

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 541**

51 Int. Cl.:

C02F 3/32 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2007 E 07107814 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 1857419**

54 Título: **Procedimiento e instalación para el tratamiento de efluentes**

30 Prioridad:

09.05.2006 FR 0651656

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.10.2017

73 Titular/es:

**MICHEL, M. PHILIPPE (100.0%)
8 CHEMIN DU PILAT
69110 SAINTE FOY LES LYON, FR**

72 Inventor/es:

MICHEL, M. PHILIPPE

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 637 541 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

Procedimiento e instalación para el tratamiento de efluentes

5 **Sector de la técnica**

El campo técnico al que se refiere la invención es el de los procedimientos e instalaciones de tratamiento biológico de efluentes, que comprende la implementación de un lecho plantado con carrizo para la realización del tratamiento y, de manera más particular, para la nitrificación-desnitrificación de los efluentes.

10 De manera general, la capacidad de tratamiento contemplada corresponde a la que es necesaria para pequeñas y medianas colectividades, es decir, colectividades de menos de 10.000 habitantes equivalentes (h.e.), y con mayor frecuencia, de 50 a 2.000 h.e.

15 **Estado de la técnica**

El saneamiento de aguas residuales puede definirse como el conjunto de técnicas destinadas a recoger las aguas, evacuarlas y tratarlas hasta un nivel aceptable por el medio receptor. De este modo, la depuración de aguas residuales no está destinada a producir agua potable sino a reducir la contaminación procedente de las aguas residuales. Se distinguen varios fenómenos contaminantes, de los cuales en concreto:

- las materias en suspensión, principalmente responsables del aspecto turbio o de la turbidez de las aguas residuales,
- las materias oxidables, en concreto las materias orgánicas oxidables, que consumen el oxígeno disuelto en el agua y pueden provocar una asfixia de los organismos vivos,
- los compuestos nitrogenados responsables, junto con las materias fosforadas, de la eutrofización de las masas de agua.

30 La Directiva europea 91/271/CEE del Consejo del 21.05.1991, relativa al tratamiento de las aguas urbanas residuales, establece objetivos de recogida y tratamiento de aguas residuales. El tratamiento o depuración de aguas residuales, pasa por una serie de etapas sucesivas de las que cada una contempla un tipo de contaminante particular.

35 Se distinguen, de este modo, unos tratamientos primarios destinados a eliminar los contaminantes más gruesos (ramas, piedras, arena, etc.) y para retener la fracción decantable de la contaminación, la materia en suspensión.

40 El tratamiento secundario, con mayor frecuencia un tratamiento biológico, está destinado principalmente a luchar contra la contaminación en forma disuelta o coloidal. El tratamiento secundario permite degradar principalmente la materia orgánica, por una parte, en una fracción oxidada que termina en la producción de CO₂ a través de la respiración bacteriana, y por otra parte, a una fracción que comprende nuevas células bacterianas, habitualmente denominadas lodos de depuración. El tratamiento secundario corresponde, por tanto, más bien a una transformación de la materia orgánica en lugar de una eliminación completa de esta última.

45 Los tratamientos terciarios contemplan eliminar en particular el nitrógeno, por ejemplo, presente en lodos de depuración, antes de la liberación de los efluentes tratados al medio ambiente.

50 Existen varios tipos de tratamiento secundario de eliminación biológica de la materia contaminante. Los tratamientos biológicos de este tipo procuran reproducir fenómenos de autodepuración existentes en la naturaleza. Se distinguen, en concreto, procedimientos biológicos extensivos y procedimientos biológicos intensivos. Entre los procedimientos biológicos extensivos, el lagunaje usa la capacidad depuradora de masas de agua poco profundas. Las aguas residuales se envían a una serie de cuencas. El oxígeno necesario para el tratamiento se aporta por intercambios con la atmósfera. Se considera generalmente que este modo de depuración permite eliminar desde un 80 a un 90 % de la DBO₅, desde un 20 a un 30 % del nitrógeno y que contribuye a una gran reducción de los gérmenes patógenos. No obstante, tiene el inconveniente de usar grandes superficies.

55 Los procedimientos biológicos intensivos agrupan, en concreto, las instalaciones de lodo activado, las instalaciones de cultivo fijo y la biofiltración. Las instalaciones de lodo activado son sistemas de depuración aeróbica. El cultivo bacteriano se mantiene en un estanque aireado y agitado. Los residuos formados se llaman lodos de depuración. Después de un periodo de estancia en un estanque de aireación, el efluente se envía a un clarificador o decantador secundario. Luego los lodos se envían a una unidad de tratamiento específica, con vistas a su aplicación agrícola o a su eliminación, o bien se vuelven a inyectar en parte en el estanque de aireación. Generalmente, los tratamientos con lodo activado eliminan en promedio de un 85 % a 95 % de la DBO₅, según las instalaciones. Es un tratamiento biológico sencillo pero que se integra mal en el paisaje.

65 En una instalación de cultivo fijo, o lecho bacteriano, se vierten las aguas que hay que tratar sobre un soporte sólido en el que se desarrolla un cultivo de microorganismos depuradores, la película biológica o biopelícula. Durante el

funcionamiento de la instalación, cuando la biopelícula se vuelve demasiado grande, se desprende naturalmente. Se debe separar entonces del efluente por decantación, por ejemplo, en un decantador secundario. Se estima que las instalaciones de cultivo fijo están adaptadas generalmente a las instalaciones de un tamaño inferior a 2000 habitantes equivalentes. Permiten eliminar de promedio un 80 % de la DBO₅.

5 La eliminación del nitrógeno se realiza generalmente por nitrificación-desnitrificación. El nitrógeno orgánico presente en las aguas residuales se transforma en nitrógeno amoniacal (NH₄⁺). En un medio aeróbico, por influencia de bacterias nitrificantes, el nitrógeno amoniacal se oxida en nitratos NO₃, lo que corresponde a la etapa de nitrificación. Luego, la desnitrificación, por acción de bacterias desnitrificantes, completa el proceso. Se trata de la reducción en
10 medio anóxico de los nitratos en nitrógeno gaseoso N₂, que se escapan entonces a la atmósfera. Las bacterias desnitrificantes usan los nitratos como fuente de oxígeno. Consumen la materia orgánica del medio, aportada, con mayor frecuencia, en forma de metanol como fuente de carbono.

15 Las dos etapas de nitrificación y de desnitrificación se realizan en instalaciones distintas, debido a las diferencias en las condiciones medioambientales necesarias para su buen desarrollo.

La patente norteamericana US 5.863.435 y la solicitud internacional de patente WO2004/101448 A1 (GRONTMIJ ADVIES & TECHNIEK B.V.) se refieren a un procedimiento de tratamiento biológico de medios acuosos ricos en amonio. Más concretamente, este procedimiento se puede comparar sustancialmente a una nitrificación-desnitrificación ya que, a partir del nitrógeno amoniacal, el nitrógeno gaseoso se libera a la atmósfera al final del procedimiento. No obstante, el nitrógeno amoniacal no se oxida en nitratos, sino en nitritos con la ayuda de bacterias del tipo *Nitroso moñas*. Las *nitrosaminas* son bacterias aeróbicas. Asimismo, durante esta primera etapa de oxidación se realiza una oxigenación del medio. Luego, las condiciones de funcionamiento de la instalación se modifican para favorecer la reducción directa de los nitritos en nitrógeno gaseoso, por acción de bacterias heterótrofas, en un medio anóxico. Un aporte de metanol se opera durante esta reducción como fuente de carbono. Teóricamente, este procedimiento permite disminuir los gastos energéticos y la cantidad de metanol aportada. No obstante, necesita un ajuste fino del tiempo de residencia de los efluentes en el reactor, sin lo cual, los nitratos corren el riesgo de oxidarse en nitratos por la influencia de bacterias del tipo *Nitrobacter*. Esto precisa asimismo que se vigile la temperatura del reactor, las bacterias del tipo *Nitrosomonas* tienen una tasa de crecimiento superior a las del tipo *Nitrobacter* a temperaturas elevadas.

La solicitud internacional de patente WO90/02710 A1 (BREEN et al.) se refiere a una instalación de tratamiento de aguas residuales sobre lecho de carrizo. En esta instalación, el carrizo se planta en un sustrato poroso dispuesto en una fosa cuyas paredes se han vuelto impermeables al agua. El desarrollo radicular del carrizo forma un lecho radicular en el seno del sustrato. La instalación se alimenta con aguas residuales en la parte inferior del sustrato, por debajo del lecho radicular. Las aguas residuales circulan hacia arriba, a través del sustrato y se evacúan por medio de unas bocas de evacuación dispuestas próximas del lecho radicular. Esta instalación se asemeja a una instalación de lagunaje, con respecto a la poca profundidad de las fosas (aproximadamente 1 m) y con el carácter extensivo de la instalación (entre 2 y 3 m² por habitante equivalente). Además, este dispositivo presenta el inconveniente de ser un gran consumidor de energía ya que necesita aplicar una alta presión para hacer circular los efluentes a través del sustrato, contra la gravedad.

El modelo de utilidad alemán DE 297 07 646 U1 (FAHRY et al.) se refiere a una instalación de depuración de aguas residuales cargadas de materia orgánica con la ayuda de un filtro biológico. En esta instalación, las aguas residuales se recogen en un tanque donde se filtran. Las aguas filtradas pasan a una cuba de enmargado equipada con un sistema de bombeo que permite hacer circular las aguas filtradas hacia un primer lecho de carrizo y eventualmente, hacia un segundo lecho de carrizo, a través de una válvula. Después de su paso a través del primer lecho de carrizo, el agua se recoge y se lleva hacia la cuba de enmargado. Esta última está equipada, además, con un flotador de válvulas, susceptible de obstruir la llegada de aguas residuales que proceden del tanque.

50 Cuando la válvula está abierta, el agua puede pasar hasta el segundo lecho de carrizo. Tras su paso a través del segundo lecho de carrizo, el agua se recoge y se evacua hacia una cuba de evacuación, a través de una canalización acodada hacia arriba. El agua tratada deja la cuba de evacuación por un sistema rebosadero. La instalación descrita en este modelo de utilidad corresponde a las instalaciones conocidas de la técnica anterior, que comprenden dos pisos de lechos de carrizo independientes, el primero para realizar la nitrificación de los efluentes y el segundo para realizar la desnitrificación. Estas instalaciones presentan el siguiente problema: la carga de materia carbonada de los efluentes que alimentan el segundo lecho es insuficiente para permitir una buena desnitrificación por parte de las bacterias desnitrificantes. Es necesario aportar, por tanto, una fuente de carbono a las bacterias desnitrificantes, generalmente metanol, para aumentar el rendimiento de desnitrificación. Ello implica, por tanto,
60 gastos adicionales, en términos de insumos, así como un seguimiento preciso del tratamiento de los efluentes para aportar la dosis adecuada de metanol.

La solicitud de patente francesa FR 2 782 508 A (SUEZ - LYONNAISE DES EAUX) se refiere a un procedimiento y a una instalación de tratamiento de efluentes de una colectividad pequeña de 200 a 2000 habitantes equivalentes aproximadamente. Este procedimiento está caracterizado por que consiste en:

- efectuar un tratamiento biológico de efluentes con la ayuda de un lecho bacteriano y realizar una eliminación de las materias en suspensión en el efluente tratado de este modo y,

simultáneamente, un tratamiento de los lodos por filtración y compostaje en filtros plantados de carrizo.

5 Esta solicitud de patente francesa contempla esencialmente el tratamiento de la contaminación carbonada, evaluada con la ayuda de parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días (DBO₅) o la demanda química de oxígeno (DCO).

10 De lo anterior se desprende, que proporcionar a pequeñas y medianas colectividades procedimientos e instalaciones de tratamiento de efluentes que comprenden la eliminación de contaminantes nitrogenados por nitrificación-desnitrificación, sigue siendo una dificultad técnica actual, en particular tomando en cuenta las restricciones de la siguiente lista no exhaustiva:

15 instalación que no necesita demasiado mantenimiento, en particular con respecto a los recursos financieros, técnicos y humanos de la colectividad, facilidad de uso de la instalación y de implementación del procedimiento, limitación de los costes, en particular, en términos de necesidad energética o de suelo ocupado, mejora del rendimiento de depuración,
20 buena integración de la instalación en el paisaje, eliminación de los diversos contaminantes contemplados en la Directiva mencionada anteriormente, incluidos los contaminantes nitrogenados, reducción del volumen de productos de depuración finales no valorizables, optimización del volumen de los productos de depuración finales valorizables, evitar malos olores, debidos en particular, al funcionamiento anaeróbico de algunas instalaciones de depuración de aguas.

25 De este modo, al menos un objetivo esencial de la invención consiste en proponer un procedimiento de tratamiento de efluentes y, que satisfaga al menos una de las restricciones evocadas anteriormente.

30 En particular, un objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de tratamiento de efluentes, susceptible de implementarse en una instalación cuyo funcionamiento pueda soportar una pequeña colectividad, en particular desde el punto de vista de los gastos de inversión y de los gastos de funcionamiento.

Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de tratamiento de efluentes que comprenda la eliminación de los principales contaminantes, incluida la materia en suspensión, la materia orgánica y los contaminantes nitrogenados.

35 Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento biológico de tratamiento de efluentes.

Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de tratamiento de efluentes que permita limitar la liberación de malos olores.

Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento de tratamiento de aguas, en el que la eliminación de contaminantes nitrogenados, en particular del nitrógeno amoniacal, pueda realizarse en una sola etapa.

45 Otro objetivo de la invención consiste en optimizar los procedimientos de tratamiento de efluentes, en particular la eliminación de contaminantes nitrogenados.

Otro objetivo de la invención consiste en mejorar la desnitrificación de los efluentes, en particular con el fin de evitar recurrir a un aporte de un substrato carbonado adicional a veces necesario para el metabolismo de las bacterias desnitrificantes.

Otros objetivos y ventajas de la invención se indican en la siguiente descripción.

55 **Objeto de la invención**

De este modo, la invención se refiere en primer lugar a un procedimiento de tratamiento de aguas residuales, que comprende al menos una etapa durante la cual se realiza una nitrificación-desnitrificación de los efluentes con la ayuda de un filtro plantado de carrizo de flujo vertical. Preferentemente, el flujo de los efluentes por el filtro plantado de carrizo se efectúa por simple acción de la gravedad. La nitrificación y la desnitrificación se desarrollan simultáneamente en un solo y único filtro plantado de carrizo, específicamente configurado a tal efecto.

El procedimiento según la invención comprende además las siguientes etapas:

65 Se realiza un pretratamiento biológico de las aguas residuales que hay que tratar con la ayuda de al menos un lecho bacteriano, para fijar, en concreto, la contaminación orgánica soluble gracias a la acción de las bacterias

depuradoras del lecho bacteriano. Se obtienen lodos de depuración a la salida del lecho bacteriano.

Luego, se realiza un tratamiento biológico de nitrificación-desnitrificación del licor mixto, que comprende lodos de depuración obtenidos a la salida del lecho bacteriano y de los efluentes, con la ayuda de un filtro plantado de carrizo de flujo vertical. Los lodos de depuración constituyen una fuente de carbono para la nitrificación y para la desnitrificación. Puede ser útil implementar varios filtros plantados de carrizo en serie, con el fin de mejorar el rendimiento depurativo, en particular, con respecto a los contaminantes nitrogenados. En ese caso, el hecho de que los efluentes se desnitrifican parcialmente en un primer filtro, antes de pasar al siguiente filtro, permite disminuir la carga de contaminantes nitrogenados que hay que tratar en el siguiente filtro de nitrificación-desnitrificación y, por tanto, las necesidades de carbono.

En una variante particular del procedimiento según la invención, en régimen de funcionamiento permanente, al menos un filtro de nitrificación-desnitrificación incluye una zona inferior inundada y una zona superior no inundada donde se desarrollan, respectivamente, un tratamiento biológico esencialmente anaeróbico de desnitrificación y un tratamiento biológico esencialmente aeróbico de nitrificación. En particular, en régimen de funcionamiento permanente, la altura de la zona inundada de al menos un filtro de nitrificación-desnitrificación, preferentemente el primer filtro de nitrificación-desnitrificación, es superior o igual a la altura de su zona no inundada.

Según la invención, no se añade fuente de carbono adicional alguna (por ejemplo, metanol) para realizar el tratamiento. En otras palabras, la carga carbonada de los efluentes o de los lodos de depuración es suficiente.

Se describe, además, una instalación de tratamiento de efluentes, concebida, en particular, para la implementación del procedimiento según la invención. La instalación comprende:

al menos un lecho bacteriano equipado con una alimentación de efluentes que hay que tratar y equipado con una evacuación de los lodos de depuración obtenidos a la salida del lecho bacteriano, al menos un piso de nitrificación-desnitrificación que comprende un filtro plantado de carrizo de flujo vertical, cuya superficie superior está equipada con una alimentación de lodos de depuración procedentes del lecho bacteriano y cuyo fondo está equipado con un dispositivo de drenaje para recoger los efluentes que han fluido a través del filtro plantado de carrizo.

La instalación está caracterizada por que los efluentes recogidos por el dispositivo de drenaje se evacúan del piso de nitrificación-desnitrificación con la ayuda de un dispositivo de evacuación de efluentes que comprende al menos una boca de evacuación dispuesta a una altura comprendida entre el fondo del filtro y la superficie superior del filtro. De este modo, una zona inferior inundada y una zona superior no inundada se forman en el filtro plantado de carrizo. La altura de la zona inundada corresponde a la altura de la boca de evacuación (o de la boca de evacuación más baja si hay varias bocas presentes, aunque ventajosamente, todas las bocas de evacuación asociadas a un filtro dado son de la misma altura).

Según una variante, el dispositivo de evacuación de efluentes comprende un tanque provisto de al menos una boca de alimentación de efluentes recogidos por el dispositivo de drenaje y provisto, además, de al menos una boca de evacuación de efluentes, presentándose la boca de evacuación en forma de rebosadero, ventajosamente, cuya altura es controlable.

Según una variante, la instalación comprende al menos dos niveles de nitrificación-desnitrificación sucesivos, siendo la altura de la zona inundada del primer piso diferente de, preferentemente superior a, la altura de la zona inundada de al menos un piso siguiente. Preferentemente, la altura de la zona inundada de un primer piso es superior a la de un piso siguiente.

Según una variante, el filtro plantado de carrizo de cada piso de nitrificación-desnitrificación está dividido en una pluralidad de celdas, preferentemente al menos tres celdas, y cada celda se alimenta de efluentes por permutación circular a lo largo del tiempo.

Según una variante, la instalación comprende, además, un dispositivo de recirculación de los efluentes recogidos por un dispositivo de drenaje hacia el menos un piso de nitrificación-desnitrificación anterior y/o hacia el lecho bacteriano. Ventajosamente, el dispositivo de recirculación de los efluentes está servoactuado por al menos un detector del volumen de efluentes que hay que tratar y/o un detector de ubicación de los efluentes obtenidos a la salida de la instalación.

La invención se entenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada, acompañada de unos dibujos adjuntos que forman parte integral de la descripción.

Descripción de las figuras

La figura 1 es una representación esquemática de una variante de una instalación de tratamiento de efluentes. La figura 2 representa un detalle de la instalación y permite ilustrar una variante de control de la altura de la zona

inundada y de la zona no inundada, en un filtro plantado de carrizo.

Descripción detallada de la invención

5 Para una buena comprensión, se van a definir diversos términos.

La noción de habitante equivalente (h.e.) se usa en saneamiento para evaluar la capacidad de las estaciones de depuración. La directiva europea 91/271/CEE del Consejo del 20 de mayo de 1991 define un habitante equivalente como la carga orgánica biodegradable que tiene una demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días (DBO₅) de 60 g de oxígeno por día. Se estima en general, que la contaminación inducida por un habitante equivalente es la siguiente:

- materia en suspensión: 90 gramos/ habitante / día,
- materia oxidable: 57 gramos/ habitante / día,
- 15 - nitrógeno total: 15 gramos/ habitante / día,
- fósforo total: 4 gramos/ habitante / día.

La demanda biológica de oxígeno durante cinco días (DBO₅) es la cantidad de oxígeno que hay que proporcionar a una muestra de agua para minimizar la materia orgánica biodegradable contenida en el agua, por vía bioquímica, es decir, por oxidación por parte de bacterias aeróbicas. Este parámetro se basa en la cuantificación del oxígeno consumido después de incubar la muestra durante cinco días, de acuerdo con la norma FT 90-103. La DBO₅ se expresa en mg / l.

La demanda química de oxígeno (DCO) se determina midiendo la cantidad de dicromato de potasio consumido por la materia disuelta en suspensión. La DCO traduce, en cantidad de oxígeno, el potencial de oxidación de un oxidante químico descompuesto por las sustancias reductoras contenidas en la muestra examinada. La medición de la DCO toma en cuenta indistintamente las sustancias minerales y orgánicas presentes en la muestra. La DCO se mide de acuerdo con la norma NFT 90-101 y se expresa en mg / l.

30 Las materias en suspensión (MES) tienen dos efectos contaminantes. Primero, las MES conducen a la formación de sedimentos y al aumento de la turbidez del agua, lo que limita la penetración de la luz. Además, las MES necesitan oxígeno para su metabolización, lo que provoca un empobrecimiento del medio en oxígeno. Las MES se miden de acuerdo con la norma NFT 90-105 y se expresan en mg / l.

35 La contaminación nitrogenada se mide de diferentes maneras, en función de las especies químicas consideradas:

- el nitrógeno amoniacal se mide según la norma NFT 90-015;
- el nitrógeno Kjeldahl (NTK) se mide de acuerdo con la norma NFT 90-110. Esta medición se basa en la transformación de los compuestos nitrogenados dosificables por mineralización de la muestra. El nitrógeno Kjeldahl representa, por tanto, las formas reducidas del nitrógeno, es decir, el nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal;
- 40 - los nitratos y los nitritos se dosifican respectivamente de acuerdo con las normas NFT 90-012 y NFT 90-013.

Estas diferentes mediciones del nitrógeno se expresan en mg / l.

45 Un filtro plantado de carrizo comprende generalmente una fosa cuyas paredes son impermeables al agua. La fosa incluye unas capas sucesivas de materiales de relleno y de filtración, cuya granulometría está controlada. La superficie superior se planta con carrizo, por ejemplo, de la especie *Phragmites australis*. Se pueden considerar otras especies de carrizo o de otras plantas de zonas húmedas, tales como otras especies del tipo *Phragmites* o especies de los tipos *Scirpus* o *Typha*. La selección de la especie, o de la mezcla de especies implementadas, depende en concreto de las condiciones de desarrollo de las plantas seleccionadas, del clima y de la abundancia de efluentes.

55 En un filtro plantado con carrizo de flujo vertical, la granulometría de los materiales de relleno aumenta desde arriba hacia abajo: las capas superiores comprenden, por ejemplo, arena, mientras que las capas intermedia e inferior incluyen, por ejemplo, respectivamente, grava y guijarros. De este modo, los efluentes que hay que tratar llegan al nivel de la superficie superior del filtro y se evacuan al nivel de la capa inferior de drenaje, en el fondo de la fosa.

60 En un filtro plantado con carrizo de flujo horizontal, la distribución de los materiales de relleno y la disposición de las zonas de alimentación y de evacuación de efluentes son diferentes. Por ejemplo, los materiales de relleno situados al nivel de dos de los lados opuestos de la fosa tienen una gran granulometría. Son, por ejemplo, guijarros. La alimentación de efluentes se realiza directamente en la fosa al nivel de uno de estos lados mientras que la evacuación se realiza al nivel del lado opuesto.

65 Las figuras 1 y 2 representan unas variantes de una instalación de tratamiento de efluentes. En esta variante, se prevé primero un puesto de cribado 1 con el fin de prevenir cualquier riesgo de colmatado y de depósito de desechos

gruesos hacia los equipos situados aguas abajo del puesto de cribado. Ventajosamente, el puesto de cribado permite retener los elementos de una malla, o diámetro, superior a 3 mm.

Se puede tratar de un tamiz cribador automático previsto, por ejemplo, en el canal de alimentación 2 de la instalación. El cribado se realiza, por ejemplo, en una zona de filtración que comprende una chapa perforada semicilíndrica de donde los desechos se evacúan con la ayuda de un tornillo hueco. Mientras que los desechos retenidos por el tamiz cribador se evacúan hacia arriba gracias al tornillo hueco, la mayor parte del agua restituida por los efluentes fluye por gravedad. Los desechos al menos parcialmente secados llegan a una zona de compactación dispuesta en el extremo del tornillo hueco. El agua restituida durante la compactación de los desechos sólidos fluye por gravedad a través de aberturas previstas en la zona de compactación, por ejemplo, a través de ranuras longitudinales.

El funcionamiento de un tamiz cribador automático, o de cualquier otro dispositivo de cribado, pasivo o activo, es bien conocido para el experto en la materia. Asimismo, no es necesario aportar más detalles a ese respecto.

El agua y los efluentes recuperados de este modo se recolectan y se llevan gracias a una canalización 3 hacia un puesto de retorno 4. El puesto de retorno 4 incluye una primera bomba 5 para alimentar un dispositivo 6 de pretratamiento biológico de los efluentes 7, con la ayuda de al menos un lecho bacteriano 8. El puesto de retorno 4 incluye asimismo una segunda bomba 9 para la alimentación de un primer piso 10 de nitrificación-desnitrificación.

En otra variante, el puesto de retorno 4 solo incluye una única bomba para la alimentación del dispositivo 6 de pretratamiento biológico de efluentes 7 y del primer piso 10 de nitrificación-desnitrificación. Se controla la alimentación de uno u otro de estos dispositivos, por ejemplo, por medio de una válvula o de un grifo, eventualmente controlados a distancia y/o cuyo funcionamiento está servoactuado o automatizado.

Preferentemente, en las diferentes variantes, el funcionamiento de las bombas 5, 9, o de la bomba, se controla a distancia, está servoactuado y/o automatizado.

El lecho bacteriano 8 es una instalación de cultivo fijo para el tratamiento de los efluentes 7 que hay que tratar. La técnica consiste en verter los efluentes 7 que hay que tratar sobre un soporte sólido que presenta una gran superficie desarrollada. Un cultivo de microorganismos depuradores, la "película biológica" o "biopelícula", se desarrolla sobre este soporte sólido. Los microorganismos depuradores consumen una parte de la contaminación carbonada, en concreto, la contaminación muy soluble. De este modo, los contaminantes carbonados se encuentran fijados gracias al metabolismo y al desarrollo bacteriano. Cuando el espesor de la película bacteriana se vuelve demasiado grande, se desprende del soporte y se evacua por medio de canalizaciones 11. Se trata de los lodos de depuración. Los lodos de depuración así formados se recogen y se llevan hacia el puesto de retorno 4.

De este modo, el puesto de retorno 4 contiene en realidad un licor mixto que comprende efluentes brutos procedentes de la canalización 3, unos lodos de depuración evacuados del lecho bacteriano 8 por las canalizaciones 11. En algunas variantes de la instalación, el licor mixto puede contener igualmente efluentes percolados 28 que proceden del filtro plantado de carrizo. Llamaremos a este licor mixto "efluentes que hay que tratar".

El material de soporte usado en un lecho bacteriano 8 es generalmente un revestimiento ordenado, tal como tubos de múltiples canales o placas onduladas. Presenta una gran superficie desarrollada gracias a la compartimentación alveolar del material. Materiales de este tipo se describen por ejemplo en las publicaciones EP 1 310 299, EP 1 142 837 o US 6 274 035.

Los efluentes 7 que hay que tratar se rocían en la parte superior del lecho bacteriano 8, gracias a un brazo de aspersión 12 provisto de una serie de boquillas de aspersión 13 (o "sprinkler"). Por ejemplo, el brazo de aspersión es giratorio, alrededor de un bidón central 14 de alimentación. Esta disposición permite distribuir el flujo de efluentes 7 que hay que tratar por la superficie superior del lecho bacteriano 8. Preferentemente, la distribución se realiza de la manera más homogénea posible.

Los microorganismos de la biopelícula se desarrollan naturalmente, por ejemplo, debido a su presencia natural en los efluentes. Los microorganismos pueden aportarse también por siembra, por ejemplo, con el fin de favorecer la instalación de una población bacteriana.

Ventajosamente, el lecho bacteriano permite eliminar, de media, hasta un 70 % de la DBO₅ de los efluentes tratados. Sin embargo, no permite generalmente eliminar la contaminación nitrogenada.

El puesto de retorno 4 contiene, por tanto, una mezcla que comprende efluentes cribados en el puesto de cribado 1, y lodos de depuración obtenidos a la salida del lecho bacteriano 8 del dispositivo 6 de pretratamiento biológico. El puesto de retorno 4 representa, por tanto, asimismo un depósito de enmargado, cuyo nivel puede controlarse, en concreto, en función de la cantidad de efluentes que hay que tratar procedentes del puesto de cribado, de las condiciones de tratamiento al nivel del 0 de los pisos de nitrificación-desnitrificación.

El primer piso de nitrificación-desnitrificación 10 comprende un filtro 15 plantado de carrizo 16. El filtro 15 plantado de carrizo se alimenta al nivel de su superficie superior 17 de efluentes 7 (que comprenden efluentes procedentes del puesto de cribado 1 y lodos de depuración procedentes del lecho bacteriano 8) gracias a la bomba 9 de alimentación, por medio de canalizaciones 18.

Más concretamente, la alimentación puede realizarse, por ejemplo, por riego o aspersión de la superficie superior 17 del filtro 15 plantado de carrizo, o por inundación. El riego o aspersión se efectúan gracias a un riel de riego/aspersión, fijo o móvil, por ejemplo, dispuesto por encima de la superficie 17 del filtro 15 plantado de carrizo. Se puede contemplar igualmente el uso de boquillas de riego dispuestas al nivel de la superficie superior 17 del filtro, pero se considera poco práctico porque el desarrollo vegetativo del carrizo limitaría su eficacia. La inundación se opera gracias a bocas de alimentación dispuestas regularmente, por ejemplo, al tresbolillo, al nivel del filtro plantado de carrizo. Una boca de alimentación se presenta, por ejemplo, en forma de canalización vertical que emerge por encima de la superficie superior 17 del filtro 15 plantado de carrizo 16. La abertura de la canalización está provista de una campana de protección, por una parte, para impedir la entrada de objetos en la canalización, y por otra parte, para abatir los flujos de efluentes hacia la superficie superior 17. Para evitar el embarrado alrededor de la boca de alimentación, se puede prever la disposición de grava alrededor de la boca de alimentación.

El filtro 15 plantado de carrizo 16 se realiza en una excavación rellena. Incluye una fosa 19 cuyas paredes laterales 20 y el fondo 21 se realizan, preferentemente, con un material impermeable, para evitar la contaminación del entorno con efluentes que no se haya depurado todavía o tratados de manera satisfactoria. Se trata, en concreto, de una geomembrana atrapada en sándwich en un geotextil de protección.

La fosa 19 se llena de abajo arriba con materiales de relleno cuya granulometría disminuye de abajo arriba. En la variante ilustrada en la figura 1, el filtro 15 plantado de carrizo del primer piso de nitrificación-desnitrificación 10 se distingue del filtro 45 del piso siguiente 40 por la granulometría de las diferentes capas de los materiales de relleno. Otras características permiten distinguirlos. Se exponen a continuación, en la descripción.

En este caso, el filtro 15 plantado de carrizo incluye, de abajo arriba, una capa drenante 22 cuyo fondo está constituido, por ejemplo, de guijarros, una o varias capas intermedias de grava luego una o varias capas de filtración 23 que comprenden grava y arena. Por ejemplo, los guijarros de la capa drenante 22 de fondo tienen un diámetro de 20 a 60 cm, sobre un espesor de 10 cm, la capa intermedia de grava tiene un espesor de 20 cm y contiene grava de 10 a 20 cm de diámetro. Las capas filtrantes 23 contienen primero un espesor de 20 cm de grava de 40 a 10 cm de diámetro, luego, por encima, una capa de 30 cm de espesor de grava de 2 a 5 cm de diámetro eventualmente mezclada con arena.

El agua se percola por gravedad a través de las capas filtrantes 23, las capas intermedias y la capa drenante 22. El agua percolada se recupera en el fondo del filtro mediante un dispositivo de drenaje que comprende una serie de desagüeros 24 y que, preferentemente, converge hacia un dispositivo de evacuación 25 en el que se recogen los efluentes que han fluido a través del filtro 15 plantado de carrizo 16.

El filtro 15 plantado de carrizo incluye una zona inundada 26 y una zona no inundada 27 cuyas alturas respectivas h_0 y h_N se controlan gracias al dispositivo de evacuación 25 de efluentes percolados 28.

El dispositivo de evacuación 25 de efluentes percolados 28 puede disponerse en el exterior de la fosa 15, como se ilustra en la figura 1, o en el interior de la fosa 15 como se ilustra en la figura 2. El dispositivo de evacuación 25 comprende un tanque 30 provisto de una boca de alimentación 31 de efluentes percolados y recogidos por el dispositivo de drenaje. La evacuación de los efluentes percolados 28 está asegurada por una boca de evacuación 32. La altura de la boca de evacuación 32 es intermedia entre el fondo 21 del filtro 25 y la superficie superior 17. De este modo, los efluentes percolados 28 se acumulan en el tanque 30 hasta que el nivel 29 de efluentes alcance la altura de la boca de evacuación 32, lo que permite su evacuación. De este modo, la zona inundada 26 se forma en la parte inferior del filtro 15 plantado de carrizo, mientras que se delimita una zona superior no inundada 27. El nivel del agua 29 en el filtro 15 plantado de carrizo depende, por tanto, de la altura h_0 de la boca de evacuación 32 del dispositivo de evacuación 25.

Según una variante, la boca de evacuación 32 corresponde a la abertura superior de una chimenea 33. Ventajosamente, la altura de la chimenea 33 es regulable. La chimenea 33 comunica por su parte inferior con una canalización 35 de vertido de los efluentes percolados 28. Además, es posible dotar la parte inferior de la chimenea 33 de una válvula de vaciamiento 34, para facilitar el vaciado del tanque 30 y del filtro 15 plantado de carrizo.

Según otra variante no ilustrada, la boca de evacuación se presenta en forma de un simple rebosadero previsto en la pared del tanque 30, de donde fluyen los efluentes percolados 28.

Se planta carrizo 16 en la superficie del lecho 15. Su desarrollo vegetativo, en particular el desarrollo radicular y de los rizomas, favorece la transferencia de oxígeno hacia la zona superior no inundada 27, por una parte, por transferencia a partir del aparato foliar y caulinar del carrizo, y por otra parte, debido al desplazamiento de material de relleno generado por el crecimiento radicular que representa unas vías de paso preferente de aire a través del

material de relleno. El desarrollo radicular del carrizo permite evitar además el encostrado de la superficie 17 del filtro por los lodos de depuración llevados desde el puesto de retorno.

5 De este modo, la zona superior no inundada 27 se encuentra en condiciones aeróbicas. Es favorable para el desarrollo de una flora microbiana aeróbica, nitrificante, que usa los lodos de depuración aportados, en la superficie 17 del filtro 15, como fuente de carbono. De este modo, la degradación de los lodos en superficie por bacterias nitrificantes facilita una transferencia de carbono hacia la zona inundada 26. Esta zona inundada está en condiciones anaeróbicas o anóxicas. Permite de este modo el desarrollo de una flora bacteriana desnitrificante adecuada para emplear los nitritos producidos por las bacterias nitrificantes, así como las fuentes de carbono aferentes, y para asegurar la desnitrificación de los efluentes.

Ventajosamente, la altura h_D de la zona inundada 26 es superior a la altura h_N de la zona inundada 27. En una variante particular, h_D es de 1,5 a 4 veces mayor que h_N . En otra variante, h_D varía de 1,5 a 2 veces h_N .

15 Esta disposición del filtro plantado de carrizo evita que la alimentación carbonada de las bacterias desnitrificantes constituya un factor limitante para su metabolismo, ya que la fuente de carbono proviene de la zona aeróbica no inundada 27, regularmente alimentada con efluentes. Además, el tiempo de contacto de las bacterias desnitrificantes con los efluentes que hay que tratar aumenta por la inmersión de la zona inundada 26.

20 Los efluentes percolados 28 se evacúan, por ejemplo, por medio de una bomba 36 que sube los efluentes hacia el puesto de retorno 4, o como se ilustra en la figura 1, hacia un segundo filtro 45 plantado de carrizo, o incluso, si la calidad de los efluentes percolados 28 se considera satisfactoria, hacia una zona de vertido de los efluentes al medioambiente. Estas diversas posibilidades pueden gestionarse gracias a una válvula o un grifo 37, dispuesto aguas arriba de la bomba 36. El funcionamiento de la bomba 36 y de la válvula o del grifo 37 pueden controlarse a distancia y/o su funcionamiento está servoactuado o automatizado.

30 El tratamiento de nitrificación-desnitrificación en el filtro 15 plantado de carrizo permite eliminar, aproximadamente, hasta un 90 % del nitrógeno NTK, a una temperatura ambiente mínima de aproximadamente 12 °C. Además, aproximadamente un 95 % de la DBO_5 se elimina de los efluentes a la salida del filtro plantado de carrizo (valor global, de efluentes percolados 28 con respecto a los efluentes que hay que tratar procedentes del puesto de cribado).

35 Como se ilustra en la figura 1, en una variante, se puede prever un segundo piso 40 de nitrificación-desnitrificación, cuyo funcionamiento es comparable en todos los aspectos al del primer piso 10 de nitrificación-desnitrificación.

Como se ha señalado anteriormente, los filtros 15, 45 plantados de carrizo se distinguen, en concreto, entre sí por la granulometría de los materiales de relleno usados. Pueden distinguirse también por la altura de la zona inundada, con respecto a la de la zona no inundada.

40 Por ejemplo, el filtro 45 del segundo piso de nitrificación-desnitrificación incluye, de abajo arriba, una capa drenante de fondo que comprende guijarros (por ejemplo, guijarros de diámetro 20-60 cm, espesor 10 cm), luego capas intermedias de grava (por ejemplo, grava de 10 a 20 cm de diámetro, y por encima, de 4 a 10 cm de diámetro, cada capa con un espesor de 10 cm), y capas filtrantes superiores (por ejemplo, 20 cm de grava de 2 a 5 cm de diámetro y por encima, 30 cm de arena).

45 Preferentemente, la altura h_{D2} de la zona inundada 46 del segundo filtro 45 plantado de carrizo es inferior a la altura h_D de la zona inundada 26 del primer filtro 15 plantado de carrizo. Además, es preferible que la altura h_{D2} de zona inundada 46 del segundo filtro 45 plantado de carrizo sea también inferior a la altura h_{N2} de la zona no inundada 47 del segundo filtro 45 plantado de carrizo. Ventajosamente, las relaciones h_{N2} / h_{D2} del segundo filtro 45 están invertidas en comparación con las relaciones h_N / h_D del primer filtro 15 plantado de carrizo.

50 En efecto, los efluentes percolados 28 recogidos en el dispositivo de evacuación 25 del primer filtro 15 plantado de carrizo están muchos menos cargados de materia carbonada que los efluentes y los lodos de depuración 7 procedentes del puesto de retorno 4 y se vierten en el primer piso 10 de nitrificación-desnitrificación. En esta variante, los efluentes percolados 28 se vierten en el segundo nivel 40 de nitrificación-desnitrificación. El hecho de que la zona no inundada 47, donde se desarrolla una flora bacteriana aeróbica nitrificante, sea más alta que la zona inundada, permite favorecer la actividad metabólica de la flora bacteriana nitrificante y por tanto mejorar la alimentación carbonada de las bacterias desnitrificantes de la zona inundada 46.

60 El segundo piso de nitrificación-desnitrificación permite asegurar el tratamiento de la contaminación nitrogenada residual que permanece en los efluentes percolados 28 procedentes del primer filtro 15 plantado de carrizo. De este modo, a la salida del segundo filtro 45 plantado de carrizo, a una temperatura ambiente mínima de 12 °C, el tratamiento de los efluentes permite eliminar de media aproximadamente un 99 % de la DBO_5 y aproximadamente un 96 % del nitrógeno NTK (de un 95 a 98 % del nitrógeno NTK con respecto a los efluentes que hay que tratar procedentes del puesto de cribado).

5 El funcionamiento de los pisos de nitrificación-desnitrificación se describe a continuación, con más detalle. Los pisos 10, 40 de nitrificación-desnitrificación se alimentan preferentemente por lotes, es decir, una cantidad predeterminada de efluentes/de lodos de depuración, se vierte en el filtro plantado de carrizo. La activación de un lote puede depender por ejemplo del nivel de efluentes en el puesto de retorno 4. Ello permite cubrir mejor la superficie del filtro plantado de carrizo con una película de efluentes que hay que tratar. La calidad de la distribución de los efluentes en la superficie del filtro es muy importante, porque determina la buena aireación del filtro (en particular de la zona no inundada) y la filtración de los efluentes.

10 Ventajosamente, cada piso de nitrificación-desnitrificación está dividido en una pluralidad de celdas, preferentemente 3 celdas, cuya alimentación de efluentes se realiza por permutación circular. Cuando una celda recibe efluentes, las demás no se alimentan. Este funcionamiento por alternancia deja un tiempo suficiente para la mineralización de los efluentes y de los lodos de depuración en las celdas no alimentadas. Un ciclo de alimentación puede durar, por ejemplo, una semana. Esto favorece un régimen de funcionamiento permanente (el funcionamiento transitorio que corresponde en concreto al relleno de una celda).

15 La alimentación de los pisos de nitrificación-desnitrificación y de las diferentes celdas puede ser, por ejemplo, semiautomática o automática, es decir que necesita, o no, la intervención ocasional, de personal para asegurar el funcionamiento de la instalación. La permutación de una celda a la otra generalmente está automatizada, por ejemplo, mediante el uso de un dispositivo que comprende un temporizador.

20 Además, es posible prever detectores de nivel, en particular al nivel del puesto de retorno 4, con el fin de determinar si la reserva de efluentes en el puesto de retorno es suficiente para generar un lote para alimentar el primer piso de nitrificación-desnitrificación. Ello puede permitir orientar igualmente los efluentes percolados 28 recogidos en el dispositivo de evacuación 25, hacia el puesto de retorno 4, hacia el segundo piso de nitrificación-desnitrificación 40, o hacia la zona de vertido.

25 Se puede contemplar igualmente prever mandar la evacuación de los efluentes percolados en función de su calidad, en particular en función de su DBO₅ o de su nitrógeno NTK.

30 Entre otras ventajas, se puede mencionar el hecho de que el desarrollo del carrizo permite ocultar, al menos parcialmente, las partes construidas de la instalación, lo que mejora su integración en el paisaje.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de tratamiento de aguas residuales que comprende la eliminación de los principales contaminantes incluida la materia en suspensión, la materia orgánica y los contaminantes nitrogenados, que comprende las siguientes etapas esenciales:
- se realiza un pretratamiento biológico de las aguas residuales que hay que tratar, con la ayuda de al menos un lecho bacteriano, luego,
 - 10 - se realiza un tratamiento biológico de nitrificación-desnitrificación de los lodos de depuración obtenidos a la salida del lecho bacteriano, con la ayuda de un filtro plantado de carrizo con flujo vertical, los lodos de depuración constituyen una fuente de carbono para la nitrificación y para la desnitrificación, en el que, en régimen de funcionamiento permanente, al menos un filtro de nitrificación-desnitrificación incluye una zona inferior inundada y una zona superior no inundada, donde se desarrollan, respectivamente, un tratamiento biológico esencialmente anaeróbico de desnitrificación y un tratamiento biológico esencialmente aeróbico de nitrificación, y en el que no se añade ninguna fuente de carbono adicional.
- 20 2. Procedimiento de tratamiento de efluentes según la reivindicación 1, en el que, en régimen de funcionamiento permanente, la altura de la zona inundada de al menos un filtro de nitrificación-desnitrificación es superior o igual a la altura de su zona no inundada.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, que usa una instalación para su implementación que comprende:
- al menos un lecho bacteriano equipado con una alimentación de efluentes que hay que tratar y equipado con una evacuación de los lodos de depuración obtenidos a la salida del lecho bacteriano,
 - 25 - al menos un piso de nitrificación-desnitrificación que comprende un filtro plantado de carrizo con flujo vertical, cuya superficie superior está equipada con una alimentación de lodos de depuración procedentes del lecho bacteriano, y cuyo fondo está equipado con un dispositivo de drenaje para recoger los efluentes que han fluido a través del filtro plantado de carrizo,
- 30 **caracterizado por que** los efluentes recogidos por el dispositivo de drenaje se evacuan del piso de nitrificación-desnitrificación con la ayuda de un dispositivo de evacuación de efluentes que comprenden al menos una boca de evacuación dispuesta a una altura comprendida entre el fondo del filtro y la superficie superior del filtro, formando de este modo una zona inferior inundada y una zona superior no inundada en el filtro plantado de carrizo.
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el dispositivo de evacuación de efluentes comprende un tanque provisto de al menos una boca de alimentación de efluentes recogidos por el dispositivo de drenaje y provisto además de al menos una boca de evacuación de efluentes, presentándose dicha boca de evacuación en forma de rebosadero.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 3 o 4, en el que la altura de al menos una boca de evacuación es controlable.
- 45 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, que comprende al menos dos pisos de nitrificación-desnitrificación sucesivos, siendo la altura de la zona inundada del primer piso diferente de la altura de la zona inundada de al menos un piso siguiente, preferentemente superior.
- 50 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el filtro plantado de carrizo de cada piso de nitrificación-desnitrificación está dividido en una pluralidad de celdas, preferentemente al menos tres celdas, alimentándose cada celda de efluentes por permutación circular.
- 55 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, que comprende además un dispositivo de recirculación de los efluentes recogidos por un dispositivo de drenaje hacia el menos un piso de nitrificación-desnitrificación anterior y/o hacia el lecho bacteriano.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de recirculación de los efluentes está servoactuado por al menos un detector del volumen de efluentes que hay que tratar y/o un detector de la calidad de los efluentes obtenidos a la salida de la instalación.

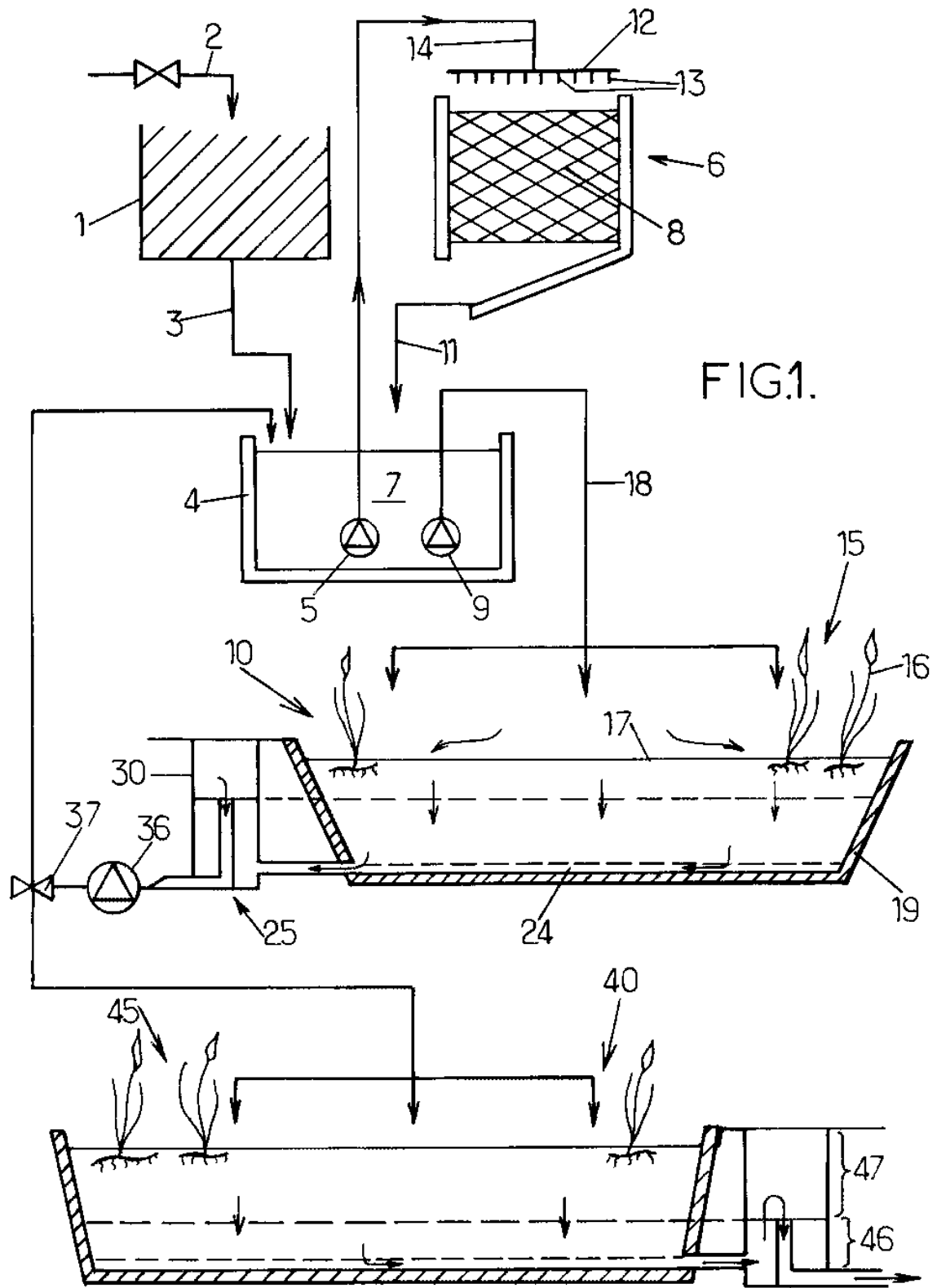


FIG.1.

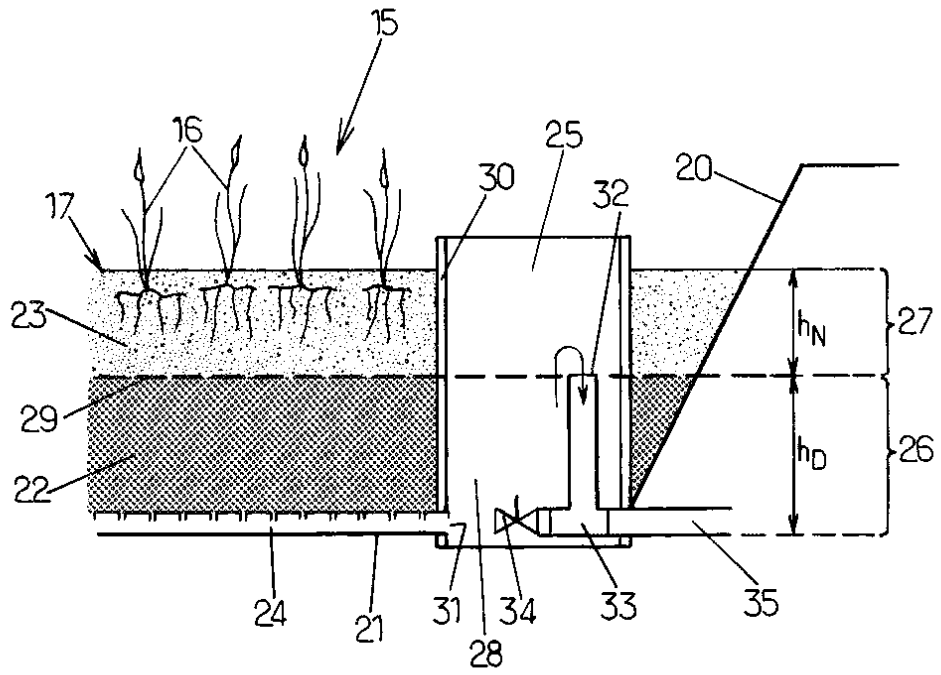


FIG.2.