

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 915**

51 Int. Cl.:

**B63B 35/44** (2006.01)  
**B63B 21/29** (2006.01)  
**B63B 43/14** (2006.01)  
**E02B 17/00** (2006.01)  
**F03D 13/20** (2006.01)  
**B63B 9/06** (2006.01)  
**B63B 21/50** (2006.01)  
**B63B 21/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2006 E 06014136 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 1876093**

54 Título: **Aerogenerador con cimentación flotante en alta mar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.03.2020**

73 Titular/es:  
**GICON WINDPOWER IP GMBH (100.0%)**  
**Tiergartenstrasse 48**  
**01219 Dresden, DE**

72 Inventor/es:  
**NEUMANN, MICHAEL, DR. y**  
**SCHLESINGER, BODO**

74 Agente/Representante:  
**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 749 915 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

Aerogenerador con cimentación flotante en alta mar

5 La invención se refiere a un aerogenerador con cimentación flotante en alta mar.

La cuota de generación de energía renovable se incrementará significativamente en todo el mundo en las próximas décadas. Entre otras cosas, está prevista la construcción de los llamados parques eólicos marinos. En estos parques eólicos marinos, los aerogeneradores individuales no se instalan en tierra, sino en el agua, especialmente cerca de la  
10 costa. Sin embargo, la instalación de estos aerogeneradores marinos es comparativamente costosa y está asociada a riesgos. Esto es especialmente cierto porque las estructuras de cimentación de los aerogeneradores que ya se utilizan en la tecnología marina para las industrias del gas y el petróleo y que han demostrado su eficacia en la práctica no pueden adoptarse desde un punto de vista económico. Para las centrales eólicas que se construyen cerca de la costa, la llamada zona costera, la estructura de cimentación utilizada hasta ahora ha sido preferiblemente tubos de  
15 acero apisonado de gran diámetro (los llamados monopilotos). Sin embargo, debido a las grandes profundidades de sujeción y a los grandes diámetros de tubo requeridos, este tipo de estructura de cimentación sólo es adecuada para profundidades de agua limitadas. En el caso de cargas cíclicas, horizontales, por ejemplo, debido a los témpanos de hielo, también existen problemas mecánicos del suelo no resueltos. A mayores profundidades de agua, actualmente se utilizan principalmente estructuras de cimentación de tres patas (los denominados trípodes) o estructuras tubulares  
20 de acero en forma de celosía (las denominadas estructuras de chaqueta). Estos se colocan en el fondo del mar y se fijan en el subsuelo con pilotes hincados. El estado del terreno o del subsuelo del edificio es la dimensión decisiva para las estructuras de cimentación. Debido a su peso comparativamente grande y a las estructuras complicadas, estas estructuras de cimentación son técnicamente factibles, pero básicamente poco rentables. Por ejemplo, el peso total de una estructura de trípode a 40 m de profundidad es de más de 1500 toneladas. Todas las estructuras de  
25 cimentación anteriores solo se pueden construir con poco oleaje y están permanentemente bien conectadas al subsuelo. Para reparar las conocidas estructuras de cimentación, estas deben ser desmontadas en partes individuales. Estas medidas deben llevarse a cabo en el lugar de la construcción y a menudo bajo el agua, cerca del lecho marino.

Por ello, desde hace algún tiempo se está trabajando en el desarrollo de las denominadas cimentaciones flotantes en  
30 alta mar. En estas cimentaciones, un cuerpo de flotación flotando en el agua y anclado al fondo del mar con medios de tracción debe generar suficiente fuerza de flotación para soportar el peso de un aerogenerador. Dado que la zona de la cabeza de los aerogeneradores solo debe estar sometida a una deflexión limitada para un funcionamiento seguro, todavía no ha sido posible crear unas cimentaciones flotantes en alta mar que sean lo suficientemente estables, que pueda erigirse incluso con olas altas y que también sean más fáciles de reparar. La cimentación en alta mar que se  
35 va a crear también debe ser utilizable desde una profundidad de agua de aprox. 25 m, independientemente de la naturaleza del subsuelo.

La publicación DE 100 34 847 A1 contiene, por ejemplo, un dispositivo y un método conocidos para el posicionamiento fijo de aerogeneradores en el agua. El dispositivo tiene al menos un cuerpo de flotabilidad que sirve de cimiento o  
40 plataforma para el aerogenerador y, en particular, está diseñado como un cuerpo hueco, que se mantiene en una profundidad de agua predeterminada mediante anclaje.

La publicación GB 2 110 601 A describe unas cimentaciones flotantes en alta mar con una estructura de soporte y elementos de soporte. Estos se conectan entre sí de forma estanca por medio de uniones. Además, hay cuerpos de  
45 flotabilidad que generan fuerzas de flotabilidad que contrarrestan la fuerza del peso.

La publicación GB 2 378 679 A revela una plataforma flotante para aerogeneradores donde el mástil del aerogenerador puede extenderse telescópicamente.

50 De la publicación GB 2 025 337 A se conoce un anclaje de peso para sostener una cimentación flotante en alta mar, que está diseñada con una cubierta exterior rellenable. Dispone de varias cámaras para ser llenadas individualmente. En el estado sin llenar es flotante.

La publicación US 4 922 847 A contiene un anclaje de peso formado por una red llena de piedras.

55 La publicación US 5 435 262 A muestra una plataforma submarina sumergible con al menos un tanque de almacenamiento de petróleo y un elemento de apoyo central fijo. La plataforma también incluye una cubierta que se acopla al elemento de apoyo y varios cuerpos de flotación.

60 La publicación FR 2 429 705 A1 se refiere a pontones, estabilizadores y otros buques equipados con un cuerpo de flotación. El cuerpo de flotación tiene una cubierta exterior rígida rellena con un material de celda cerrada de muy baja densidad. El material también puede ser autoespumante. El objetivo es crear un cuerpo de flotación insumergible.

Uno de los objetos de la invención es proporcionar una turbina de viento con una cimentación flotante en alta mar, con la cual se pueda instalar desde el punto de vista técnico y económico una turbina de viento en el área offshore y, al mismo tiempo y si es necesario, que se pueda desinstalar de nuevo en cualquier momento. Además, la cimentación  
 5 flotante en alta mar debe ser lo más independiente posible del subsuelo para reducir al mínimo los costosos estudios del subsuelo y, en particular, los trabajos en la zona subacuática.

La tarea se realiza con un aerogenerador con una cimentación flotante en alta mar según la reivindicación 1. Las formaciones ventajosas de la invención se definen en las subreivindicaciones.

10

Un aerogenerador con cimentación flotante en alta mar comprende el aerogenerador, una estructura de soporte compuesta en su totalidad por elementos tubulares huecos que se conectan entre sí de forma estanca mediante nodos, y una región central que sostiene el aerogenerador en forma de varias patas con una zona de pie inferior exterior, donde la pata múltiple tiene una cabeza formada en ella como elemento de acoplamiento por encima de la superficie  
 15 del agua y con la que se conectan las patas de la pata múltiple entre sí, y la parte inferior de las dos patas adyacentes de la pata múltiple están conectadas por una varilla transversal hueca y flotante con la que el peso de la carga a soportar se dirige hacia abajo y que tiene una parte inferior que se encuentra bajo el agua cuando se ancla la cimentación en alta mar, y los elementos de tracción, donde por debajo de la parte inferior de la parte exterior de la estructura de soporte se forman porciones de bisagras para sujetar los elementos de tracción con los que se puede  
 20 anclar la cimentación en alta mar.

Además, existen cuerpos de flotabilidad bajo el agua, con los que se genera una fuerza de flotabilidad que contrarresta la fuerza del peso. Los cuerpos de flotación están dispuestos por encima de la parte inferior de la estructura de soporte. Se proporciona un anclaje con al menos un anclaje de peso para mantener los cuerpos de flotación a una profundidad  
 25 predefinida por debajo de la superficie del agua, donde el anclaje de peso está provisto de una cubierta exterior rellenable de hormigón armado con varias cámaras que deben rellenarse individualmente. Por lo tanto, la cubierta exterior del anclaje de peso puede flotar en estado de vacío. La cubierta exterior del anclaje de peso está adaptada para que se inunde con agua a fin de que baje hasta el fondo del mar. Además, la cubierta exterior del anclaje de peso está adaptada para contener un material que tiene una gravedad específica mayor que el agua.

30

Con su sección inferior, la estructura de soporte forma una especie de "quilla" estabilizadora, de modo que se consigue una posición flotante especialmente estable de todo el aerogenerador. Además, el conjunto de la cimentación en alta mar es tan boyante que, en esencia, puede ser transportado a su lugar de construcción por flotación.

35

La estructura de soporte, que conduce la fuerza del peso hacia abajo, está hecha enteramente de elementos de soporte huecos, en particular tubulares. Los elementos de soporte de la estructura de soporte tienen una doble función: por un lado, soportan la carga y, por otro, sirven como cuerpos de flotabilidad. Con todo, este tipo de cimentación en alta mar se puede fabricar de una manera especialmente optimizada en cuanto a materiales. Los elementos de soporte se diseñan preferiblemente y se mampan como tuberías, en particular de acero. Para poder realizar controles de  
 40 fugas en el interior de las tuberías, estas están diseñadas para ser transitables. Para poder hacer frente a las fuerzas estáticas y dinámicas que actúan sobre las tuberías de forma selectiva, las tuberías también se diseñan ventajosamente con diferentes espesores de pared.

40

Los elementos de soporte tubulares de la cimentación en alta mar también están conectados herméticamente por medio de nodos de unión. Por un lado, esto permite diseñar los nodos como componentes adicionales, que pueden ser especialmente adaptados a las necesidades como elementos de conexión. Además, los nodos pueden tener aberturas pasantes para desplazarse de uno de los elementos de soporte a otro. Por razones de coste, los nodos se diseñan preferiblemente como piezas idénticas. Además, a diferencia de los elementos de soporte, que se diseñan preferentemente como tuberías de acero, los nodos pueden ser piezas fundidas, piezas de hormigón armado, piezas  
 50 de plástico reforzado con fibra de vidrio o de aluminio. Para conseguir una posición estable de la cimentación flotante en alta mar conforme a la invención después de que haya sido anclada, es también ventajoso formar un área de articulación debajo del área inferior externa de la estructura de soporte para sujetar un elemento de tensión con el cual la cimentación en alta mar se puede anclar bajo el agua. El elemento de tensión se engancha en el punto más bajo de la cimentación en alta mar, en particular directamente debajo de al menos un elemento de flotabilidad provisto en  
 55 la misma. En otras palabras, el elemento de tensión se enganchará exactamente al área de la estructura de soporte de la cimentación en alta mar donde se genera una elevada fuerza de flotación por medio de un cuerpo de flotación. Esto resulta en una fuerza de flotación que actúa verticalmente en el área de articulación del elemento de tensión y es particularmente ventajoso si el propio elemento de tensión está alineado verticalmente hacia abajo.

55

60

A fin de lograr la rigidez necesaria para la cimentación flotante en alta mar, la estructura de soporte en su zona central se diseñará como una pata múltiple de soporte de carga con al menos tres patas. El área central es la sección de la cimentación en alta mar que se extiende entre el área de fijación de la carga que se debe soportar y el área ya

mencionada del extremo inferior de la cimentación en alta mar, vista en la dirección vertical de la instalación total. La mencionada pata múltiple es particularmente un trípode cuyas patas conforman un ángulo de aproximadamente 50° a aproximadamente 70°, preferentemente aproximadamente 60°, de modo que se forman triángulos equiláteros con los elementos de soporte de esta sección de la estructura de soporte.

5 Además, el aerogenerador está equipado con una estructura de soporte con la que el peso de la carga se dirige hacia abajo y que está diseñada, al menos en secciones, como una pata múltiple que soporta la carga. Esta solución también tiene un brazo que sobresale hacia afuera en un área externa e inferior de la pata de la pata múltiple. Este tipo de estructura de soporte para una cimentación en alta mar es especialmente ventajoso en lo que se refiere a la construcción modular de la estructura total, ya que puede diseñarse con elementos de soporte diseñados como piezas comunes, nodos y, si es necesario, brazos propios para los más diversos tipos de cargas a soportar. En particular, la longitud de los brazos de proyección exterior entre los diferentes tipos de aerogeneradores a soportar puede adaptarse para proporcionar diferentes tipos de cimentaciones en alta mar. Además, esta forma de una estructura de soporte para una cimentación en alta mar es particularmente ventajosa con respecto a la estabilidad deseada en el estado anclado. Los brazos de proyección exterior contribuyen considerablemente a esta estabilidad, especialmente en lo que se refiere a las fuerzas horizontales que actúan sobre una góndola del aerogenerador asociado. El brazo o brazos de proyección exterior preferiblemente se extienden horizontalmente hacia afuera. También tienen un diseño hueco ventajoso, de modo que actúan como cuerpos de flotación. Además, preferentemente se conectan como tubos con un diámetro mayor que un travesaño que conecta las patas de la pata múltiple mencionada anteriormente en el área de la pata. La longitud de los brazos es preferentemente aproximadamente igual a la distancia entre el centro o eje vertical de la cimentación en alta mar y el punto de unión de los brazos de proyección exterior en la zona exterior inferior de la pata múltiple. En el caso de una pata múltiple formada por triángulos equiláteros, esto corresponde a aproximadamente 2/3 de la longitud de las patas de la pata múltiple.

25 La pata múltiple antes mencionada preferentemente tiene una cabeza o nodo superior formado en la parte superior con el cual las patas de la pata múltiple están conectadas entre sí. La cabeza desempeña preferentemente varias funciones al estar diseñada como un nodo que conecta los elementos de soporte de la estructura de soporte y al mismo tiempo como un elemento de acoplamiento o un módulo de acoplamiento para la carga a soportar. Se diseña preferiblemente como un adaptador para esta carga, que se coloca por encima de la superficie del agua en el estado anclado de la cimentación en alta mar.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la mencionada pata múltiple preferiblemente está cerrada en su área del pie, lo que significa que las áreas inferiores de la pata están conectadas por dos patas adyacentes de la pata múltiple por medio de un travesaño. El travesaño de este tipo es preferiblemente hueco y actúa como cuerpo de flotación. Se extiende tangencialmente en un plano transversal hasta el eje vertical de la cimentación en alta mar con un diseño preferido de la estructura de soporte.

Para el anclaje, el anclaje de peso se proporciona para mantener el cuerpo de flotación a una profundidad predefinida por debajo de la superficie del agua, ya que el anclaje de peso está diseñado con una cubierta exterior rellenable. Es importante que el anclaje de peso se pueda llevar al sitio de montaje de la cimentación en alta mar en una condición comparativamente ligera y que se pueda pesar allí abajo llenando su cubierta externa de tal manera que se hunda y, por lo tanto, desarrolle su función de retención.

Es particularmente preferible que la cubierta exterior del anclaje de peso esté diseñada para flotar en condiciones de vacío, al menos parcialmente. Esto es posible, por ejemplo, si la carcasa exterior tiene forma de caja, donde la cavidad de la caja genera la elevación necesaria. Se coloca un material pesado en la caja para su descenso. El agua también se puede utilizar de forma especialmente ventajosa como material pesado, ya que la cubierta exterior del anclaje de peso está adaptada para que se inunde con agua y pueda descender hasta el fondo del mar. La cubierta exterior o la caja del anclaje de peso es preferiblemente de hormigón armado, de modo que en su estado rebajado forme un peso tan grande que las fuerzas de retención requeridas sean suficientes para tensar la estructura de soporte antes mencionada con sus cuerpos de flotación a una profundidad de agua predefinida.

Como alternativa o de modo adicional, la cubierta exterior del anclaje de peso está preferiblemente adaptada para contener un material que tiene una gravedad específica más alta que el agua. Este material actúa entonces adicionalmente como lastre, de modo que se pueden proporcionar fuerzas de retención aún mayores. El lastre se forma preferentemente con un relleno de piedra, un relleno de hormigón o un relleno de piezas de hormigón.

Por razones de seguridad, la carcasa exterior del anclaje de lastre de peso diseñarse preferiblemente con varias cámaras que deben rellenarse individualmente. La estructura de la cámara también se utiliza para colocar cargas especiales en secciones individuales de un anclaje de peso que yace plano en el lecho marino. Además, las cámaras se pueden inundar o pesar individualmente, lo que facilita el manejo del anclaje de peso durante el proceso de descenso.

Por lo tanto, también es preferible que se formen varias cámaras individuales a rellenar alrededor de un área central formada en el anclaje de peso. El anclaje de peso se diseña preferiblemente con un total de nueve cámaras, que están dispuestas en tres filas una al lado de la otra, de tal manera que hay ocho cámaras más, que deben llenarse durante el proceso de descenso, alrededor de una cámara que se encuentra en el centro y que sirve como punto de fijación para el anclaje de peso.

Las ventajas antes mencionadas de la estructura de soporte, incluido el cuerpo de flotación y/o el anclaje de peso de la cimentación en alta mar, se aprovechan al máximo fabricando estos componentes, en particular, en un puerto en una grada o dique seco, desde donde pueden ser transportados fácilmente al agua y al lugar de montaje de la cimentación en alta mar. Como alternativa o de modo adicional, los componentes mencionados pueden ser elevados al agua con una grúa, ya sea en su totalidad o en partes individuales.

Otro método ventajoso de fabricación de los componentes anteriores es su fabricación en un sistema de pontones con un dispositivo de descenso. Es importante tener en cuenta que el pontón puede descender automáticamente a medida que se completa la estructura de soporte, incluido el cuerpo de flotación y/o el anclaje de peso fabricado allí.

En el caso de una formación adicional ventajosa, la estructura de soporte tiene zonas exteriores inferiores. Los cuerpos de flotación están dispuestos esencialmente por encima de estas zonas exteriores de los extremos inferiores. Esta disposición de los cuerpos de flotación proporciona una estabilización especial de la cimentación flotante en alta mar en relación con su eje vertical en el área radialmente exterior y, por lo tanto, aumenta la estabilidad del aerogenerador durante el transporte y después del anclaje.

A fin de poder fabricar los cuerpos de flotación previstos con un gran volumen de flotabilidad de una manera materialmente favorable, estos suelen tener de manera ventajosa forma de globo o de gota o esféricos. Además, se suministran preferentemente varios cuerpos de flotación, con los que se pueden generar fuerzas de flotación específicas en determinadas zonas de la estructura de soporte de la cimentación en alta mar y, en caso necesario, también se puede garantizar una redundancia de estas fuerzas. El número de cuerpos de flotación es de al menos tres y es preferible que sea un número impar.

Con respecto a una posición flotante permanentemente segura de la cimentación en alta mar, también es ventajoso que en su interior los cuerpos flotantes dispongan de varias cámaras estancas a los líquidos separadas entre sí. Esto crea redundancia en caso de fuga de cámaras individuales o en caso de accidente.

Para evitar que los cuerpos de flotación de la cimentación en alta mar se llenen de agua, por ejemplo en caso de naufragio, y por lo tanto que se hundan, resulta ventajoso que los cuerpos de flotación se llenen total o parcialmente en su interior con un material sólido que tenga un peso específico inferior al del agua y que no pueda ser disuelto por el agua. Este material evita que el agua entre en el cuerpo de flotación y asegura que el cuerpo de flotación proporcione al menos una fuerza de flotación mínima.

Para asegurar que los cuerpos de flotación se fabrican de forma rentable, por un lado, y que cumplen los requisitos que se les exigen, por otro lado, estos pueden diseñarse ventajosamente con una carcasa exterior y una carcasa interior estanca dispuestas en su interior. La carcasa exterior puede estar equipada ventajosamente con una red, que ofrece suficiente resistencia contra las influencias ambientales externas. La carcasa interior está hecha preferiblemente de un material flexible, que puede soportar la presión interna en el cuerpo de flotación.

A continuación, se explica un ejemplo de un aerogenerador con cimentación flotante en alta mar con más detalle utilizando las figuras adjuntas.

50 **Muestran:**

- Fig. 1: vista frontal del ejemplo de cimentación flotante en alta mar con una torre apoyada sobre ella,
- Fig. 2: vista lateral II-II según la figura 1,
- Fig. 3: vista superior III-III según la figura 1,
- 55 Fig. 4a: vista lateral de la mitad superior de la torre según la figura 1,
- Fig. 4b: vista longitudinal del detalle IVb según la figura 4a,
- Fig. 4c: vista longitudinal del detalle IVc según la figura 4a,
- Fig. 5a: vista lateral de la mitad inferior de la torre según la figura 1,
- Fig. 5b: vista longitudinal del detalle Vb según la figura 5a,
- 60 Fig. 5c: detalle de una boca de inspección en el extremo inferior de la mitad inferior de la torre según la figura 5a,
- Fig. 5d: vista transversal Vd-Vd según la figura 5c,
- Fig. 6a: vista longitudinal de la torre según la figura 1,

- Fig. 6b: vista transversal VIb-VIb según la figura 6a,  
 Fig. 6c: vista VIc-VIc según la figura 6a,  
 Fig. 6d: vista transversal VI d-VI d según la figura 6a,  
 Fig. 7a: vista lateral de un tubo central del nodo para fijar la torre al resto de la cimentación en alta mar, como se muestra en la figura 1,  
 Fig. 7b: vista longitudinal del detalle VIIb según la figura 7a,  
 Fig. 8a: vista lateral de las conexiones en el tubo central del nodo según la figura 7a,  
 Fig. 8b: vista superior VIIIb-VIIIb según la figura 8a,  
 Fig. 8c: vista lateral VIIIc-VIIIc según la figura 8a,  
 Fig. 9: vista lateral de un tubo de soporte inclinado de la cimentación en alta mar según la figura 1,  
 Fig. 10a: vista frontal de un nodo subacuático en el extremo inferior del tubo de soporte inclinado según la figura 9,  
 Fig. 10b: vista en planta Xb-Xb según la figura 10a,  
 Fig. 10c: vista lateral Xc-Xc según la figura 10a,  
 Fig. 11: vista lateral de una barra transversal de la cimentación en alta mar según la figura 1,  
 Fig. 12a: vista lateral desde la izquierda de una conexión en el extremo izquierdo de la barra transversal según la figura 11,  
 Fig. 12b: vista lateral desde la izquierda de una conexión en el extremo derecho de la barra transversal según la figura 11,  
 Fig. 12c: vista lateral desde la derecha de la conexión según la figura 12b,  
 Fig. 12d: vista lateral desde la derecha de la conexión según la figura 12a,  
 Fig. 13a: vista lateral del brazo de la pluma horizontal de la cimentación en alta mar según la figura 1,  
 Fig. 13b: vista XIIIb-XIIIb según la figura 13a,  
 Fig. 13c: vista lateral de la vista según la figura 13b,  
 Fig. 14a: vista frontal de un cuerpo de flotación de la cimentación en alta mar según la figura 1,  
 Fig. 14b: vista superior XIVb-XIVb según la figura 14a,  
 Fig. 14c: vista lateral XIVc-XIVc según la figura 14a,  
 Fig. 15a: vista en perspectiva de la cimentación en alta mar y de la torre a la que está unida según la figura 1,  
 Fig. 15b: vista superior para una vista en perspectiva según la figura 15a,  
 Fig. 15c: vista lateral XVc-XVc según la figura 15b,  
 Fig. 15d: vista lateral XVd-XVd según la figura 15b,  
 Fig. 16: vista detallada de un anclaje de peso de la cimentación en alta mar según la figura 1 y la figura 15a y  
 Fig. 17: vista detallada de un elemento de tensión para la fijación del anclaje del peso a la estructura de soporte de la cimentación en alta mar según la figura 1 y la figura 15a.

En las figuras adjuntas se ilustra una cimentación en alta mar 10, que sirve para el soporte flotante de una carga 12 en forma de torre para un generador no representado junto con un impulsor de un aerogenerador. La cimentación en alta mar 10 está formada por una estructura de soporte 14 de puntales o varillas, la cual está esencialmente sumergida en agua 16 y fijada en sus extremos exteriores inferiores 18 a los anclajes 22 a través de medios de tracción 20. La estructura de soporte 14 es completamente hueca o está rellena con un material que tiene un peso específico inferior al del agua. Esto genera una fuerza de flotación que es retenida por los anclajes de peso 22.

Los anclajes de peso 22 se colocan en el fondo 24 bajo el agua 16 y se sumergen a través de una capa de barro 26 allí presente.

Para conseguir una posición especialmente estable para la cimentación en alta mar 10 formada de esta manera de forma rentable y también para poder construir y montar la cimentación en alta mar 10 de forma especialmente rentable, los cuerpos de flotación 28 se forman cada uno por encima de las zonas exteriores inferiores 18 de la estructura de soporte 14, de forma que la estructura de soporte 14 queda suspendida de estos cuerpos de flotación 28. Los cuerpos de flotación 28 se colocan verticalmente en el agua 16 gracias al medio de tracción 20 y el anclaje de peso 22 de tal manera que todavía están por debajo de una línea de agua 30, que indica el nivel medio del agua y también por debajo de la llamada onda de diseño de cien años, que se representa con el signo de referencia 32.

Las figuras 4a a 6d ilustran con más detalle la torre que constituye esencialmente la carga soportada sobre la cimentación en alta mar 10. La torre consta de una sección superior de torre tubular 34, en cuyo extremo superior se forma una brida de cabeza 36. La brida de cabeza 36 está formada por una sección de anillo 38 con una sección de pared de tubo 40 adyacente a su extremo inferior e intercalada con un gran número de agujeros alineados verticalmente 42. En el extremo inferior de la sección 34 de la torre superior también se forma una brida de conexión 44 en la sección 40 de la pared de la tubería con una sección de anillo 38. Tal brida de conexión 44 también se forma en una sección inferior de la torre 45 por debajo de la sección superior de la torre 34 cuando se monta. La sección inferior de la torre 45 también tiene una brida de pie 46 en su extremo inferior, que a su vez tiene una sección de anillo 38 adyacente a una sección de pared de tubería 40 de la sección inferior de la torre 45. La sección de anillo 38 de la brida de pie 46 se intercala de nuevo con los orificios 42. Las diferentes secciones de la torre 34 y 45 pueden

atornillarse entre sí y a los elementos constructivos adyacentes mediante los 42 orificios mencionados. En la sección 45 de la torre inferior también hay una boca de inspección 48 en el extremo inferior, que se ilustra en las figuras 5c y 5d. La boca 48 está diseñada con un marco 50, que se inserta en la sección 40 de la pared de la tubería de la sección 45 de la torre inferior. Este marco 50 tiene un borde superior y otro inferior arqueado, mientras que sus dos lados son  
5 rectos.

Las figuras 6a a 6d muestran que la sección superior de la torre 34 y la sección inferior de la torre 45 están diseñadas con las plantas 52 en el interior, a las que se puede acceder a través de las escaleras de amarre 54 y/o un ascensor 56. Además, la sección superior de la torre 34 y la sección inferior de la torre 45 están intercaladas por un pilón 58, a  
10 lo largo del cual se pueden colocar tuberías que no se muestran aquí, desde el pie de la torre hasta la zona de la cabeza. La torre construida de esta manera tiene una altura de aprox. 60 m y un diámetro de aprox. 4 m en su base, por lo que la base de la torre se encuentra en estado montado a aprox. 10 m a aprox. 12 m por encima de la línea de flotación 30, mientras que el extremo exterior inferior 80 está dispuesto en la estructura de soporte 14 a aprox. 13 m por debajo de esta línea de flotación 30.

15 Las figuras 7a a 8c ilustran una cabeza o nodo de cabeza 60 de la estructura de soporte 14 situada inmediatamente debajo del pie de la sección 45 de la torre inferior. La cabeza 60 está diseñada con un tubo central 62, en el extremo superior de la cual una brida de pie 64 con agujeros verticales 66 formados en el mismo colinda con una sección de pared de tubo 68 del tubo central 62. Además, en el tubo central 62 se forman un total de tres toberas de conexión  
20 orientadas hacia abajo en diagonal 70, distribuidas uniformemente sobre la circunferencia exterior del tubo central 62. Cada una de estas piezas de conexión se proyecta desde el eje vertical del tubo central 62 en un ángulo de aproximadamente 30 grados cada una. Además, en el tubo central 62 hay tres bocas de inspección 72 para permitir el acceso desde el interior del tubo central 62 al interior de los tubos de conexión 70.

25 La figura 9 muestra un elemento de soporte inclinado o una barra de soporte 74 que forma una pata de un trípode 76 que se encuentra debajo de la cabeza 60. El elemento de soporte inclinado 74 está formado por una pieza de unión superior 78, que se introduce en una de las piezas de unión 70 y se fija allí de forma estanca. A la sección de conexión superior 78 le sigue una sección central cónica 80 y una sección de conexión inferior más ancha 82. En la sección de conexión inferior 82 se forman dos aberturas 84. Además, en el interior del elemento de soporte inclinado 74 se forma  
30 una escalera de tijera 86 que se extiende a lo largo de toda su longitud.

Las figuras 10a a 10c muestran un nodo subacuático 88 parcialmente situado en la sección de conexión inferior 82 del elemento de soporte inclinado 74, que comprende un tubo central angulado 90 como elemento esencial. En una de las secciones angulares del tubo central 90 se montan dos piezas de unión 92, que apuntan en el estado montado  
35 del trípode 76 en dirección a las otras patas de este trípode 76. En el punto de curvatura del tubo central 90 se forma una pared de mamparo 94, donde hay una abertura de paso 96.

La figura 11 muestra una de las barras transversales 98, que en estado ensamblado se extienden entre las patas o elementos de soporte 74 del trípode 76 a la altura de los nodos submarinos 88. Las barras transversales individuales  
40 98 conectan cada una dos piezas de unión 92 de dos patas en dirección esencialmente horizontal. Las barras 98 están formadas por secciones de tubo individuales soldadas entre sí. En cada una de sus áreas finales tienen una conexión de 100, como se muestra en las figuras 12a a 12d. Estas uniones 100 son de hierro fundido y tienen una sección de tubería 102 que cubre el área final respectiva de una barra transversal 98 y una sección de collarín 104 adyacente a esta sección de tubería. Las secciones individuales del collarín 104 están diseñadas de tal manera que se colocan de  
45 manera estanca contra el tubo central asociado 90 de los nodos subacuáticos 88.

Las figuras 13a a 13c muestran un brazo en voladizo 106 que se extiende en dirección radial desde el respectivo nodo subacuático 88 en relación con el eje vertical de la estructura de soporte 14. Tres de estos brazos de la pluma 106 se encuentran en la estructura de soporte 14, por lo que están formados individualmente con una sección de conexión  
50 108 adyacente al nodo subacuático 88 asociado y una sección de la pluma 110 adyacente cónica a ella. Entre la sección de conexión 108 y la sección de la pluma 110, donde se encuentra una abertura de paso 114, se ha previsto una pared de mamparo 112.

Las figuras 14a a 14c muestran finalmente uno de los cuerpos de flotación 28 ya mencionados anteriormente, que  
55 están situados por encima de la zona inferior del extremo exterior 18 de la estructura de soporte 14. Estos cuerpos de flotación 28 tienen un tubo base 116 debajo de ellos, que está alineado verticalmente y con una pieza de conexión 118 alineada horizontalmente, conectada herméticamente a una de las secciones 110 de un brazo de la pluma 106. Los cuerpos de flotación 28 están formados esencialmente por un denominado cuerpo de globo 120, cuya forma básica se corresponde aproximadamente a la de un globo aerostático. Por razones de seguridad, este cuerpo de globo  
60 120 está dividido en cámaras individuales, que no se muestran aquí. Alternativamente, también puede llenarse por lo menos en secciones con un material que tenga una gravedad específica inferior a la del agua. Los cuerpos de globo 120 forman así una parte esencial de la fuerza de flotación de la estructura 14 y, debido a su posición por encima del

área exterior inferior 18, contribuyen sustancialmente a una posición estable de esta estructura de soporte 14. También permiten que la estructura de soporte 14 flote junto con la carga 12 en el lugar de construcción de la cimentación en alta mar 10.

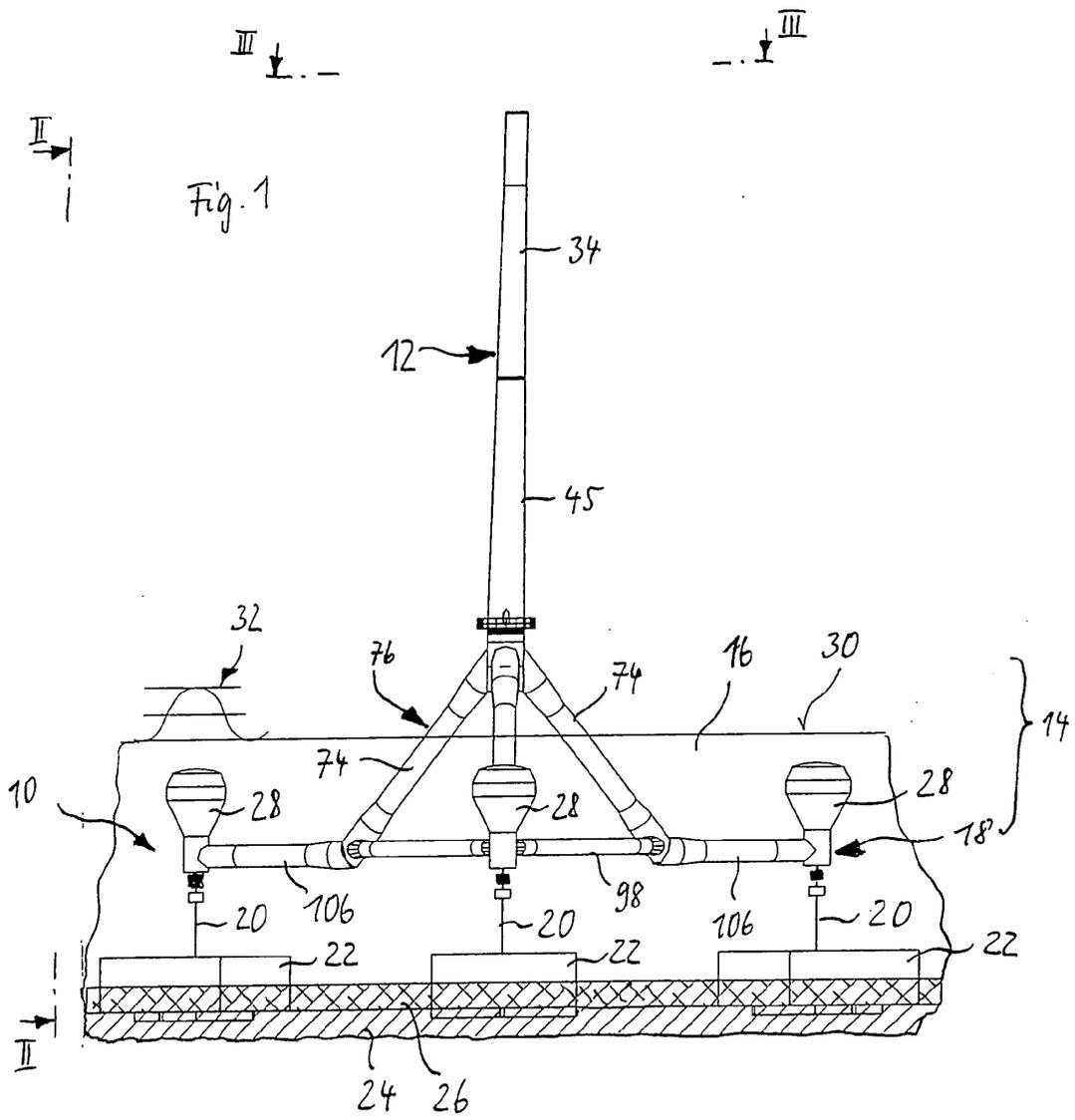
5 En las figuras 15a a 15d, en particular, la estructura de soporte formada de esta manera se ilustra de nuevo en varias vistas. También hay que tener en cuenta que los elementos de soporte inclinados 74, los brazos en voladizo 106, las barras transversales 98 y los cuerpos de flotación 28 son de acero, mientras que la cabeza 60 y los nodos subacuáticos 88 son de fundición gris. En otras palabras, en este ejemplo de diseño, todos los nodos son de hierro fundido, mientras que los elementos de soporte tubulares son de acero. Alternativamente, todos los elementos de la estructura de  
10 soporte pueden ser de acero o de hormigón armado. También se prefiere el uso de plástico reforzado con fibra de vidrio.

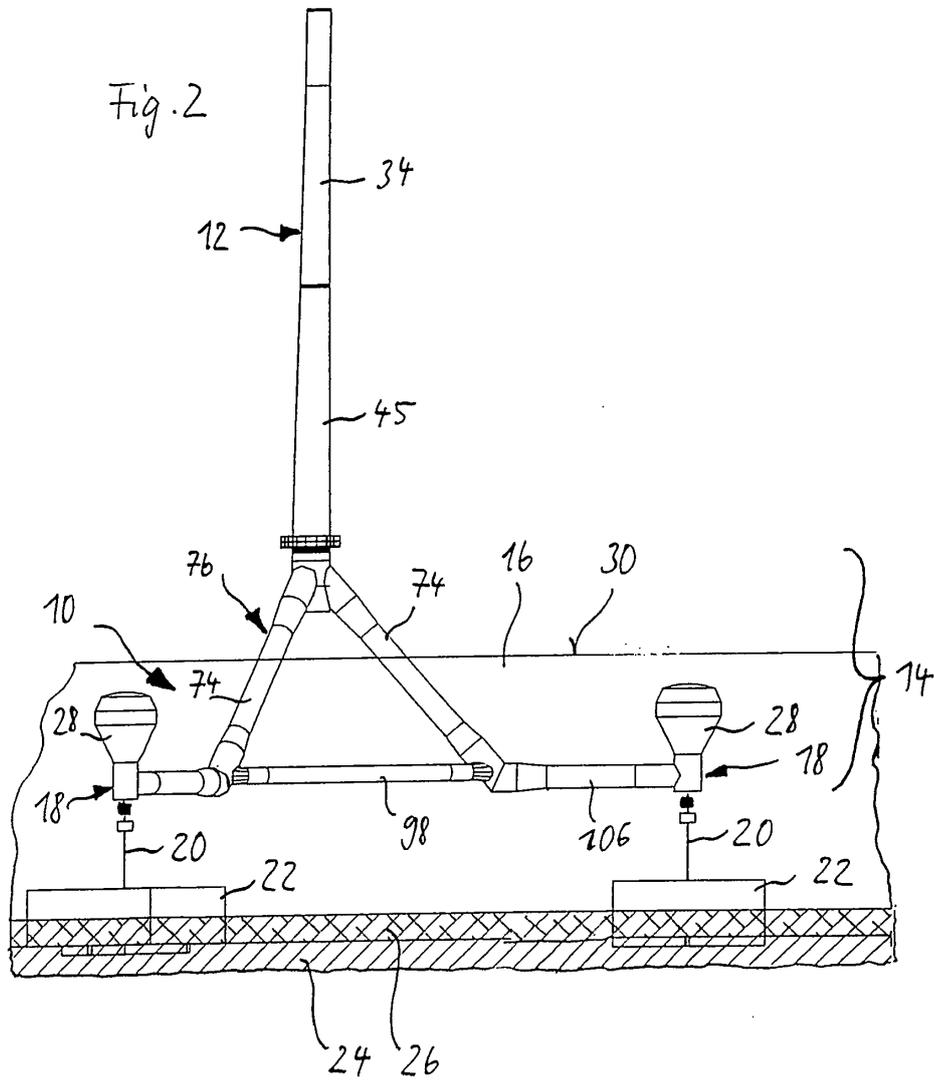
En la figura 16 se ilustra de nuevo en detalle uno de los anclajes de peso 22 de la cimentación en alta mar 10. El anclaje de peso 22 está formado por un cuerpo de base 122 en forma de caja donde se forman un total de nueve  
15 cámaras 124. Las cámaras 124 son esencialmente cúbicas y están dispuestas en tres filas de tres piezas cada una. En el centro de las cámaras 124, el medio de tracción arriba mencionado 20 está fundido de tal manera que puede absorber las fuerzas de tracción dirigidas hacia arriba. Las cámaras 124 pueden inundarse individualmente con agua o llenarse con material que tenga un peso específico superior al del agua. También se forma un rigidizador inferior en forma de cruz 126 bajo el cuerpo de base 122, que está diseñado como una red con la que el anclaje de peso 22  
20 asociada se apoya en el suelo y penetra en una capa de barro si es necesario

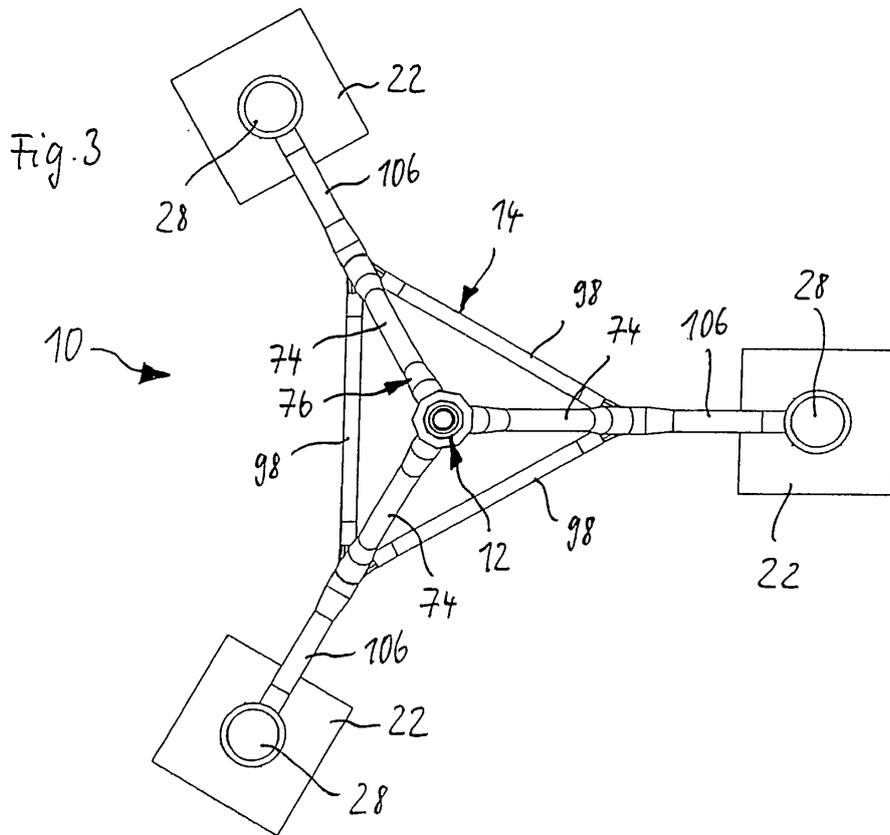
Finalmente, como se puede ver en la figura 17 en particular, el medio de tracción 20 cuenta con un cable de tracción 128, que está rodeado en secciones por una boya 130. En el extremo superior del cable de tracción 128 hay una polea 132, cuya parte superior se encuentra directamente debajo de un dispositivo de suspensión 134. El dispositivo de  
25 suspensión 134 se fija en el extremo inferior de uno de los tubos base 116, transmitiendo 18 fuerzas de tracción desde una de las secciones exteriores inferiores.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aerogenerador con una cimentación flotante en alta mar (10) que comprende
- 5 - el aerogenerador,  
 - una estructura de soporte (14) compuesta en su totalidad por elementos tubulares huecos de soporte (74, 98, 106) que están unidos entre sí de forma estanca por medio de nodos (60, 88),  
 - una región central que sostiene el aerogenerador como pata múltiple (76) con una zona de pie exterior inferior (82, 88), donde la pata múltiple (76) tiene una cabeza superior (60) formada en ella como elemento de acoplamiento por encima de la superficie del agua, a la que están conectadas entre sí las patas (74) de la pata múltiple (76), y las zonas de pie inferiores (82, 88) de dos patas adyacentes (74) de la pata múltiple (76) están conectadas por una varilla transversal hueca (98) que sirve para la elevación, con la cual la fuerza del peso de la carga (12) a soportar se dirige hacia abajo y tiene una región de extremo inferior (18) que está bajo el agua (16) cuando la cimentación en alta mar (10) está anclada,
- 10  
 15 - Los elementos de tensión, donde las regiones de articulación para la fijación de los elementos de tensión (20), con los que se puede anclar bajo el agua (16) la cimentación en alta mar (10), se forman por debajo de la región inferior exterior (18) de la estructura de soporte (14),
- caracterizado**
- 20 **porque** los cuerpos de flotación (28) están situados bajo el agua, con los que se genera una fuerza de flotación que contrarresta la fuerza del peso,  
**porque** los cuerpos de flotación (28) están dispuestos por encima de la zona inferior (18) de la estructura de soporte (14),
- 25 **porque** se proporciona un anclaje (20, 22) con al menos un anclaje de peso (22) para mantener los cuerpos de flotación (28) a una profundidad predefinida por debajo de la superficie del agua (30), donde un anclaje de peso (22) está configurado con una carcasa exterior llenable (122) de hormigón armado que tiene diversas cámaras que se llena de manera individual,  
 de modo que la carcasa (122) del anclaje de peso (22) pueda flotar en estado de vacío, la carcasa exterior (122) del anclaje de peso (22) se adapta para que se inunde de agua (16) y hunda al fondo marino (24, 26), y la carcasa exterior (122) del anclaje de peso (22) se adapta para rellenarla con material que tiene una gravedad específica superior a la del agua.
- 30
2. Aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la estructura de soporte (14) tiene regiones exteriores inferiores (18) y los cuerpos de flotación (28) están dispuestos sustancialmente por encima de estas regiones exteriores inferiores (18).
3. Aerogenerador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** los cuerpos de flotación (28) tienen esencialmente forma de globo.
- 40
4. Aerogenerador según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los cuerpos de flotación (28) tienen varias cámaras (124) que están delimitadas entre sí de forma estanca en el interior.
5. Aerogenerador según las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los cuerpos de flotación (28) están total o parcialmente rellenos en su interior con un material sólido de menor peso específico que el agua y que no puede ser disuelto por el agua.
- 45
6. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los cuerpos de flotación (28) tienen una carcasa exterior y una carcasa interior estanca dispuesta en ella.
- 50
7. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** en una zona de pie inferior externa (82, 88) de la pata múltiple (76) se forma un brazo que sobresale hacia afuera (106).
8. Aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** varias cámaras (124) que deben llenarse individualmente se forman alrededor de una región central formada en el anclaje de peso (22).
- 55







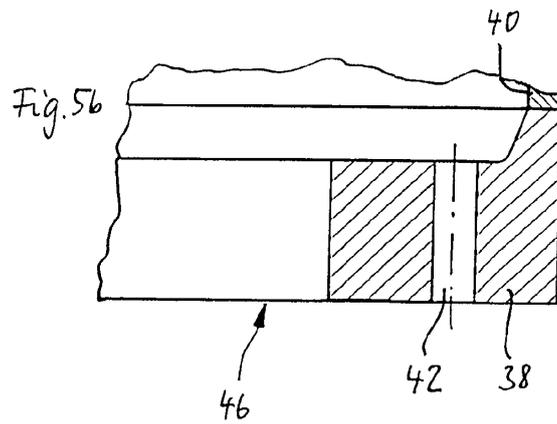
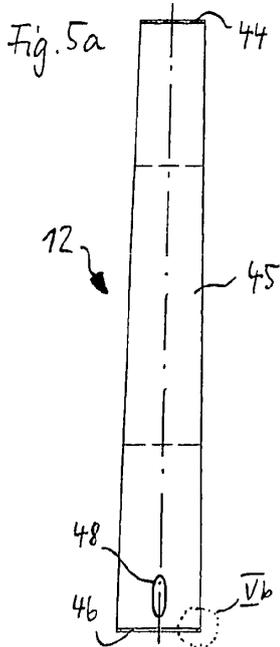
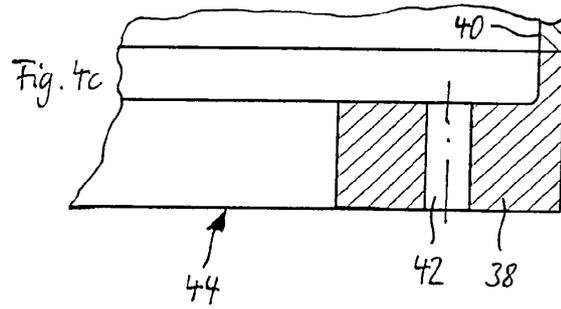
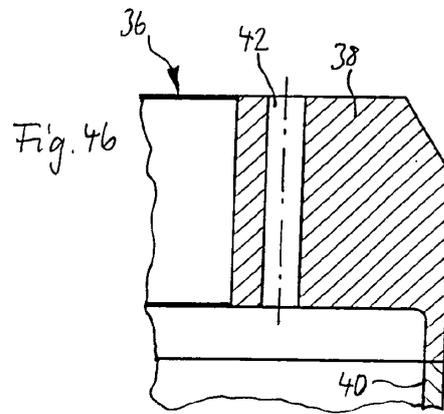
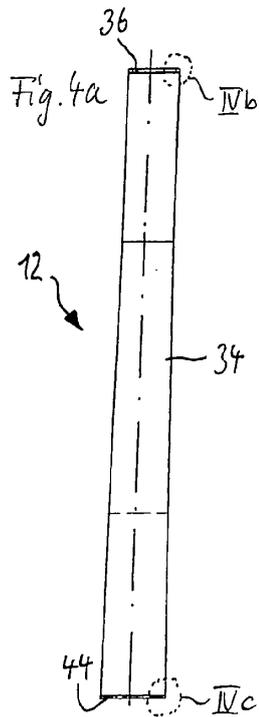


Fig. 5c

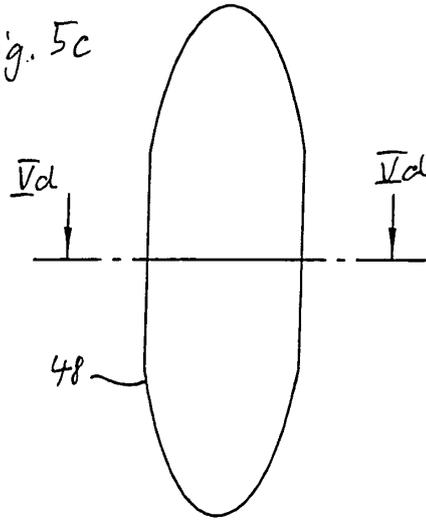
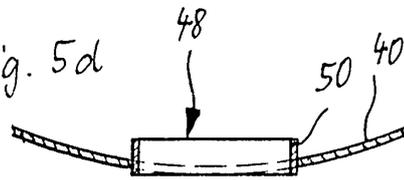
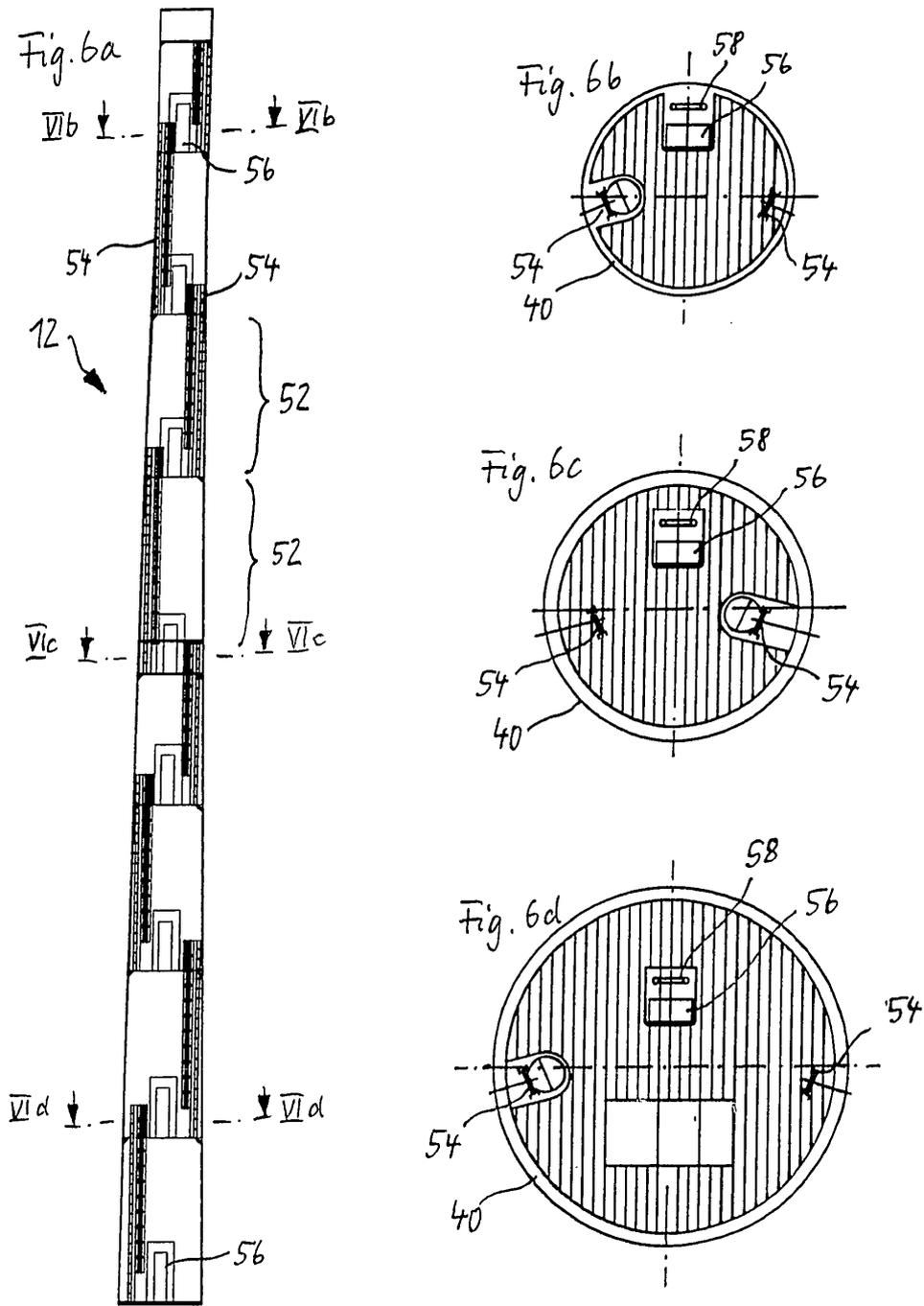
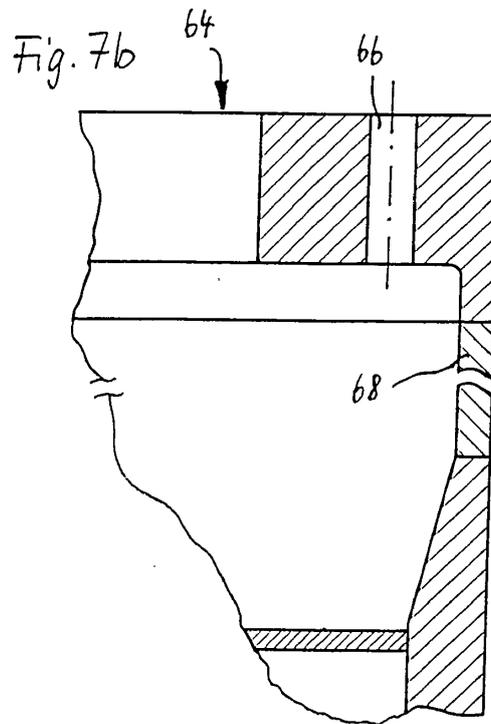
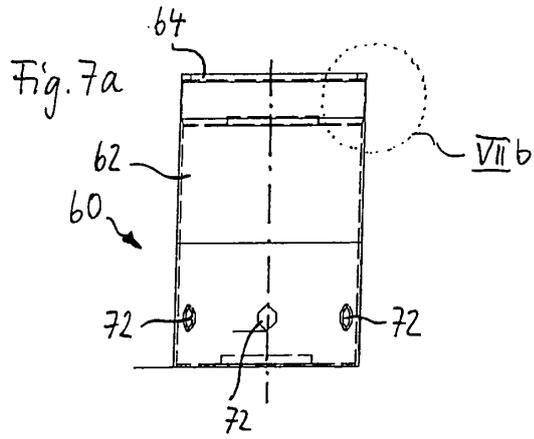
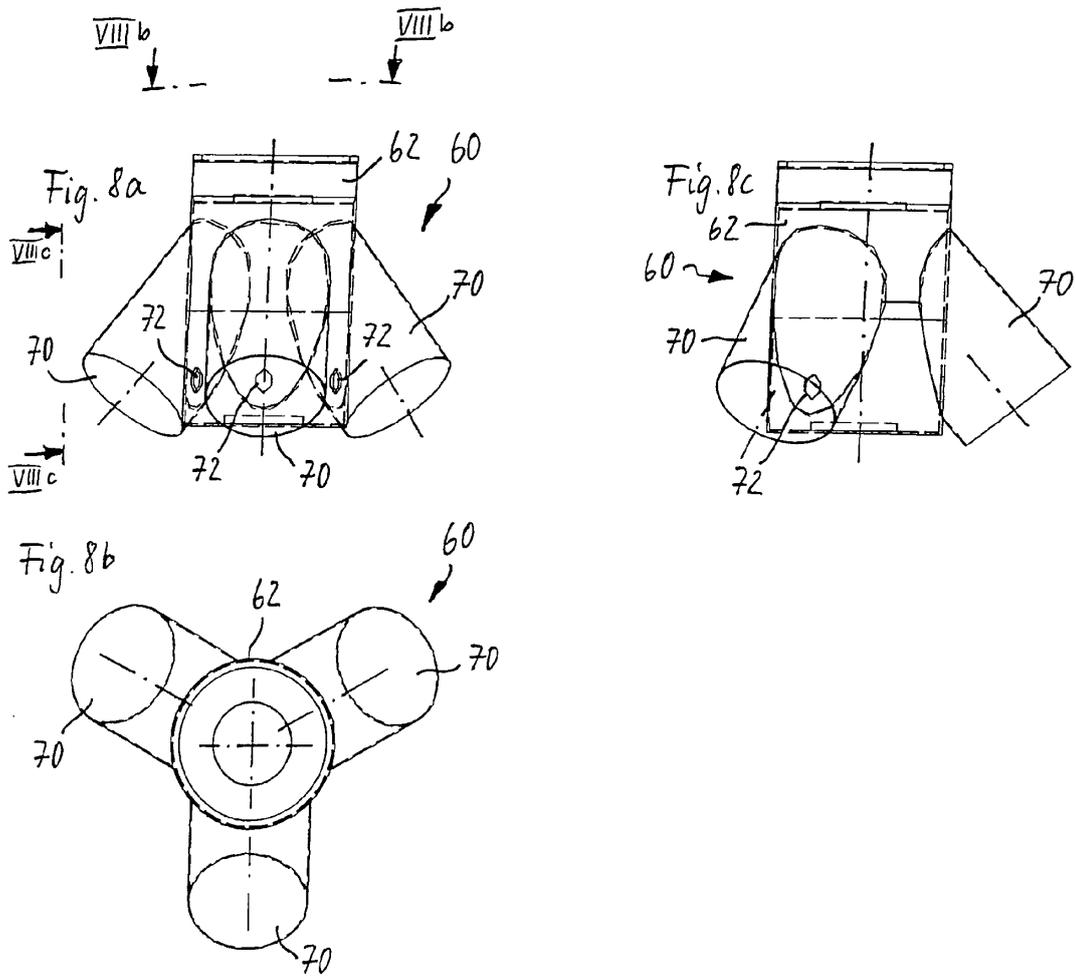


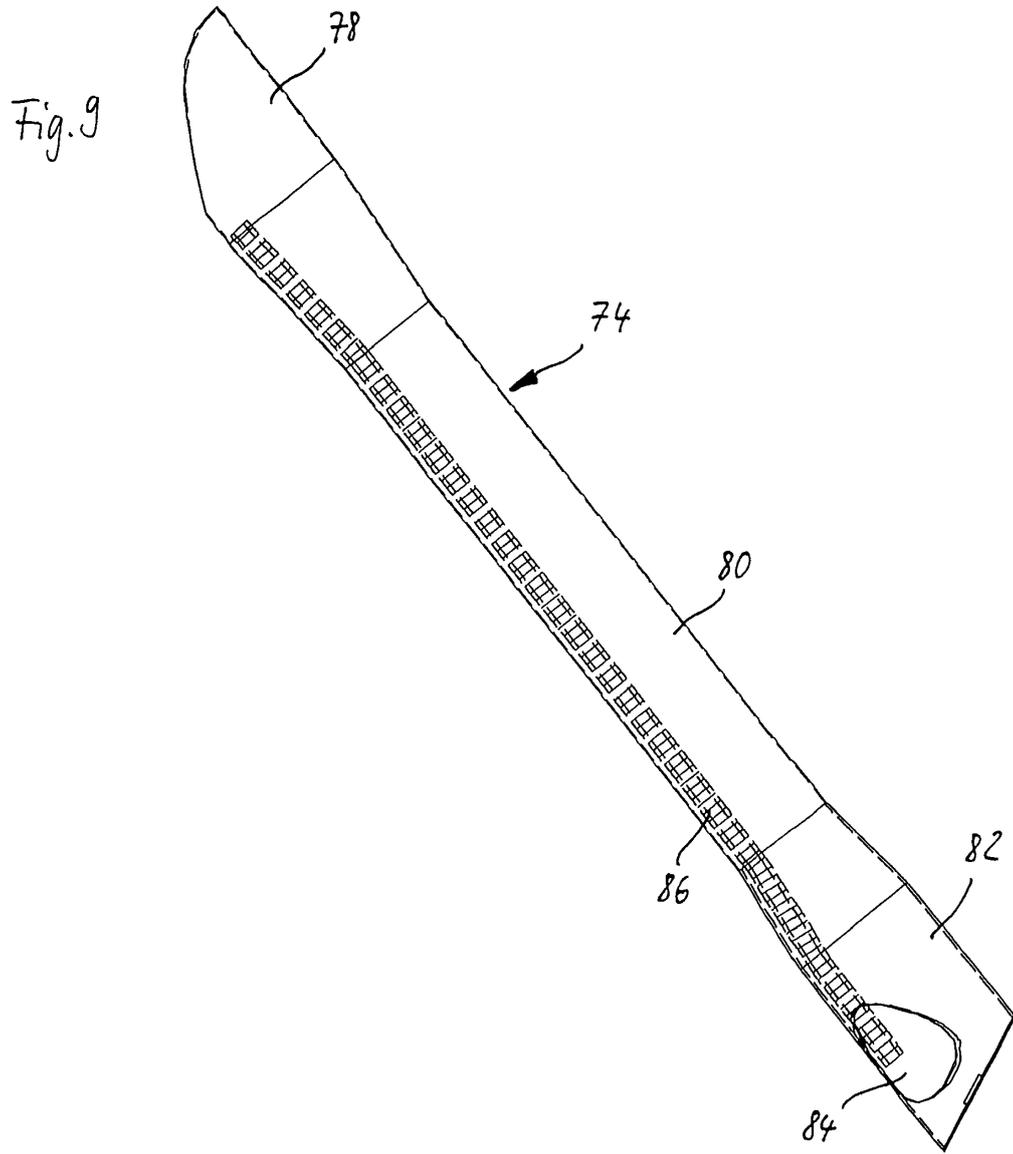
Fig. 5d

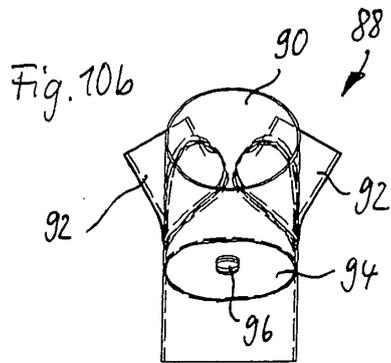
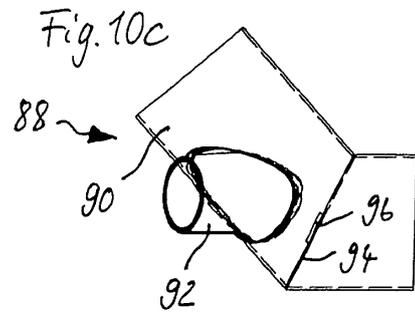
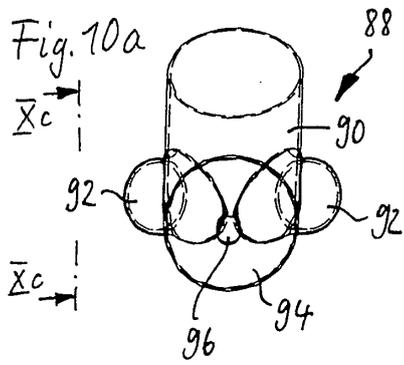


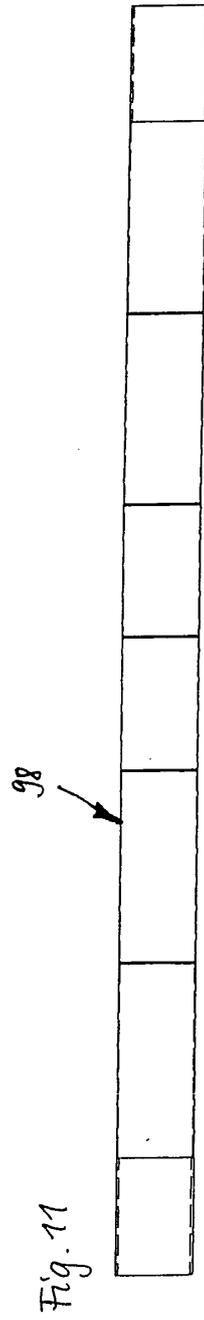












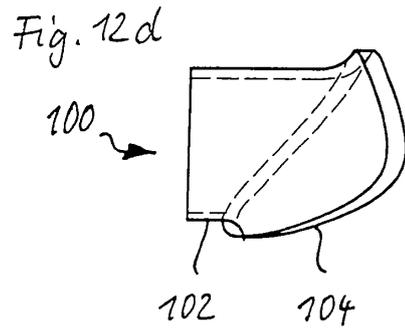
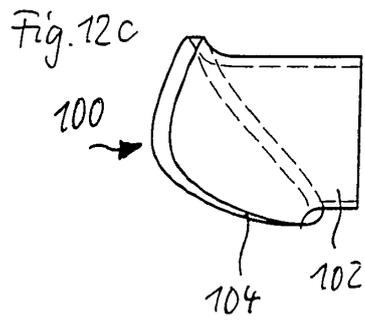
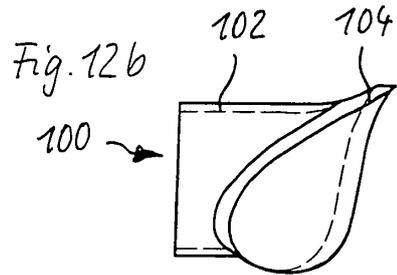
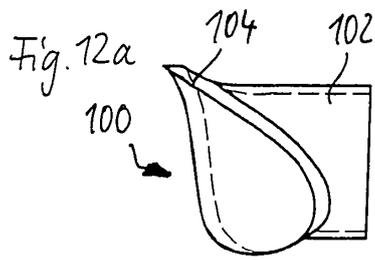


Fig. 13b

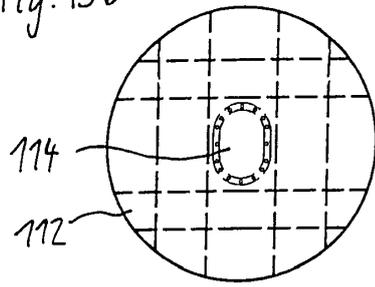
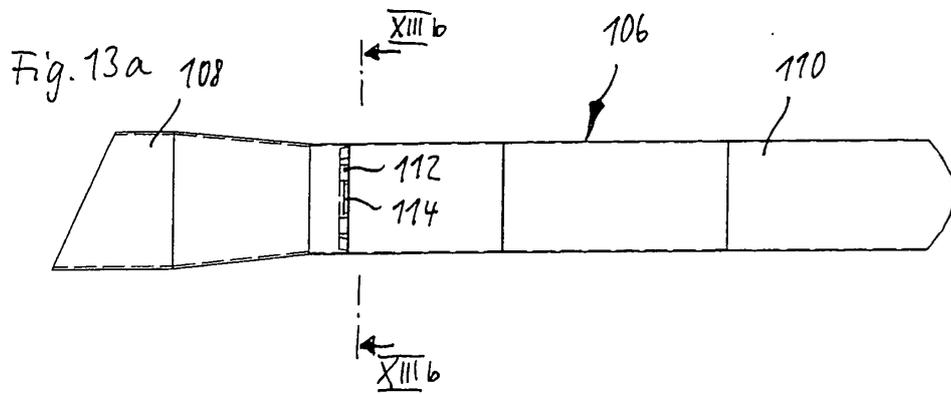
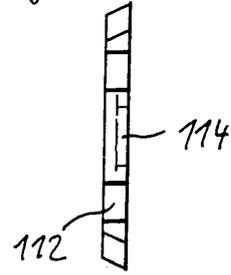


Fig. 13c



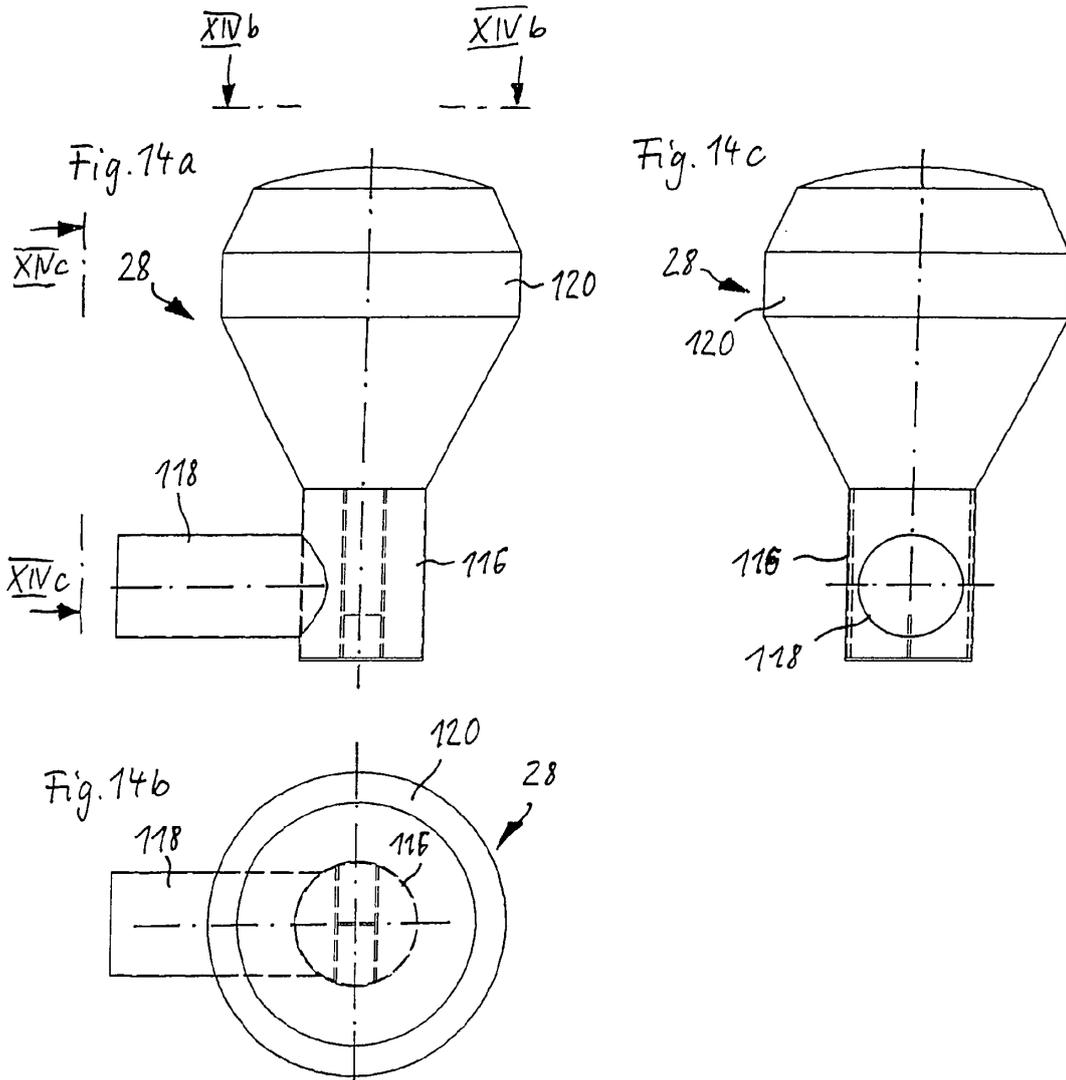
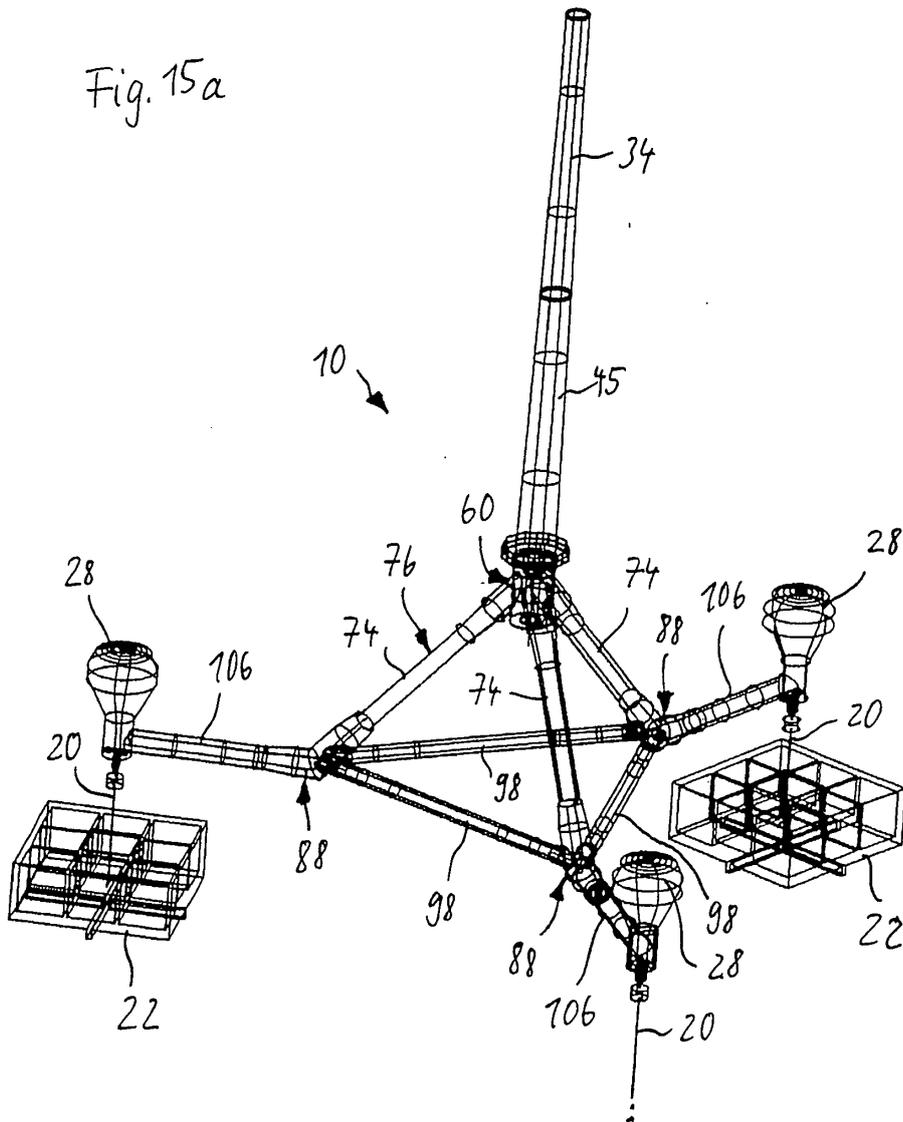


Fig. 15a



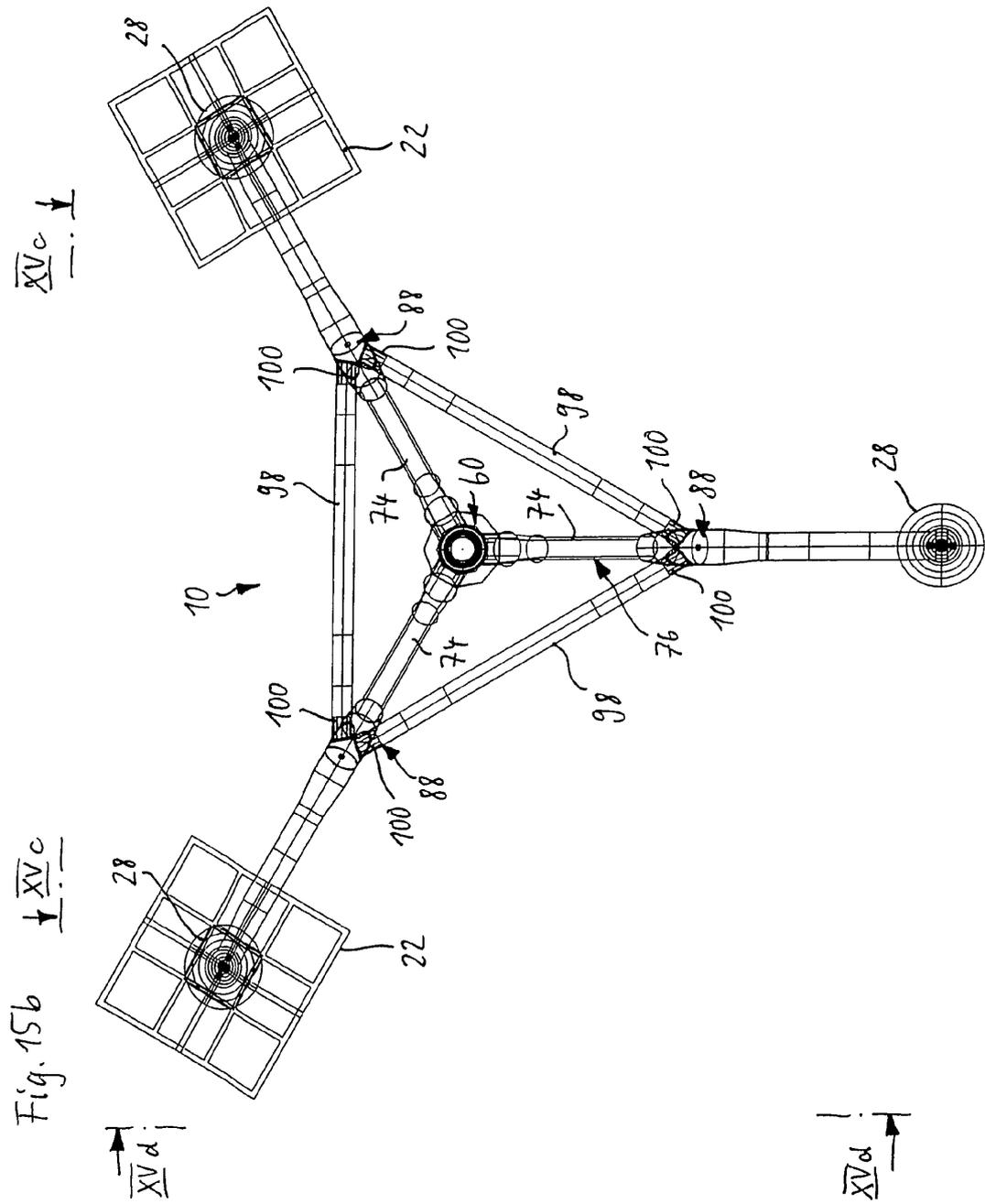


Fig. 15c

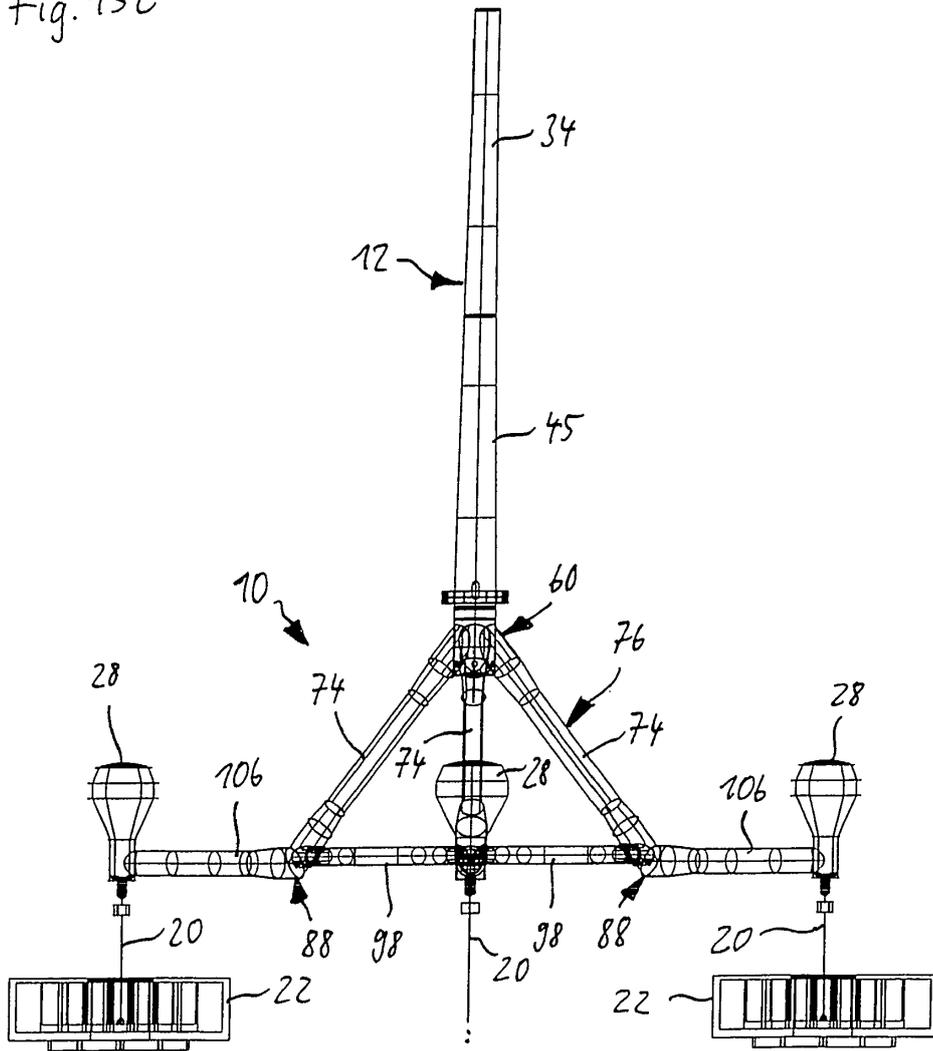


Fig. 15d

