(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 473 322**

(51) Int. Cl.:

C02F 1/64 (2006.01)
C02F 3/02 (2006.01)
B01D 24/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2004** **E 04749194 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014** **EP 1794093**

(54) Título: **Método y equipo para la purificación de agua subterránea**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2014

(73) Titular/es:

2ALFA HYDROTECH AB (100.0%)
Skolvägen 11A
135 55 Tyresö , SE

(72) Inventor/es:

HALLBERG, ROLF, O.

(74) Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 473 322 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y equipo para la purificación de agua subterránea

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para disminuir el contenido de metales, metaloides, nitrato o nitrito en agua subterránea, agua subterránea artificial, es decir agua superficial infiltrada, o agua superficial de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La presente invención se refiere también a un equipo de acuerdo con la reivindicación 6 para llevar a cabo el método.

Antecedentes de la invención

En el pasado, el agua que requiere un tratamiento y purificación para la eliminación de hierro y manganeso se trataba en una planta de tratamiento de agua añadiendo oxígeno al agua. Esto causaba la precipitación de impurezas, que se filtraban para dejar el agua purificada. Habitualmente se añadía oxígeno al agua en la forma de oxígeno puro, o mediante la aireación del agua mediante el uso de un aireador de cascada. Puesto que la concentración de oxígeno necesaria para precipitar iones de metal de la solución es comparativamente baja, los metales hierro y manganeso se precipitaban mediante el proceso de filtración descrito anteriormente, en el que el filtro abarcaba una o más capas de arena a través de las cuales era pasada el agua. La inversión de capital y los costes de funcionamiento para tal planta de purificación son elevados ya que las capas de arena que funcionan como el material de filtro se deben regenerar de vez en cuando para mejorar la eliminación de los iones de metal precipitados de manganeso y hierro.

De forma alternativa, el agua subterránea se ha purificado in situ como se describe en la memoria descriptiva de la patente sueca nº 6903544-2. De forma intermitente se iba introduciendo agua que contiene oxígeno o sustancias liberadoras de oxígeno en un acuífero a través de un número de pozos satélite o conductos satélite, dispuestos a una distancia predeterminada y que rodeaban un pozo de suministro o un conducto de suministro. El agua oxigenada introducida en este manto hacia dentro de un acuífero crea un entorno adecuado para el crecimiento de ciertos microbios que mejoran la absorción química y metabólica, la oxidación y la precipitación de compuestos en las capas de la tierra existentes, utilizándose de ese modo las capas de la tierra como un medio de reacción y de filtración. Los microbios empleados a menudo son organismos que son activos principalmente en zonas creadas entre condiciones de oxidación y de reducción. De forma intermitente se añadía agua que contiene oxígeno o sustancias liberadoras de oxígeno durante un periodo de aproximadamente veinticuatro (24) horas. Durante la adición de agua oxigenada o agua que contiene sustancias liberadoras de oxígeno, el pozo de suministro no se podía usar como una fuente de agua purificada ya que el uso concurrente del pozo de suministro y los pozos satélite provocaría el fallo del mecanismo de filtración o una perturbación en su operación, dando como resultado un deterioro de la calidad del agua. Para suministrar agua de forma continua, se han requerido dos o más pozos de suministro o un medio adecuado para el almacenamiento para eludir las desventajas descritas anteriormente, permitiéndose que la retirada de agua purificada se alterne entre al menos dos pozos de suministro o entre el pozo y el medio de almacenamiento. La regeneración se llevaba a cabo en el pozo o pozos de suministro inactivos si era necesario durante la retirada de agua purificada de la fuente de suministro alternativa.

Cuando se retira agua de un único pozo de suministro y se transporta a un pozo satélite o una pluralidad de pozos satélite para permitir el uso concurrente del pozo de suministro, el patrón de flujo del agua recargada pasa a ser generalmente paralelo al patrón de flujo del agua que purificar. Cuando se establece este patrón de flujo generalmente paralelo, se desarrolla un patrón de purificación radial discontinuo entre los pozos satélite y el pozo de suministro sin que se purifique. Esto reduce gradualmente la operabilidad del pozo de suministro debido a la precipitación de hierro y manganeso, que se produce en mayor medida en una porción más pequeña del acuífero en estrecha proximidad con el pozo de suministro. Este problema no se produce cuando se usan dos o más pozos de suministro como se ha descrito previamente, y al alternar la retirada de agua purificada entre los pozos de suministro distribuyéndose de ese modo la precipitación por una porción mayor del acuífero.

Para eliminar el inconveniente con un suministro de agua discontinuo se ha descrito otra alternativa de purificación de agua subterránea in situ en la memoria descriptiva de la patente sueca nº 8206393-4. Una ventaja de esa invención es la eliminación de la necesidad de dos o más pozos de suministro, permitiéndose que el agua purificada sea bombeada continuamente desde un único medio de suministro al crearse un patrón de flujo entre pozos satélite que es aproximadamente perpendicular al patrón de flujo del agua que purificar. De este modo, se desarrolla un patrón de purificación circunferencial a una distancia suficiente del pozo de suministro que distribuye la precipitación por una porción mayor del acuífero permitiéndose que se mantenga la operabilidad del pozo de suministro.

Como se usa en este documento, el término "pozos satélite" se usa para indicar cualquier medio mediante el cual se pueda introducir agua tratada en un filtro, cuenca, acuífero o sistema de purificación o de filtración similar mediante el cual tal agua se vaya a purificar. Sin embargo, se debe entender que los "pozos satélite" también se usan para retirar agua para la introducción en otros pozos satélite. Ejemplos representativos de pozos satélite incluyen pozos, conductos, mangueras, tubos y dispositivos similares.

Durante la operación se alimenta agua acondicionada a al menos uno pero menos de todos los pozos satélite, y simultáneamente con tal introducción, se extrae agua de al menos un pozo satélite con el fin de crear una zona de purificación para la absorción, transformación, oxidación, precipitación o volatilización de contaminantes. En particular, se utiliza agua acondicionada con agentes de oxidación u otros aditivos beneficiosos para reducir la concentración de impurezas del agua no tratada, dejando el agua "purificada". Alimentar agua acondicionada a los pozos satélite de esta manera crea una zona de purificación o de filtración a una distancia lo suficientemente lejos del medio de suministro como para que se evite el atascamiento del medio de suministro, y se mantenga el flujo adecuado al medio de suministro a través de una zona de purificación. El agua suministrada a los pozos satélite puede consistir en agua acondicionada extraída de al menos otro pozo satélite y si se desea también una porción del agua purificada extraída del medio de suministro.

Al cambiar la pluralidad de pozos satélite en los que se introduce el agua acondicionada, y al alternar los pozos satélite desde los que se retira el agua, el usuario optimiza la zona de purificación en la que se precipitan los contaminantes. Cualquier número de pozos satélite mayor de dos se puede usar en este sistema, dependiendo del tamaño del sistema de purificación, las condiciones hidrogeológicas, las condiciones biogeoquímicas, la concentración de impurezas contenidas en el agua, etc. Se puede introducir agua acondicionada en los pozos satélite durante un periodo predeterminado, que oscila entre algunas horas y algunos días o más tiempo.

El proceso de acuerdo con la memoria descriptiva de la patente sueca nº 8206393-4 también permite la filtración y la purificación continua de agua subterránea y agua superficial utilizando una cuenca, en la que está contenido y se utiliza un filtro compuesto por material que se produce de forma natural o hecho por el hombre. Por ejemplo, se puede excavar suelo para formar una cavidad en forma de cuenca con una superficie de manto, y una capa de sellado de arcilla, hormigón, plástico, tela resistente al agua o similares se puede aplicar a la superficie de manto para formar una pared interna. Pozos satélite para la introducción de agua acondicionada, se sitúan en el interior del manto dentro de la cuenca, y la cuenca se llena de un material de filtro, como arena. El medio de suministro se puede ubicar en el centro de la cuenca; los pozos satélite para introducir agua tratada se disponen entre el manto y el centro de la cuenca, alrededor del interior de la periferia de la pared interna de la cuenca, de modo que se permita la introducción de agua acondicionada en el sistema de purificación a través de una pluralidad de los pozos satélite, la extracción de agua a través de al menos un pozo satélite y la retirada continua de agua purificada a través del medio de suministro. En el acuífero hecho por el hombre, se extrae agua de forma intermitente de al menos un pozo satélite, se acondiciona y se introduce adicionalmente en al menos otro pozo satélite. Alternar los pozos satélite usados para la recarga con los pozos satélite usados para la retirada de agua de esta manera alterna de forma eficaz las zonas de purificación utilizadas para la precipitación de contaminantes.

El documento PCT WO 02/48469 describe medios y métodos para la purificación de agua, donde estos también se pueden usar en un acuífero artificial, por ejemplo una cuenca llena de material inerte. En la descripción, se dice que la tela de impermeabilidad contra el suelo del entorno se dispone por debajo de la superficie del suelo, lo que significa que la parte superior está abierta con respecto a la atmósfera. La misma disposición también se aplica a la memoria descriptiva de la patente sueca nº 8206393-4. Esto dará lugar a un exceso de líquido y un depósito de sedimento de material de la cuenca debido a las elevadas presiones del agua que aumentan en la cuenca por la infiltración de agua no potable y la recarga en los pozos satélite.

La figura 3 muestra una simulación por ordenador del problema con las presiones elevadas del agua que muestra que se requerirá una presión igual a un terreno confinante de más de cuatro metros para producir una contrapresión suficiente para contrarrestar la elevada presión del agua que predomina en los equipos conocidos. Como se puede observar en la figura 4, incluso con un terreno confinante de cuatro metros, aún existe una sobrepresión de 1,3 metros aproximadamente.

El objeto de la invención

El objeto de la invención es eliminar las desventajas antes mencionadas y permitir la purificación de agua no potable de un modo continuo y rentable.

De ese modo, la invención se refiere a un método para purificar agua subterránea o agua subterránea artificial procedente de agua superficial infiltrada o agua superficial disminuyendo el contenido de al menos una sustancia seleccionada del grupo que consiste en metales, metaloides, nitrato y nitrito en dicha agua suministrada a través de conductos de alimentación dispuestos horizontalmente en una cuenca que contiene material de filtro que se produce de forma natural, donde en caso de que se disminuya el contenido de metales o metaloides, el agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno y reacciones metabólicas de microorganismos que se producen de forma natural, y en caso de que disminuya el contenido de nitrato y nitrito, el agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en organismos de desnitrificación y sustratos por lo tanto, se introduce de forma intermitente en la cuenca a través de una pluralidad de pozos satélite dispuestos alrededor de al menos un pozo de extracción para agua purificada, conteniendo dicha agua al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno, reacciones metabólicas de microorganismos que se producen de forma natural, organismos de desnitrificación y

sustratos por lo tanto que se distribuyen de forma homogénea verticalmente en dicha cuenca y siendo la extracción de agua purificada de dicho al menos un pozo de extracción de tal manera que se crea una presión negativa constante alrededor de dicho al menos un pozo de extracción. El método está caracterizado por el sellado hermético de la cuenca con respecto al entorno ambiental mediante un material impermeable al aire y al agua y estando hechas todas las entradas y salidas para los conductos, los cables y demás a través del material impermeables al aire y al agua.

De acuerdo con una forma de realización preferida del método dicha presión negativa alrededor de dicho al menos un pozo de extracción es del orden de magnitud de una columna de agua de un metro aproximadamente.

De acuerdo con otra forma de realización preferida del método la extracción de agua purificada del pozo de extracción es de tal manera que la presión de agua tanto del conducto de alimentación como de los conductos de inyección se reduce a más de la mitad de la presión que de otra manera existe en el conducto de alimentación y los conductos de inyección.

La invención se refiere también a un equipo para purificar agua subterránea o agua subterránea artificial procedente de agua superficial infiltrada, o agua superficial disminuyendo el contenido de al menos una sustancia seleccionada del grupo que consiste en metales, metaloides, nitrato y nitrito en dicha agua, comprendiendo el equipo una cuenca que contiene material de filtro que se produce de forma natural y a la que se suministra dicha agua a través de conductos de alimentación dispuestos horizontalmente, al menos un pozo de extracción para extraer agua purificada de dicha cuenca, y una pluralidad de pozos satélite se disponen alrededor de dicho al menos un pozo de extracción para introducir agua de forma intermitente, donde en caso de que se disminuya el contenido de metales o metaloides, el agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno, y sustratos metabólicos de microorganismos que se producen de forma natural, y en caso de que se disminuya el contenido de nitrato y nitrito, el agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en organismos de desnitrificación y sustancias por lo tanto, se introduce de forma intermitente en la cuenca a través de una pluralidad de pozos satélite dispuestos alrededor de al menos un pozo de extracción para agua purificada. El equipo está caracterizado porque la cuenca se sella herméticamente con respecto al entorno ambiental mediante un material que es impermeable al aire y al agua y porque todas las entradas y salidas para los conductos, los cables y demás proporcionados a través del material están hechas impermeables al aire y al agua.

De acuerdo con una forma de realización preferida del equipo el pozo satélite comprende al menos un conducto de inyección y al menos un conducto de extracción y dicho conducto de inyección y dicho conducto de extracción están provistos de orificios o agujeros de tal modo que las áreas de estos orificios o agujeros compensan la presión de agua aumentada en la dirección vertical.

Breve descripción de los dibujos

A modo de ejemplo no excluyente la invención se describirá a continuación con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que la figura 1 es una vista lateral esquemática de un equipo de acuerdo con la invención para la purificación de agua no potable, la figura 2 es una vista esquemática desde arriba del equipo de acuerdo con la invención provisto de un pozo de extracción central y diversos pozos satélite dispuestos alrededor de dicho pozo de extracción y en la que se muestran conductos de alimentación y conductos para la infiltración de agua no potable mediante líneas discontinuas y con el terreno confinante de cubierta retirado, la figura 3 es una simulación por ordenador de la distribución de la columna de la presión en un equipo para la purificación de agua no potable de acuerdo con la tecnología conocida, la figura 4 es una simulación por ordenador de la distribución de la columna de la presión en un equipo no sellado herméticamente para la purificación de agua no potable, la figura 5 es una simulación por ordenador de la distribución de la columna de la presión en un equipo sellado herméticamente para la purificación de agua no potable de acuerdo con la invención, la figura 6 es una vista desde un extremo de un pozo satélite usado en el equipo de acuerdo con la invención, y la figura 7 es una vista lateral parcialmente en sección del pozo satélite en la figura 6.

Descripción de formas de realización preferidas

La figura 1 muestra un equipo de acuerdo con la invención en una forma de realización preferida para disminuir el contenido de metales, metaloides, nitrato y nitrito en agua no potable, que comprende una cuenca o acuífero artificial 1 proporcionado en una cavidad en la tierra y que contiene materiales de filtro que se producen de forma natural, como arena, u otros materiales adecuados, no mostrados, una pluralidad de pozos de inyección/satélite 2, un pozo de extracción 3, un conducto de suministro de agua no potable 4 para suministrar agua desde, por ejemplo, un pozo de agua subterránea, no mostrado, para alimentar medios de suministro dispuestos horizontalmente o conductos de alimentación 5, y un pozo 6 para la posible limpieza de dicho conducto de suministro de agua no potable 4. La cuenca 1 está totalmente rodeada por un material 11 impermeable al aire y al agua de, por ejemplo, material de caucho y/o de plástico, es decir una cuenca sellada herméticamente 1. Esto también se aplica para la parte superior de la cuenca 1. Además, todas las entradas y salidas de los conductos, los cables y demás proporcionados a través del material 11 están hechas impermeables al aire y al agua. En dicha figura 1 el plano a nivel del suelo es indicado por 12.

En la forma de realización mostrada la cuenca está cubierta por un terreno confinante con un grosor de un metro aproximadamente.

Como se puede observar en la figura 2 en una forma de realización particular el equipo tiene la forma de una cuenca cuadrada 1, pero es obvio que la cuenca puede tener cualquier otra forma como redondeada o rectangular.

En la forma de realización mostrada se disponen ocho pozos satélite 2 y un pozo de extracción 3 en la cuenca 1. El conducto de suministro de agua no potable 4 mostrado por líneas de puntos se conecta a al menos un conducto de alimentación 5 dispuesto en paralelo a cada lado de la cuenca 1. Además, cada uno de los pozos satélite 2 se conecta a medios para oxigenar el agua sacada de dichos pozos 2 y después de que se oxigene el agua es alimentada de vuelta preferentemente al pozo 2 y se inyecta en la cuenca 1.

En el equipo de acuerdo con la invención los pozos satélite 2 y el pozo de extracción 3 se disponen particularmente para una distribución uniforme de agua en la dirección vertical de la cuenca cuando el agua se inyecta y/o se bombea hacia fuera de la cuenca 1. Más exactamente, en una forma de realización preferida del equipo, como se puede observar en las figuras 6 y 7, los pozos satélite 2 están diseñados de tal modo que comprenden al menos un conducto de extracción 7 y al menos un conducto de inyección 8 (en la forma de realización mostrada dos conductos de inyección y dos conductos de extracción) separados por un medio de separación 9. Los conductos de extracción 7 y los conductos de inyección 8 están diseñados de tal modo que el área de las aberturas en la forma de perforaciones u orificios 10 o agujeros hechos de cualquier otro modo en la pared de conducto de los conductos 7,8 contra el material circundante compensan la presión de agua aumentada en la dirección vertical. Los conductos de extracción 7 están provistos de ese modo de un área de las aberturas que en cualquier porción horizontal tiene una proporción inversa a la columna de la presión aumentada del agua en la dirección vertical, de manera que el flujo de agua extraída se distribuya de forma uniforme a lo largo de toda la superficie de envoltura de los conductos. De otra manera la mayor parte del agua provendrá de las partes más profundas del pozo cuando la presión de agua sea la más elevada. Del mismo modo los conductos de inyección 8 tienen un área de aberturas que en cualquier porción horizontal tiene una proporción inversa a la columna de la presión aumentada del agua en la dirección vertical, por lo que el agua inyectada se distribuye de forma uniforme a lo largo de toda la superficie de envoltura del conducto de modo que se evite que la mayor parte del agua de lo contrario salga de los conductos de inyección 8 en la parte superior de la superficie de envoltura de los conductos. Los conductos de extracción y de inyección 7, 8 se pueden hacer como conductos por separado o pueden estar separados por el medio de separación 9, como se muestra en la figura 7.

Asimismo, es obvio para el obrero cualificado que el diseño del pozo satélite, es decir el conducto de extracción 7 y el conducto de inyección 8 mostrados en la figura 7, se puede usar junto con equipos usados para la purificación de agua subterránea, agua subterránea artificial, es decir agua superficial infiltrada, o agua superficial in situ.

Cuando se inicia el método de acuerdo con la invención la cuenca 1 llena de material de filtro se llena totalmente de agua. Entonces se inicia el bombeo de agua desde el pozo de extracción 3 y continúa hasta que el nivel de agua alrededor de dicho pozo 3 se haya reducido un metro aproximadamente con respecto al nivel de inicio. Entonces el agua es alimentada a través del conducto de suministro de agua no potable 4 a los conductos de alimentación dispuestos horizontalmente 5 con un volumen total que corresponde al volumen sacado a través del pozo de extracción 3, por lo que se obtiene la distribución de la presión de agua en la cuenca 1, como se observa en la figura 5. Si no se toman más medidas, entonces para cuando el curso natural nivele la reducción del nivel de agua alrededor del pozo de extracción 3 y surgirían grandes presiones de agua en las partes periféricas de la cuenca 1 lo cual dará como resultado un exceso de líquido y un depósito de sedimento del material de filtro como se describe anteriormente. Para evitar esto es necesario controlar automáticamente el flujo hacia dentro y el flujo hacia fuera del agua de manera que se mantenga la reducción alrededor del pozo de extracción 3.

De acuerdo con la invención la presión elevada aumentada en los conductos de alimentación horizontales 5 y los conductos de inyección 8 se controla bombeando agua hacia fuera del pozo de extracción 3 de tal modo que la presión se reduzca a aproximadamente la mitad de la presión que de otra manera predominaría en dichos conductos. Este método especial de bombeo, que requiere un dispositivo de control y de ajuste, no mostrado, está diseñado de tal modo que siempre predomina una presión negativa elevada alrededor del pozo de extracción central 3 que en una forma de realización preferida corresponde a una columna de agua de un metro aproximadamente bajo el material impermeable en el plano a nivel del suelo de la cuenca, véase la figura 5.

De ese modo, de acuerdo con la invención la sobrepresión bajo el material impermeable es compensada por un terreno confinante con un grosor bastante moderado encima de la cuenca 1, ya que el agua no puede elevarse más que hasta el material impermeable. Las presiones que surgirán se muestran en la figura 5 y como se observa serán como mucho una columna de agua de 0,5 metros aproximadamente. Al proveerse a la cuenca 1 de un material impermeable 11 que se extiende alrededor de toda la cuenca, también se protege al agua purificada de posibles impurezas en el suelo circundante y el aire.

En caso de que se añada oxígeno mediante aireación esto se hace de tal modo que se le permita al agua circular a

través de un sistema de aireación, no mostrado, en el exterior de la cuenca 1 cerrada. Este sistema de aireación puede ser común para los conductos de inyección y de extracción 8, 7 que se sitúan alrededor del pozo de extracción 3. El agua de los conductos de extracción 7 es aireada en un dispositivo común, no mostrado, después de lo cual se realiza una cierta desaireación en una cuenca pequeña, no mostrada, de manera que se puedan escapar burbujas de aire libre al aire ambiente. El agua de la cuenca pequeña se distribuye de forma uniforme por bombeo mediante válvulas a los conductos de inyección 8.

Además, los agentes de oxidación no sólo incluyen sustancias químicas y gases solubles en agua, sino también microorganismos y todas las demás composiciones, que puedan causar la oxidación de impurezas o contaminantes. Cuando la invención se usa para purificar agua subterránea o para purificar agua no potable usando la tecnología descrita en este documento, también es posible usar las reacciones metabólicas de microorganismos que se producen de forma natural como el mecanismo mediante el cual se produce la precipitación o degradación de contaminantes. Por ejemplo, los microorganismos Crenothrix, Leptothrix y Gallionella se han usado para causar la oxidación y/o la precipitación de los contaminantes hierro y manganeso en presencia de oxígeno. De forma similar, al acondicionar el agua para la recarga con diferentes agentes, como metano o nutrientes, se pueden incluir microorganismos heterótrofos para oxidar o de lo contrario degradar metabólicamente diversos compuestos orgánicos, que han contaminado el agua. Por lo tanto, los microorganismos que se producen de forma natural sirven en parte como un medio por el cual se puede purificar agua contaminada utilizando la invención.

El material de filtro en la cuenca 1 no se necesita cambiar o regenerar para la eliminación de hierro y manganeso precipitados u otros metales o metaloides, ya que la porosidad del material de filtro está dimensionada preferentemente para un tiempo de vida de más de 100 años antes de que el atascamiento del material de filtro lleve a una reducción de la capacidad de bombeo del pozo de extracción 3.

La cuenca 1 mostrada en la figura 1 se puede combinar con una o más cuenca/s similar/es donde los conductos de inyección y de extracción que entonces estarán adyacentes el uno al otro se combinan de modo que se formen conductos de inyección y de extracción comunes.

La invención se ha descrito anteriormente para la eliminación de hierro y manganeso, pero es obvio para el obrero cualificado que también se puede usar para la eliminación de otros metales o metaloides como plomo y arsénico.

Ya que la cuenca/acuífero artificial 1 de acuerdo con la invención forma un sistema cerrado también es posible usar procesos que requieran la ausencia de oxígeno. Los conductos de inyección 8 en lugar de la inyección de agua oxigenada se pueden usar para la inyección de los nutrientes necesarios para los microorganismos que viven bajo condiciones anóxicas. Tales nutrientes pueden consistir en fosfatos y sustancias de bajo peso molecular como alcoholes. En tal proceso el nitrato y el nitrito son convertidos a nitrógeno lo cual se realiza usando organismos de desnitrificación, y el nitrógeno seguirá al agua sacada del pozo de extracción 3. Este agua debe ser aireada para restaurar el equilibrio entre el nitrógeno y el oxígeno con respecto al contenido de la atmósfera.

En caso de que sea deseable eliminar tanto los metales y los metaloides como el nitrato y el nitrito, respectivamente, del agua no potable al mismo tiempo, esto se puede hacer en al menos dos etapas, donde el nitrito y el nitrato se eliminan primero en una cuenca que comprende uno o diversos módulos dispuestos de forma separada alimentando nutrientes pero no oxígeno a al menos un/os primer/os módulo/s y después oxígeno o sustancias liberadoras de oxígeno a al menos un segundo módulo. El agua del/los primer/os módulo/s puede ser alimentada al/los segundo/s módulo/s sin ningún tratamiento intermedio. Por supuesto la purificación de dos etapas del agua no potable también se puede realizar en cuencas dispuestas de forma separada 1.

REIVINDICACIONES

1. Un método para purificar agua subterránea o agua subterránea artificial procedente de agua superficial infiltrada o agua superficial disminuyendo el contenido de al menos una sustancia seleccionada del grupo que consiste en metales, metaloides, nitrato y nitrito en dicha agua suministrada a través de conductos de alimentación (5) dispuestos horizontalmente a una cuenca (1) que contiene material de filtro que se produce de forma natural, mediante el cual, en caso de que se disminuya el contenido de metales o metaloides, agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno y reacciones metabólicas de microorganismos que se producen de forma natural, y, en caso de que se disminuya el contenido de nitrato y nitrito, agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en sustratos y organismos de desnitrificación, se introduce por lo tanto de forma intermitente en la cuenca (1) a través de una pluralidad de pozos satélite (2) dispuestos alrededor de al menos un pozo de extracción (3) para agua purificada, siendo por lo tanto dicha agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno, reacciones metabólicas de microorganismos que se producen de forma natural, organismos de desnitrificación y sustratos distribuida de forma homogénea verticalmente en dicha cuenca (1) y siendo tal la extracción de agua purificada de dicho al menos un pozo de extracción (3) que se crea una presión negativa constante alrededor de dicho al menos un pozo de extracción (3), caracterizado por sellar herméticamente la cuenca (1) mediante un material (11) impermeable al aire y al agua y porque todas las entradas y salidas para los conductos, los cables y demás a través del material (11) se hacen impermeables al aire y al agua.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por dividir la cuenca en al menos dos módulos dispuestos de forma separada, disminuyéndose el contenido de nitrato y nitrito en un primer módulo en una primera etapa, y disminuyéndose el contenido de metales y metaloides en un segundo módulo en una segunda etapa, y alimentándose el agua entre el primer y el segundo módulo sin ningún tratamiento intermedio entre dicha primera y segunda etapa.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha al menos una sustancia se selecciona del grupo que consiste en nitrato y nitrito.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha al menos una sustancia se selecciona del grupo que consiste en metales y metaloides.

5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 4, caracterizado porque los metales y metaloides a eliminar del agua se seleccionan del grupo que consiste en hierro, manganeso, plomo y arsénico.

6. Un equipo para purificar agua subterránea o agua subterránea artificial procedente de agua superficial infiltrada o agua superficial disminuyendo el contenido de al menos una sustancia seleccionada del grupo que consiste en metales, metaloides, nitrato y nitrito en dicha agua, comprendiendo el equipo una cuenca (1) que contiene material de filtro que se produce de forma natural y a la que dicha agua se suministra a través de conductos de alimentación (5) dispuestos horizontalmente, al menos un pozo de extracción (3) para extraer agua purificada de dicha cuenca, y una pluralidad de pozos satélite (2) están dispuestos alrededor de dicho al menos un pozo de extracción (3) para introducir agua de forma intermitente, por lo que, en caso de que se disminuya el contenido de metales o metaloides, agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en oxígeno, sustancias liberadoras de oxígeno, y sustratos metabólicos de microorganismos que se producen de forma natural, y, en caso de que se disminuya el contenido de nitrato y nitrito, agua que contiene al menos un agente seleccionado del grupo que consiste en sustancias y organismos de desnitrificación, se introduce por lo tanto de forma intermitente en la cuenca (1) a través de una pluralidad de pozos satélite (2) dispuestos alrededor de al menos un pozo de extracción (3) para agua purificada, caracterizado porque la cuenca (1) está sellada herméticamente mediante un material (11) que es impermeable al aire y al agua y porque todas las entradas y salidas de los conductos, los cables y demás proporcionados a través del material (11) están hechas impermeables al aire y al agua.

7. El equipo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque dichos pozos satélite (2) comprenden al menos un conducto de inyección (8) y al menos un conducto de extracción (7), y porque dicho al menos un conducto de inyección (8) y dicho al menos un conducto de extracción (7) están provistos de orificios o agujeros (10), por lo que las áreas de los orificios o agujeros proporcionados en el conducto de inyección (8) aumentan con la profundidad aumentada y las áreas de los orificios o agujeros proporcionados en el conducto de extracción (7) disminuyen con la profundidad aumentada.

8. El equipo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la cuenca (1) comprende al menos dos módulos dispuestos de forma separada, por lo que el agua se puede alimentar entre los módulos sin ningún tratamiento intermedio.

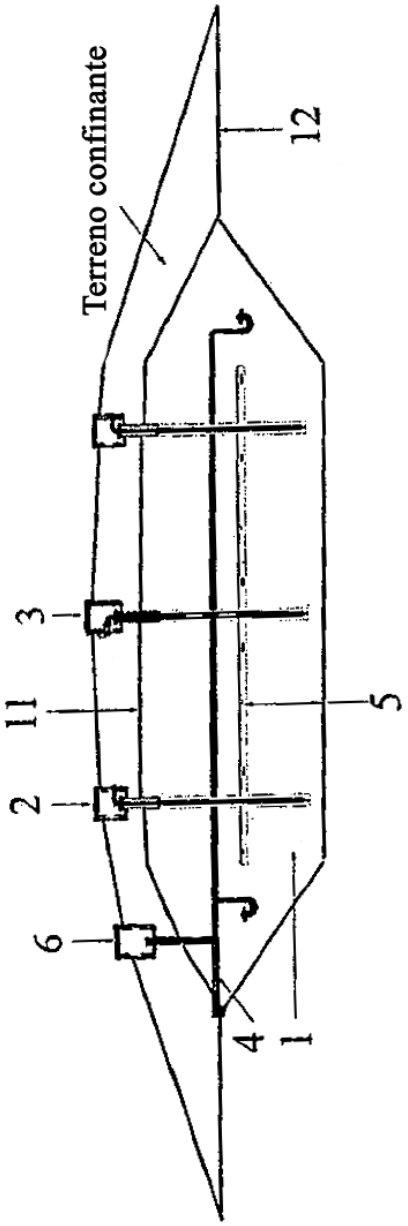

Fig. 1

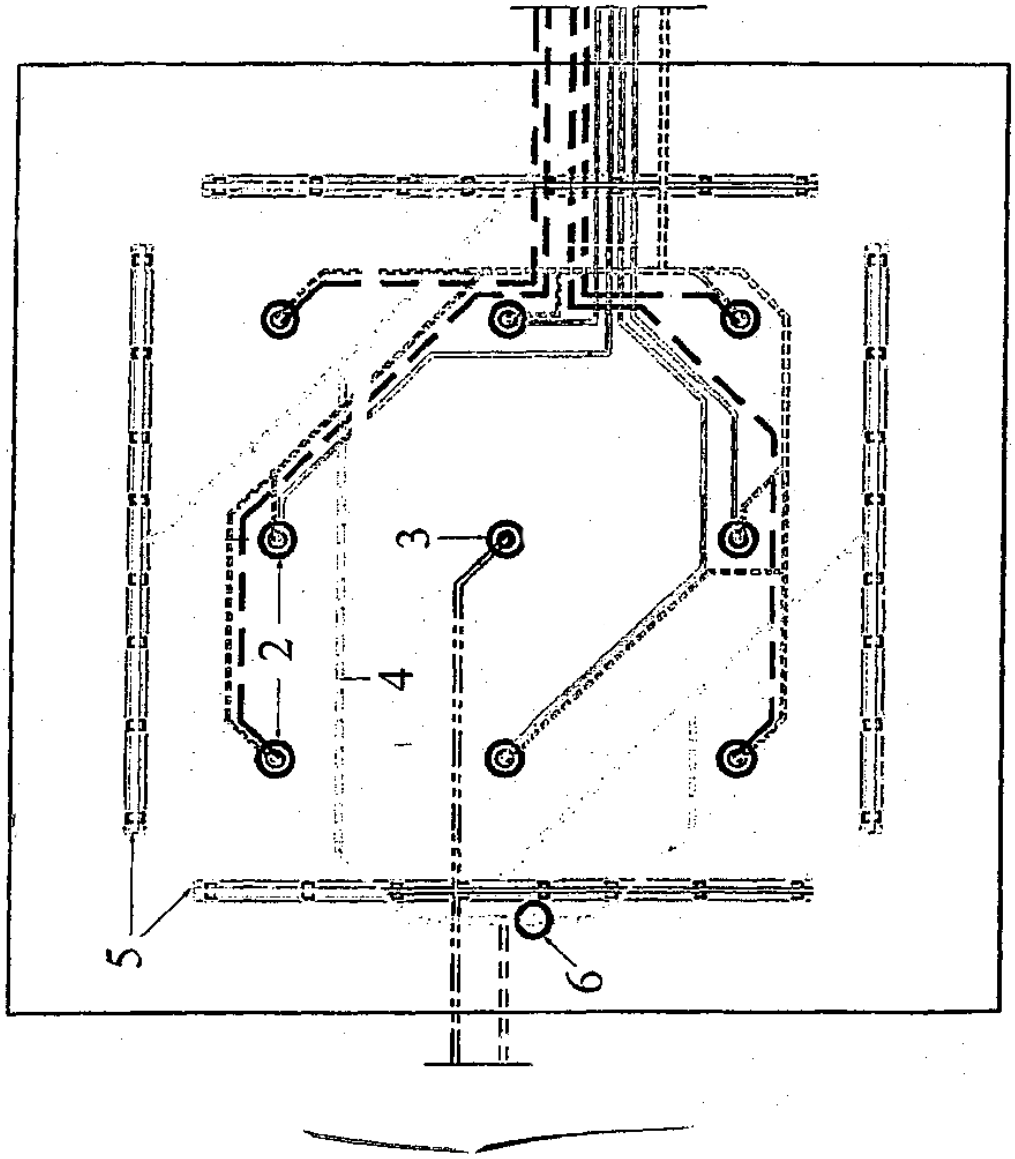

Fig. 2

Fig. 3

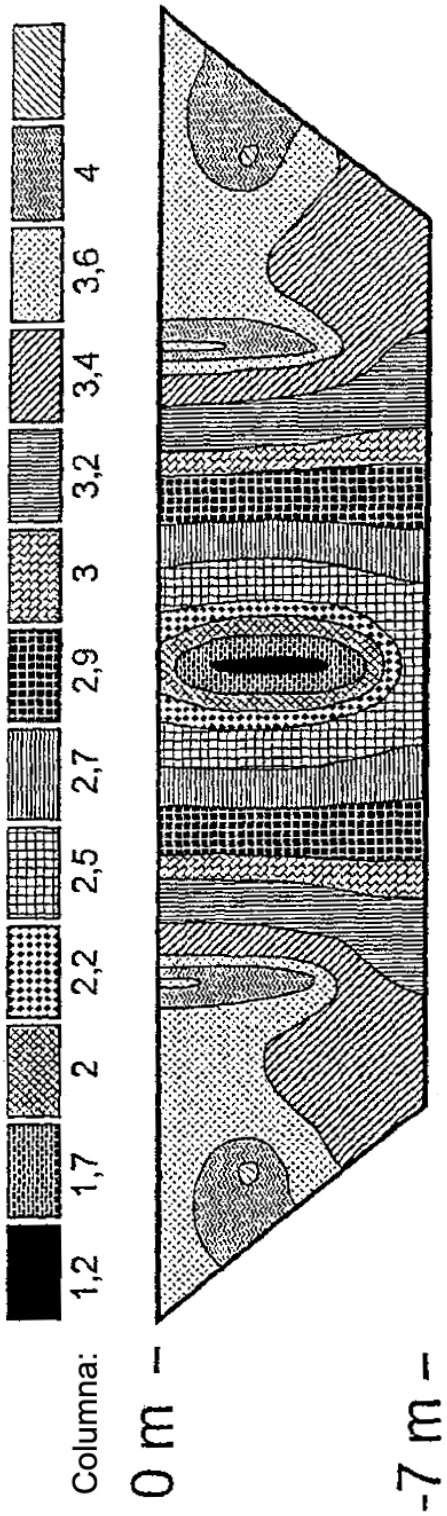

Fig. 4

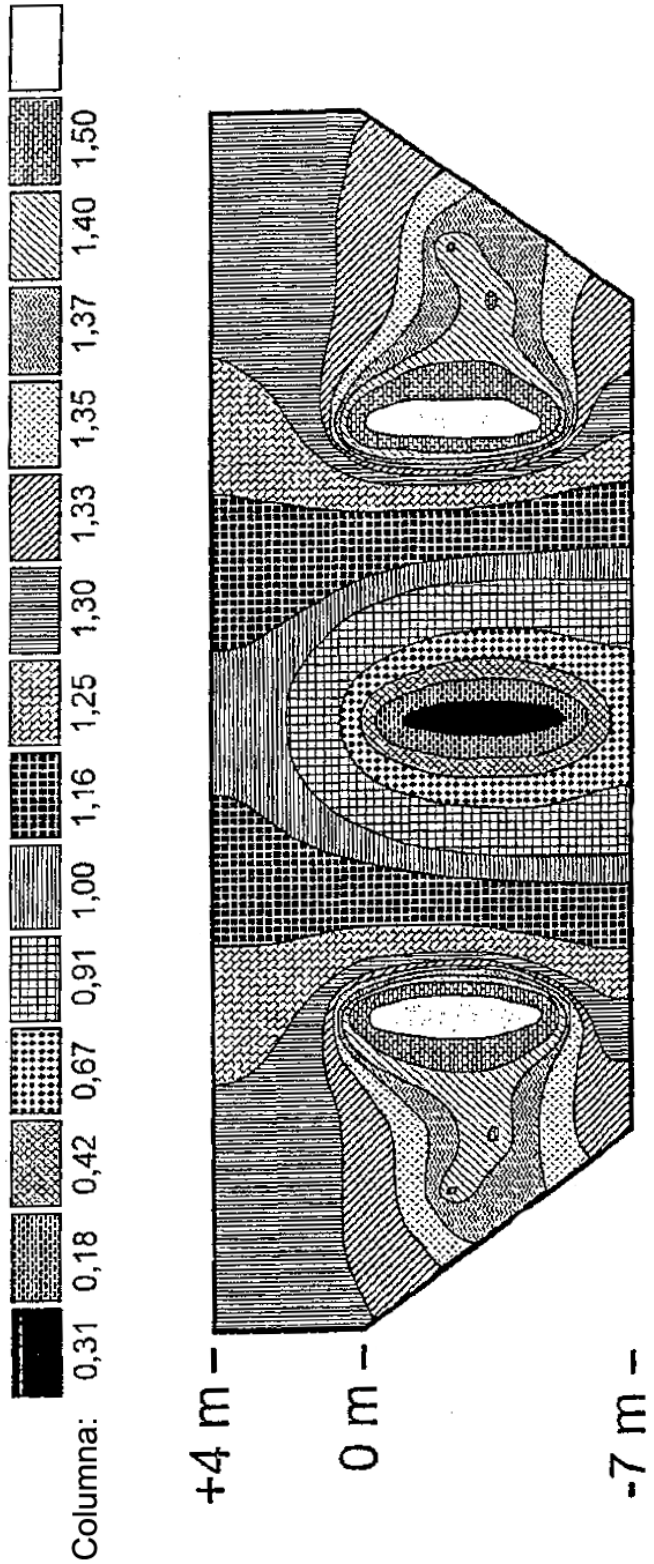
Columna: 0,31 0,18 0,42 0,67 0,91 1,00 1,16 1,25 1,30 1,33 1,35 1,37 1,40 1,50
+4 m –
0 m –
-7 m –

Fig. 5

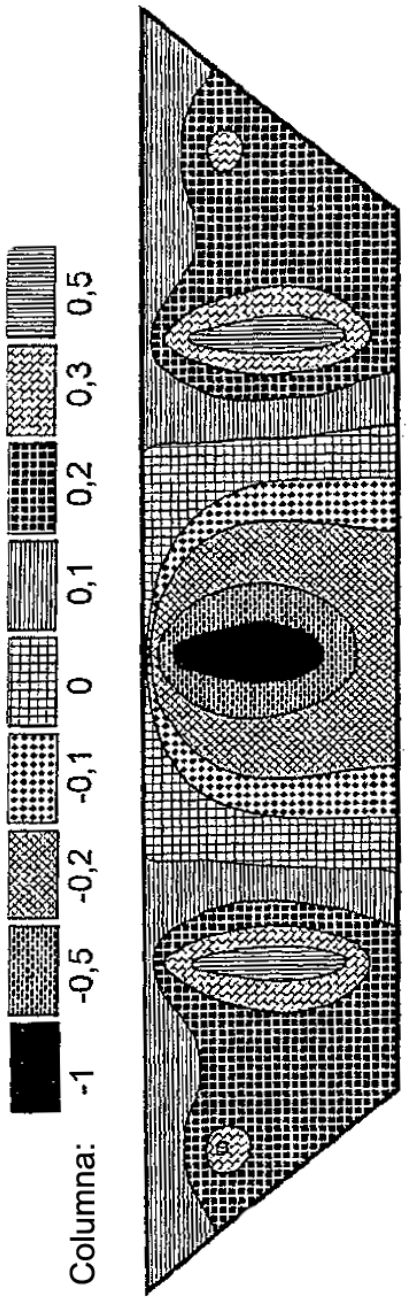

Fig. 6

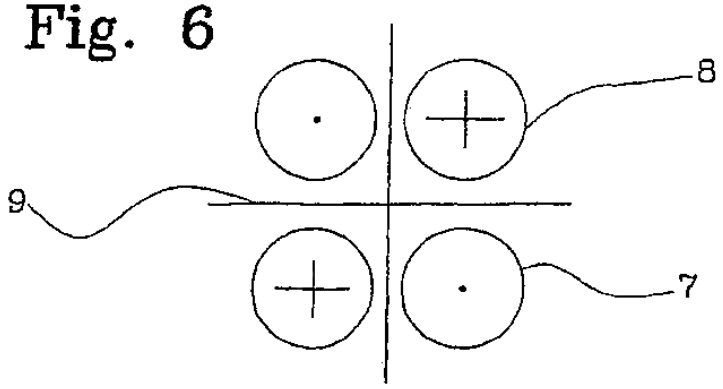
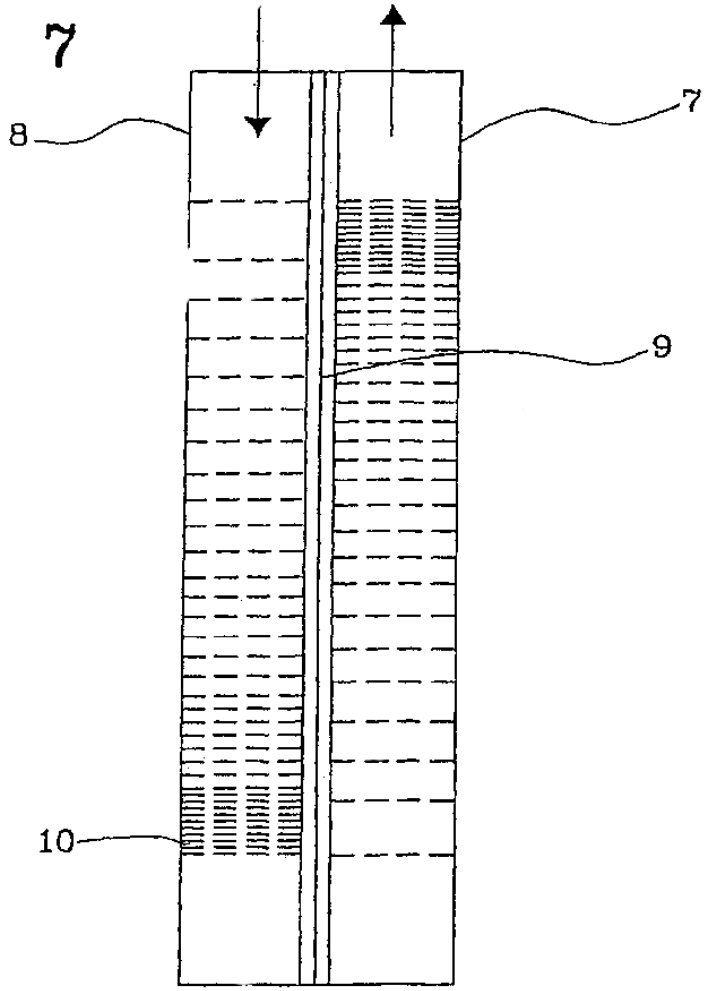
Fig. 7