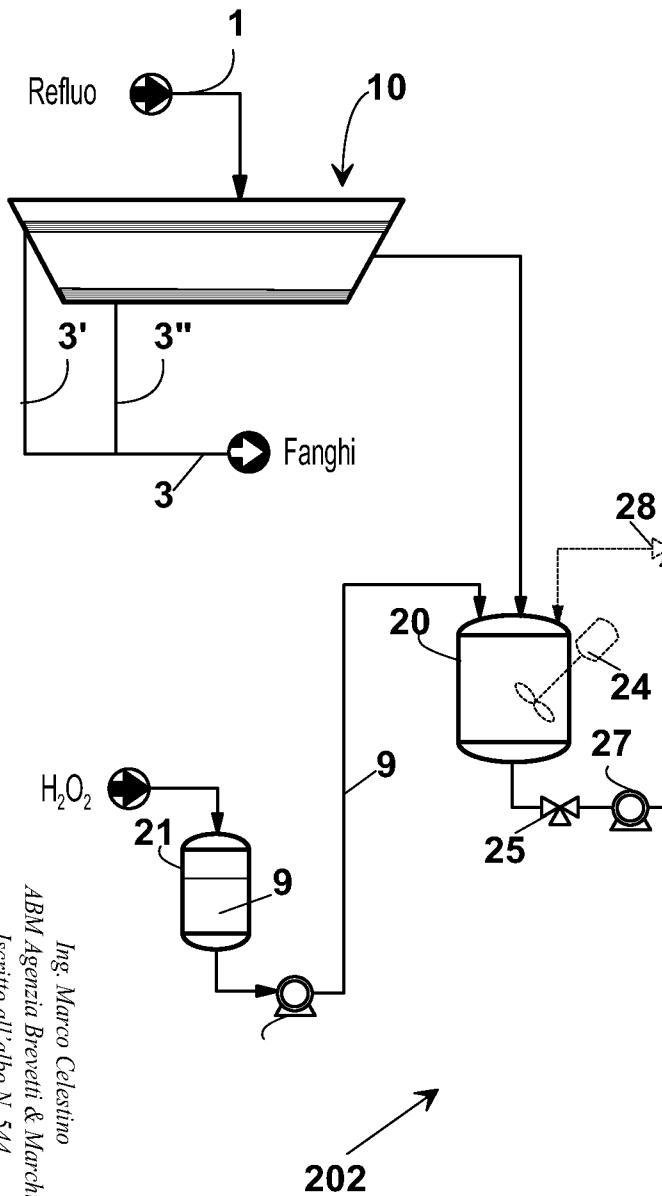


Fig.7

