



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 265 116**

51 Int. Cl.:
C02F 1/14 (2006.01)
F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03777485 .8**
86 Fecha de presentación : **26.11.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1565408**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **24.08.2005**

54 Título: **Método e instalación para desalinizar agua salobre.**

30 Prioridad: **28.11.2002 NL 1022059**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.02.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.02.2007

73 Titular/es: **Hans Josef van Els**
Meineckestrasse 46
40474 Düsseldorf, DE

72 Inventor/es: **Van Els, Hans Josef**

74 Agente: **Suárez Díaz, Jesús**

ES 2 265 116 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método e instalación para desalinizar agua salobre.

La invención se refiere a un método para desalinizar agua salobre.

En el documento GB-A-2.016.938 se han descrito un método y una instalación para desalinizar agua salobre y, de ese modo, se extrae el agua salobre (agua del mar) de un depósito o estanque y se la suministra a una caldera, en donde se realiza el hervido del agua salobre. El vapor producido en dicha caldera es hecho pasar de ésta a un intercambiador de calor para condensación.

El documento US-A-4.328.788 describe una instalación para el almacenamiento de calor en soluciones acuosas y su recuperación de las mismas. Durante la recuperación de calor, se extrae la solución de una zona de un estanque a través de aberturas, tuberías de admisión, un colector y una tubería adicional y se la suministra a un intercambiador de calor exterior a dicho estanque. A continuación, se recicla dicha solución hacia dicho estanque.

En el documento US-A-4.328.788 no puede encontrarse ninguna indicación con respecto a la desalinización de agua salobre.

El objeto de la invención es obtener un método en el que pueda retirarse la sal del agua de una manera eficiente y usando medios simples.

Según la invención, puede conseguirse este objeto en un método en el que se hace pasar el agua salobre a través de un intercambiador de calor dispuesto en un estanque que contiene salmuera formado por varias capas de agua que están una sobre otra en el estanque, teniendo cada capa de agua un contenido en sal más alto que el de una capa presente encima de ella, calentándose dicha salmuera con energía solar y disponiéndose el intercambiador de calor en la capa más inferior de agua que tiene una elevada temperatura, después de lo cual el agua salobre que ha sido calentada en el intercambiador de calor se hace pasar a través de un evaporador para evaporar al menos parte del agua salobre, tras lo cual se introduce el vapor así formado en un condensador para obtener agua de la cual se ha retirado la sal.

Cuando se usa el método según la invención, se hace uso del hecho de que una capa de salmuera con un contenido en sal comparativamente alto que se ha formado en un estanque pueda calentarse hasta una temperatura comparativamente elevada bajo la influencia de la radiación del sol. Utilizando un intercambiador de calor dispuesto en dicha capa de salmuera que tiene una temperatura alta, el agua salobre puede calentarse de una manera barata y, seguidamente, puede suministrarse a un evaporador en el que puede formarse vapor de agua libre de sal, cuyo vapor de agua se somete seguidamente a un proceso de condensación.

Así, se obtiene un método que funciona al menos de manera sustancial exclusivamente con energía solar, lo que hace posible conseguir una desalinización barata y eficiente de agua salobre.

Otro aspecto de la invención se refiere a una instalación para desalinizar agua salobre, que es adecuada, en particular, para llevar a cabo el método descrito anteriormente, en donde la instalación comprende un estanque que contiene salmuera, formado por varias capas de agua que están una sobre otra en el estan-

que, teniendo cada capa de agua un contenido en sal más elevado que el de una capa presente encima de ella y que ha de ser calentada por energía solar, en la que se dispone un intercambiador de calor en la capa más inferior de agua, en donde unos medios para suministrar el agua a desalinizar están conectados a una entrada del intercambiador de calor y una entrada de un evaporador está conectada a una salida de dicho intercambiador de calor, mientras una salida del evaporador está conectada a medios para condensar el vapor de agua que se ha formado en el evaporador.

Utilizando la invención puede obtenerse una instalación simple y eficiente para desalinizar agua, cuya instalación puede funcionar de forma automática y prácticamente sin ser atendida.

La invención se explicará con más detalle más abajo con referencia a las figuras esquemáticas que se acompañan.

La figura 1 muestra esquemáticamente una instalación según la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente parte del estanque usado en la instalación que se muestra en la figura 1, en el que tres capas, cada una con un contenido en sal diferente, están presentes en el estanque.

La figura 3 muestra esquemáticamente un dispositivo para suministrar agua salobre al estanque.

La figura 4 muestra esquemáticamente parte del estanque usado en la instalación que se muestra en la figura 1, con una pasarela que se extiende sobre parte del estanque.

La figura 5 es una vista esquemática en planta desde arriba de la figura 4.

La instalación que se muestra en la figura 1 comprende un estanque 1 cuyo lado inferior está separado del nivel 2 de agua freática por una distancia a de al menos ± 2 m.

Cerca del lado superior del estanque 1, una tubería 3 se abre hacia el estanque 1, a través de cuya tubería puede bombearse agua salobre, en particular agua del mar, hacia el estanque.

Un pozo 4 está presente además cerca del estanque 1, cuyo pozo se mantiene lleno de agua a desalinizar, en particular agua del mar, al menos hasta el nivel del agua freática o el nivel del agua del mar. Cuando el pozo 4 se extiende al menos parcialmente por debajo del nivel del agua del mar, esta agua puede hacerse fluir hacia el pozo 4 automáticamente sin que se requiera el uso de bombas o similares.

Un intercambiador de calor 5 está dispuesto en el estanque, cerca del fondo del mismo, a cuyo intercambiador de calor puede suministrarse agua del pozo 4 a través de una tubería 6. En una realización eficiente se usa para este fin una bomba de émbolo 7 dispuesta en el pozo 4 que está conectada a un extremo de la tubería 6, aunque, por supuesto, pueden usarse también otros medios para bombear el agua a desalinizar desde el pozo 4 hasta el intercambiador de calor 5.

Conectada a una salida del intercambiador de calor 5 hay una tubería 8 a través de la cual puede suministrarse a un evaporador 9 en sí conocido el agua a desalinizar que se está haciendo pasar a través del intercambiador de calor 5. Preferiblemente, se usa un evaporador denominado de baja temperatura, por medio del cual puede evaporarse ya agua suministrada al evaporador desde temperaturas tan bajas como $\pm 30^{\circ}\text{C}$.

En una realización eficiente está dispuesto en la tubería 8 un calentador de flujo 10 por medio del cual

el agua que fluye desde el intercambiador de calor 5 puede calentarse adicionalmente.

El extremo superior del evaporador 9 está conectado al extremo superior de un condensador 12 a través de una tubería 11, mientras que, además, un ventilador 13 está montado en la tubería 11 para transportar el vapor formado en el evaporador.

Una unidad de refrigeración 14 puede conectarse al condensador 12 para enfriar el vapor de agua que se está suministrando al condensador.

Cerca del lado inferior del condensador 12 está presente una bomba 15 por medio de la cual puede drenarse a través de una tubería 16 el agua que se ha condensado en el condensador 12 y de la cual se ha retirado la sal.

Conectado al lado inferior del evaporador 9 hay una tubería de drenaje 17 a través de la cual puede drenarse hacia el mar el agua residual que queda atrás en el evaporador 9 y/o puede devolverse dicha agua al intercambiador de calor 5 a través de una tubería intermedia 18.

La tubería 16 está conectada a un intercambiador de calor 19 dispuesto en el pozo 14 que se usa para precalentar agua a desalinizar que está presente en el pozo cediendo calor del agua condensada más caliente. La salida del intercambiador de calor 9 está conectada a un estanque de recogida 21 para el agua desalinizada por medio de una tubería 20.

El estanque 1 estará excavado preferiblemente en la tierra, aunque puede concebirse también que tal estanque se construya sobre la superficie del suelo.

El estanque tendrá preferiblemente una profundidad de al menos ± 3 m, y las paredes ascendentes del estanque estarán inclinadas preferiblemente bajo un ángulo de $\pm 45^\circ$. Como se muestra esquemáticamente en la figura 2, el fondo y las paredes laterales del estanque pueden cubrirse con una capa de arena 22 de un espesor de ± 10 cm, si la naturaleza del suelo hace que esto sea necesario. Seguidamente, el fondo y las paredes inclinadas del estanque 1 serán cubiertos con una lámina, preferiblemente una lámina negra, cubriendo dicha lámina el fondo y las paredes laterales como un todo, de tal manera que el agua no pueda permearse a través de ellas.

A continuación, el estanque se llena de agua salobre de tal manera que se formen una capa inferior de agua 23 con una altura de ± 1 m y un contenido en sal de $\pm 24\%$, una capa intermedia de agua 24 con una altura de ± 1 m y un contenido en sal de $\pm 15\%$ y una capa superior de agua 25 con una altura de ± 1 m y un contenido en sal de $\pm 0-4\%$.

La formación de las capas de agua, cada una con un contenido en sal diferente, puede llevarse a cabo de una manera eficiente usando el dispositivo 26 mostrado esquemáticamente en la figura 3; dos de tales dispositivos están conectados al extremo libre de una pasarela 27 que se extiende sobre parte del estanque desde un lado del mismo, cuya pasarela está provista preferiblemente de barandillas 28.

El dispositivo 26 comprende un tubo vertical 29 que es verticalmente móvil en un soporte 30 que está fijado a la pasarela 27. Dos placas circulares horizontales 31 y 32, que se extienden paralelas una a otra, están sujetas al extremo inferior del tubo, cuyas placas están interconectadas y se mantienen separadas por medio de espaciadores 33 dispuestos entre las placas. El disco superior 31 puede ser de un diámetro de, por ejemplo, ± 100 cm y el disco inferior 32 puede tener

un diámetro ligeramente menor de, por ejemplo, ± 80 cm, mientras que los espaciadores mantienen preferiblemente las placas a una distancia de en ± 3 cm una de otra.

Las placas 31 y 32 pueden situarse en cualquier nivel deseado dentro del estanque 1 moviendo el tubo 29 en el soporte 30.

Cuando la instalación tiene que ponerse en funcionamiento, el estanque 1 se llenará primero con agua del mar o similar hasta una altura de $\pm 1,80$ m.

A continuación, se colocan los dispositivos 26 de tal manera que las placas 31 y 32 se posicionen escasamente por encima del intercambiador de calor 5 que está presente en el estanque. Después de esto, se suministrará agua con un alto contenido en sal al extremo superior de la tubería 29 de cada dispositivo 26, fluyendo esta agua de manera uniforme en dirección horizontal entre las placas 31 y 32 desde la tubería 29 y hacia el estanque, como se indica por las flechas en la figura 3, sin producir ningún remolino indeseable en el agua que ya está presente en el estanque. De este modo, la capa 23 con un elevado contenido en sal puede formarse en el estanque hasta una altura de ± 1 m, elevándose el nivel del agua desde un nivel original de $\pm 1,80$ hasta un nivel de $\pm 2,80$ m. A continuación, se mueven los dos dispositivos 26 hacia arriba hasta una posición en la que las placas 31, 32 están separadas del fondo del estanque 1 por una distancia de aproximadamente 1,80 m. En esta posición, se suministra de nuevo agua con una concentración de sal adecuada al estanque para formar la segunda capa 24 con un contenido en sal de $\pm 15\%$, elevándose el nivel del agua en el estanque finalmente hasta un nivel de ± 3 m.

En la práctica, se ha hecho evidente que se forman interfaces muy estables entre las diversas capas debido a los valores de peso específicos de las respectivas capas 23-25, cuyas capas tienen cada una de ellas su propio contenido en sal específico y cuyas interfaces se restablecerán automáticamente incluso aunque se vean perturbadas por influencias externas.

Cuando un estanque así llenado se expone a la radiación del sol, el calor solar hará que se incremente la temperatura en la capa inferior, que tiene un elevado contenido en sal, y que la temperatura se mantenga entonces allí. En la práctica, se ha hecho evidente que la temperatura en la capa inferior 23 puede elevarse en $\pm 1^\circ$ por día y que con el tiempo puede conseguirse una temperatura de aproximadamente 80°C en dicha capa inferior. En el caso de un estanque que tenga una base de 40×50 cm, por ejemplo, se obtendrá una capa de salmuera caliente 23 con un contenido en sal de $\pm 24\%$ cubriendo un área de ± 2000 m².

La capa intermedia 24 funciona como una capa aislante, absorbiéndose el calor solar y transmitiéndose éste hacia abajo a través de la capa superior 25.

Después de que se haya calentado así la capa inferior 23 hasta la temperatura deseada, puede activarse la bomba 7 para bombear agua desde el pozo 4 a través del intercambiador de calor hasta el evaporador. El intercambiador de calor extraerá calor de la capa 23, de modo que el agua que se descargue del intercambiador de calor tendrá una temperatura aproximadamente igual a la temperatura del agua en la capa 23. Si se desea, dicha temperatura puede incrementarse aún más en el calentador de flujo 10. El agua que se suministra así al evaporador 9 se evaporará en gran medida y, seguidamente, se suministrará el vapor

al condensador. El agua residual, que tendrá un contenido en sal comparativamente alto, puede drenarse a través de la tubería 17 como se ha descrito anteriormente.

El vapor de agua que se suministra al condensador 12 se evaporará en el condensador y el agua desalinizada así formada puede drenarse del condensador 12 por medio de la bomba 15 como se ha descrito anteriormente. El agua presente en el pozo 4 es precalentada ya por el calor residual del agua condensada, de modo que la temperatura del agua que se suministra al intercambiador de calor 5 puede ser ya más alta que la del agua del mar que se suministra al pozo.

Si se desea, el agua desalinizada suministrada al estanque 21 puede someterse a tratamientos adicionales antes de usarla.

El funcionamiento de la instalación requiere solamente poca energía, que es necesaria para accionar las bombas 7 y 15 y el calentador de flujo 10. Esta energía puede generarse, por ejemplo, por un molino de viento, pero es concebible también usar colectores solares o similares para este fin. La energía que se genera puede almacenarse en baterías para uso durante periodos en los que no hay viento para accionar el molino de viento y/o los colectores solares no generan suficiente energía.

Como se muestra además esquemáticamente en la figura 2, un denominado rompeolas 34 (mostrado únicamente de forma esquemática) puede disponerse cerca del lado superior del estanque 1 con el fin de impedir que se formen olas no deseables en la superficie del estanque.

Además, unos sensores 35 y 36 pueden disponerse, por ejemplo, en la pasarela 27, como se muestra esquemáticamente en la figura 4, para medir la temperatura en las diversas capas del estanque y para medir el contenido en sal de las diversas capas.

Además, pueden disponerse instrumentos de medida para medir la temperatura del aire y, si se usa un molino de viento, para medir la velocidad del viento. Los diversos sensores e instrumentos de medida pueden conectarse a una unidad de control central para controlar el funcionamiento de la instalación, tal como activando las bombas 7 y 15 y controlando el molino de viento, por ejemplo ajustando las aspas del molino de viento y activando y/o desactivando el molino de viento.

Resultará evidente por lo anterior que se ha obtenido una instalación que requerirá poco mantenimiento y que consumirá poca energía, la cual puede ser generada además por un molino de viento o por colectores solares o similares.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método para desalinizar agua salobre, en el que se hace pasar el agua salobre a través de un intercambiador de calor dispuesto en un estanque que contiene salmuera formada por varias capas de agua que están una sobre otra en el estanque, teniendo cada capa de agua un contenido en sal más elevado que el de una capa presente encima de ella, calentándose dicha salmuera con energía solar y disponiéndose el intercambiador de calor en la capa más inferior de agua que tiene una elevada temperatura, después de lo cual se hace pasar el agua salobre que se ha calentado en el intercambiador de calor a través de un evaporador para evaporar al menos parte del agua salobre, tras lo cual el vapor así formado se introduce en un condensador para obtener agua de la que se ha retirado la sal.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se forman en el estanque una capa inferior de agua que tiene un contenido en sal de $\pm 24\%$, una capa intermedia de agua que tiene un contenido en sal de $\pm 15\%$ y una capa superior de agua que tiene un contenido en sal de $\pm 0-4\%$.

3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado** porque cada capa de agua se forma hasta una altura de ± 1 m.

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el agua a desalinizar se suministra a un intercambiador de calor dispuesto en el estanque desde un pozo que contiene agua, en cuyo pozo está dispuesto un intercambiador de calor a través del cual se hace pasar el agua condensada.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el vapor de agua que se ha formado en el evaporador es sometido a un proceso de condensación en un condensador al que está conectado un refrigerador para suministrar aire refrigerado al condensador.

6. Instalación para desalinizar agua salobre, que comprende un estanque que contiene salmuera formada por diversas capas de agua que están una sobre otra en el estanque, teniendo cada capa de agua un contenido en sal más elevado que el de una capa presente encima de ella y que se ha de calentar con energía solar, en la que está dispuesto un intercambiador de calor en la capa más inferior de agua, en donde unos medios para suministrar el agua a desalinizar están conectados a una entrada del intercambiador de calor y una entrada de un evaporador está conectada a una salida del intercambiador de calor, mientras que una salida del evaporador está conectada a unos medios para condensar el vapor de agua que se ha formado en el evaporador.

7. Instalación según la reivindicación 6, **caracterizada** porque dicha instalación comprende un pozo al que se suministra agua de mar a desalinizar y desde el cual se transporta el agua hasta el intercambiador de calor que está dispuesto en el estanque.

8. Instalación según la reivindicación 6 o 7, **caracterizada** porque el evaporador está conectado a un condensador y porque la instalación comprende una bomba por medio de la cual el agua que se ha condensado en el condensador puede ser transportada a un estanque de recepción para el agua.

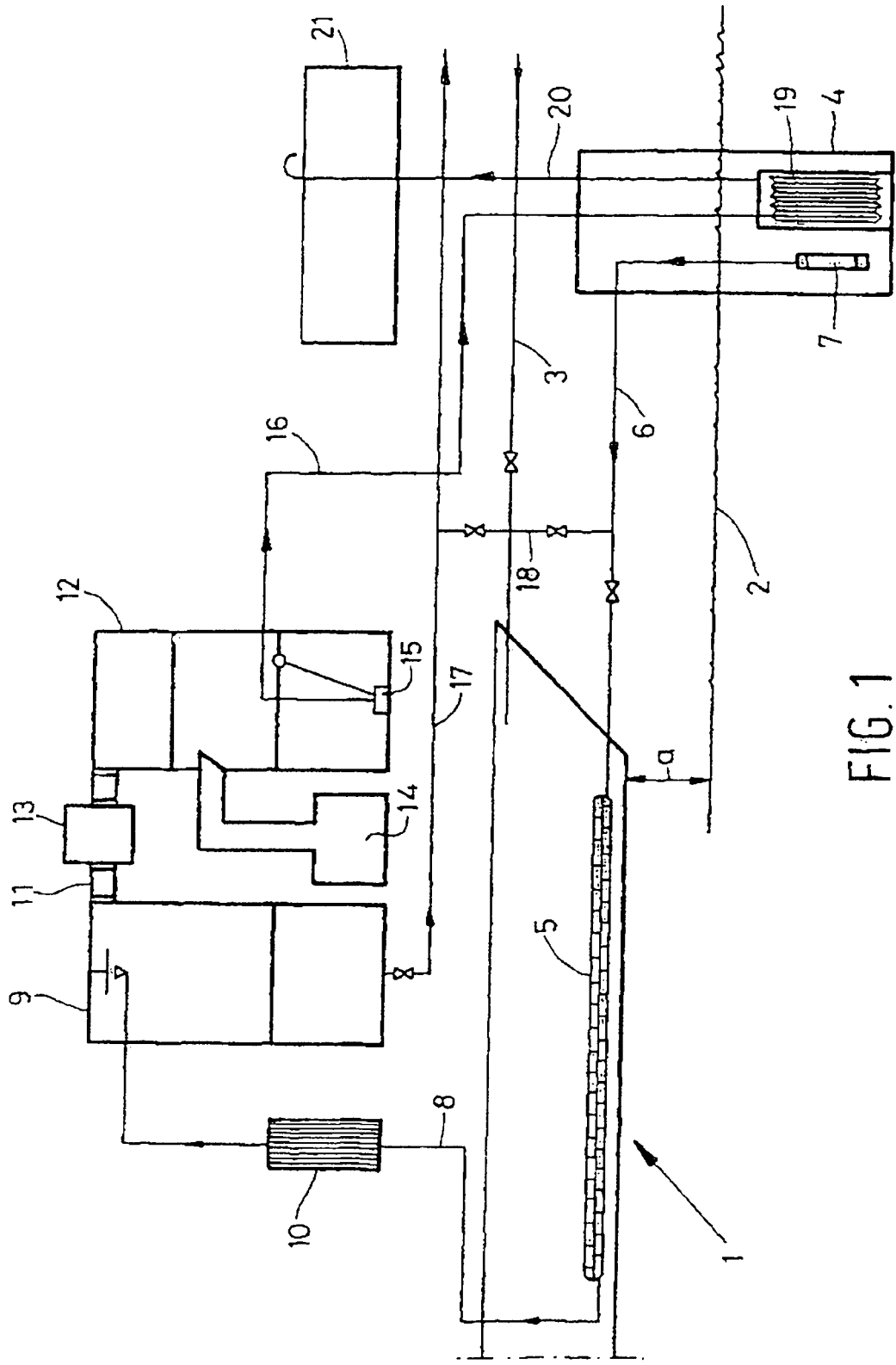


FIG. 1

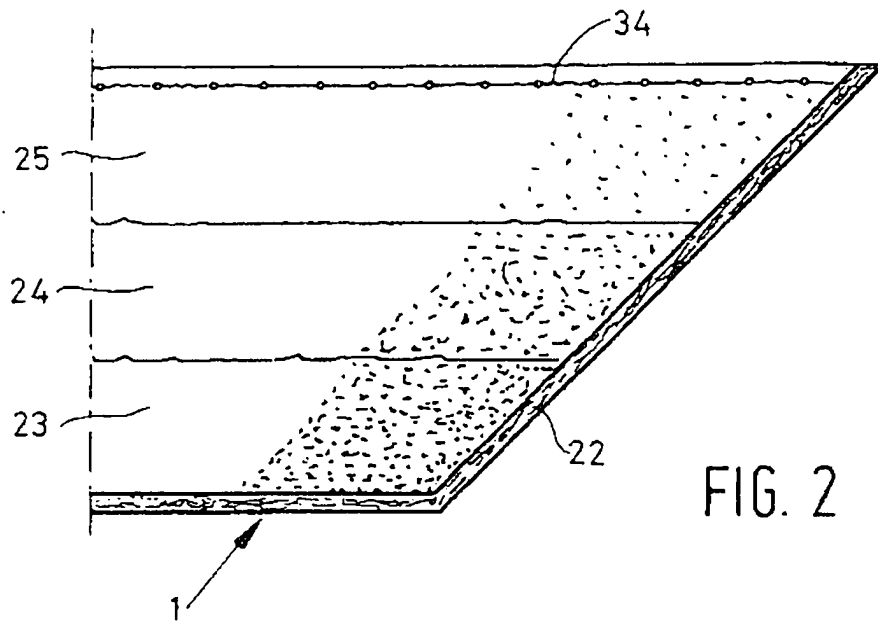


FIG. 2

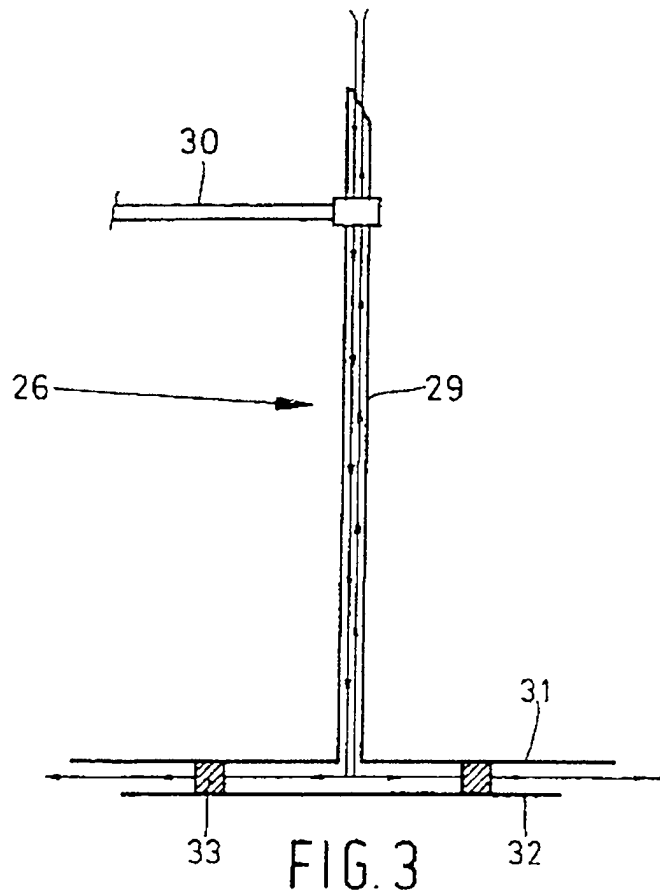


FIG. 3

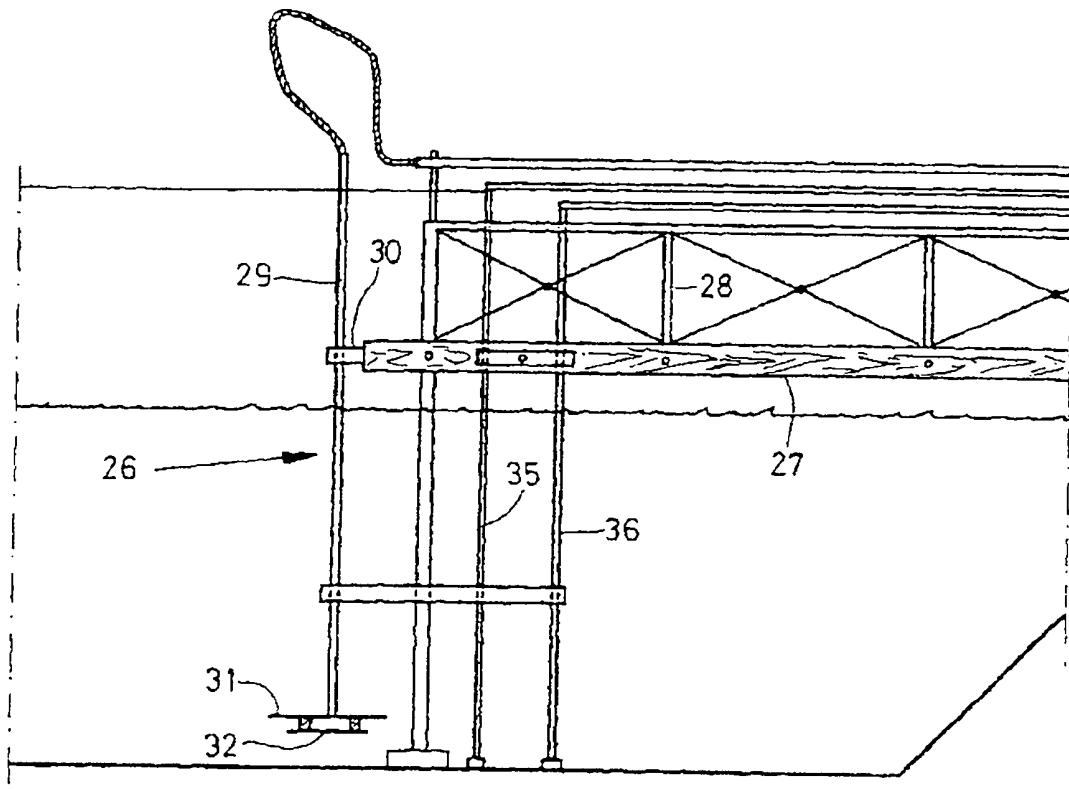


FIG. 4

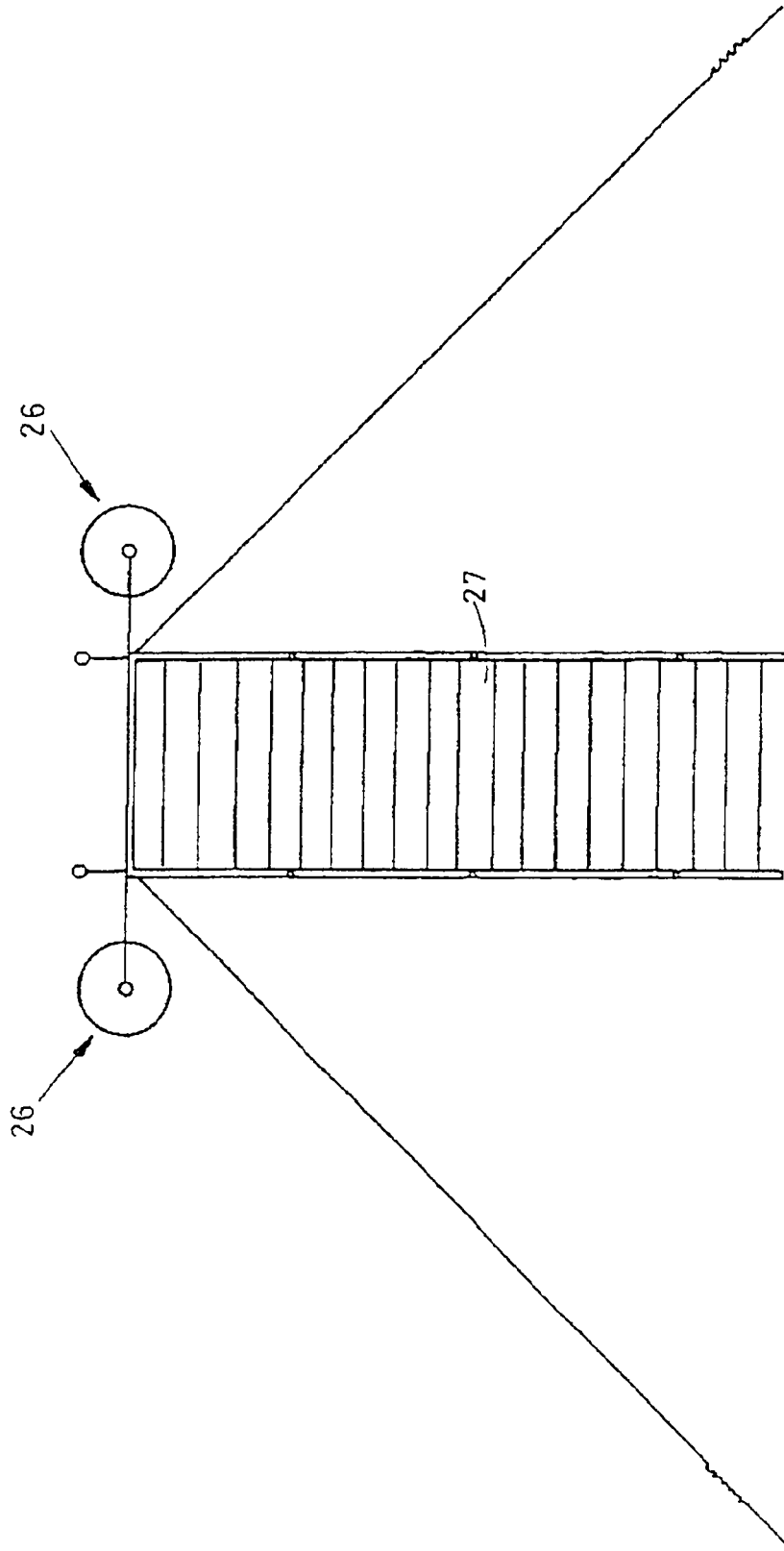


FIG. 5