

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 008**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/85** (2006.01)

**B09C 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2004 E 04808803 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 1694446**

54 Título: **Proceso para eliminar los contaminantes del suelo contaminado**

30 Prioridad:

**19.12.2003 NL 1025074**

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

**25.08.2017**

73 Titular/es:

**TERRECO B.V. (100.0%)  
Kerenshofweg 200  
6167 AE Geleen, NL**

72 Inventor/es:

**STEENBAKKE, LAURENTINUS WILHELMUS;  
GROOTJEN, DOMINICUS RICHARDUS  
JOHANNES;  
PANWIJK, LAMBERTUS ANTONIUS MARIA y  
PLUM, MARTIN WILLEM JOZEF**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 631 008 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**

Proceso para eliminar los contaminantes del suelo contaminado.

5 La invención se refiere a un proceso para eliminar un contaminante del suelo con la ayuda de un gas de extracción y con una capa biológicamente activa que está presente en o sobre el suelo. Un proceso de este tipo se conoce a partir de la patente holandesa NL 8902879.

10 Se describe un proceso para la eliminación de los contaminantes del suelo con la ayuda de un gas de extracción mediante el cual se inyecta el gas de extracción en el suelo a la profundidad y/o por debajo del contaminante de manera que el contaminante se volatilice con el gas de extracción y el gas de extracción se eleve junto con el contaminante hasta la superficie por encima del suelo contaminado. Durante el ascenso, el gas de extracción con el contaminante pasa a través de una capa biológicamente activa presente en o sobre el suelo.

15 Un inconveniente del proceso conocido es que el gas de extracción con el contaminante no siempre se eleva a la ubicación donde está presente la capa biológicamente activa o donde se puede aplicar una capa biológicamente activa. La patente holandesa NL 8902879 describe que la dispersión del gas de extracción con los contaminantes se puede evitar proporcionando barreras tales como una pantalla de agua y la patente holandesa NL 1014573 describe que el gas de extracción se puede dirigir hasta cierto punto proporcionando una pantalla neumática y que se puede evitar que el gas de extracción se disperse en direcciones aleatorias, sin embargo esto no otorga una solución en situaciones en las que no es posible instalar una barrera a lo largo del perímetro completo del área contaminada. Una situación de este tipo ocurre cuando, por ejemplo, el suelo a descontaminar forma parte de un área contaminada mayor (por ejemplo, si el suelo contaminado se extiende sobre parcelas de terreno propiedad de diferentes propietarios y no todas las parcelas deben ser descontaminadas al mismo tiempo) o si una capa impermeable que se extiende sobre una gran área está presente por encima del área a limpiar.

20 Un inconveniente adicional del proceso conocido es que en muchos casos no es posible aplicar la capa biológicamente activa por encima del contaminante, por ejemplo, si una capa impermeable que se extiende sobre una gran área está presente en o por encima del área contaminada.

25 El objetivo de la invención es proporcionar un proceso para eliminar los contaminantes del suelo que no tenga, o virtualmente no tenga, el inconveniente mencionado anteriormente.

Este objetivo se consigue mediante el proceso de acuerdo con la invención según se describe en la reivindicación 1.

30 El contaminante se transforma dentro de la capa biológicamente activa, también denominada a veces como capa biológica o biocapa. En el contexto de la presente invención, capa biológicamente activa significa una capa que contiene material biológicamente activo. Material biológicamente activo significa un material que contiene microorganismos por medio de los cuales un contaminante puede ser descompuesto o transformado. La capa biológicamente activa se puede aplicar tanto de forma continua como discontinua. Con de forma discontinua se entiende que la capa biológicamente activa se aplica de forma discreta, es decir en forma de partes separadas, que forman juntas la capa biológicamente activa. En una forma de realización, la capa biológicamente activa se aplica de forma discontinua. Un ejemplo de una capa discontinua es una que comprende múltiples zanjas y/o agujeros, zanjas y/o agujeros que pueden ser iguales o diferentes en términos de forma y dimensiones. La combinación del número, longitud, anchura y profundidad de las zanjas se elegirá normalmente de tal manera que se establezca un proceso óptimo.

40 En el proceso de acuerdo con la invención se crea en el suelo un medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante. En el contexto de la presente invención, el término suelo incluye una capa impermeable. Dicha capa impermeable puede estar situada en el suelo contaminado, en el suelo pero sobre el suelo contaminado o en o sobre la superficie del terreno.

45 Una ventaja del presente proceso de acuerdo con la invención es que el gas de extracción con los contaminantes se puede dirigir hacia el lugar donde está presente una capa biológica y/o donde hay material biológico incluso si no o no exactamente está situado por encima del suelo contaminado.

50 Otra ventaja del proceso de acuerdo con la invención es que los contaminantes a grandes profundidades también se pueden eliminar in situ. En los procesos conocidos, en los cuales los contaminantes se transforman in situ en una capa biológicamente activa, el gas de extracción, para la descontaminación a gran profundidad, necesitará subir a la superficie a través de una gruesa capa de tierra. Dado que la resistencia aumenta con el espesor de la capa de suelo, sólo se elevará a la superficie un poco del gas de extracción. Si fluye poco gas de extracción a través de la capa biológicamente activa por unidad de tiempo, la descontaminación transcurrirá sólo de forma lenta. Este problema no puede resolverse fácilmente inyectando el gas de extracción a una presión más alta porque el suelo puede agrietarse a altas presiones y el gas de extracción puede elevarse a través de las grietas dando como resultado que el contacto con la capa biológicamente activa y el contaminante no se establezca o no adecuadamente para transformar satisfactoriamente los contaminantes en el gas de extracción.

55

Todavía otra ventaja del proceso según la invención es que el gas de extracción con los contaminantes no, o no virtualmente, entra en contacto con el suelo entre el suelo contaminado y la capa biológicamente activa. De este modo, se puede evitar que los contaminantes se queden rezagados en las capas de suelo que al comienzo del proceso de descontaminación estaban libres de contaminantes que necesitasen ser eliminados o que contuviesen dichos contaminantes en una concentración tal que no requiriesen tratamiento.

Otra ventaja del proceso de acuerdo con la invención es que una capa biológicamente activa discontinua con una relativamente pequeña área superficial total es suficiente para limpiar el suelo contaminado, debido a que el gas de extracción con el contaminante se dirige hacia la capa biológicamente activa como resultado de la aplicación de un medio cuya resistencia es inferior que la del área circundante. Por lo tanto, ya no es necesario aplicar una capa biológicamente activa que se extienda sobre un área amplia. Una capa discontinua es relativamente fácil de aplicar. En una forma de realización del proceso de acuerdo con la invención se instalan una o más tuberías, tuberías que son permeables a los gases y contienen el material biológicamente activo.

En una forma de realización preferida del proceso de acuerdo con la invención el proceso se caracteriza por que el medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante se crea entre un área a ser descontaminada, es decir, el suelo contaminado o parte del suelo contaminado a tratar y una capa biológicamente activa que no limita directamente con el mismo, de manera que se cree un pequeño corte para el gas de extracción que comprende los contaminantes volatilizados. Preferiblemente, el medio se aplicará en línea recta entre el área a ser descontaminada y la capa biológicamente activa. Sin embargo, también es posible introducir una o más curvas en el medio. La capa biológicamente activa estará normalmente situada sobre o directamente en la superficie del terreno, mientras que el suelo contaminado se encuentra directamente debajo a una mayor profundidad, pero esto ya no es necesario en el proceso de acuerdo con la invención porque el gas de extracción con los contaminantes fluirá a la capa biológicamente activa a través del medio cuya resistencia es inferior que la del suelo circundante.

Un medio cuya resistencia es inferior que el suelo circundante se puede crear de varias maneras. En una forma de realización preferida del proceso de acuerdo con la invención, el proceso se caracteriza por que el medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante se crea por secado selectivo de ciertas áreas en el suelo. Por lo tanto, es posible por ejemplo secar capa por capa a profundidades cada vez mayores el suelo localizado debajo de una capa biológicamente activa con la ayuda de un gas que se inyecta a la profundidad deseada hasta que toda la columna de suelo situada por encima del suelo contaminado se haya secado adecuadamente y limpiar posteriormente el suelo contaminado subyacente inyectando el gas de extracción en el mismo. El suelo ha secado adecuadamente cuando la resistencia es tan baja que todo o virtualmente todo el gas de extracción con los contaminantes volatilizados se eleva a través del suelo seco hasta la capa biológicamente activa. El secado del suelo se lleva a cabo preferiblemente con el mismo gas que el gas que se utiliza como gas de extracción y también se puede efectuar con la ayuda de lanzas de inyección que pueden utilizarse también para inyectar el gas de extracción.

El aire se usa preferiblemente como gas de extracción. En el proceso de acuerdo con la invención, el gas de extracción se inyecta preferiblemente a una presión de al menos 1,3 bar, el gas de extracción se inyecta más preferiblemente a una presión superior a 2 bar para que el suelo se seque más rápidamente. El gas de extracción suele inyectarse a una presión no superior a 8 bar.

El uso de aire que se inyecta a mayor presión disminuye la humedad relativa del aire y acelera el proceso de secado.

En una forma de realización preferida del proceso de acuerdo con la invención, el proceso se caracteriza por que el medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante se crea mediante la instalación de al menos una tubería hueca, que puede o no estar llena completa o parcialmente de material que presenta una menor resistencia al gas de extracción que el suelo circundante, tal como por ejemplo arena, grava o material biológicamente activo. Al instalar una tubería entre el suelo contaminado y la capa biológicamente activa se crea un medio con muy baja resistencia al aire. El gas de extracción fluirá preferiblemente a través de la tubería hueca hasta la capa biológicamente activa. Se pueden instalar una o más tuberías dependiendo de la extensión y forma del área contaminada y las tuberías pueden variar en longitud y diámetro. Las partes de la tubería que se encuentran en el suelo contaminado o en la biocapa también pueden estar provistas de perforaciones.

En una forma de realización preferida, el proceso de acuerdo con la invención se caracteriza por que el medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante se forma creando un espacio, por ejemplo, mediante la perforación de al menos un agujero y, opcionalmente, llenando ese agujero total o parcialmente con material que presente una menor resistencia para el gas de extracción que el suelo circundante tal como por ejemplo la arena, la grava o el material biológicamente activo. Preferiblemente, el extremo superior del agujero se sella herméticamente al gas de modo que el gas de extracción con los contaminantes sólo pueda elevarse a la superficie a través de la capa biológicamente activa. Sin embargo, también es posible aplicar el material biológicamente activo en el espacio de manera que el espacio no esté verdaderamente sellado herméticamente al gas, sino que el gas de extracción con los contaminantes fluirá en su mayor parte a través de la capa biológicamente activa antes de que alcance la superficie.

En una forma de realización preferida del proceso de acuerdo con la invención, el material que está presente en el medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante también contiene material biológicamente activo.

5 En una forma de realización preferida del proceso de acuerdo con la invención un medio con una baja resistencia se aplica bajo una capa impermeable en la superficie del terreno de tal manera que el gas con los contaminantes pueda fluir a través de la capa impermeable hasta la capa biológicamente activa. Mediante la creación de un medio cuya resistencia es inferior a la resistencia del suelo circundante bajo la capa impermeable, el gas de extracción tendrá un patrón de flujo diferente y, por lo tanto, permitirá la descontaminación del suelo contaminado en áreas donde sin la colocación de un medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante tal descontaminación no se lograría. La práctica normal no será crear un solo medio con resistencia reducida en una capa impermeable, sino reducir la resistencia en varios lugares. En una forma de realización del proceso de acuerdo con la invención, se instalan una o más tuberías, también conocidas como lanzas de inyección, en una capa impermeable a los gases, las cuales son permeables a los gases y contienen el material biológicamente activo. Con dichas tuberías se crea un medio con resistencia reducida y al mismo tiempo se aplica una capa discontinua biológicamente activa. Las tuberías en las que se combinan las dos funciones, la de reducción de resistencia y la de actividad biológica, se denominarán en lo sucesivo filtros precargados. Además del material biológicamente activo, las tuberías también pueden contener carbón activado.

20 La Figura 1 ilustra esquemáticamente el flujo de gas de extracción inyectado en el terreno para un proceso en el que un medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante no está presente bajo una capa impermeable (ver Fig. 1a) y para un proceso de acuerdo con la invención en el que un medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante está presente bajo una capa impermeable.

25 La Figura 1b ilustra que mediante la creación de un medio cuya resistencia sea inferior que la resistencia del suelo circundante, medio que en la Figura 1b se denomina "capa de conducción de aire", debajo de la capa impermeable, el gas de extracción tendrá un patrón de flujo diferente y fluirá a través de una mayor área de suelo y por lo tanto, permitirá la descontaminación de suelos contaminados en áreas donde sin la colocación de un medio cuya resistencia sea inferior que la resistencia del suelo circundante dicha descontaminación no se lograría.

30 En un proceso para la eliminación de los contaminantes del suelo con la ayuda de un gas de extracción, proceso en el que se crea un medio cuya resistencia es inferior que la resistencia del suelo circundante y en donde el gas de extracción se inyecta a la profundidad o por debajo del contaminante como resultado de lo cual, el contaminante se volatiliza con el gas de extracción y posteriormente asciende a la superficie a través del medio cuya resistencia es inferior que el suelo circundante, también es posible aplicar en o sobre la superficie del terreno una capa que contenga carbón activado o ambos material biológico y carbón activado. Los filtros precargados son particularmente adecuados para aplicar carbón activado y/o material biológicamente activo.

35 Una ventaja del proceso de acuerdo con la invención es que se puede aplicar mientras tiene lugar la construcción en la superficie por encima del suelo contaminado y que también se puede utilizar después de la construcción ha tenido lugar.

40 En las áreas donde el suelo es susceptible de hundimiento y por lo tanto no lo suficientemente estable como para permitir la construcción de, por ejemplo, edificios o carreteras que permanezcan estables con el tiempo, se utilizan a menudo postes que descansan sobre capas subsuperficiales que proporcionan la estabilidad deseada para construir la cimentación sobre los mismos. Normalmente, las cimentaciones que descansan sobre los postes se fabrican de hormigón. Al colocar una cimentación se crea un espacio entre la superficie del terreno y la parte inferior de la cimentación. En el proceso de acuerdo con la invención, un espacio de este tipo, si está presente, se utiliza como medio donde la resistencia del suelo es inferior que la resistencia en el suelo circundante. En una forma de realización, se crea una capa biológicamente activa en uno o más lados de la cimentación, con una profundidad que asegure que haya contacto directo entre el espacio por debajo de la cimentación y la capa biológicamente activa. Posteriormente se inyecta un gas, generalmente aire, dentro o debajo del suelo contaminado. Debido a que el espacio presente bajo la cimentación es un medio cuya resistencia es inferior a la del suelo circundante, el gas fluirá preferentemente hacia ese espacio (véase también la Fig. 1b para la ilustración del patrón del flujo de gas) y después de pasar a través de dicho espacio fluirá hacia la capa biológicamente activa. Por lo tanto, utilizar el espacio que se crea bajo una cimentación que descansa sobre postes permite que el proceso de acuerdo con la invención se lleve a cabo después de que la construcción haya tenido lugar.

55 En las áreas donde el suelo es lo suficientemente estable como para permitir la construcción se utilizan normalmente las llamadas cimentaciones poco profundas. Bajo este tipo de cimentación no hay espacio disponible que pueda ser utilizado como medio donde la resistencia del suelo es inferior que la resistencia en el suelo circundante. En una forma de realización del proceso, este problema se resuelve instalando una esterilla en o sobre el terreno antes de colocar la cimentación, la cual es permeable al gas y tiene una baja resistencia y, sin embargo, es lo suficientemente fuerte para permitir la construcción encima de ella. Dichas esterillas son conocidas en la construcción de, por ejemplo, presas donde sirven para prevenir la erosión. El uso en proyectos de descontaminación, sin embargo, es nuevo y no se enseña ni se sugiere en ninguna parte. Ejemplos de materiales comercialmente disponibles que se pueden utilizar en el proceso de acuerdo con la invención son Enkamat® o Enkadrain®, de Colbond Geosynthetics,

5 en Holanda. Sin embargo, cualquier producto que sea lo suficientemente fuerte para permitir la construcción en la parte superior del mismo, que con el tiempo se mantenga estable y que tenga una resistencia al gas inferior al suelo por debajo del mismo, es adecuado para ser utilizado en esta forma de realización de la invención. Para asegurar que el gas que contiene la contaminación fluya hacia la capa biológicamente activa, la superficie superior y si se desea también uno o más lados de la esterilla se deben sellar con un material impermeable o al menos con un material que presente una resistencia tan alta para el gas que el gas fluya en la dirección deseada, que es hacia la capa biológicamente activa que ha sido colocada adyacente a la esterilla sobre al menos un lado de la esterilla.

10 Las capas biológicamente activas normalmente no son lo suficientemente resistentes para permitir cualquier tipo de construcción pesada, por ejemplo, edificios o carreteras, en la parte superior de la mismas. Mediante el uso de una esterilla tal como se ha descrito anteriormente, esterilla que en su superficie superior es impermeable a los gases o está cubierta por un material impermeable a los gases, puede construirse por ejemplo una carretera encima de la esterilla y los contaminantes presentes en el suelo debajo de la esterilla todavía pueden ser eliminados mediante el proceso de acuerdo con la invención, si los lados de la esterilla están bien sellados o bien en contacto con la capa biológicamente activa.

15 Un problema especial es la descontaminación de una pendiente. Es difícil utilizar de manera fiable una capa biológicamente activa en una pendiente, por ejemplo, porque como resultado de la erosión eólica la capa biológicamente activa se reduce en espesor o porque aplicar una capa biológicamente activa en la pendiente destinada a reforzar una presa debilitaría la pendiente. Sin embargo, al colocar una esterilla como se ha descrito anteriormente en la pendiente y colocar material biológicamente activo en la pendiente en contacto directo con el borde superior de la esterilla, los contaminantes presentes en el gas de extracción pueden ser transformados por el material biológicamente activo en una pendiente, sin afectar la pendiente de una manera que sea perjudicial para su propósito.

25 Un proceso diferente para la eliminación de un contaminante del suelo con la ayuda de un gas de extracción y con una capa biológicamente activa que esté presente en o sobre el suelo es aquel en donde en una primera etapa se coloca una capa biológicamente activa en o sobre el suelo y en una segunda etapa se coloca una esterilla encima de la capa biológicamente activa, que tiene una alta porosidad y cuya superficie superior se ha hecho impermeable, por ejemplo colocando una lámina superior impermeable sobre la esterilla. Esta forma de realización presenta un proceso rentable para eliminar tanto los contaminantes eliminables aeróbicamente tales como los compuestos aromáticos y los contaminantes que no son aeróbicamente transformables, tales como los productos clorados. En los procesos conocidos, esta combinación de contaminantes se elimina mediante el uso de una combinación de inyección de un gas de extracción y extracción de aire del suelo. Esta combinación de técnicas es muy cara. Mediante la utilización de la esterilla, el gas de extracción que contiene ambos tipos de contaminantes pasará primero la capa biológicamente activa, por lo que el contaminante aeróbicamente transformable se transforma al menos parcialmente y a continuación se recoge en el espacio abierto de la esterilla porosa presente encima de la esterilla. Al sellar los lados de la esterilla, con la excepción de uno o más puntos de salida, se pueden conectar fácilmente una o más bombas y utilizarse para bombear el gas que contiene el contaminante que no se puede transformar aeróbicamente a, por ejemplo, un filtro que contiene carbón activado. De este modo, la esterilla permite la recogida fácil de gas sobre la totalidad de la superficie de la capa biológicamente activa, y desde allí, fácil transporte a cualquier tanque de almacenamiento o unidad de purificación deseados.

40

**REIVINDICACIONES**

1. Proceso para la eliminación de los contaminantes del suelo contaminado con la ayuda de un gas de extracción y con una capa biológicamente activa que está presente en o sobre el suelo, el cual proceso comprende las siguientes etapas:
- 5           a. crear en el suelo un medio situado por encima del suelo contaminado y por debajo de una capa impermeable, en donde la resistencia al flujo del medio para el gas de extracción sea inferior a la resistencia al flujo del suelo circundante para el gas de extracción,
- b. inyectar el gas de extracción en el suelo a la profundidad y/o por debajo de los contaminantes,
- c. volatilizar los contaminantes con el gas de extracción,
- 10 después de lo cual el gas de extracción con los contaminantes fluye hacia la capa biológicamente activa a través del medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo del suelo circundante para el gas de extracción.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo para el gas de extracción del suelo circundante se crea entre un área a ser descontaminada y una capa biológicamente activa que no limita directamente con la misma.
- 15           3. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado por que el medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo para el gas de extracción del suelo circundante se crea mediante el secado selectivo de determinadas áreas en el suelo.
- 20           4. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por que el gas de extracción se inyecta a una presión de al menos 1,3 bar.
5. Proceso de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que el gas de extracción se inyecta a una presión de entre 2 y 8 bar.
- 25           6. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por que el medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo para el gas de extracción del suelo circundante se crea mediante la instalación de al menos una tubería hueca entre la capa biológicamente activa y el suelo contaminado.
- 30           7. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, caracterizado por que el medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo para el gas de extracción del suelo circundante consta de un espacio que puede o no llenarse con un material que presente una menor resistencia al flujo para el gas de extracción que el suelo circundante.
8. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, caracterizado por que el medio cuya resistencia al flujo para el gas de extracción es inferior que la resistencia al flujo para el gas de extracción del suelo circundante comprende material biológicamente activo y/o carbón activado.

