



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 066**

51 Int. Cl.:

**B09B 1/00** (2006.01)

**B09B 3/00** (2006.01)

**B09C 1/00** (2006.01)

**C09K 17/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07009927 .0**

96 Fecha de presentación : **18.05.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1992425**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.11.2008**

54

Título: **Procedimiento para el reciclaje de residuos que contienen material plástico.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.07.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.07.2011**

73

Titular/es: **Jost-Ulrich Kügler**  
**Im Teelbruch 61**  
**D-45219 Essen, DE**

72

Inventor/es: **Kügler, Jost Ulrich;**  
**Belouschek, Peter y**  
**Kügler, Katja**

74

Agente: **Fàbrega Sabaté, Xavier**

ES 2 363 066 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el reciclaje de residuos que contienen material plástico

5 **1. Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento para el reciclaje de residuos que contienen material plástico.

10 **2. Estado de la técnica**

Los residuos que contienen material plástico representan un gran problema en la eliminación de residuos. Esto tiene validez tanto para sociedades muy desarrolladas con conceptos establecidos de eliminación de residuos como también para países en vías de desarrollo sin ningún tipo de infraestructura para la eliminación de basuras.

15 Un modo de procedimiento habitual consiste en la incineración de dichos residuos. A este respecto, no obstante, también en el caso de una combustión optimizada en una planta moderna, se generan grandes cantidades de emisiones de CO<sub>2</sub> perjudiciales para el clima, tal como se muestra en la estimación siguiente: Para un contenido habitual de aproximadamente el 50 % al 70 % de TOC (carbonos orgánicos saturados) de residuos que contienen material plástico se tiene para la oxidación (combustión) la siguiente reacción:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$ . Teniendo en cuenta  
20 las masas atómicas de los elementos que toman parte en la misma, carbono (12) y oxígeno (16), se obtiene un factor de 3,66, es decir, la combustión de una tonelada de residuos que contienen material plástico con un contenido del 50 % al 70 % de carbono orgánico saturado da como resultado una emisión de 1,83 t a 2,56 t de dióxido de carbono.

25 Además, en las plantas incineradoras de basura, mediante la adición de residuos que contienen material plástico de buena combustibilidad, se generan frecuentemente sobrecalentamientos que las plantas incineradoras no soportan. En este caso, se añaden lodos residuales húmedos para extinguir la combustión o reducir las temperaturas de combustión, lo que provoca emisiones de CO<sub>2</sub> adicionales considerablemente perjudiciales para el clima -  
30 aproximadamente 1,1 toneladas por tonelada de lodos residuales húmedos (TS 25 a 30).

En las regiones del sur de Europa y en África, por lo general, apenas se incineran las porciones de residuos con alto contenido de plástico, láminas de plástico y desechos de material plástico en plantas adecuadas, sino que el material se almacena, se quema sin llama y se incinera en vertederos junto con el resto de los residuos. La protección y  
35 recultivo de dichos vertederos, que representan costes elevados y costosos conocimientos técnicos, no son económicamente posibles para muchos países en estas regiones.

El documento US 5 014 462 A divulga un procedimiento, según el concepto general de la reivindicación 1, para el procesamiento de suelos para mejorar su permeabilidad frente al agua y el oxígeno. Para mejorar la elasticidad del suelo y para evitar su compactación se añaden al suelo partículas de goma (al menos el 10 % en volumen). Las  
40 partículas de goma tienen un diámetro de entre 0,6 cm y 1,3 cm y se obtienen a partir de neumáticos viejos triturados.

El documento NL 1004801 C2 describe un procedimiento para regular la elasticidad de suelos, en particular de instalaciones deportivas, añadiendo partículas de material plástico. Las partículas de material plástico se Trituran  
45 hasta un diámetro de entre 0,5 cm y 7,5 cm y se añade entre el 2 y el 20 % en volumen al suelo.

El documento FR 2 786 210 A divulga una capa intermedia de gránulos de plástico para mejorar las propiedades de amortiguación de pistas de entrenamiento para caballos. La capa intermedia presenta un espesor de entre 6 cm y 8  
50 cm y el tamaño de grano de los gránulos se encuentra en el intervalo de 1 mm a 6 mm.

El documento FR 2 872 719 A divulga un procedimiento para descontaminar suelo contaminado con petróleo. El suelo contaminado se Tritura hasta un tamaño de grano de aproximadamente 10 cm. A continuación, el suelo contaminado Triturado se introduce en una piletta junto con la adición de una matriz de material plástico y mediante la  
inyección de aire y con agitación se disuelve el petróleo de la tierra y se acumula en el material plástico.  
55

El documento WO 99/09114 A describe la preparación de una mezcla de suelo semisólida de refuerzo para pistas de carreras de caballos que presenta una mezcla acuosa de suelo con fibras discretas de refuerzo. Las fibras se cortan con una longitud de entre 0,5 cm y 50 cm y se añaden, opcionalmente junto con residuos que contienen material  
plástico, al suelo.  
60

El documento FR 2 707 093 A divulga la preparación de una capa con una profundidad de entre 4 cm y 15 cm con propiedades similares a la hierba para pistas de carreras o de entrenamiento de caballos mediante la adición de fibras con una longitud de entre 0,4 cm y 7,5 cm a la capa de arena de la pista en una relación de 1:5 o hasta que se alcancen las propiedades de superficie deseadas de la capa superior.  
65

El documento US 5 397 389 A describe la adición de suelo contaminado a asfalto para la construcción de carreteras.

Los materiales añadidos totales representan entre el 30 y el 50 % en peso y también puede añadirse entre el 0,5 y el 5 % en peso de material plástico triturado con un tamaño de malla < 5 cm o bien < 2,5 cm dependiendo de la capa de la estructura de la carretera.

5 El documento WO 03/046109 A divulga la estructura de un material a base de suelo que, mediante la adición de fibras, produce la estabilización de una capa superior de suelo y mediante la introducción de partículas elásticas de material plástico produce una capa de suelo por debajo de la anterior y que se usa, por ejemplo, para mejorar la durabilidad de pistas de carreras de caballos. Las partículas de material plástico se generan justo antes de su introducción mecánica en el suelo en un tamaño definido a partir de bloques o placas de material plástico.

10 La presente invención se basa, por lo tanto, en el problema de proporcionar un procedimiento general para reciclar dichos residuos que, por una parte, evite las consecuencias perjudiciales para el clima mencionadas anteriormente y, por otra parte, posibilite un uso para trabajos de tierra inofensivo para el medio ambiente y económico. Con ello pueden evitarse al menos algunas de las desventajas de contaminación del medio ambiente mencionadas anteriormente. Las distintas propiedades mecánicas del suelo permiten, en función del tamaño de grano de los residuos que contienen material plástico preparados, un uso de los suelos con aplicaciones positivas variadas.

### 3. Resumen de la invención

20 Según un ejemplo de forma de realización de la presente invención este problema se soluciona mediante un procedimiento según la reivindicación 1. El material de suelo resultante sirve de forma excelente en muchos aspectos para trabajos de tierra y, en particular, para la recultivo o la protección de superficies de vertedero problemáticas.

25 Dado que los sustratos triturados de material plástico o residuos de MBA tratados biológicamente no representan ningún perjuicio para el medio ambiente, el uso recomendado de residuos que contienen material plástico en trabajos de tierra es totalmente inocuo para el medio ambiente. Esto confirma el uso ya conocido de material plástico en el sector de la construcción y agrícola, así como de envases para productos alimentarios.

#### 30 Residuos que contienen material plástico para el recultivo

En un ejemplo se trituran residuos que contienen material plástico en primer lugar mediante corte, desgarrado y/o molido, de tal modo que se obtiene una mezcla con un diámetro de grano  $\leq 45$  mm. Ésta es adecuada para su preparación, añadiendo lodo o limos que contienen arcilla, sólidos, pesados, como suelos de cultivo con buena permeabilidad al aire, dado que éstos para recultivo no pueden usarse o pueden usarse de un modo limitado.

35 Una ventaja importante de estos materiales y mezclas preparados a modo de ejemplo en suelos es que mediante la introducción adicional de residuos preparados que contienen material plástico en suelos de recultivo para aumentar la permeabilidad al aire no se produce simultáneamente un aumento de la permeabilidad al agua, sino que, por el contrario, se logra una función de retención del agua, en parte de bloqueo del agua. La adición de aproximadamente un 30 % en volumen de residuos triturados que contienen material plástico de un diámetro de grano-0 de 0/36 mm en suelos de cultivo limosos (proporción en limo de aproximadamente el 25 %) muestra que después de una ligera compactación el coeficiente de permeabilidad es de  $k = 2$  a  $3 \times 10^{-8}$  m/s. A pesar de ello, se obtiene una buena permeabilidad al aire con unos poros de aire abiertos > 15 %. Sin la adición de residuos plásticos triturados, el coeficiente k de suelos de cultivo que se usan del modo habitual es  $> 1 \times 10^{-7}$  m/s.

#### Residuos que contienen material plástico para la impermeabilización

50 En un ejemplo de forma de realización de la invención se efectúa además un cribado hasta un tamaño de grano  $d \leq 16$  mm, preferentemente  $d \leq 8$  mm, en el que preferentemente los residuos que contienen material plástico en la primera etapa mediante molido y desgarrado contienen del 2 % en peso al 5 % en peso de porciones de polvo con un diámetro de grano < 0,06 mm y del 5 % en peso al 10 % en peso de partículas finas con un diámetro de grano < 2,0 mm. Este material puede aplicarse como suplemento con el 20 % en volumen al 30 % en volumen de lodos arenosos como capa para impermeabilizar y retener agua mediante la obturación de los poros del suelo.

55 En otro ejemplo de forma de realización, un suelo arenoso con el 20 % de proporción de limo y el 80 % de proporción de arena refinado con vidrio soluble con una compactación del 100 % de densidad proctor proporciona un coeficiente de permeabilidad  $k = 3 \times 10^{-9}$  m/s. El mismo suelo con residuos que contienen material plástico triturados (cantidad de adición: 30 % en volumen, diámetro de grano: 0 mm a 10 mm) presenta un coeficiente de permeabilidad de  $k = 2$  bis  $1 \times 10^{-10}$  m/s. El suelo es en su mayor parte hidrófugo.

65 Otro sector de aplicación grande es la protección de vertederos de no incineración en la región mediterránea. En estas regiones, para la protección de vertederos se dispone sólo de rocas sedimentáreas, ya que el suelo cohesivo, debido a su reducido espesor, se necesita urgentemente para recultivo y aprovechamiento agrícola. Se sabe que la roca, triturada o molida hasta un tamaño de grano de 0/16 mm, con adición de cenizas o polvos que unen hidráulicamente y un contenido de agua de mezcla de aproximadamente el 20 % con compactación producen un

coeficiente de permeabilidad de  $k_f \geq 1 \times 10^{-8}$  m/s a  $5 \times 10^{-9}$  m/s. Las capas impermeables de este tipo se usan para la protección de escombreras encendidas debido a su estabilidad térmica.

- 5 Para vertederos de basura doméstica es adecuado, según las normas europeas, para la protección definitiva de una impermeabilización de superficie un coeficiente de permeabilidad de  $k_f \geq 1 \times 10^{-9}$  m/s. La adición mencionada anteriormente de residuos triturados que contienen material plástico de diámetro de grano de 0/10 mm con del 20 % en volumen al 30 % en volumen produce tras mezclar la mezcla de rocas trituradas y las cenizas que unen hidráulicamente, tras compactación al 97 % de espesor proctor un coeficiente de permeabilidad  $k_f \geq 1 \times 10^{-10}$  m/s, de tal modo que también en regiones sin presencia de barro o arcilla con capas de rocas presentes en dichas regiones  
10 pueden elaborarse capas impermeables minerales de alta calidad para la protección de vertederos de forma inofensiva para el medio ambiente y de un modo económico.

#### **Residuos que contienen material plástico para capas ligeras de estabilización y bloqueo**

- 15 En otro ejemplo de forma de realización, el procedimiento comprende una etapa de combinación con del 50 % en peso al 70 % en peso de los residuos que contienen material plástico con cenizas y/o polvos y/o lodos que unen hidráulicamente con compactación posterior del material de suelo dando una capa de protección y bloqueo resistente a la erosión. Esta compactación da como resultado, preferentemente, una densidad en húmedo de  $\gamma_{\text{húmedo}} = 1,20 \text{ t/m}^3$  a  $1,5 \text{ t/m}^3$  o una densidad en seco  $\gamma_{\text{seco}} = 0,9 \text{ t/m}^3$  a  $1,2 \text{ t/m}^3$ . Simultáneamente, en rechazo del agua se  
20 alcanza un valor de k de  $5 \times 10^{-9}$  m/s en promedio. Un material de suelo de este tipo puede aplicarse como suelo de cubierta estable para la protección de superficies de estanques de fangos, vertederos o escombreras, en particular con un pendiente de talud de  $35^\circ$  a  $45^\circ$ . A este respecto, el espesor del suelo de cubierta compactado es, preferentemente, de 0,20 m a 1,00 m. Por ello, puede llevarse a cabo por primera vez, por ejemplo, la estabilidad en pendientes empinadas de escombreras potásicas con pendientes de talud de aproximadamente  $40^\circ$  y una altura de más de 200 m para su protección frente al agua de lluvia con cubierta de césped.  
25

#### **Residuos que contienen material plástico para la consistencia del volumen**

- 30 Mediante la adición del 20 % en volumen al 40 % en volumen de los residuos que contienen material plástico con un diámetro de grano  $\geq 10$  mm a partir de residuos que contienen material plástico, por ejemplo, en suelos cohesivos con una proporción de limo  $\geq 40$  % en peso, diámetro de grano  $< 0,06$  mm y la posterior compactación al 100 % de densidad proctor, no se genera, además, al secar completamente, ninguna contracción superficial, de tal modo que el material presenta una medida alta de consistencia del volumen. Sin la adición de residuos de material plástico preparados, por el contrario, se contraen por ejemplo suelos limosos por un 7 % en volumen hasta un 15 % en  
35 volumen y suelos que contienen arcilla con una porcentaje de arcilla  $> 10$  % en peso, diámetro de grano  $< 0,002$  mm, por  $\geq 15$  % en volumen hasta un 20 % en volumen.

- Al secarse o al desecarse los suelos impermeables minerales aparecen frecuentemente grietas, lo que neutraliza el efecto impermeable. Contra esto, según el estado de la técnica, se superponen sistemas de impermeabilización reforzados con tejido o sistemas de impermeabilización que se superponen con suelo blando de la clase de suelo según la norma DIN 18 300, clase 2, del tipo de suelo blando, para conseguir un efecto reparador eficaz por sí mismo, lo que limita la estabilidad en pendientes.  
40

- 45 Alternativamente a impermeabilizaciones minerales, también se aplican capas de suelo de cultivo de 1,50 m a 2,00 m de espesor sobre la superficie del vertedero con alto comportamiento de absorción frente al agua de lluvia, de tal modo que el suelo de 2,00 m de espesor deba efectuarse un rechazo del agua de lluvia frente al cuerpo del vertedero. La problemática de la aparición de grietas como consecuencia de un secado completo puede, no obstante, evitarse añadiendo residuos que contienen material plástico triturados, preferentemente con una granulación-0 de 0/45/56 mm. Los sustratos mezclados homogéneamente poseen un efecto de armadura con respecto al suelo y evitan la aparición de grietas al secar completamente. Debido a su retención de agua, mencionada anteriormente, en suelos mezclados cohesivos, se evita también al secarse y humedecerse de nuevo la formación de grietas, lo que normalmente limita considerablemente el efecto de absorción de agua.  
50

- 55 Los suelos de cultivo cohesivos con reducida compactación poseen coeficientes de permeabilidad de  $k = 1 \times 10^{-7}$  m/s. Después de secado y nueva humectación se genera la formación de grietas de secado y después de la nueva humectación se obtiene un coeficiente de permeabilidad de  $k = 1 \times 10^{-5}$  m/s a  $1 \times 10^{-6}$  m/s. Si se añaden sustratos de residuos que contienen material plástico a los suelos mencionados anteriormente, estos mantienen su efecto de repelencia del agua en el orden de magnitud de  $k = 1 \times 10^{-8}$  m/s a  $6 \times 10^{-9}$  m/s.

- 60 Los residuos que contienen material plástico que se usan en los procedimiento mencionados pueden contener basuras domésticas, comerciales e industriales y/o de plantas de tratamiento biomecánico (MBA) de residuos y residuos procedentes de arenas clasificadas por cribado y desechos mixtos de la construcción y/o lotes defectuosos de producciones. Por lo tanto, como resultado, estos residuos pueden reciclarse de forma total y neutra para el medio ambiente en grandes cantidades para la recultivo en regiones climáticas templadas y calientes o para capas de protección especiales en trabajos de tierra en beneficio de la protección del agua subterránea para capas de  
65 protección como material de construcción de recambio, en vez de limo o arcilla.

Otras formas de realización del procedimiento de la invención se definen en otras reivindicaciones de patente subordinadas.

#### 5 **4. Breve descripción de la figura**

Fig. 1 Una representación esquemática de una estructura de suelo con sustratos vegetales y residuos tratados que contienen material plástico para la recultivo de regiones desérticas.

#### 10 **5. Descripción detallada de los ejemplos de forma de realización preferentes**

A continuación, primeramente, se explican los campos de aplicación del procedimiento según la invención en general, antes de indicar en profundidad configuraciones especiales a modo de ejemplo. A este respecto, se entiende que pueden usarse aspectos de un ejemplo de aplicación individual también en el caso de otros ejemplos de aplicación, incluso si no se indica explícitamente. Inversamente, no todas las características de procedimiento representadas a continuación en relación con un ejemplo de forma de realización son estrictamente necesarias para llevar a cabo el procedimiento.

Como consecuencia de la protección del medio ambiente necesaria y de las condiciones de protección del medio ambiente que tienen validez en los respectivos países deben recultivarse las zonas contaminadas o los vertederos. Esto tiene validez tanto para zonas de clima templado tales como, por ejemplo, Europa Central, como también para regiones áridas como el sur de Europa o grandes partes de África o Asia. En particular, en estas regiones deben llevarse a cabo esfuerzos considerables para, a gran escala, en las regiones áridas de desiertos y estepas, tomar medidas de recultivo para plantaciones agrícolas, de selva o bosque con mezclas de suelo de estas regiones o artificiales.

Especialmente en Alemania, la salinización del Rin y del Werra por medio de escombreras de sal de aproximadamente 200 m de altura con pendientes de talud de ~40 % representa un problema considerable. Estas escombreras, hasta la fecha, no han podido cubrirse con suelo de modo estable frente a la erosión por precipitaciones ni cubrirse de césped, dado que el suelo de protección y los residuos adecuados no se han tenido a disposición en la medida deseada y la calidad necesaria para llenarla con los mismos y nivelar el talud con una impermeabilización de superficie posterior.

En total, es necesario, por lo tanto, desarrollar suelos artificiales especiales para medidas de protección y recultivo de este tipo, que solucionen este problema del recultivo y de la protección necesario para ello.

##### 1. Medidas de recultivo en regiones de clima templado

Para el recultivo de escombreras o vertederos se añaden sustratos de suelo artificiales procedentes de suelos arenosos limosos de la misma región con la adición de restos vegetales compostados preparados y la adición reducida de lodos residuales y lodos acuosos (del 10 a como máximo el 20 % en peso), de tal modo que las condiciones analíticas correspondientes de protección del medio ambiente que tienen validez para el uso de suelos de cultivo artificiales con el fin de proteger el agua subterránea y el suelo se cumplan. A este respecto, frecuentemente, para proteger vertederos viejos o escombreras, en vez de sistemas de impermeabilización de superficies se aplican mezclas de suelo de cultivo con un espesor > 2,0 m, con la suposición de que éstas retienen las cantidades de agua de lluvia que precipitan de forma absorbiva sin infiltración a través del suelo.

Sin embargo, ensayos de simulación a escala industrial muestran que en los periodos sin vegetación, a pesar de las cubiertas gruesas de suelo de cultivo de este tipo aún se filtran cantidades considerables de agua de hasta del 20 % al 30 % de las cantidades precipitadas en el periodo sin vegetación a través de un suelo de cultivo grueso de aproximadamente 2,0 m. Esto se da como resultado solo por que los suelos de cultivo, como consecuencia de las variaciones climáticas y las variaciones de cantidad de agua, de casi saturadas de agua a secas (invierno y verano), pierden sus propiedades absorbivas con el transcurso del tiempo y se vuelven permeables.

El procedimiento mencionado anteriormente según un ejemplo de forma de realización de la invención puede evitar esto. La introducción de aproximadamente del 15 % al 35 % de sustrato de material plástico con un diámetro de grano de 0/45 mm según el porcentaje de poros de los suelos vegetales da como resultado que el suelo, tanto en estado seco como húmedo, conserve las propiedades de retención de agua y de almacenamiento de agua en beneficio de la absorción. Suelos de cultivo no mezclados con sustratos de material plástico con valores de permeabilidad de  $k = 1 \times 10^{-8}$  cm/s a  $1 \times 10^{-7}$  m/s, por el contrario, después de cambios reiterados entre húmedo y seco, reducen el valor de permeabilidad a  $k \leq 10^{-6}$  cm/s hasta  $10^{-5}$  cm/s.

Por lo tanto, los sustratos de material de MBA, después del tratamiento biológico, pueden usarse para medidas de recultivo generales como mezcla de esponjamiento, ya que la adición a gran escala del 15 % en volumen al 35 % en volumen logra una buena permeabilidad al aire del suelo con poros de aire abiertos  $\geq 15$  % - en particular para suelos limosos muy cohesivos (proporción de limo  $\geq 30$  %, diámetro de grano < 0,06 mm) - y, como capas de suelo

de cultivo gruesas de 1,50 m a 2,00 m, en vez de impermeabilizaciones minerales, poseen propiedades de retención de agua a largo plazo.

5 La adición de sustratos de material plástico en suelos de cultivo mejora además la estabilidad, dado que provocan un aumento de la resistencia al cizallamiento. El valor del cizallamiento de un suelo de cultivo es habitualmente de ( $\phi_E$  28° a 33°. Mediante la adición de un 30 % en volumen de sustratos de material plástico este valor aumenta a  $\phi_E$  38° hasta 42°. Los sustratos de material plástico poseen propiedades de armadura en el suelo. Dependiendo del tipo de suelo y del planteamiento del problema, el tamaño de los sustratos puede establecerse individualmente. Sustratos con un diámetro de grano de 60/100 mm / podrían sustituir estructuras metálica trenzada o capas de agarre caras de PE o HDPE sobre taludes de dique para recultivar. Por lo tanto, también pueden aplicarse capas de suelo de cultivo sobre impermeabilizaciones minerales de modo estable sin medidas de protección a taludes con pendientes de 1:1,5 también en un grosor reducido de  $d = 0,20$  m a 1,00 m como capas impermeables.

15 2. Protección de escombreras y vertederos con taludes altos y empinados

La estabilidad mejorada es, en particular, para la protección de escombreras empinadas como escombreras potásicas, de gran importancia. Las escombreras potásicas tienen típicamente medidas de aproximadamente 1.000 m de ancho hasta 1.500 m de largo, con una altura de  $> 200$  m. Los pendientes de talud son, por lo tanto, de  $\sim 40^\circ$ . Mediante el efecto de precipitaciones y la lixiviación de sales depositadas, se produce un aumento de la salinización del agua subterránea y de los ríos que se encuentran en la región de influencia. Mediante la erosión eólica se produce en los alrededores un perjuicio al medio ambiente considerable. Un cubrimiento seguro de escombreras potásicas con suelo para recultivo no se ha conseguido hasta la fecha a pesar de más de 10 años de investigación y de trabajos de desarrollo. Todas las medidas de recultivo en el denominado "procedimiento de lecho fino" han fracasado. Un cubrimiento y recultivo cubriendo con tierra de modo adecuado para aplanar el talud no es posible, dado que, por una parte, no hay a disposición terreno suficiente, y, por otra parte, las masas de suelo necesarias para ello para aplanar taludes altos no existen.

30 No obstante, mediante el uso de un ejemplo de forma de realización del procedimiento mencionado anteriormente puede prepararse artificialmente un suelo de cubierta para las escombreras potásicas, que cumplan con las reivindicaciones de estabilidad de rechazo de agua y de protección contra la erosión simultáneamente e incluso posibiliten una recultivo mediante la introducción previa de semillas en la región superficial de la capa de estabilización.

35 Con

Sustratos de material plástico del 70 % en volumen de promedio de granulación de diámetro de 0/45 mm o de diámetro de 0/56 mm

40 y 20 % en volumen de material excavado, lodos acuosos o lodos residuales (TS 25 a 30 ó TS 25 a 70)

y 10 % en volumen de arena tal como arena de fundición, arena clasificada por cribado o escoria de combustión de basuras con un diámetro de grano de 0 mm a 8 mm

45 y una estabilización posterior con del 15 % en peso al 30 % en peso, 20 % en peso de promedio (con relación a la mezcla de material mencionada anteriormente) de cenizas y polvo o escoria de crisol que unen hidráulicamente, genera una mezcla de suelo artificial con una buena capacidad de impermeabilización con las propiedades siguientes:

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 50 | 1. peso en húmedo ligero  | $\gamma_t = 1,2 \text{ t/m}^3$ a $1,4 \text{ t/m}^3$   |
|    | 2. peso en seco ligero  | $\gamma_t = 0,9 \text{ t/m}^3$ a $1,05 \text{ t/m}^3$  |
|    | 3. con estabilidad alta: ángulo de fricción                                     | $\phi' < 40^\circ$   |
|    | 4. y ángulo de fricción suplente eficaz de                                      | $S_E \geq 45^\circ$  |
|    | 5. Resistencia a la compresión  | después de 3 días $q_u \geq 150-200 \text{ kN/m}^2$ después de 7 días hasta $400 \text{ kN/m}^2$ |
| 55 | 6. Permeabilidad  | $k_f < 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$   |
|    | 7. constancia de volumen también después de 8 semanas de almacenamiento en agua |  |

60 La alta resistencia al cizallamiento total se atribuye exclusiva al uso de residuos que contienen material plástico como suelo con relleno de los poros de residuos con lodo que contiene agua, que mediante cenizas y polvo que unen hidráulicamente se estabiliza adicionalmente. A este respecto, depende especialmente de la minimización de los aditivos lodo  $\leq 20$  % en peso al 30 % en peso, arena triturada de  $\leq 10$  % en peso al 15 % en peso. Una sobremezcla de los poros de los sustratos que contienen material plástico produce valores no deseados. Las partículas de material plástico actúan como armadura de fibras en el suelo. Además, la mezcla comprimida posee funciones de rechazo del agua, de tal modo que el cloruro que asciende capilarmente mediante recuerdo del suelo a la escombrera salina se retiene con una capa gruesa de aproximadamente 40 cm. Puede producirse la estabilidad de la capa sobre la escombrera potásica con un grosor de capa de 40 cm a 60 cm, especialmente debido a su peso

ligero y a su alta resistencia total al cizallamiento, y el efecto armadura. La aplicación del suelo artificial sobre el talud empinado con compactación puede llevarse a cabo mediante aparatos de trabajo de tierra, adecuados para taludes empinados, guiados por cable. Las alturas echar a granel de montaje son para ello de 30 cm a 40 cm. Además, las capas poseen una buena fertilidad para la siembra de césped. Existe la posibilidad de una capa aparte con las semillas correspondientes para mezclas y por medio de un apisonado ligero aplicarla a la capa de protección.

En la mecánica de suelos natural no se conoce un suelo con propiedades de este tipo. Sólo con un suelo artificial de este tipo es posible recultivar y proteger las escombreras potásicas mencionadas según aspectos económicos.

### 10 3. Recultivo de regiones desérticas en regiones climáticas áridas

En regiones áridas se introducen en los suelos arenosos permeables lodos adecuados o compost para fertilizar o retener el agua. No obstante, como consecuencia de las variaciones climáticas en todo el mundo, debido al aumento de los periodos calurosos y secos en todas las regiones climáticas, estas capas de suelo se calientan y se secan y pierden, a este respecto, mediante secado total y nueva humectación parcialmente su efecto de retención de agua, de tal modo que como resultado se filtra mucha agua.

Otro problema consiste en que en las regiones que limitan con desiertos sólo existen suelos arenosos inorgánicos con alta permeabilidad al agua. Estos suelos arenosos contienen en la mayor parte de las regiones sales en distintas concentraciones. En estas regiones domina la escasez de agua. Al regar de modo habitual las plantas se pierden grandes cantidades de agua mediante evaporación y filtración. En la filtración se disuelven las sales presentes en el suelo del desierto. Ascenden capilarmente y se retienen después de las zonas con raíces. Por este motivo, la plantación de regiones desérticas no tiene durabilidad a largo plazo. También se destruyen frecuentemente las plantas por la erosión del viento.

Por lo tanto, una plantación a largo plazo sólo es duradera si a pesar del calor elevado puede reducirse la cantidad de agua a una medida mínima y evitarse la filtración del agua de riego. Por lo tanto, debajo de la plantación es necesaria una capa de protección contra la filtración y la sal ascendente.

Para lograr estas propiedades de suelo, pueden prepararse, suelos vegetales de aproximadamente 60 cm a 80 cm por debajo de la superficie del terreno, usando un ejemplo de forma de realización del procedimiento indicado anteriormente, preferentemente con la estructura de capa representada esquemáticamente en la Fig. 1, la cual se explica a continuación:

A este respecto, la capa inferior 1 debe ser preferentemente espesa, es decir, que retenga el agua contra la filtración y que bloquee la sal ascendente. En este caso, la introducción de sustratos de material plástico con del 15 % en volumen al 30 % en volumen con un diámetro de grano de 0/10 mm a 0/16 mm en la mezcla de suelo con residuos compostados orgánicos o limo con aproximadamente del 15 % en peso al 30 % en peso y suelo arenoso natural con del 70 % en peso al 85 % en peso da como resultado una capa impermeable con un coeficiente de permeabilidad de  $k = 1 \times 10^{-9}$  m/s a  $k \leq 5 \times 10^{-10}$  m/s, cuando la mezcla de suelo preparada de este modo adicionalmente se compacta a un grosor de capa de aproximadamente 30 cm con un rodillo con revestimiento exterior pulido por vibración, peso del rodillo de 7 t a 10 t, en 3 operaciones.

La capa 2, que se encuentra por encima de la anterior, debe estar mezclada con compuestos orgánicos, ser rica en nutrientes, floja, con buena permeabilidad al aire, pero retener el agua. La adición de sustratos de material plástico del 20 % en volumen al 30 % en volumen de granulaci3n-0 de 0/45 mm en la mezcla de suelo mencionada anteriormente sin compactaci3n da como resultado el aflojamiento para la permeabilidad al aire y simultaneamente una alta capacidad de retenci3n de agua.

Sobre la misma se sitúa una capa de protecci3n vegetal 3a con una capa de suelo 3b, que se encuentra sobre la misma, contra la erosión. A este respecto se trata en su mayor parte de suelos naturales que se preparan tal como sigue:

Zona inferior 3a: la altura de ascensi3n capilar del suelo arenoso natural, mezclado con polvo del desierto es de 60 cm a 100 cm. A este respecto se evaporarían cantidades considerables de agua, ya que la altura de ascensi3n capilar alcanza hasta la superficie. Mediante la introducci3n dirigida de sustratos de material plástico del 5 % al 20 % con una granulaci3n-0 de 0/10 mm puede reducirse la altura de ascensi3n capilar a  $\leq 20$  cm hasta 40 cm, dependiendo de la altura de ascensi3n requerida para la recepci3n de humedad proveniente de la capa 2 para primeras plantaciones jóvenes, véase la Fig. 1;

Zona superior 3b: Capa de rotura de la capilaridad mediante granulaci3n similar y protecci3n contra el sol y protecci3n contra la erosión, el suelo arenoso cargado con el 20 % en volumen al 30 % en volumen de sustratos de material plástico, diámetro de grano de 8/16 mm o 10/45 mm y aproximadamente del 10 % en peso al 15 % en peso de cenizas o polvos que unen hidráulicamente da como resultado una capa de protecci3n, que protege contra la erosión eólica, semisólida, que rompe la capilaridad, en la que pueden cultivarse las plantas.

## 4. Preparación de capas impermeables en regiones climáticas cálidas de Europa del Sur o África

Como resultado de la necesaria protección climática general, estados africanos, por ejemplo Nigeria, han empezado a dedicarse de forma dirigida al reciclaje por medio de una gestión de residuos, lo que especialmente debe reducir de la manera más extensa la solución europea de la incineración de residuos en beneficio de la protección climática. Enfoques similares también tienen validez en estados europeos. En Europa del Sur hay una carencia de suelos limosos y arcillosos, con los que puede construirse impermeabilizaciones de base o de superficie. Los suelos limosos o rocas sedimentarias preparadas no dan como resultado, hasta la fecha, la estanqueidad deseada de  $k < 1 \times 10^{-9}$  m/s para impermeabilizaciones de superficie y de  $5 \times 10^{-10}$  m/s para impermeabilizaciones de base.

No obstante, en las regiones sureñas de Europa y en África existen en los residuos proporciones elevadas de plástico, láminas de plástico y desechos de material plástico de envases, que actualmente casi exclusivamente se almacenan en vertederos con residuos, se queman sin llama y se incineran. Además, se están haciendo, por ejemplo en Nigeria, esfuerzos en este respecto, no como en Europa y Norteamérica, para usar exclusivamente capas impermeables de materiales de HDPE para la fabricación de impermeabilizaciones de base o de superficie con conocimientos técnicos extranjeros. Mejor dicho, tienen la intención de construir capas impermeables duraderas, independientes con los recursos existentes en el país.

Para ello es adecuada la tecnología de impermeabilización desarrollada con suelos cohesivos, mezclados y arenosos mediante el tratamiento de silicatos. No obstante, sólo se alcanzan valores suficientes del coeficiente de permeabilidad  $k < 5 \times 10^{-10}$  m/s cuando la proporción de limo con un diámetro de grano  $\leq 0,06$  mm es  $\geq 40$  %. Pero solo existen suelos arenosos con una proporción de limo del 15 % a un máximo del 25 %. Por medio del refinado con vidrio soluble se lograron con estos suelos y con la compactación correspondiente sólo valores de impermeabilización  $k = 5$  a  $3 \times 10^{-9}$  m/s.

La mezcla de estos suelos con residuos plásticos de un tamaño de grano 0 de 0/8 mm a 0/10 mm, con la adición de un 25 % en volumen a un 30 % en volumen, dio para el mismo aprovechamiento de suelo y refinado con vidrio soluble coeficientes de permeabilidad de hasta  $k_f = 1 \times 10^{-10}$  m/s. Estos valores permanecieron durante un periodo de observación de medio año constantes, incluso en el caso de represas con agua de infiltración del vertedero. Con ello se muestra que también los residuos plásticos seleccionados a mano y triturados posteriormente pueden encontrar un uso económico y adecuado con fines de impermeabilización en zonas de base y para impermeabilizaciones de superficie en África y Europa del Sur.



## REIVINDICACIONES

- 5
1. Procedimiento para reciclar residuos que contienen material plástico en trabajos de tierra con las etapas siguientes:
- 10
- a. triturar los residuos que contienen material plástico a un diámetro de grano  $\leq 100$  mm;
- b. añadir los residuos triturados que contienen material plástico como suplemento a un suelo que contiene limo, de modo que la proporción de residuos que contienen material plástico añadidos al suelo que contiene limo represente del 15 % en volumen al 70 % en volumen; caracterizado porque
- c. los residuos que contienen material plástico se unen con cenizas y escoria y/o polvos y/o lodos que unen hidráulicamente con una compactación posterior del material de suelo.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los residuos que contienen material plástico se Trituran en la etapa a. cortándolos, desgarrándolos y molliéndolos de tal modo que se obtiene una mezcla de sustrato con un diámetro de grano  $\leq 45$  mm.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la proporción de residuos que contienen material plástico añadidos representa, después de la etapa b., del 15 % en volumen al 35 % en volumen y en el que el suelo que se usa en la etapa b., antes de la adición, presenta una proporción de limo  $\geq 15$  %, con un diámetro de grano  $< 0,06$  mm del limo.
- 25
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa a. comprende, además, una etapa de tamizado hasta un diámetro de grano  $\leq 16$  mm, preferentemente un diámetro de grano  $\leq 8$  mm.
- 30
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que los residuos que contienen material plástico contienen en la etapa a., además, mediante molido y desgarrar, del 2 % en peso al 5 % en peso de porciones de polvo con un diámetro de grano  $< 0,06$  mm y del 5 % en peso al 10 % en peso de porciones finas con un diámetro de grano  $< 2,0$  mm.
- 35
6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los residuos que contienen material plástico se Trituran en la etapa a. hasta un diámetro de grano de 0/10 mm a 0/16 mm y el suelo, después de la etapa b., presenta del 15 % en volumen al 30 % en volumen de residuos que contienen material plástico y el suelo, antes de la adición de la etapa b., presenta del 15 % en peso al 30 % en peso de residuos o lodos compostados orgánicos y del 70 % en peso al 85 % en peso de suelo arenoso.
- 40
7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la compactación posterior da como resultado una densidad en húmedo de  $\gamma_{\text{húmedo}} = 1,2 \text{ t/m}^3$  a  $1,5 \text{ t/m}^3$  o una densidad en seco  $\gamma_{\text{seco}} = 0,9 \text{ t/m}^3$  a  $1,2 \text{ t/m}^3$ .
- 45
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que los residuos que contienen material plástico en la etapa a. se Trituran hasta un diámetro de grano de 0/45 mm o un diámetro de 0/56 mm y el suelo, después de la etapa b., presenta en promedio del 60 al 80 % en volumen de residuos que contienen material plástico, del 15 al 25 % en volumen de material excavado, lodos acuosos y lodos residuales y del 5 al 15 % de arena con un diámetro de grano de 0 mm a 8 mm, en el que los residuos que contienen material plástico poseen una función de armadura en beneficio de la estabilidad y la seguridad frente al deslizamiento.
- 50
9. Procedimiento según la reivindicación 8, que además comprende una etapa de estabilización mezclando el suelo acabado después de la etapa b. con un 15 % en peso a un 30 % en peso de cenizas, polvos y escorias que unen hidráulicamente.
- 55
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9 que además comprende la etapa de aplicar el material de suelo como suelo de cubierta estable para la protección de superficies de estanques de fangos, vertederos o escombreras, en particular con un pendiente de talud de  $35^\circ$  a  $45^\circ$ .
- 60
11. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el espesor del suelo de cubierta compactado es de 0,2 m a 1,00 m.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los residuos que contienen material plástico comprenden residuos procedentes de desechos domésticos, comerciales e industriales y/o de plantas de tratamiento de residuos mecánicas y biológicas, residuos procedentes de arenas clasificadas por cribado o desechos mixtos de la construcción y/o de lotes defectuosos de producciones.

Fig. 1

