



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 945**

51 Int. Cl.:
C02F 3/32 (2006.01)
B01D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09001327 .7**

96 Fecha de presentación : **30.01.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2213629**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.08.2010**

54 Título: **Instalación y procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.11.2011

73 Titular/es: **BAUER UMWELT GmbH**
In der Scherau 1
86529 Schrobenhausen, DE

72 Inventor/es: **Rausch, Wolf-Dieter y**
Breuer, Roman

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 367 945 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

Instalación y procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites

La invención se refiere a una instalación para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites según la reivindicación 1, así como a un procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites según la reivindicación 7.

Las instalaciones depuradoras por plantas causan una depuración natural biológica de las aguas residuales usando filtros de fondo en los que crecen helófitos. Especialmente por razones económicas y ecológicas resultan apropiadas para el tratamiento descentralizado de aguas residuales que se caracteriza por reducidas longitudes específicas de canales / tuberías. Además del requisito de tamaños y ubicaciones apropiados de las áreas, ofrecen la importante ventaja de su integración en el entorno respetando la naturaleza.

Estas instalaciones con base biológica actualmente aún están siendo sometidas a un intenso desarrollo de perfeccionamiento, siendo los objetivos de desarrollo más importantes, aparte de la ampliación de sus posibilidades de uso y la mejora de las propiedades funcionales, la reducción de los costes de inversión.

Para el tratamiento descentralizado de aguas residuales, recientemente se están empleando crecientemente instalaciones de depuración por plantas, en las que las aguas residuales pasan por un cuerpo de fondo en el que están plantadas plantas palustres especiales, durante lo cual se producen procesos de depuración químico-físicos y biológicos. El tratamiento de aguas residuales se produce por la acción conjunta de las capas de fondo seleccionadas especialmente, las plantas palustres, los microorganismos y el aire de poros existente en las capas de fondo. El cuerpo de fondo está estructurado con varias capas de fondo que se diferencian entre ellas en cuanto al material y la granulación.

Por el documento de modelo de utilidad alemán DE29919732U1 se conoce una instalación depuradora por plantas con una estructura modular. El módulo representado allí se caracteriza porque, dentro de un recipiente estable de forma, contiene un filtro de fondo cubierto de plantas, por el que circula la corriente. Dicho recipiente posee un sistema de acanaladuras o de drenaje integrado, listo para la conexión, en el fondo del recipiente y un sistema de distribución en la superficie del filtro de fondo. De esta forma, se pretende garantizar que se consiga una circulación uniforme por todo el filtro de fondo. Para la construcción de una instalación depuradora por plantas se interconectan varios de estos módulos. La terminación de la instalación depuradora por plantas se realiza durante el montaje en la sección de fondo correspondiente. Además, se instalan las unidades de grupo como las bombas de alimentación y las bombas de evacuación así como los elementos de control correspondientes y se conectan funcionalmente con los módulos.

El documento DE19838692A muestra una instalación depuradora por bancal de plantas para un uso estacionario. Dicha instalación depuradora por bancal de plantas posee en la sección de afluencia una fosa de múltiples cámaras que a través e un pozo de distribución introduce aguas residuales en la etapa depuradora por plantas en sí. A continuación de la etapa depuradora se encuentra, en el lado de terminación, un pozo de control separado. Esta instalación depuradora por bancal de plantas se compone, pues, de al menos cuatro cuerpos volumétricos introducidos separadamente en el suelo, que al instalarse han de conectarse correctamente entre ellos. Sin embargo, esta instalación es adecuada únicamente para el tratamiento de aguas residuales poco sucias, especialmente aguas residuales domésticas, y para volúmenes de aguas residuales relativamente pequeños. Además, aparte del tratamiento de aguas residuales no se genera ningún otro valor añadido comercial por la instalación.

Unos requisitos especiales en cuanto al tratamiento de aguas residuales se exigen en las instalaciones de extracción de petróleo que generan considerables cantidades de agua impurificada con petróleo residual y con grandes partes de sal, la llamada "produced water" que también se llama agua de extracción de petróleo. La eliminación segura y filoambiental de esta agua de extracción de petróleo es un problema esencial, especialmente en países localizados en zonas climáticas áridas, ya que allí ha de evitarse a toda costa la impurificación de los escasos recursos de agua potable.

Por ejemplo, en el Sultanato de Omán, en la actualidad se producen aprox. 600.000 m³/día de agua de extracción de petróleo con un contenido de petróleo del 6 al 8%, y se pronostica que este volumen aumentará hasta 900.000 m³/día hasta el año 2013. Esta agua está contaminada con aceites de petróleo, fenoles, agentes de emulsión y una gran variedad de iones metálicos en concentraciones variables. Además, presenta una electroconductividad relativamente alta. Los procedimientos realizados en la actualidad para la eliminación hacia capas de agua más profundas y su compactación hacia el material de fondo subyacente ya no satisface los requisitos de las normas de protección medioambiental que van en continuo aumento. Además, estas medidas requieren elevados gastos por el suministro de la energía necesaria y, por lo tanto, son muy poco rentables. Además, de esta manera se pierden enormes cantidades de agua potencialmente reutilizable que especialmente en regiones desérticas constituye un bien preciado, para el riego de tierras de uso agrícola o para el suministro de agua potable a la población.

En el documento WO2009/000845A se describe una instalación genérica y un procedimiento correspondiente para el tratamiento de agua de extracción de petróleo en una instalación de extracción de petróleo. El agua de extracción de petróleo se separa en un separador de aceite / agua dividiéndose en una fracción de crudo y una fracción de agua impurificada. A continuación, al menos una parte de la fracción de agua impurificada se suministra a un sistema de riego con unas cascadas de zonas de lecho de caña para la depuración biológica y la reducción del contenido de crudo y de metales.

La invención tiene el objetivo de proporcionar una instalación y un procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites, con la recuperación de partes de aceite, que sean económicamente eficientes y especialmente flexibles con vistas a las cantidades que se han de tratar.

La invención consigue el objetivo mediante una instalación para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites, con las características según la reivindicación 1 así como mediante un procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites con las características según la reivindicación 7. Algunas configuraciones ventajosas de la invención figuran en las reivindicaciones subordinadas.

En la instalación según la invención están previstos al menos una zona de decantación para la recepción de las aguas residuales y para la separación de partes de aceite de las aguas residuales, al menos una zona de lechos de caña siguiente en forma de un llamado "reed bed" o lecho vegetal con plantas para recibir y degradar impurezas contenidas en las aguas residuales, una zona de piletas modulares con una pluralidad de piletas útiles, pudiendo alimentarse una piletta útil, de forma controlada por dispositivos de distribución, con aguas residuales tratadas procedentes de la zona de lechos de caña y/o de al menos otra piletta útil, y al menos una zona de salinas para la recepción del agua restante procedente de la zona de piletas modulares y para la evaporación de agua y la concentración de sales.

De esta manera, en las correspondientes zonas se pueden obtener de forma definida y por separado las diferentes partes de impurezas contenidas en las aguas residuales, especialmente las partes de aceite residual y las partes de sales disueltas, y reutilizarlas de forma económica para compensar una parte considerable de los gastos necesarios por el servicio y el mantenimiento de la instalación. Además, en la zona de piletas modulares, mediante la reutilización adecuada de los nutrientes contenidos en las aguas residuales se puede generar un valor añadido adicional que incluso permite un servicio rentable y lucrativo de la instalación.

Durante el servicio de la instalación, mediante el cultivo en la zona de lechos de caña se produce una considerable cantidad de biomasa que puede servir por ejemplo para la fabricación de biocarburante o de celulosa. Además, en zonas parciales del lecho de caña también pueden cultivarse plantas ornamentales, energéticas o forrajeras que pueden recolectarse en intervalos periódicos y a continuación venderse o aprovecharse de otra manera. En regiones desérticas, unas zonas de lechos de caña de gran tamaño, cultivadas con plantas verdes también pueden contribuir en medida esencial a volver verdes las áreas correspondientes y aumentar, por tanto, el atractivo de estas áreas para la población y los turistas.

Un requisito esencial en cuanto a las especies de plantas empleadas es que presenten una alta tolerancia en lo que respecta a la parte de sal contenida en las aguas residuales. Como plantas ornamentales se ofrecen por tanto especialmente las especies de mangle como la avicennia marina, así como la higuera (ficus vasta) y el árbol ghañ (prosopis cineraria). Como plantas forrajeras resultan adecuados por ejemplo la acacia de tres espinas (ziziphus spina-christi) que proporciona frutos comestibles e ingredientes de las hojas para el uso en la cosmética, así como el agnocasto (vitex agnus-castus), cuyos ingredientes se usan para aplicaciones médicas.

En la zona de las salinas, mediante la evaporación de agua y la concentración a través de la concentración de saturación pueden precipitarse y obtenerse además valiosas sales, por ejemplo sulfatos, nitratos, halogenuros etc., que puede utilizarse, por ejemplo, para la fabricación de fertilizantes.

Con la instalación según la invención se elimina una parte esencial de las impurezas tóxicas orgánicas e inorgánicas y, paralelamente, se obtiene una serie de valiosos subproductos. En particular, la concentración de metales de aluminio, bario, cromo, cobre y zinc se reduce en hasta un 80% y la de hierro, litio, mangano, plomo, arsénico, cadmio, cobalto, molibdeno, níquel, selenio, potasio y vanadio se reduce en hasta un 40%. Para la concentración total de hidrocarburos resulta una reducción de hasta un 96%.

Los mecanismos de degradación radican en complejas interacciones entre el sustrato, los macrófitos y los microorganismos correspondientes. Los procesos aeróbicos predominan en el sistema frente a los procesos anaeróbicos durante la degradación tanto de las impurezas inorgánicas como de las impurezas orgánicas. Especialmente la interacción entre la matriz de fondo, las plantas y la población microbiana es responsable de muchos procesos de la degradación de impurezas. Incluyen especialmente la fitoextracción, la fitoestabilización, la rizofiltración y la fitovolatilización. Por el rendimiento económico de los subproductos obtenidos, en comparación con otros sistemas de instalaciones de depuración por plantas, resulta una instalación que puede explotarse con gastos extraordinariamente bajos pudiendo incluso lograrse beneficios.

Según la invención, la zona de lechos de caña puede presentar varios segmentos de lecho de caña dispuestos en paralelo, formados respectivamente por varias piletas de lecho de caña dispuestas y atravesadas en serie.

De esta manera, se puede aumentar notablemente la cantidad de aguas residuales recibida o traspasada y, por tanto, se puede incrementar notablemente el poder de depuración, así como también el rendimiento de valiosos subproductos. Además, en el caso de piletas de lecho de caña dispuestas en serie es posible prever respectivamente un cultivo de plantas especiales adaptadas óptimamente a la concentración de aceites y de sales correspondiente en las aguas residuales. El transporte de las aguas residuales entre las distintas piletas de lecho de caña puede realizarse o bien mediante simples procesos de infiltración lateral entre las distintas piletas, o bien, mediante canales de distribución y de unión dispuestos entre las piletas. Estos canales de unión, a su vez, pueden estar dotados de dispositivos de válvulas para regular el caudal de las aguas residuales.

Mediante la zona de decantación prevista delante de la zona de lechos de caña, destinada a la recepción de las aguas residuales y la separación de partes de aceite de las aguas residuales, es posible separar ya antes de la entrada en el lecho de caña partes de aceite más grande que se adsorben en la superficie del agua, evitando de esta manera una contaminación excesiva de la zona de lechos de caña. Las distintas piletas útiles de la zona de piletas modulares pueden estar diseñadas o bien a continuación de la zona de lechos de caña, o bien, paralelamente respecto a la misma. En caso de la disposición paralela de las piletas útiles, las aplicaciones de uso previstas pueden orientarse de forma definida por el correspondiente contenido de sal de las aguas residuales. De esta manera, se pueden emplear diferentes aplicaciones de uso con diferentes perfiles de requisitos respectivamente.

Además de la degradación y la absorción de las impurezas orgánicas e inorgánicas contenidas en las aguas residuales, en la zona de lechos de caña se produce también una considerable pérdida de agua por evaporación que puede ascender hasta dos terceras parte de la cantidad total de agua. La evaporación en la zona de lechos de caña se produce a través de la masa de hojas de la vegetación y a través de la superficie del agua. Paralelamente a la degradación microbiológica de las impurezas orgánicas y la absorción de los cationes de metales pesados en la tierra, además por la radiación ultravioleta del sol se produce una disociación de los hidrocarburos de elevado peso molecular adsorbidos en la superficie del agua. Por la disociación, estos hidrocarburos se convierten en compuestos de bajo peso molecular que pueden ser absorbidos más fácilmente por la matriz de fondo existente en la zona de lechos de caña y ser degradados por los microorganismos.

Dado que en invierno, generalmente, la irradiación solar es menor que en verano, durante este período pueden conectarse zonas de piletas adicionales, las llamadas "piletas invernales", para compensar la menor tasa de evaporación en esta estación del año mediante un mayor número de piletas. De esta forma, es posible depurar durante todo el año una cantidad de aguas residuales sustancialmente constante.

Las aguas residuales concentradas ya considerablemente por la evaporación en la zona de lechos de caña se espesan en la zona de salinas mediante una evaporación adicional para precipitar y obtener las sales disueltas en ellas.

Según la invención, la zona de decantación presenta varias piletas de decantación, conforme al número de segmentos de lecho de caña. Además, en la zona de decantación está previsto un canal de distribución para el suministro y el reparto de las aguas residuales a las piletas de decantación.

De esta manera, las aguas residuales se distribuyen de forma definida entre los distintos segmentos de lecho de caña dispuestos en paralelo unos respecto a otros. De este modo, en caso de producirse un fallo en un segmento, los demás segmentos dispuestos en paralelo pueden seguir funcionando sin verse afectados por ello, garantizando de esta manera el servicio duradero de la instalación.

En la zona del canal de distribución puede estar dispuesta además una criba, o un dispositivo de trituración, para evitar la entrada de componentes sólidos más grandes en la zona de decantación o triturarlos al tamaño de partículas deseado. Además, en el canal de distribución, mediante una elección correspondiente de la anchura del canal o mediante dispositivos de bombeo y de válvulas previstos adicionalmente puede ajustarse de forma definida la velocidad de circulación de las aguas residuales y, por tanto, la tasa de afluencia a la zona de decantación. En el fondo del canal de distribución puede estar previsto además un dispositivo colector que reciba el material de sedimentos hundidos.

Asimismo, resulta ventajoso que entre las distintas piletas estén previstos diques transitables por vehículos.

Sobre diques afirmados de esta forma pueden circular vehículos utilitarios que, por ejemplo, sirven para la recolecta de materiales de plantas de la zona de lechos de caña o para el suministro de nutrientes o la incorporación de material vegetal y microbiológico adicional. En particular, la superficie transitable a pie o en vehículo de los diques puede estar adaptada al tránsito de vehículos utilitarios pesados, mediante la aplicación de un material de pavimento adecuado, por ejemplo asfalto. Con la ayuda de los vehículos utilitarios y los dispositivos de aspiración correspondientes instalados en éstos también pueden aspirarse partes de aceite residual más grandes, absorbidas en la superficie del agua. Pero de esta manera también pueden eliminarse otros componentes macroscópicos

como, por ejemplo, partes de plantas, hojas, tallos etc. De este modo, se evitan posibles atascos en los sistemas de tuberías o en los dispositivos de válvulas adyacentes. Además, a través de estas vías de acceso también pueden acercarse dispositivos de medición para el control de la calidad de las aguas residuales. Preferentemente, los diques están estructurados a partir de un material de grano grueso, por ejemplo gravilla, para permitir la infiltración de las aguas residuales de una zona de piletas a la siguiente. Alternativamente o adicionalmente, para el transporte de agua a través de los diques pueden estar previstas tuberías de drenaje adicionales. Los diques pueden estar estabilizados por dispositivo de refuerzo adicionales, por ejemplo pilares, para evitar el corrimiento de material del dique a las piletas adyacentes. Según la invención, las piletas útiles de la zona de piletas modulares están configuradas para el cultivo de plantas, algas y la cría de peces, gambas y/o microorganismos.

Mediante estos cultivos biológicos o cría de animales adecuados se pueden obtener productos orgánicos de alta calidad que compensan en considerable medida o incluso pueden superar la carga de gastos por la explotación de la instalación. Las piletas útiles correspondientes también pueden alquilarse a terceros.

Las piletas útiles de la zona de piletas modulares están dispuestas convenientemente entre la zona de lechos de caña y la zona de salinas, aunque alternativamente también pueden estar previstas paralelamente a estas dos zonas. Una disposición a continuación de la zona de lechos de caña tiene la ventaja de que ya se ha eliminado una parte esencial de las impurezas orgánicas y de los cationes de metales pesados y, por tanto, se pueden criar también especies de plantas y de animales más sensibles en estas piletas útiles. Especialmente en caso de cultivos previstos para el consumo humano, de todas formas se requiere un grado de contaminación por metales pesados correspondientemente bajo.

Para el cultivo de especies de plantas y la cría de especies animales se ofrece una serie de posibilidades. Determinadas especies de algas como la *scenedesmus*, la *spirulina* y similares pueden usarse para preparar pigmentos como, por ejemplo, carotenoides o clorofila, así como vitaminas, y para generar ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácidos grasos $\omega 3$ y $\omega 6$, así como proteínas para la industria de alimentos para animales. Aparte de las especies de peces de agua salada resulta ventajoso practicar en estas piletas útiles especialmente la cría de gambas como alimento de alta calidad. En piletas útiles situadas más corriente abajo y provistas de un mayor contenido de sal, pueden cultivarse microorganismos extremadamente halófilos tales como bacterias, por ejemplo halomonas, o archibacterias como la *haloarula*. Estas bacterias o especies de archibacterias resultan adecuadas para preparar sustancias básicas y productos de química fina para materiales bioplásticos, éter-lípidos o pigmentos para la industria alimenticia y la industria cosmética.

Dado que debido a la evaporación de agua en el sentido corriente abajo va aumentando continuamente el contenido de sal, en las distintas piletas útiles pueden emplearse especies de plantas y de animales adaptadas específicamente al contenido de sal correspondiente, de modo que puede usarse un gran ancho de banda de organismos vegetales y animales.

En particular, también es posible el uso de hongos que por ejemplo pueden servir para preparar sustancias de aplicación médica como los antibióticos. Con vistas a las condiciones meteorológicas que cambian según las estaciones del año, estas piletas útiles ofrecen una alta flexibilidad de uso. Para permitir la protección de especies muy sensibles, las distintas piletas útiles pueden protegerse contra influjos externos mediante dispositivos de recubrimiento correspondientes. En caso de dispositivos de recubrimiento hechos de vidrio o de plexiglás, se puede simular un efecto invernadero que especialmente incrementa notablemente la productividad de cultivos vegetales.

Para seguir incrementando la productividad, adicionalmente se puede alimentar dióxido de carbono. Mediante la recolecta periódica de los productos originados, de este modo es posible una obtención continua de valiosos productos.

Resulta ventajoso que las piletas de la zona de decantación, de la zona de lechos de caña, de la zona de piletas modulares y de la zona de salinas estén dispuestas en forma de terrazas con un nivel de altura decreciente en el sentido de circulación de las aguas residuales.

De esta manera, se consigue una circulación fácil de las aguas residuales, sin gasto energético adicional, por lo que resulta un modo de funcionamiento de la instalación con un consumo de energía muy bajo. Por la estructura en forma de terrazas resulta una superficie muy grande de las distintas zonas, por lo que, por una parte, se consigue una alta tasa de evaporación y, por otra parte, se consigue un gran caudal incluso de niveles de aguas residuales relativamente bajos, fácilmente controlables. Una piletas individual en forma de terraza presenta convenientemente una medida lateral de varios centenares de metros, especialmente de aprox. 300 m, para garantizar una explotación fácil y fiable. Una disposición de cuatro piletas en forma de terraza de este tipo, conectadas en serie, un segmento, de una zona de lechos de caña, en su estado totalmente acabado, es capaz de tratar suficientemente un volumen de aguas residuales de 1.500 m³/día. En caso de una disposición paralela de varios segmentos de este tipo, de esta forma es posible tratar entre 3.000 y 170.00 m³ de aguas residuales por la instalación.

Para esta disposición específica de terrazas de gran superficie a niveles de altura decrecientes continuamente resultan adecuadas especialmente las regiones desérticas donde se dan frecuentemente las circunstancias geográficas correspondientes. En zonas climáticas áridas crecen especialmente bien los cultivos de plantas

empleadas, por la fuerte irradiación solar, y las temperaturas relativamente altas fomentan adicionalmente la degradación bioquímica de las impurezas orgánicas por medio de microorganismos implantados.

5 Como desnivel total ventajoso para permitir un efecto de gravitación suficiente para el transporte de las aguas residuales resulta adecuado de 1 a 3%, especialmente 1,8%. La tasa de declive no tiene que ser uniforme y constante por todo el desarrollo de circulación, sino que se puede adaptar a las circunstancias geográficas o los requisitos correspondientes en las distintas zonas. Por ejemplo, puede resultar ventajoso prever en la zona de lechos de caña una mayor tasa de declive porque aquí existen mayores resistencias de circulación que en las zonas siguientes. Por otra parte, sin embargo, no es preciso adaptarse a las circunstancias locales, sino que, dado el caso, existe la posibilidad de atenuar o reforzar declives naturales existentes mediante terraplenados o excavaciones correspondientes. De esta manera, a lo largo de toda la extensión de la instalación es posible ajustar de forma definida la tasa de declive, en función de la resistencia de circulación, la velocidad de circulación y, por tanto, el tiempo de permanencia de las aguas residuales en las diferentes zonas. Adicionalmente, para incrementar la tasa de circulación de las aguas residuales en caso de declives muy pequeños, puede estar previsto disponer entre los diques canales o tuberías adicionales.

15 Según la invención, en la zona de decantación están previstos absorbedores de aceite de superficie que permiten aspirar aceite de la superficie y conducirlo a depósitos colectores.

20 El agua de extracción de petróleo suministrado a las zonas de decantación desde el canal de distribución presenta una parte de aceite residual que varía de pocos ppm hasta el orden de por ciento. Por consiguiente, una parte considerable del aceite residual se precipitará en la superficie como película de aceite. Mediante los absorbedores de aceite de superficie, dicha película de superficie puede eliminarse de la superficie de las aguas residuales en muy poco tiempo, por lo que se evita que partes de aceite residual sustanciales entren en la zona de lechos de caña contaminándola en exceso.

25 El aceite aspirado de la superficie se conduce a depósitos colectores para acumularse en ellos, pudiendo evacuarse en intervalos de tiempo periódicos para su eliminación subsiguiente o su siguiente tratamiento. Para aumentar la diferencia de los valores de tensión superficial entre el aceite residual y el agua y aumentar de esta manera la parte del aceite adsorbido en la superficie, también es posible añadir a las aguas residuales sustancias tensioactivos que, sin embargo, a su vez deben ser fácilmente biodegradables. Además de la película de aceite, mediante los absorbedores de superficie evidentemente también pueden absorberse otras impurezas como, por ejemplo, hojas, tallos y similares que en caso contrario pueden provocar efectos de atascamiento en el sistema de tuberías siguiente. Los agentes tensioactivos que pueden añadirse eventualmente pueden aplicarse por separado o paralelamente al procedimiento de aspiración con los absorbedores de superficie. Para recuperar la máxima parte posible de aceite residual en la superficie, resulta preferible que las aguas residuales se retengan durante un período prolongado en las zonas de decantación antes de traspasarlas a la zona de lechos de caña.

35 En una forma de realización preferible de la instalación según la invención, en las distintas zonas están dispuestos sensores para la medición del nivel de las aguas residuales.

40 Particularmente en la zona de lechos de caña, para un tratamiento y mantenimiento adecuados de la vegetación es necesario mantener un nivel de agua de aprox. 0 a 20 cm. En caso de un nivel de agua demasiado alto existe el peligro de que el volumen de agua tratada sea demasiado alto como para permitir al suelo y al material vegetal una absorción o degradación suficiente de contaminantes. Además, la influencia de la parte UV de la irradiación solar que favorece la disociación de compuestos orgánicos de elevado peso molecular, es mayor en zonas próximas a la superficie. Para un funcionamiento adecuado de la instalación, además es preciso que el lecho de caña no esté seco durante un período prolongado, ya que esto pondría en peligro las plantaciones existentes. En caso de escasa humedad en la zona de lechos de caña, el sensor puede garantizar una alimentación de agua para que no se seque el lecho de caña.

45 Además de los sensores para el nivel de agua, también pueden estar previstos sensores para la concentración de contaminantes y/u para otros parámetros físicos o químicos de las aguas residuales. En particular, sensores adicionales para el contenido de oxígeno, la turbiedad del agua, el pH y la temperatura son necesarios para el control y el mantenimiento de un desarrollo adecuado de los mecanismos de depuración biológicos.

50 En otra forma de realización preferible de la instalación según la invención, el fondo de la zona de lechos de caña presenta una capa estanqueizante inferior para la estanqueización y una capa de sustrato superior para el cultivo de plantas, estando plantada caña en la zona de lechos de caña, especialmente phragmites australes.

55 El espesor de la capa estanqueizante o de la capa de sustrato mide preferentemente entre 10 y 30 cm, especialmente 20 cm. Como material de capa estanqueizante resultan adecuados preferentemente materiales minerales como, por ejemplo, arena fina compactada o materiales de barro y de arcilla. También pueden emplearse adecuadamente revestimientos de bentonita o HDPE. La capa estanqueizante evita una infiltración demasiado rápida de las aguas residuales al agua subterránea subyacente y, por consiguiente, la contaminación de la misma, y prolonga el tiempo de permanencia en la zona de lechos de caña. Además, los materiales minerales como la

bentonita o la arena que están ricas en diversos óxidos y carbonatos, así como minerales de tierra de silicato como la paligorskita y la illita. contribuyen considerablemente a la absorción de los cationes metálicos disueltos en las aguas residuales.

5 Preferentemente, la capa de sustrato está formada por el material de tierra excavada y procesada con adiciones de un material biológico rico en nutrientes, como heno, humus, turba o fango. Estos materiales biológicos sirven para reforzar la actividad microbiana fomentando de esta forma la degradación microbiana de las impurezas orgánicas. Además, la capa de sustrato presenta un alto contenido en nutrientes que garantiza un adecuado crecimiento de las plantaciones previstas.

10 En dicha matriz también puede formarse una pronunciada rizoosfera. La rizoosfera es de importancia especial para la ecología de la tierra, ya que en ella interaccionan la tierra y las plantas. La rizoosfera está marcada fuertemente por sustancias emitidas por la planta, los llamados exudados. Se diferencia de la tierra circundante por una menor concentración en nutrientes y oxígeno, ya que ambos agentes son consumidos por la planta. También el pH puede diferir varias unidades de la tierra circundante. Especialmente por los exudados emitidos y las mejores condiciones de pH, la rizoosfera se caracteriza generalmente por una densidad de organismos sensiblemente mayor, entre 5 y 15 50 veces más alta. La rizoosfera es un hábitat importante para las biocenosis más diversas, que están formadas sobre todo por nemátodos, hongos, entre otros la micorriza, y otros microorganismos. La mayor presencia de organismos hace que la planta disponga de nutrientes adicionales, por ejemplo por rizobias u otras bacterias que fomentan el crecimiento de las plantas.

20 La plantación de caña, especialmente *phragmites australis*, prevista sobre la capa de sustrato, resulta muy efectiva en cuanto a la transferencia de oxígeno hasta profundidades significativas del suelo. Además, presenta una alta productividad en la generación de biomasa, de hasta 100 t/ha/año. La especie de *phragmites australis* crece muy deprisa y es capaz de absorber tanto impurezas inorgánicas como orgánicas, tolerando además tanto un alto contenido en sales de las aguas residuales como condiciones ambientales extremas. Además, forma una vegetación muy densa que fomenta sustancialmente la estabilidad de la capa de sustrato subyacente y contribuye a 25 la formación y el desarrollo de una capa de sedimentación. Esta caña desempeña también un papel esencial en la alimentación de oxígeno a la rizoosfera, un proceso que fomenta la precipitación de iones metálicos y refuerza el proceso de degradación biológica aeróbica. Incluso después de una existencia de pocos meses, la plantación de caña se ha desarrollado en medida suficiente para causar la depuración de las aguas residuales.

30 La caña es generalmente muy apropiada para la plantación en la instalación según la invención. Además, por su gran superficie de hojas y por la emisión de oxígeno de las partes huecas del tallo que llevan aire, las llamados aerénquimas, tiene un efecto de depuración acuática bajo el agua, con un aporte de oxígeno de 5 a 12 gramos de oxígeno/m² por día. El aporte de oxígeno fomenta la degradación microbiana de sustancias orgánicas por bacterias aerófilas que se encuentran en gran cantidad en la cabellera de la caña. La plantación de caña resulta ventajosa también para el efecto filtrante de la capa de sustrato. Por su permanente crecimiento de rizoma, la plantación de 35 caña puede aflojar el sustrato y reducir de esta manera el riesgo de colmataje. Un enraizamiento intenso aumenta el poder depurativo del filtro de fondo, ya que el aporte de oxígeno y los exudados de raíces provocan una estimulación de la degradación microbiana de contaminantes en la rizoosfera, y al mismo tiempo se extraen nutrientes y contaminantes a la solución de fondo.

40 Una superficie establecida de caña transpira entre 800 y 1.000 litros de agua/m² por período de vegetación, por lo que se reduce correspondientemente la formación de lixiviados en el filtro de fondo. Esto favorece la sorción y, por el tiempo de contacto más largo, también la absorción por las raíces y la degradación biológica. El manto de vegetación cerrado mejora además el microclima cercano al suelo al proporcionar sombra y aislamiento. Bajo la caña muerta, las bacterias encuentran incluso en invierno unas temperaturas alrededor de + 5 °C. Los tallos de la caña y la distribución continua de restos de vegetación de malla ancha forman sobre el suelo un acondicionador del 45 espacio sobre el suelo, cuyas superficies de sedimentación complementan la filtración en sí del sustrato y adicionalmente protegen el filtro de fondo contra el colmataje exterior.

La mayor parte de la degradación de los componentes inorgánicos se debe al material del suelo y los macrófitos que absorben sustancialmente los metales aluminio, bario, cromo, cobre, zinc, hierro, litio, mangano, plomo, arsénico, cadmio, cobalto, molibdeno, níquel, selenio, talio y vanadio. El sustrato del suelo puede absorber en el 50 primer año de la explotación una concentración del orden de 1 a 1.000 mg de metal por kg de material de suelo, en función del metal. Esta reducción de la concentración de iones metálicos se puede comprobar mediante la medición de la conductividad de las aguas residuales. Los metales se inmovilizan tanto por procesos aeróbicos como anaeróbicos. Especialmente si se usan materiales calcáreos, los minerales de carbonato como la calcita los constituyen los componentes dominantes del material del suelo e influyen en gran medida en la movilidad de 55 metales. Esto se consigue mediante una disolución continua de los carbonatos de calcio que incrementan el grado alcalino de las aguas residuales y generan las condiciones adecuadas para la eliminación de metales o su precipitación. Una absorción de metales significativa por los macrófitos se produce de forma no selectiva especialmente con bajas concentraciones y altos valores pH. De esta forma, un kilogramo de macrófitos puede absorber hasta 4 g de metales. También la especie de caña *phragmites australis* tiene la capacidad de absorber y

concentrar diferentes sales metálicas, especialmente las sales de los metales sodio, boro y estroncio. Estos elementos al mismo tiempo forman parte de aquellos que menos son absorbidos por la matriz del suelo y, por tanto, tienden a ser concentrados en las aguas residuales por la evaporación del agua, excediendo rápidamente los valores límite admisibles. Por lo tanto, su absorción resulta tanto más ventajosa, porque en caso contrario ejercerían una influencia perjudicial sobre las plantas útiles cultivadas en la zona de piletas modulares siguiente, que no tienen una tolerancia tan grande frente a las altas concentraciones de metales y las sales.

También las impurezas orgánicas son absorbidas y degradadas principalmente en la zona de lechos de caña. El aceite residual aún presente en el agua se elimina mediante tres mecanismos de absorción. La matriz del suelo misma retiene aprox. 15 mg/kg de material de suelo. La capa de sedimentación y las partes de la vegetación situadas por encima absorben el aceite en un orden del 40%, aproximadamente, con respecto al peso de las plantas. Además, también los macrófitos absorben hidrocarburos en una cantidad de aprox. 10 mg/kg. Por lo tanto, el material de caña en crecimiento y una capa de sedimentación bien desarrollada actúan como filtros eficientes que ligan una gran parte de los hidrocarburos. Por lo tanto, se impide que los hidrocarburos entren en la matriz de fondo mineral, por lo que se consigue su rápida distribución y transformación por diversos procesos bióticos y abióticos. Esto significa que los hidrocarburos retenidos por la capa de sedimentación y por el material de caña pueden someterse a una degradación biológica, aeróbica, activa y a procesos de descomposición adicionales como la fotooxidación.

El material de caña absorbe los compuestos de hidrocarburos mediante diferentes vías metabólicas dentro de las plantas, los transforma y los convierte en sustancias menos tóxicas por mineralización mediante una fotodegradación, similar a la de otras plantas fitoremediativas. Las plantas de caña contribuyen también en medida significativa a la evaporación de los hidrocarburos, especialmente de los compuestos de bajo peso molecular por sus elevadas tasas de evaporación, la llamada "fitovolatilización". Este proceso está muy pronunciado especialmente bajo condiciones climáticas calurosas, especialmente en regiones desérticas. Además, también las bacterias concentradas en las zonas de raíz contribuyen en medida esencial a la metabolización de impurezas orgánicas, ya que las raíces constituyen un entorno ideal para las bacterias pertenecientes a las que alimentan de diversos sustratos, agua, oxígeno y otros nutrientes. La elevada afluencia de material orgánico y de sustratos simples, la presencia de sales de nitrógeno, de fósforo y de potasio, así como de hidrocarburos simples a temperaturas calurosas, constituyen unas condiciones ideales para las poblaciones bacterianas.

También es objeto de la invención un procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites, especialmente con la instalación según la invención, en el que las aguas residuales circulan a continuación por una zona de decantación para la recepción de las aguas residuales y la separación de partes de aceite de las aguas residuales, por al menos una zona de lechos de caña dispuesta a continuación con plantas para la absorción y la degradación de impurezas contenidas en las aguas residuales, por al menos una zona de piletas modulares con una pluralidad de piletas útiles, pudiendo alimentarse una piletta útil, de forma controlada a través de dispositivos de distribución, con aguas residuales tratadas procedentes de la zona de lechos de caña y/o de al menos otra piletta útil, y por al menos una zona de salinas para la recepción del agua restante procedente de la zona de piletas modulares y para la evaporación de agua y la concentración de sales.

Con el procedimiento según la invención es posible depurar de manera ecológica una gran cantidad de aguas residuales y reconducirlas al circuito de agua para su reutilización, y al mismo tiempo, obtener productos vegetales, animales y minerales de alta calidad. Aprovechando un declive y el efecto de gravitación para el transporte por circulación de las aguas residuales, el procedimiento puede realizarse con un bajo consumo de energía. En caso de la explotación en regiones desérticas se suprime además el consumo de energía por la evaporación de agua. En combinación con los productos obtenidos en las piletas útiles y su beneficio resulta en definitiva un balance general energético y económico extraordinariamente positivo.

Una alta flexibilidad en cuanto al aprovechamiento económico la ofrecen especialmente las distintas piletas útiles de la zona de piletas modulares que son alimentadas de partes de la corriente de aguas residuales, pudiendo utilizarse de distintas maneras y de forma variable. Por lo tanto, en función de las condiciones de mercado pueden proporcionarse gamas de productos adaptadas específicamente.

Por la combinación de mecanismos de degradación biológicos con capacidades de acumulación en el suelo y en la zona cubierta de vegetación, situada encima de éste, que presenta poblaciones de microorganismos, bacterias y algas cultivados en ella, el procedimiento según la invención ofrece una posibilidad eficiente de eliminar en gran medida metales pesados e impurezas orgánicas de las aguas residuales y evitar de esta forma que estos contaminantes lleguen al ambiente o al ciclo alimenticio. Así, la concentración de aceite en agua puede reducirse partiendo de 200 a 300 ppm hasta una concentración final del aceite de 0 a 3 ppm. El contenido de sal al mismo tiempo se incrementa de entre 6.000 y 8.000 ppm a entre aprox. 20.000 y 25.000 ppm. La concentración de metales pesados se reduce al menos de tal forma que sea suficiente para los estándares de riego. Especialmente el elemento muy perjudicial que es el boro se reduce de un contenido inicial de 4 a 7 ppm hasta un valor final inferior a 3 ppm.

También la plantación prevista en la zona de lechos de caña puede usarse para fines económicos. Por lo tanto, se pueden emplear, por ejemplo, plantas forrajeras como la *chloris gayana* y la *cenchrus ciliaris* o plantas ornamentales como la *prosopis cineraria*, la *salvadora persica* o la *ipomoea pes-caprae*. Estas especies de plantas presentan cierta tolerancia frente al contenido de sal del agua del suelo. Además, es posible emplear plantas con sustancias naturales valiosas como, por ejemplo, el eucalipto o el yoyoba, que se usan en la industria cosmética. La cosecha de las plantas útiles correspondientes puede realizarse mediante los vehículos o aparatos utilitarios que pueden circular sobre los diques transitables. La obtención de las sales minerales contenidas en las aguas residuales tiene lugar en la zona de salinas situada a continuación, mediante la evaporación del agua restante que puede acelerarse aún más mediante dispositivos de pulverización tales como aspersores. Este procedimiento está especialmente indicado para regiones con un clima muy seco.

Asimismo, resulta preferible que se controle el suministro de aguas residuales a la zona de lechos de caña, de forma que dentro de una capa de sustrato con las raíces de la plantación se produzca una corriente definida que especialmente cubra de forma laminar la superficie del suelo.

Además de este recubrimiento laminar de la superficie por la corriente existe otro régimen de circulación de agua por debajo de la superficie donde el suelo del lecho de caña está saturado con las aguas residuales, en tanto que el nivel de agua se encuentra justo por encima de la superficie del suelo. El nivel de agua mide convenientemente entre 0 y 20 cm. Una breve elevación temporal del nivel de agua conviene para eliminar posibles incrustaciones de sal que se hayan formado en las plantas. Para garantizar un riego óptimo y la degradación simultánea de los contaminantes, típicamente resulta adecuada un suministro de aguas residuales de aprox. 0,05 m³/m² de superficie de suelo por día, que en caso de la plantación completa en la superficie de lechos de caña puede incrementarse a entre cuatro y cinco veces este valor.

Dentro de cada lecho de caña individual, las aguas residuales se suministran encima de las fosas previstas entre las distintas piletas de lecho de caña y que preferentemente contienen material de gravilla, y después se infiltran al fondo de la zona de pileta. En cuanto las fosas de gravilla se han saturado de agua, el agua comienza a infiltrarse lateralmente para alcanzar la zona de pileta situada por debajo.

Mediante sensores de nivel de agua dispuestos en las distintas zonas, se vigila el cumplimiento del nivel de agua necesario. Con la ayuda de un dispositivo de control se controla el suministro de aguas residuales al canal de distribución o un suministro externo adicional de aguas residuales a distintas piletas de lecho de caña, para que exista un nivel de agua suficiente a la vez de un recubrimiento laminar con un régimen de circulación adicional por debajo de la superficie del suelo. Además, puede realizarse el control de la tasa de circulación de las aguas residuales por unidades de control y dispositivos de válvula adicionales, previstos en los conductos que conectan las distintas piletas. Además del nivel de agua, otros parámetros esenciales necesarios para el control del suministro de aguas residuales son la concentración de contaminantes, a sí como la turbiedad y el contenido de sal de las aguas residuales. Para detectar estos parámetros físico-químicos resulta ventajoso el uso de sensores. Así, en caso de una concentración de contaminantes aún demasiado alta, mediante la reducción del suministro de aguas residuales se puede incrementar el tiempo de permanencia de los elementos fluidos de aguas residuales para darle al ecosistema más tiempo para seguir degradando las impurezas.

Asimismo, resulta ventajoso que las aguas residuales se ventilen y/o se calienten en las distintas zonas, especialmente en la zona de lechos de caña.

Una gran aportación a la degradación de impurezas la facilitan los procesos aeróbicos que necesitan oxígeno. Para incrementar la velocidad de estos procesos adicionalmente puede introducirse oxígeno o aire en el sistema de aguas residuales. El oxígeno adicional hace que los procesos de oxidación responsables de la degradación especialmente de las moléculas orgánicas se desarrollen más deprisa. Además, fomenta duraderamente el crecimiento de las bacterias aeróbicas. La ventilación se realiza de manera ventajosa en varios puntos a la vez y se puede fomentar mediante dispositivos mezcladores que provocan la mezcla del agua enriquecida con oxígeno. Preferentemente, el aire se alimenta por la zona del suelo o por otro punto de gran profundidad del agua, ya que allí el contenido de oxígeno es el menor en comparación con el agua próxima a la superficie. En caso de usar el procedimiento según la invención en regiones más frías o durante períodos meteorológicos más fríos con menor irradiación solar y bajas temperaturas del aire, resulta ventajoso calentar las aguas residuales adicionalmente. De esta forma, se pueden acelerar las metabolizaciones bioquímicas de las impurezas. Además, de esta forma se incrementa la tasa de evaporación de las aguas residuales.

De forma adecuada, la energía térmica se suministra mediante medios con una elevada capacidad térmica específica. También resulta adecuada una combinación del suministro de oxígeno o aire junto a energía térmica. Además del suministro externo de la energía térmica por fluidos también pueden estar previstos dispositivos calentadores específicos que calienten localmente las aguas residuales en las distintas piletas. La distribución del agua calentada puede fomentarse mediante dispositivos mezcladores adicionales.

Además, resulta adecuado suministrar a las aguas residuales nutrientes y/o cultivos biológicos, especialmente microorganismos, bacterias, algas u hongos.

Mediante el suministro de nutrientes adicionales se fomenta el crecimiento de las plantas, especialmente en la zona de lechos de caña, pero también el desarrollo de los microorganismos. Si existe material vegetal y animal sano tanto encima como debajo de la superficie del suelo de las piletas, resultan una mayor absorción y tasa de degradación de las impurezas. El suministro adicional de bacterias, algas u hongos fomenta tanto la degradación de impurezas en la zona de lechos de caña como la generación de sustancias naturales de mayor calidad en la zona de piletas modulares. Para evitar una alimentación excesiva de nutrientes y/o cultivos biológicos resulta ventajoso prever en las distintas zonas sensores correspondientes que determinen el contenido en nutrientes mediante procedimientos químicos analíticos y las existencias de organismos mediante la medición de la turbiedad. Dado que las distintas zonas cumplen respectivamente diferentes requisitos y funciones, el suministro de nutrientes o de microorganismos se realiza de forma definida localmente en las zonas de piletas previstas para ello. El suministro puede realizarse a través de sistemas de conducción especiales dispuestos de forma estacionaria, o bien, a través de los vehículos utilitarios que circulan sobre los diques. Como nutrientes se ofrecen especialmente sales minerales para las plantas existentes y proteínas para las poblaciones de animales.

Según la invención, en la zona de piletas modulares se cultivan animales, plantas y/o microorganismos.

En función del contenido de sal de las aguas residuales se pueden criar diferentes especies de peces y gambas. Especies de algas específicas son adecuadas para preparar pigmentos, vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados, así como proteínas. En zonas de aguas residuales extremadamente salinas es posible el cultivo de bacterias y archibacterias. Éstas pueden servir para la preparación de polihidroxicanoatos, lípidos de éter, pigmentos o hidrogeles. Estos productos de química fina se usan en las industrias cosmética y alimenticia. Con estos productos de alta calidad, mediante el procedimiento según la invención puede amortizarse una parte considerable de los gastos necesarios por la explotación de la instalación.

A continuación, la invención se describe en detalle con la ayuda de ejemplos de realización esquemáticos haciendo referencia a los dibujos. Signos de referencia idénticos designan a elementos idénticos.

Muestran:

La figura 1, una vista en planta desde arriba de la instalación según la invención;

la figura 2, una sección transversal en el sentido longitudinal de la instalación según la invención; y

la figura 3, una representación esquemática del sistema de control y de regulación de la instalación según la invención.

Son posibles diferentes formas de realización de la instalación según la invención. A continuación se describe una forma de realización preferible.

En la forma de realización representada en la figura 1, las aguas residuales se introducen en el canal de distribución 5 a través de un conducto de suministro de aguas residuales 3. El canal de distribución 5 tiene un ancho de varios metros y una longitud de aprox. 2 km. Antes de la introducción en el canal de distribución 5, las aguas residuales pasan por un dispositivo de control 15 que controla la tasa de afluencia de las aguas residuales al canal de distribución 5 y, por tanto, a la instalación 1 en su conjunto. El dispositivo de control 15 está unido con sensores 70 para la medición del nivel de agua, del contenido de aceite en agua y de la velocidad de circulación de las aguas residuales en las distintas zonas 10, 20, 30 y 40. El canal de distribución 5 distribuye las aguas residuales uniformemente entre seis piletas de decantación 12 dispuestas unas al lado de otras, con un ancho de aprox. 100 m y una longitud de aprox. 300 m. Estas piletas de decantación 12 forman en su conjunto la zona de decantación 10. En la zona de decantación 10 se reduce la velocidad de circulación de las aguas residuales permitiendo que el aceite residual existente en el agua sea absorbido en la superficie de las aguas residuales. La parte de aceite residual absorbida se aspira de la superficie mediante una unidad absorbidora de aceite 92. El aceite residual se colecciona en un contenedor colector de aceite 93 que se vacía en intervalos de tiempo periódicos. Este aceite residual puede evacuarse para su depuración o tratamiento. Las seis piletas de decantación 12 dispuestas paralelamente constituyen el punto de partida para seis segmentos de lecho de caña 25 dispuestos a continuación que constituyen la zona de lechos de caña 20 y que, a su vez, están divididos en cuatro piletas de lecho de caña 27 en forma de terrazas del mismo tamaño. Una pileta de lecho de caña 27 individual tiene unas medidas de aprox. 300 m de largo y de ancho. Para subdividir los distintos segmentos 25 y piletas 12, 27, 35, 45, 50 están previstos diques 60 que están afirmados de tal forma que es posible transitar sobre ellos a pie o en vehículos utilitarios. Después de un tiempo de permanencia suficiente de las aguas residuales en la zona de decantación 10, las aguas residuales se conducen y se reparten uniformemente entre los segmentos de lecho de caña 25 dispuestos en paralelo, a través de dispositivos de distribución configurados como canales de unión 17. Los canales de unión 17 están provistos de dispositivos de válvulas 83 para controlar la tasa de alimentación de las aguas residuales a la zona de lechos de caña 20. Los dispositivos de válvulas 83 de los canales de unión 17 están conectados con el dispositivo de control 15, de modo que la tasa de circulación puede controlarse especialmente en función de los respectivos niveles de agua.

En las piletas de lecho de caña 27 está plantada caña de la especie *phragmites australis* enraizada sobre una capa

de sustrato de aprox. 20 cm. Por debajo de dicha capa de sustrato está prevista una capa estanqueizante con un espesor de aprox. 20 cm que se compone de arena fina compactada o de laborita. A través de estas capas de suelo se produce una absorción y un ligado de los iones metálicos, mientras que la caña plantada y los cultivos de bacterias metabolizan las impurezas orgánicas de las aguas residuales. Sobre los diques 60 dispuestos entre las piletas de lecho de caña 27 circulan vehículos industriales que se ponen a disposición para el cuidado de la caña plantada y el mantenimiento de los dispositivos técnicos dispuestos en la zona de lechos de caña, especialmente los sensores 70 y los canales de unión 17. Las distintas piletas de lecho de caña 27 de un segmento de lecho de caña 25 presentan en el sentido de circulación un nivel de altura decreciente, de modo que, por el efecto de gravitación, las aguas residuales circulan de una pileta de lecho de caña 27 a la siguiente, situada más abajo. Además de la degradación y la absorción de las impurezas, en la zona de lechos de caña 20 se produce también una evaporación esencial de agua y un espesamiento de las aguas residuales. Esta evaporación se produce tanto a través de la gran superficie de agua libre como a través de la masa de hojas del material de caña.

Después de pasar por la zona de lechos de caña 20, las aguas residuales depuradas se reúnen en un canal colector 28. En dicho canal colector 28 están previstos sensores 70 adicionales que comprueban especialmente el grado de depuración de las aguas residuales. Si la carga de contaminantes aún es demasiado grande, está prevista la precondición de estas aguas residuales a la zona inicial de la zona de lechos de caña 20 para seguir depurándolas. Si las aguas residuales se consideran suficientemente descontaminadas, a continuación se conducen a la zona de piletas modulares 30 que, a su vez, está dividida en piletas útiles 35 individuales. Estas piletas útiles 35 también están separadas entre ellas por diques 60. En las piletas útiles 35 se realiza el cultivo de diferentes plantas útiles y la cría de animales útiles. Dado que en el sentido de circulación se produce una evaporación adicional y, por tanto, un incremento del contenido de sal de las aguas residuales, las piletas útiles 35 con un contenido de sal relativamente más bajo están previstas especialmente para especies de animales como peces y gambas, mientras que las piletas útiles 35 que tienen un mayor contenido de sal están reservadas para formas de vida más resistentes a las sales y menos complejas como las algas, los hongos o las bacterias y otros microorganismos.

A través de los diques 60 transitables, en la zona de piletas modulares 30 es posible suministrar nutrientes a los cultivos útiles presentes o eliminar impurezas que se hayan formado. Entre las distintas piletas útiles 35 también están previstos canales de unión 17 con dispositivos de válvulas 83 que funcionan como dispositivos de distribución para controlar la velocidad de circulación de las aguas residuales por las distintas piletas útiles 35 y, por consiguiente, el tiempo de permanencia. De esta manera, en cada pileta útil 35 individual puede ajustarse un contenido de sal óptimo para las plantas cultivadas o las especies de animales criadas. Las distintas piletas útiles 35 presentan además diferentes dimensiones para poder producir, según el mercado, cantidades adecuadas de productos animales o vegetales. Después de la zona de piletas modulares 30, las aguas residuales entran en la zona de salinas 40 compuesta por dos piletas de salinas 45 dispuestas en paralelo. En la zona de salinas 40, el agua se evapora por la irradiación solar y, dado el caso, por dispositivos calentadores adicionales, de forma que las sales disueltas en ellas se precipitan paulatinamente pudiendo obtenerse finalmente en la pileta de decantación 50 dispuesta a continuación de la zona de salinas 40.

La sección transversal representada en la figura 2 en el sentido de circulación de la instalación según la invención muestra claramente la disposición escalonada de las distintas zonas 10, 20, 30, 40 y de las distintas piletas 12, 27, 35, 45, 50. Las aguas residuales se suministran a la instalación 1 por el punto más alto de la instalación 1, en el canal de distribución 5, pasando desde allí sucesivamente por la zona de decantación 10, a continuación por la zona de lechos de caña 20 con cuatro piletas de lecho de caña 27 dispuestas en serie. Después su paso por la zona de lechos de caña 20, las aguas residuales se acumulan en un canal colector 28 y, a continuación, se conducen a la zona de piletas modulares 30 con cuatro piletas útiles 35 dispuestas en serie, destinadas a la cría de animales o el cultivo de plantas, y finalmente, para la evaporación definitiva del agua restante y para la obtención de las sales minerales contenidas en ellas, se traspasa a la zona de salinas 40. Las distintas zonas 10, 20, 30, 40 y piletas 12, 27, 35, 45, 50 están separadas entre ellas por diques 60 sobre los que está prevista una carretera 65 afirmada.

En la figura 3 está representada una vista general del sistema de control y de regulación de la instalación según la invención. Las aguas residuales se conducen a través de un conducto de suministro de aguas residuales 3, en primer lugar, a un dispositivo de control 15. El dispositivo de control 15 presenta tanto un medidor de corriente para medir la velocidad de circulación de las aguas residuales, como un aparato de medición 82 para medir la parte de aceite residual en las aguas residuales. Después de su paso por el dispositivo de control 15, las aguas residuales circulan al canal de distribución 5 desde donde se reparten, a través de canales de unión / de distribución 17, entre seis ramales de corriente 75. Al principio de cada ramal de corriente 75 están dispuestos una válvula 83 y un regulador de corriente 84 con alimentación eléctrica 85 propia. Mediante la válvula 83 y el regulador de corriente 84, la tasa de circulación de las aguas residuales puede adaptarse adecuadamente a los requisitos correspondientes. Después del ajuste de la tasa de circulación, las aguas residuales entran en una unidad de separación de aceite / agua que presenta una unidad absorbidora 92 que absorbe las partes de aceite residual adsorbidas en la superficie del agua y las traspasa a una unidad colectora de aceite 93. Después de la separación de las partes de

aceite residual adsorbidas, las aguas residuales entran en una unidad de distribución 95. La unidad de distribución 95 está unida con canales de unión / de distribución 17 que permiten la distribución de las aguas residuales entre los ramales de corriente 75 dispuestos en paralelo y el suministro externa de aguas residuales, nutrientes adicionales etc. Después de pasar por la unidad de distribución 95, la tasa de circulación de las aguas residuales vuelve a ajustarse a través de otra válvula 83 y un regulador de corriente 84, para entrar después en el segmento de lecho de caña 25. El segmento de lecho de caña 25 se compone de cuatro piletas de lecho de caña 27 dispuestas en serie en las que hay plantaciones de caña de la especie *phragmites australis*. Las distintas piletas de lecho de caña 27 están separadas entre ellas por diques 60, presentando los distintos diques 60 además un conducto de rebose (no representado) para dejar salir excesos de aguas residuales. Los conductos de rebose están unidos con una unidad de ajuste de nivel de agua 97 dispuesta al principio del segmento de lecho de caña, que ajusta un nivel adecuado de las aguas residuales. Después del segmento de lecho de caña 25, las aguas residuales entran en una piletta útil 35 situada al principio de la zona de piletas modulares 30.

REIVINDICACIONES

1.- Instalación para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites, especialmente agua de extracción de petróleo, con

- un conducto de suministro (3) para suministrar las aguas residuales,

5 - al menos una zona de lechos de caña (20) con plantas para la absorción y la degradación de impurezas contenidas en las aguas residuales,

- al menos una zona de piletas modulares (30) con una pluralidad de piletas útiles (35) configuradas para el cultivo o la cría de plantas, algas, animales, peces, gamas y/o microorganismos, pudiendo alimentarse una piletas útil (35), de forma controlada a través de dispositivos de distribución (17), con aguas residuales tratadas procedentes de la zona de lechos de caña (20) y/o de al menos otra piletas útil (35), y

10 - al menos una zona de salinas (40) para la recepción del agua restante de la zona de piletas modulares (30) para la evaporación de agua y la concentración de sales,

caracterizada porque

15 - la zona de lechos de caña (20) presenta varios segmentos de lecho de caña (25) dispuestos en paralelo, formados respectivamente por varias piletas de lecho de caña (27) dispuestas y atravesadas en serie,

- **porque** entre el conducto de suministro (3) y la zona de lechos de caña (20) está prevista una zona de decantación (10) para la recepción de las aguas residuales, en la que para la separación de partes de aceite se reduce la velocidad de circulación de las aguas residuales,

20 - **porque** la zona de decantación (10) presenta varias piletas de decantación (12), conforme al número de los segmentos de lecho de caña (25), y

- **porque** en la zona de decantación (10) está previsto un canal de distribución (5) para el suministro y el reparto de las aguas residuales a las piletas de decantación (12),

25 - **porque** en la zona de decantación (10) con las diversas piletas de decantación (12) están previstos absorbedores de aceite de superficie para la recuperación de aceite residual, con los que el aceite puede aspirarse de la superficie y conducirse a depósitos colectores.

2.- Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada porque** entre las distintas zonas (10, 20, 30, 40) están previstos diques (60) transitables por vehículos.

3.- Instalación según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** la zona de decantación (10), la zona de lechos de caña (20), la zona de piletas modulares (30) y la zona de salinas (40) con sus piletas (12, 27, 35, 45) están dispuestas en forma de terrazas a niveles de altura decrecientes en el sentido de circulación de las aguas residuales.

4.- Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la circulación de las aguas residuales es provocada por la instalación (1) mediante gravitación.

35 5.- Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** está previsto un dispositivo de control (15) con sensores (70) para la medición y el ajuste de parámetros químico-físicos de las aguas residuales.

6.- Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** el fondo de la zona de lechos de caña (20) presenta una capa estanqueizante para la estanqueización y una capa de sustrato superior para el cultivo de plantas, y porque en la zona de lechos de caña (20) está plantada caña, especialmente phragmites australis.

40 7.- Procedimiento para el tratamiento y la eliminación de aguas residuales que contienen sales y aceites, especialmente con una instalación según una de las reivindicaciones 1 a 6, según el cual, a continuación, las aguas residuales circulan

- por al menos una zona de lechos de caña (20) con plantas para la recepción y la degradación de impurezas contenidas en las aguas residuales,

45 - por al menos una zona de piletas modulares (30) con una pluralidad de piletas útiles (35), siendo alimentada una piletas útil (35) en la que se cultivan o se crían animales, plantas y/o microorganismos útiles, de forma controlada a través de dispositivos de distribución (17), con aguas residuales tratadas procedentes de la zona de lechos de caña (20) y/o de al menos otra piletas útil (35), y

- por al menos una zona de salinas (40) para la recepción de las aguas residuales procedentes de la zona de piletas modulares (30) y para la evaporación de agua y la concentración de sales,

50 **caracterizada porque**

- son atravesados varios segmentos de lecho de caña (25) de la zona de lechos de caña (20) que están dispuestos en paralelo y que están formados respectivamente por varias piletas de lecho de caña (27) dispuestas en serie, y
 - 5 - **porque** las aguas residuales se reciben en al menos una zona de decantación (10), a continuación de la cual está dispuesta la zona de lechos de caña (20) en la que, para la separación de partes de aceite, se reduce la velocidad de circulación de las aguas residuales,
 - en la zona de decantación (10) está previsto un canal de distribución (5) para el suministro y el reparto de las aguas residuales a las piletas de decantación (12),
- y
- 10 - **porque** en la zona de decantación (10), conforme al número de segmentos de lecho de caña (25), se prevén varias piletas de decantación (12) con absorbedores de aceite de superficie con los que, para la recuperación de aceite residual, se aspira aceite de la superficie y se conduce a depósitos colectores.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el suministro de aguas residuales a la zona de lechos de caña (20) se controla, de tal forma que dentro de una capa de sustrato con las raíces de las
- 15 plantas existe una corriente definida, especialmente un recubrimiento laminar por la corriente con un régimen de circulación subterránea adicional.
- 9.- Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** las aguas residuales se ventilan y/o se calientan en las distintas zonas (10, 20, 30, 40), especialmente en la zona de lechos de caña (20).
- 20 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** a las aguas residuales se suministran nutrientes y/o cultivos biológicos, especialmente microorganismos, bacterias, algas u hongos.

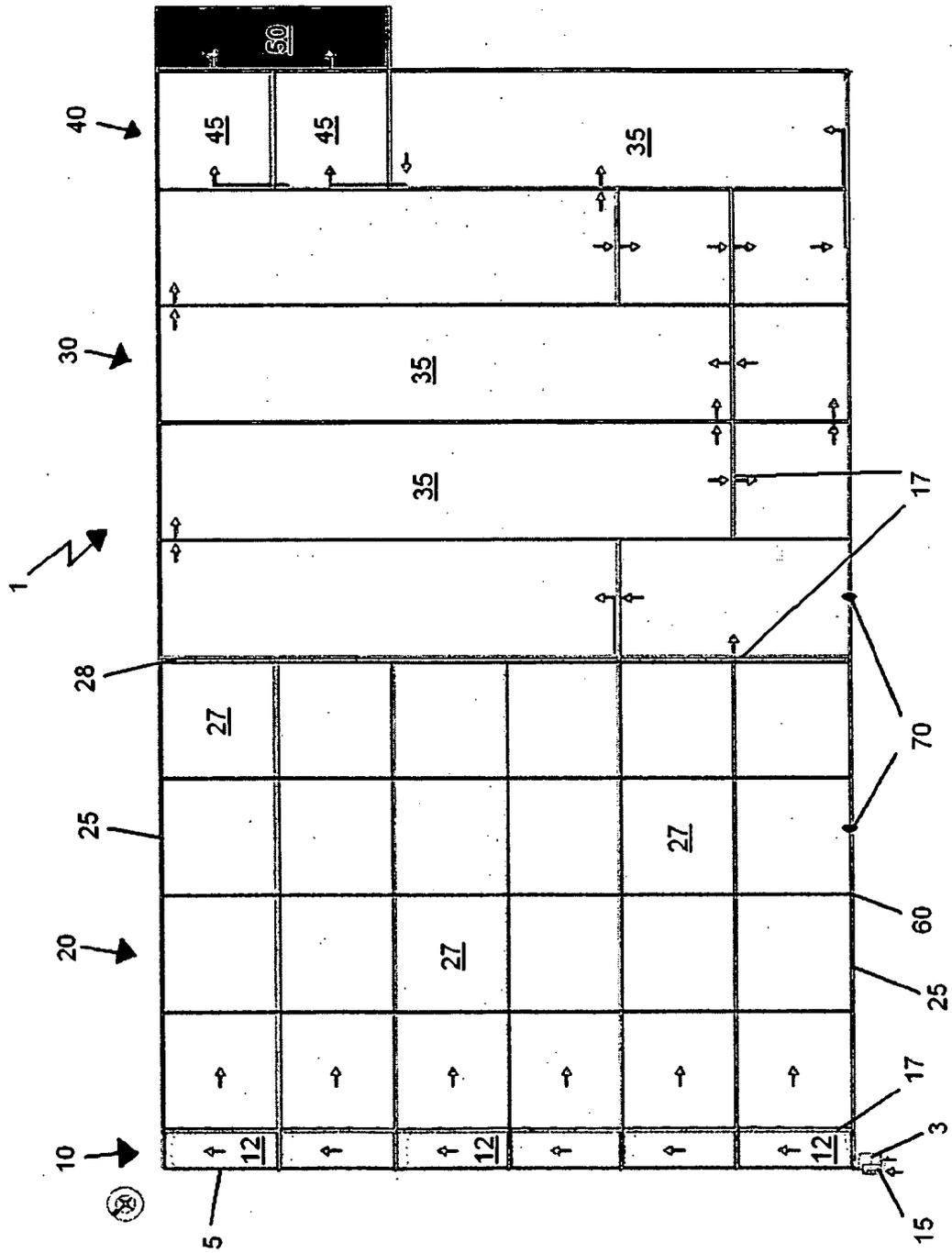


Fig. 1

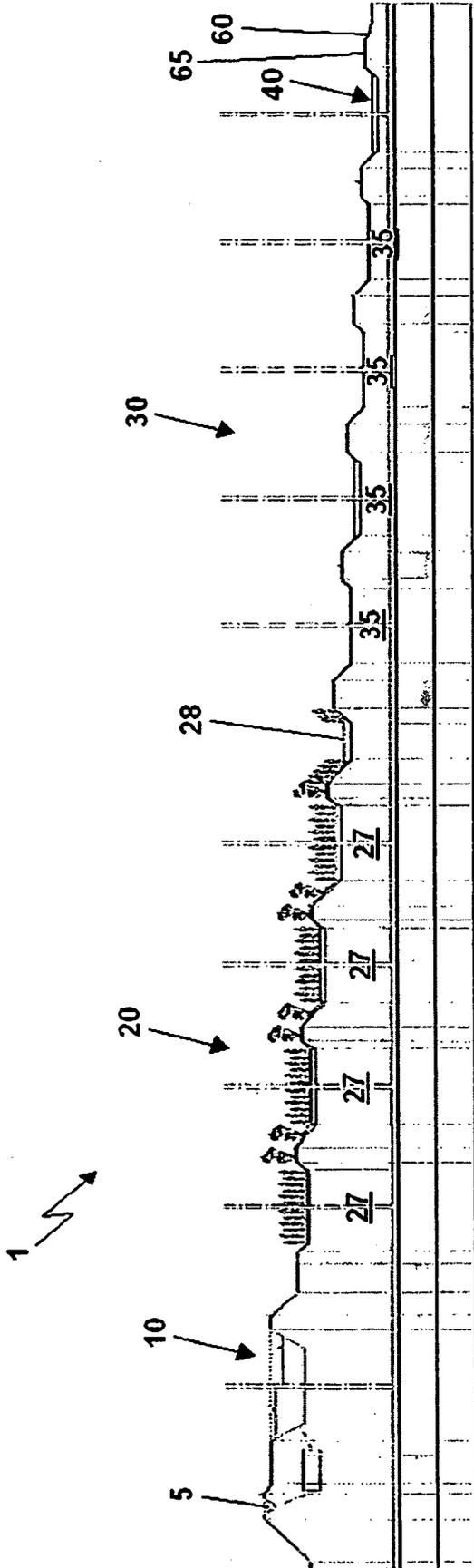


Fig. 2

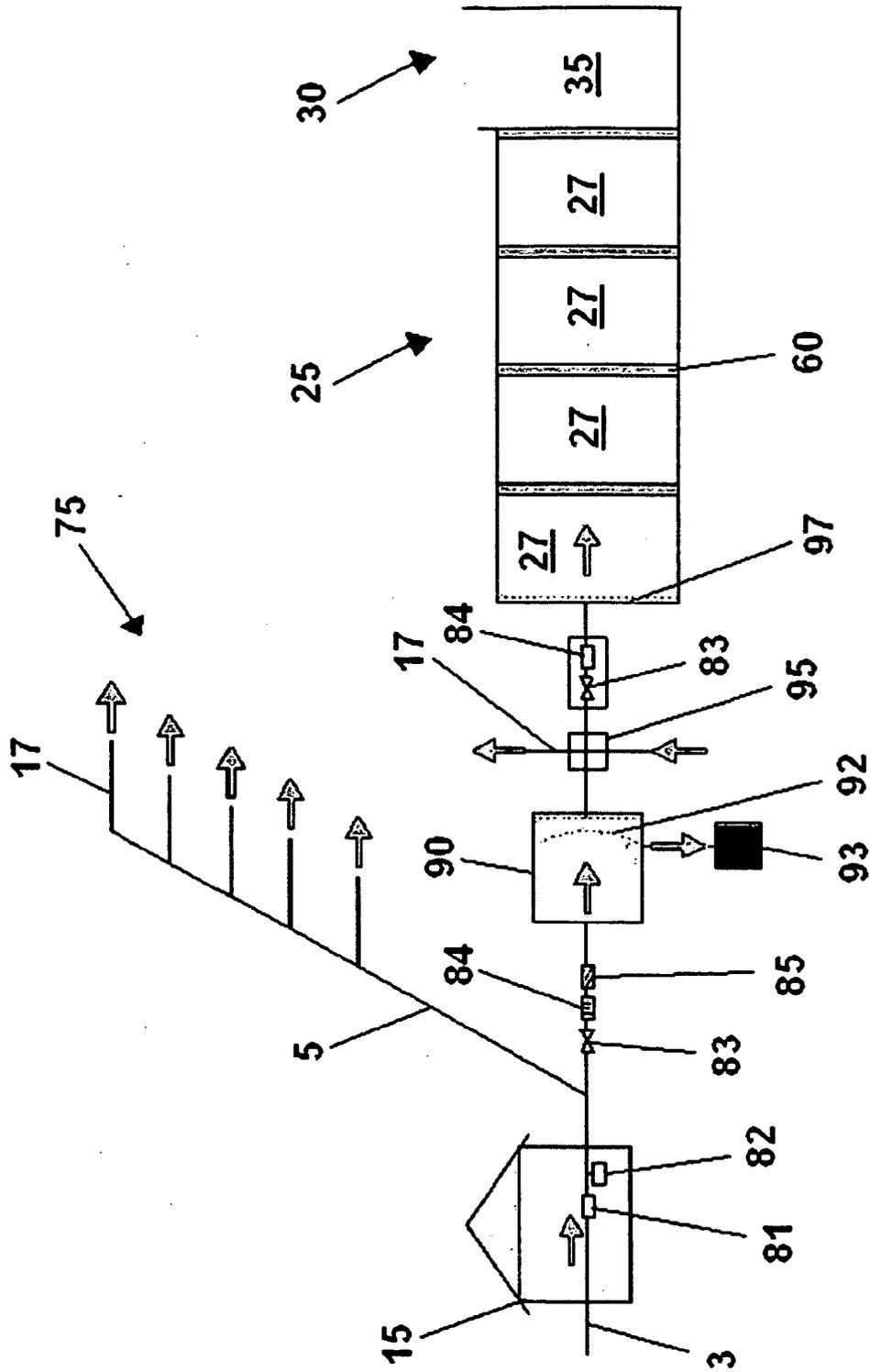


Fig. 3