



---

(21) 申請案號：112117148

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 09 日

(51) Int. Cl. : **F03D13/20 (2016.01)**

(30) 優先權：2022/05/10 荷蘭 2031823

(71) 申請人：荷蘭商 G B M 工程知識產權公司 (荷蘭) GBM WORKS IP BV (NL)  
荷蘭

(72) 發明人：昂茲 伯納德斯 喬漢尼斯 瑪里亞 ARNTZ, BERNARDUS JOHANNES MARIA  
(NL)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：3 共 19 頁

---

(54) 名稱

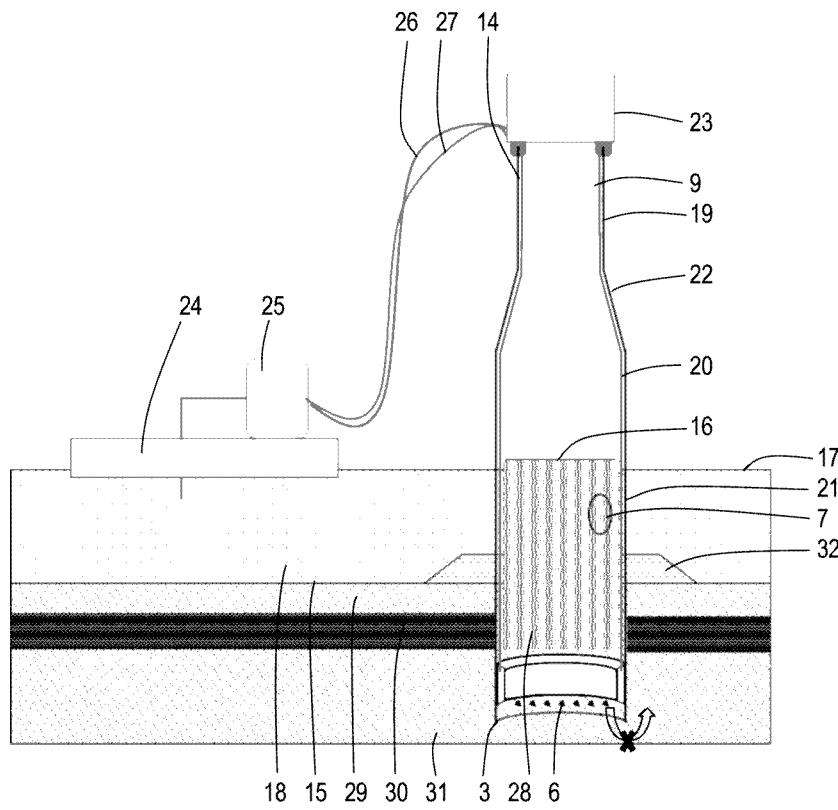
用於風力渦輪機之單樁

(57) 摘要

本發明係關於一種用於一風力渦輪機之單樁，其在經定位時具有一上端及一下端且包括自該下端向上延伸之一管狀下部分，且其中在該管狀下部分之內側處存在注射噴嘴。該單樁在一較高高程處設置有一或多個開口。該等注射噴嘴定位於距該下端達一定距離處且經引導以在至少一切向及一軸向方向上朝向該下端注射一水流。

The invention is directed to a monopile for a wind turbine having an upper end and a lower end when positioned and comprising of a tubular lower part extending upwards from the lower end and wherein at the inner side of the tubular lower part injection nozzles are present. The monopile is provided with one or more openings at a higher elevation. The injection nozzles are positioned at a distance from the lower end and directed to inject a flow of water in at least a tangential and an axial direction to wards the lower end.

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

3:下端

6:注射噴嘴

7:開口

9:上部區域

14:流體供應導管

15:海床

16:懸浮液水位

17:水位

18:水體

19:管狀部分

20:管狀部分

21:下部區域

22:過渡部分

23:振動錘

24:泵浦

25:浮船

26:高壓導管

27:液壓導管

28:懸浮液

29:砂子

30:黏土層

31:砂子

32:沖刷保護物

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

用於風力渦輪機之單樁

### 【英文發明名稱】

A MONOPILE FOR A WIND TURBINE

### 【中文】

本發明係關於一種用於一風力渦輪機之單樁，其在經定位時具有一上端及一下端且包括自該下端向上延伸之一管狀下部分，且其中在該管狀下部分之內側處存在注射噴嘴。該單樁在一較高高程處設置有一或多個開口。該等注射噴嘴定位於距該下端達一定距離處且經引導以在至少一切向及一軸向方向上朝向該下端注射一水流。

### 【英文】

The invention is directed to a monopile for a wind turbine having an upper end and a lower end when positioned and comprising of a tubular lower part extending upwards from the lower end and wherein at the inner side of the tubular lower part injection nozzles are present. The monopile is provided with one or more openings at a higher elevation. The injection nozzles are positioned at a distance from the lower end and directed to inject a flow of water in at least a tangential and an axial direction towards the lower end.

### 【指定代表圖】

圖2

### 【代表圖之符號簡單說明】

- 3: 下端
- 6: 注射噴嘴
- 7: 開口
- 9: 上部區域
- 14: 流體供應導管
- 15: 海床
- 16: 懸浮液水位
- 17: 水位
- 18: 水體
- 19: 管狀部分
- 20: 管狀部分
- 21: 下部區域
- 22: 過渡部分
- 23: 振動錘
- 24: 泵浦
- 25: 浮船
- 26: 高壓導管
- 27: 液壓導管
- 28: 懸浮液
- 29: 砂子
- 30: 黏土層
- 31: 砂子
- 32: 沖刷保護物

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

用於風力渦輪機之單樁

### 【英文發明名稱】

A MONOPILE FOR A WIND TURBINE

### 【技術領域】

**【0001】** 一種用於一風力渦輪機之單樁，其在經定位時具有一上端及一下端，且包括自該下端向上延伸之一管狀下部分並設置有注射噴嘴，且其中該單樁在一較高高程處設置有一或多個開口。

### 【先前技術】

**【0002】** EP3464734B1描述一種用於一風力渦輪機之單樁，其中在管狀單樁之下端處存在可移動尖端之一環。藉由此等尖端之移動，土壤被刮走。亦可在尖端處注射水以便在單樁之壁之內部及外部上產生一水流。此兩項措施使得可在無需或較少使用一振動錘的情況下安裝單樁。

**【0003】** WO2020/207903描述一種用於一風力渦輪機之單樁，其具有由一環形元件組成之一下端，該環形元件具有用於向上及向下引導之水射流之出口。環形元件進一步設置有振動構件。

**【0004】** WO2019/206690描述一種單樁，其設置有以與單樁之插入方向成90度與180度之間的一角度引導之噴嘴。該公開案指出，藉由使噴嘴向上成角度，增強單樁內之土壤之移動。此導致減少下端(被稱為樁尖)下方之一向內軸承故障。樁尖具有一向內錐形設計以將土壤引導至單樁之下部開口端。存在泵抽構件以泵抽掉單樁內之所得懸浮液以減少原本將增加安裝阻力之垂直向下應力。泵抽系統亦可自單樁之一下部區域抽出空

氣。由於單樁之一下部區域可自一上部區域封閉，因此可產生一吸取效應以降低單樁內之懸浮液之壓力。

**【0005】** WO2021/228510係在其下端處設置有噴嘴之一單樁之另一實例，且其中一泵抽系統係用於控制該單樁之下端處之一懸浮液壓力。

**【0006】** 已知用以在一水下河床中打入基樁(諸如單樁)之振動錘，如中WO03/100178所描述。在此方法中，一單樁之一管狀基樁使用夾筊至該基樁之上端之一振動配置穿透海床。該振動配置可重達40噸至50噸且可為如US5653556中所描述之一者。一振動錘之一缺點係對海洋生物產生過多雜訊，且金屬基樁可能因振動錘之應變而損壞。

**【0007】** 目前技術單樁之一問題係其複雜性。例如，如EP3464734B1及WO2020/207903中所描述，在單樁之下端處之振動構件之存在導致一複雜設計。WO2019/206690及WO2021/228510之單樁由於泵抽構件而複雜。本發明之目的係提供在一海床上安裝一單樁之一更簡單設計及方法。

#### **【發明內容】**

#### **【0008】**

此係藉由用於一風力渦輪機之以下單樁實現。一種用於一風力渦輪機之單樁，其在經定位時具有一上端及一下端且包括自該下端向上延伸之一管狀下部分，且其中在該管狀下部分之內側處存在注射噴嘴，其中該單樁在一較高高程處設置有一或多個開口，且

其中該等注射噴嘴定位於距該下端達一定距離處且經引導以在至少一切向及一軸向方向上朝向該下端注射一水流。

**【0009】** 申請人已發現，當水自下端之一距離且朝向該下端注射

時，如所主張，產生一渦流，此增強將單樁插入在一海床之土壤中。藉由自距下端達一定距離處注射水，已發現大部分或甚至全部水保留於單樁中，同時增強單樁至土壤中之穿透。大量水自下端逸出至周圍土壤係不利的，尤其是在較砂質類型之土壤中，因為此水可對單樁周圍之土壤之結構產生負面影響。藉由將如所注射之水保持於單樁內，避免此一逸出。申請人已發現，不需要泵抽構件來實現至土壤中之一所要穿透。而是，多餘水及土壤經由存在於一較高高程處之開口排出。以此方式，單樁內之懸浮液之一壓力將類似於下端處之土壤壓力。此避免水可流動至土壤或水可自土壤流動至單樁之內部。如在先前技術方法中具有一較低懸浮液壓力具有以下缺點：太多土壤進入單樁且因此對單樁之土壤支撐產生負面影響。因此，本發明亦係關於一種單樁，其中不存在用於自單樁內抽出流體之泵抽系統。因此，實現一更簡單設計之單樁。簡單設計容許噴嘴可保持於所安裝之單樁中，從而避免如WO2020/207903中所描述之複雜可拆卸結構。

**【0010】** 本發明亦係關於一種用於將根據本發明之用於一風力渦輪機之一單樁安裝至由一水體覆蓋之一土壤中的方法，該方法藉由將下端定位於土壤表面上且藉由在具有至少一切向及一軸向方向之一方向上自注射噴嘴朝向下端噴射水，從而導致所噴射水在下端處穿透土壤，以導致水及土壤顆粒之一土壤懸浮液，該土壤懸浮液在單樁內向上盤旋朝向其被排出至水體之一或多個開口。

**【0011】** 在本申請案中，將引用如上部、下部、上方、下方、水平及垂直之術語。此等術語係用於更清楚地描述單樁在其在(例如)一海床中之安裝定向中。此等術語不應用於將技術方案限於僅在此定向中之一單樁。尤其是在經安裝時將由技術方案描述之經儲存及/或運輸之單樁應被

理解為本發明之部分。

【0012】 為實現至土壤中之一最佳穿透，已發現，大部分水(較佳地超過80體積百分比、更佳地超過90體積百分比且最佳地全部水)在具有至少一切向及一軸向方向之一方向上朝向下端注射。已發現，不存在如先前技術設計中般將注射噴嘴水平向上引導之額外益處。

【0013】 另外，單樁較佳地不具有將水徑向地引導遠離單樁之噴嘴及/或不具有沿著下部管狀端之外壁表面向上引導水之噴嘴。如上文所闡釋，向管狀下部分周圍之土壤供應一定量之水可能對土壤之支撐結構及因此其將單樁固定於土壤中之能力產生負面影響。

【0014】 較佳地，注射噴嘴以與水平線成零度與90度之間且較佳地與水平線成30度與60度之間的一角度引導至下端。方向亦可具有一小向內或向外徑向分量。

【0015】 可執行用於將一單樁安裝至由一水體覆蓋之一土壤中之方法以用於將一單樁安裝於海床上。該水體亦可為一湖泊。水之深度(即，水體之高度)較佳地在5 M與100 M之間且更佳地在10 m與50 m之間。當水體之高度低於5 m、較佳地低於10 m時，在單樁內產生之懸浮液柱可對安裝時如存在於單樁之下端處之土壤施加一過高壓力。方法接著可包含自此內部泵抽懸浮液。土壤可為砂質粉土、軟黏土、非常堅硬的黏土或Boom黏土或上述之任何組合。單樁及方法尤其適用於在砂子中之安裝。

【0016】 用於一風力渦輪機之單樁適當地為該風力渦輪機之剛好延伸於水位上方之部分。藉由僅延伸係合適的，意謂在經安裝時在水位上方延伸5 m與20 m之間。在單樁之頂部上，通常安裝一桅桿及一風力渦輪發電機。單樁在土壤中之穿透距離適當地在20 m與50 m之間且較佳地在25

m與40 m之間。

**【0017】** 已發現，噴嘴定位於下端上方之最佳距離係與土壤之類型及自一噴嘴離開之一水射流穿透土壤之能力有關。最佳地，水射流穿透土壤至單樁之下端之層級。以此方式，在此區域中實現一最佳擾動及土壤懸浮液形成以增強單樁至土壤中之穿透，同時避免大量水可逸出至單樁之周圍環境，如上文所闡釋。對於容易穿透的土壤類型(諸如砂子)，此距離將為更高，且對於難以穿透的土壤類型(如黏土)將為更低。距離亦將取決於單樁之下端部分之直徑。對於較大單樁，距離可為更高，因為可能需要注射更多水以導致一更高穿透長度。此外，注射水之角度將影響此距離。當方向與水平線成接近零度時，將選擇一相對較小距離，而當方向變得更向下時，將選擇一更大距離。在將針對其設計單樁之一土壤類型中，藉由量測在設計條件下離開一噴嘴之一射流之一單個穿透深度來容易地判定距離。接著，距離將依據角度及經量測之穿透深度而變化。因此，單樁較佳地經設計用於其將定位之一特定類型之土壤，其中噴嘴與下端之間的距離係由土壤之類型、噴嘴之方向及單樁之下端部分之直徑判定。

**【0018】** 因此，在本發明之方法中，較佳的是噴射之水未實質上穿透土壤至單樁之下端下方之一層級。此外，較佳的是自注射噴嘴噴射之超過90體積百分比的水係經由一或多個開口排出至水體。

**【0019】** 較佳地，如供應至水注射噴嘴之水之壓力係至少5巴，且較佳地在20巴與300巴之間。壓力可取決於土壤之類型。適當地，對於砂子類型之土壤，此壓力在5巴與50巴之間，且對於黏土類型之土壤，在50巴與300巴之間。砂子及黏土之混合物之水壓可與此等較佳範圍重疊。

**【0020】** 如在單樁之下端部分處噴射之水量將適當地取決於土壤類

型及單樁之尺寸。對於砂子類型之土壤，一高流量及低水壓係較佳的，而對於黏土類型之土壤，一低流量及高壓力係較佳的。此導致對於一砂子類型之土壤，單樁內之大體上所有土壤以一定體積之流化土壤(即，一懸浮液)存在。對於一黏土類型之土壤，一懸浮液將存在於抵靠內壁之一環形物中且一更緻密的黏土內核將存在於單樁之中心。為給出具有在6公尺與15公尺之間的下端部分之一直徑之一單樁的一指示，一水流量較佳地在10000 l/min與100000 l/min之間。對於一8公尺直徑單樁，此流量可在10000 l/min與30000 l/min之間。

**【0021】** 對於較佳土壤類型砂子，噴嘴定位於下端上方之距離適當地為至少0.01 m、較佳地0.1 m且甚至更佳地0.25 m。對於具有一更大直徑之單樁，最佳距離適當地增加。此係因為所需較高水流將高於可用水噴嘴之增加。因此，每噴嘴將有更多水流動，從而導致一更大穿透長度及因此噴嘴較佳地定位於下端上方的一更大距離。對於較大直徑單樁，噴嘴較佳地定位於下端上方的距離將適當地不超過5 m，較佳地不超過3 m且更佳地不超過2 m。最佳距離將進一步受如上文所描述之一或多種特定土壤類型之穿透深度及噴嘴之角度的影響。此可導致每個項目的單樁設計可能不同。距離經定義為用於噴嘴之水之下端與出口開口之間的軸向距離。

**【0022】** 噴嘴可以任何方式定位於管狀下部分之內側處。較佳地，噴嘴定位成一圓形，使得各噴嘴至下端之距離大約相同。視需要，此等圓形噴嘴列之兩列或更多列可定位於彼此上方。較佳地，噴嘴流體地連接至一圓形導管，該圓形導管連接至管狀下部分之內壁。此導管用作多個噴嘴之一共同集管。圓形導管流體地連接至向上延伸之一或多個流體供應導管。圓形導管可具有任何形狀及橫截面，例如，一圓形、正方形或三角形

橫截面。較佳地，導管不具有使得剩餘開口足夠大以用於向上移動之土壤懸浮液之一大尺寸。

**【0023】** 圓形導管較佳地焊接至管狀下部分之內壁。供應導管可為自一升高位置、較佳地單樁之一上端懸置之高壓導管。此等導管可在單樁之壁外部延伸。較佳地，一或多個流體供應導管焊接至管狀下部分之內壁。

**【0024】** 噴嘴較佳地為經由高壓水導管適當地連接至泵浦之高壓注射噴嘴。此等泵浦較佳地自基樁外部定位，例如，定位於一浮船上。例如，高壓導管可向上延伸至單樁之上端，在上端處，高壓導管連接至經焊接供應導管。

**【0025】** 單樁較佳地具有一下部區域及一上部區域，該下部區域在定位於一土壤體中時由該土壤體圍繞，該上部區域在該土壤體上方延伸。一或多個開口存在於上部區域中。此等開口可為一或多個開口，當單樁經安裝時，其等亦用於使電力電纜及風力渦輪機所需的其他連接件穿過。為了使水及土壤之懸浮液自單樁之下端流動至此等開口，在下端與此等一或多個開口之間存在一流體連接。

**【0026】** 上部區域可包括具有比下部區域之管狀部分更小之一直徑之一管狀部分。具有一平頭截錐形狀之一過渡部分接著可定位於具有較小直徑之管狀部分下方。用於一風力渦輪機之一單樁之此一形狀係眾所周知的。

**【0027】** 單樁具有一下部區域且其中該下部區域較佳地具有一圓柱形且齊平的外表面及一圓柱形且齊平的內表面。此簡化設計。已發現，根據本發明之單樁之穿透不需要如先前技術公開案 EP3464734B1、

WO2020/207903及WO2019/206690中之特定設計之樁尖。

**【0028】** 在本發明之方法中，較佳的是在單樁之上端處亦適用一振動錘。申請人已發現，藉由在根據本發明之單樁之下部分處提供水射流且對單樁之上端提供一振動，在許多類型之土壤中實現單樁之一有利穿透。如相較於僅使用一振動錘將單樁打入土壤中時，水射流實現一70%應變降低。應變之減少亦係雜訊降低之一措施。據信，水射流實現單樁之內側處之摩擦之一顯著減少或甚至移除。振動錘適當地存在以減少土壤與單樁之外表面之間的摩擦及樁壁之尖端下方之土壤阻力。

**【0029】** 振動錘可用作供應導管之上流動端與自泵浦延伸之高壓導管之間的連接，該等泵浦自基樁外部定位，例如，定位於一浮船或一自升式船上。焦急的，此一振動錘及經連接之高壓導管可定位於單樁之上端上，從而導致在高壓導管與單樁內之供應導管之間的一流體連接。亦可使供應導管直接延伸穿過樁之上部分中之一個孔。

#### **【圖式簡單說明】**

**【0030】** 將藉由下面圖1至圖3繪示本發明。

#### **【實施方式】**

**【0031】** 圖1展示根據本發明之用於一風力渦輪機之一單樁之一橫截面視圖。單樁(1)在經定位時具有一上端(2)及一下端(3)。一管狀下部分(4)自下端(3)向上延伸。在管狀下部分(4)之內側(5)處存在注射噴嘴(6)。單樁(1)在一上部區域(9)中之一較高高程(8)處設置有一開口(7)。注射噴嘴(6)定位於距下端(3)達一定距離(10)處且經引導以在至少一切向及一軸向方向上朝向下端(3)注射一水流，如所展示。所展示之噴嘴(6)以與水平線(11)成45度之一角度引導至下端(3)。下部管狀部分(4)具有自下端(3)延

伸之一圓柱形且齊平的外表面(12)。而且，下部管狀部分(4)之內側(5)係與噴嘴(6)自其延伸之一圓形導管(13)分開之一圓柱形且齊平的表面。圓形導管(13)焊接至下部管狀部分(4)之內側(5)。圖1中之圓形導管(13)具有一三角形橫截面且充當用於向噴嘴(6)供應水之一集管。水係由焊接至內壁(5)之一流體供應導管(14)供應。不存在用於自單樁內抽出流體之泵送系統。

**【0032】** 圖2展示安裝於海床(15)上之根據本發明之一單樁(1)。單樁(1)之上部區域(9)包括具有比一下部區域(21)之管狀部分(20)更小之一直徑之一管狀部分(19)及定位於具有較小直徑之管狀部分(19)下方之具有一平頭截錐形狀之一過渡部分(22)。一振動錘(23)附接至單樁(1)之上端(2)。泵浦(24)自單樁(1)外部定位於一浮船(25)上。高壓導管(26)將高壓水輸送至單樁(1)之上端(2)，在上端(2)處，高壓導管(26)連接至經焊接之供應導管(14)。展示用以操作振動錘(23)之進一步液壓導管(27)。

**【0033】** 單樁(1)在圖2中安裝於位於由一層砂子(29)、一黏土層(30)及一層更深的砂子(31)組成之一水體(18)下方之一土壤中。在海床處，存在一沖刷保護物(32)以避免單樁周圍之砂子被當地水流沖走。在管狀下部分(4)之內側(5)處，存在注射噴嘴(6)，其在不延伸超出單樁之下端(3)之一注射距離處將水注射至土壤中，如藉由箭頭及十字所繪示。以此方式，實質上所有經注射水保留於單樁內以形成由砂子及黏土以及水組成且具有剛好高於水體(18)之水位之一懸浮液水位(16)之一懸浮液(28)。由於水位之此差異，懸浮液(28)將經由定位於水體(18)之水位(17)下方之開口(7)連續排出。

**【0034】** 圖3展示根據圖1之一實驗單樁在一砂質土壤類型河床中之

穿透速度之實驗室測試的實驗結果。單樁之長度係2 m。

**【0035】** 版本V1在距單樁之下端25 cm之一距離處設置有一注射噴嘴環。該環具有向下及向上垂直引導之注射噴嘴。向上引導之噴嘴具有一切向方向。

**【0036】** 版本V2係如版本V1一樣，除所有噴嘴經引導以在至少一切向及一軸向方向上以與水平線成30度之一角度朝向下端注射一水流之外。

**【0037】** 版本V3係如版本V2一樣，除所有噴嘴經引導以與水平線成45度之一角度注射一水流除外。

**【0038】** 如圖3中可見，當所有水在至少一切向及一軸向方向上朝向下端注射時，穿透速度增加。當角度係45度時，實現最佳結果。未使用振動錘以便僅量測水噴射之效應。可瞭解，當使用一振動錘時，穿透速度將顯著更高。

#### **【符號說明】**

##### **【0039】**

- 1: 單樁
- 2: 上端
- 3: 下端
- 4: 管狀下部分
- 5: 內側
- 6: 注射噴嘴
- 7: 開口
- 8: 較高高程
- 9: 上部區域

- 10: 距離
- 11: 水平線
- 12: 外表面
- 13: 圓形導管
- 14: 流體供應導管
- 15: 海床
- 16: 懸浮液水位
- 17: 水位
- 18: 水體
- 19: 管狀部分
- 20: 管狀部分
- 21: 下部區域
- 22: 過渡部分
- 23: 振動錘
- 24: 泵浦
- 25: 浮船
- 26: 高壓導管
- 27: 液壓導管
- 28: 懸浮液
- 29: 砂子
- 30: 黏土層
- 31: 砂子
- 32: 沖刷保護物

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種用於一風力渦輪機之單樁，其在經定位時具有一上端及一下端且包括自該下端向上延伸之一管狀下部分，且其中在該管狀下部分之內側處存在注射噴嘴，

其中該單樁在一較高高程處設置有一或多個開口且

其中該等注射噴嘴定位於距該下端達一定距離處且經引導以在至少一切向及一軸向方向上朝向該下端注射一水流。

### 【請求項2】

如請求項1之單樁，其中該等注射噴嘴以與水平線成30度與60度之間的一角度引導至該下端。

### 【請求項3】

如請求項1至2中任一項之單樁，其中該等注射噴嘴自該下端定位之距離係在0.25 m與2 m之間。

### 【請求項4】

如請求項1至2中任一項之單樁，其中該單樁具有一下部區域及一上部區域，該下部區域在定位於一土壤體中時由該土壤體圍繞，該上部區域在該土壤體上方延伸，且其中該一或多個開口存在於該上部區域中。

### 【請求項5】

如請求項4之單樁，其中該上部區域包括具有比該下部區域之管狀部分更小之一直徑之一管狀部分及定位於具有該較小直徑之該管狀部分下方之具有一平頭截錐形狀之一過渡部分。

### 【請求項6】

如請求項1至2中任一項之單樁，其中該下部管狀部分具有一圓柱形且齊平的外表面。

**【請求項7】**

如請求項6之單樁，其中該單樁之該下部區域及該下端具有一管子之形狀，該管子在其內部在距該下端達該注射距離處設置有該等噴嘴之一環。

**【請求項8】**

如請求項1至2中任一項之單樁，其中該單樁經設計用於一特定類型之土壤，在該特定類型之土壤中，該單樁將藉由改變該注射距離來定位。

**【請求項9】**

如請求項1至2中任一項之單樁，其中該等噴嘴流體地連接至一圓形導管，該圓形導管連接至該管狀下部分之該內壁，且其中該圓形導管流體地連接至向上延伸之一或多個流體供應導管。

**【請求項10】**

如請求項9之單樁，其中該一或多個流體供應導管焊接至該管狀下部分之該內壁。

**【請求項11】**

如請求項1至2中任一項之單樁，其中不存在用於自該單樁內抽出流體之泵送系統。

**【請求項12】**

一種用於將如請求項1至11中任一項之用於一風力渦輪機之一單樁安裝於由一水體覆蓋之一土壤表面上的方法，該方法藉由將下端定位於該土壤表面上且藉由在具有至少一切向及一軸向方向之一方向上自注射噴嘴朝

向該下端噴射水，從而導致該所噴射水在該下端處穿透該土壤，以導致水及土壤顆粒之一土壤懸浮液，該土壤懸浮液在該單樁內向上盤旋朝向其被排出至該水體之一或多個開口。

**【請求項13】**

如請求項12之方法，其中管狀下部分之直徑在6 m與15 m之間且其中自該等注射噴嘴噴射10000 l/min與100000 l/min之間的水。

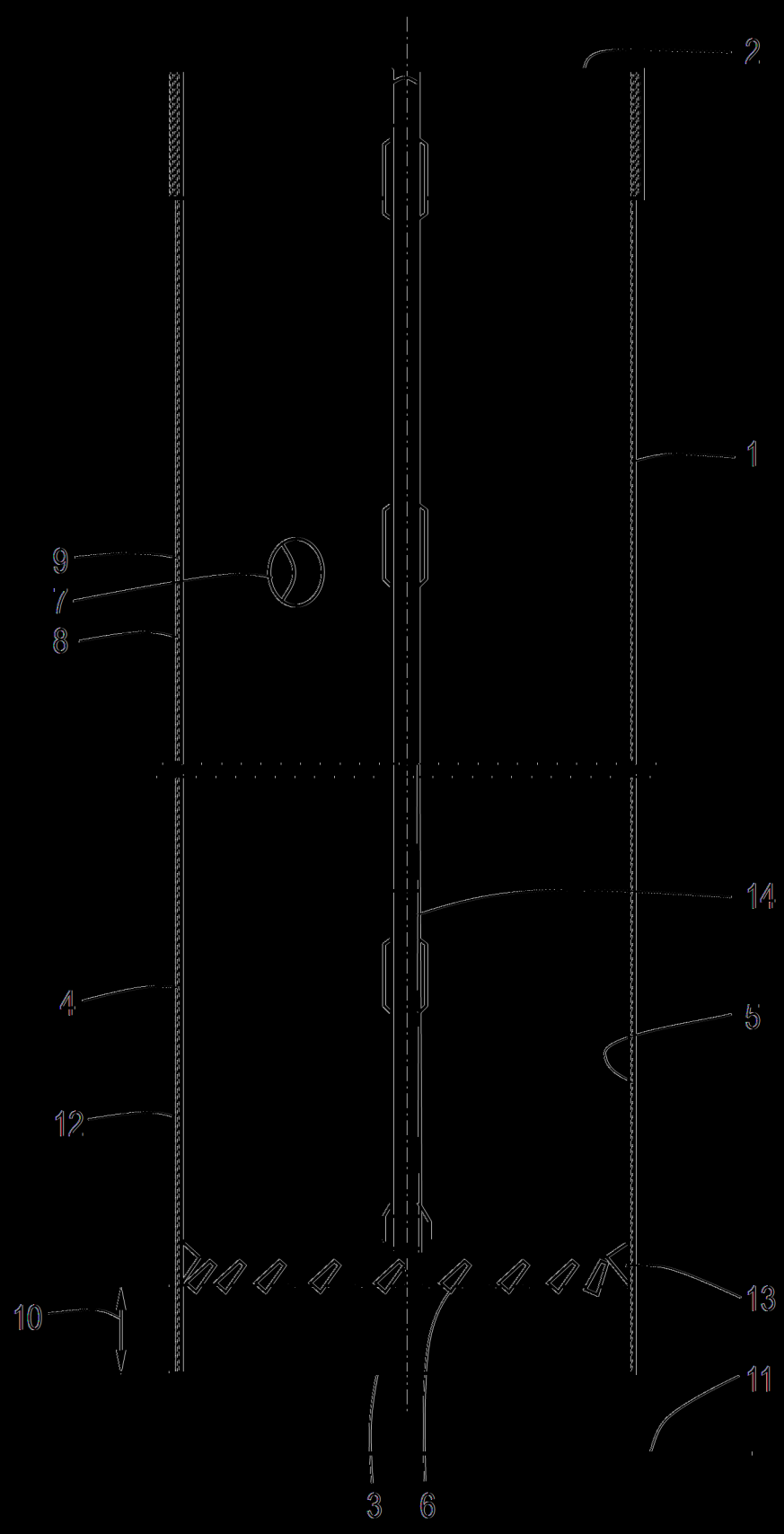
**【請求項14】**

如請求項12至13中任一項之方法，其中經噴射之該水實質上未穿透該土壤至低於該單樁之該下端之一層級。

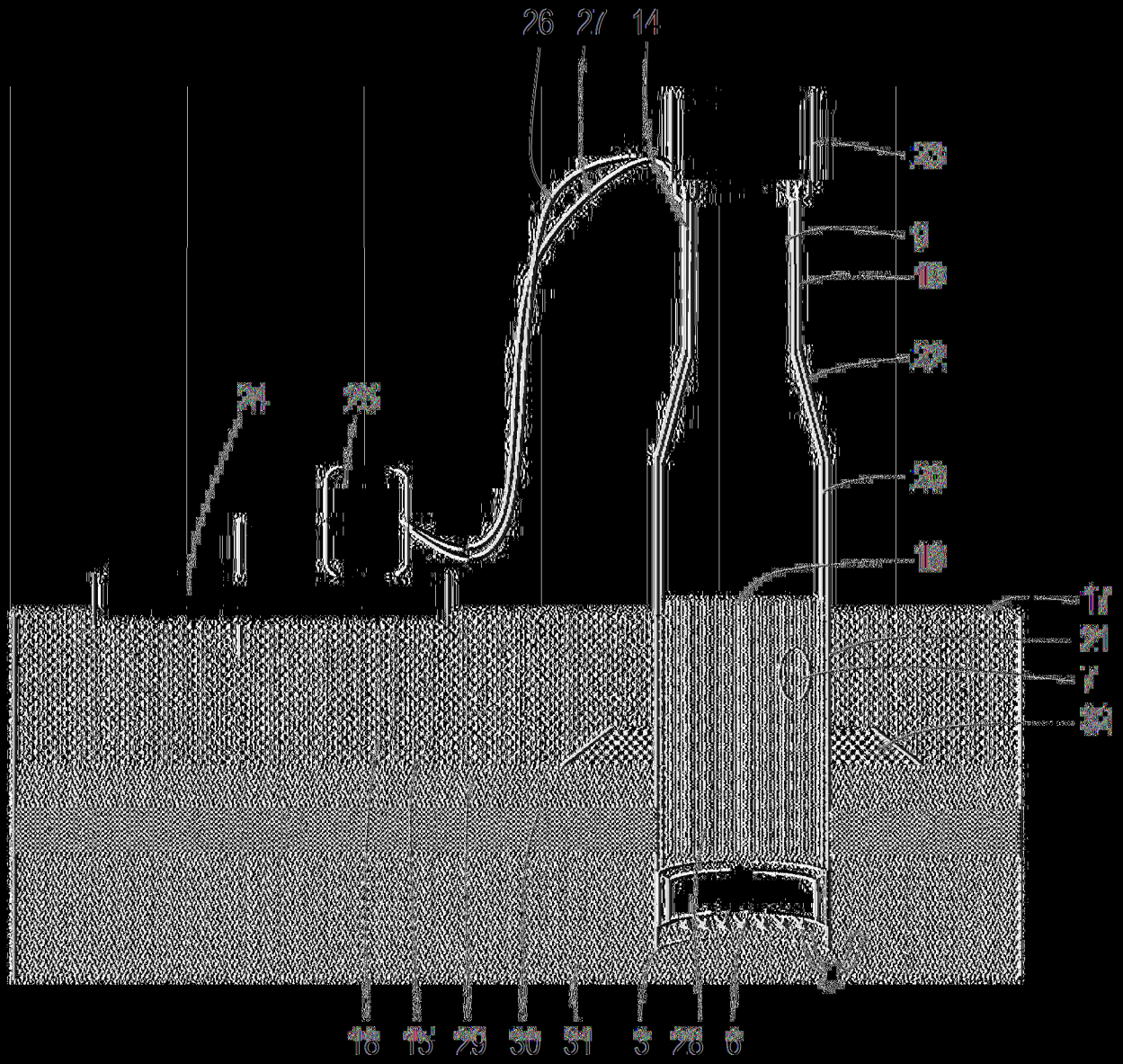
**【請求項15】**

如請求項14之方法，其中自該等注射噴嘴噴射之該水之超過90體積百分比係經由該一或多個開口排出至該水體。

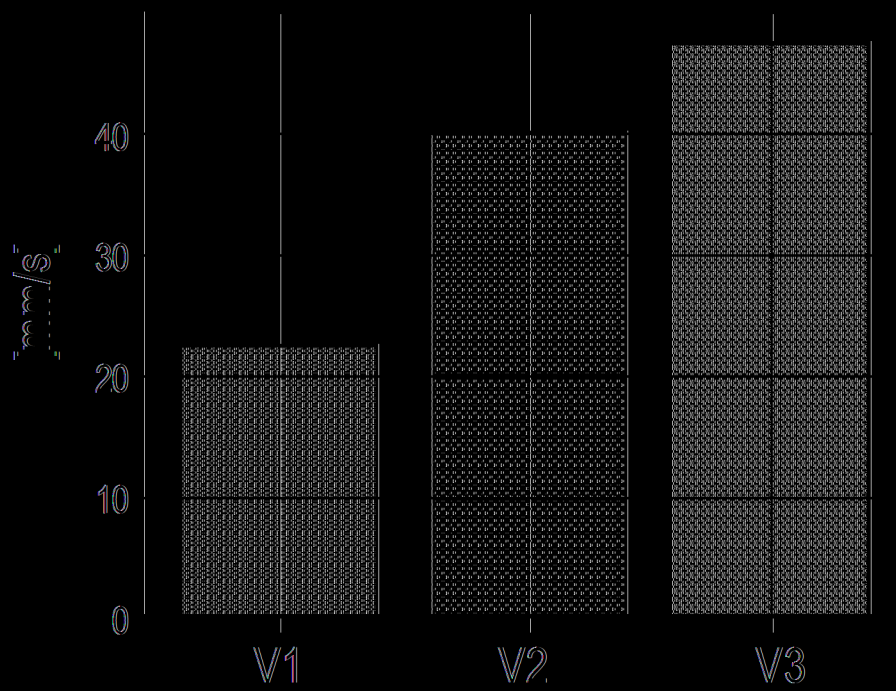
〔發明圖式〕



〔圖1〕



(圖2)



(圖3)