

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

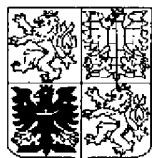
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

1801-99

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **24. 11. 97**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **22.11.96**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **96/964971**

(33) Země priority: **NO**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15. 12. 99**
(Věstník č. 12/99)

(86) PCT číslo: **PCT/NO97/00314**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 98/22760**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

F 24 J 3/08
E 21 B 43/17

(71) Přihlášovatel:

MOE Per H., Drammen, NO;
RABBEN Kjell M., Sandnes, NO;

(72) Původce:

Moe Per H., Drammen, NO;
Rabbén Kjell M., Sandnes, NO;

(74) Zástupce:

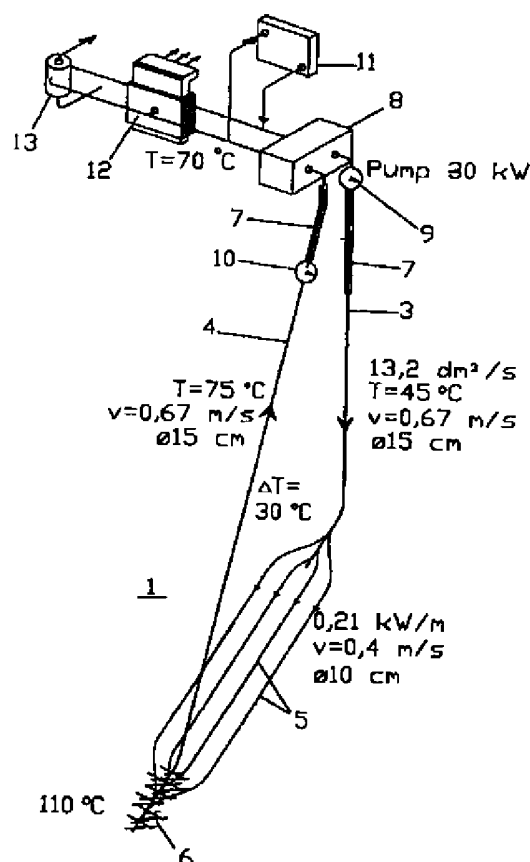
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1,
11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Zařízení na využívání geotermální energie

(57) Anotace:

Zařízení využívá geotermální energii prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar /1/, ležící v dostatečné hloubce pod zemským povrchem /2/ a obsahuje alespoň jeden přívodní otvor /3/, vedoucí od zemského povrchu /2/ dolů k uvedenému geologickému útvaru /1/, a alespoň jeden zpětný otvor /4/ pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru /1/ k zemskému povrchu /2/. Přívodní otvor /3/ a zpětný otvor /4/ jsou vzájemně propojeny větším počtem otvorů /5/ pro pohlcování tepla, které jsou od sebe vzdáleny více než 50 m. Otvory /5/ pro pohlcování tepla mají celkovou délku o velikosti několika kilometrů, přičemž však mají poměrně malý průměr o velikosti přibližně 10 cm



01-1018-99-Če

Zařízení na využívání geotermální energie

Oblast techniky

Vynález se týká zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar, ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem, které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor, vedoucí od zemského povrchu dolů k uvedenému geologickému útvaru, alespoň jeden zpětný otvor pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru k zemskému povrchu, a sestavu pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor a zpětný otvor, přičemž tato sestava obsahuje povrchové plochy pro přenos tepla, jejichž prostřednictvím je teplo přenášeno z uvedeného geologického útvaru do uvedené vody.

Dosavadní stav techniky

Příklad shora uvedeného zařízení je popsán v patentovém spise US-A-3 863 709 a v patentovém spise US-A-4 223 729, přičemž tyto patentové spisy, stejně jako i dále uváděné patentové spisy, jsou zde zahrnuty ve formě odkazu.

Patentový spis US-A-4 223 729 se týká využívání geotermální energie z horkých suchých skalních útvarů. V důsledku nízké tepelné vodivosti takovýchto útvarů, panovalo obecné přesvědčení, že tepelnou energii není možno získávat v užitečném množství, aniž by byla v geologickém

útvary k dispozici velmi rozsáhlá povrchová plocha pro přenos tepla.

Až do současné doby téměř u všech dosud známých zařízení pro získávání geotermální energie z horkých suchých skalních masivů byly činěny pokusy získat takovéto velmi rozsáhlé povrchové oblasti pro přenos tepla vytvářením zlomových zón mezi přírodním otvorem a zpětným otvorem, a to buď rozšiřováním již existujících zlomových zón prostřednictvím odstřelu skalního masivu mezi otvory s využitím výbušnin, nebo vytvořením zlomového systému prostřednictvím využití hydrostatického tlaku a/nebo tepla.

I když je potom takovéto zlomové zóny možno zajistit, poskytují tyto zóny velmi nepředvídatelné průtokové podmínky pro průtok vody, jelikož má voda snahu proudit směrem nejmenšího odporu, takže neproudí těmi nejmenšími trhlinkami ve zlomové zóně.

Podstata vynálezu

Naprosto v rozporu s obecným přesvědčením však původci tohoto vynálezu překvapivě zjistili, že pokud geotermální zařízení předmětného typu má mít určitou využitelnou životnost, pak velikost plochy pro přenos tepla není tím kritickým faktorem. Namísto toho je rozhodujícím faktorem dostupnost velkého objemu skalního masivu v těsné blízkosti povrchu pro přenos tepla.

Takže původci tohoto vynálezu jsou přesvědčeni o tom, že geotermické zařízení, určené například pro účely vytápění a pro účely dodávky teplé vody, může mít alespoň 15 000 m³

skály, umístěné v prostoru 50 m od povrchu pro přenos tepla, a to pro každý kilowatt, který má toto zařízení dodávat. Pro menší geotermická zařízení v nepříznivých skalních podmínkách, může tento objem činit více než 60 000 m³/kW.

Na základě shora uvedeného bylo v souladu s jedním aspektem předmětu tohoto vynálezu vyvinuto zařízení pro využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar, ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem, které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor, vedoucí od zemského povrchu dolů k uvedenému geologickému útvaru, alespoň jeden zpětný otvor pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru k zemskému povrchu, a sestavu pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor a zpětný otvor, přičemž tato sestava obsahuje povrchové plochy pro přenos tepla, jejichž prostřednictvím je teplo přenášeno z uvedeného geologického útvaru do uvedené vody.

Předmětné zařízení je charakterizováno tím, že jeho daný nominální výkon v megawattech je definován jako teplo, které má být pohlceno uvedenou sestavou po jednom roce provozu, přičemž uvedený povrch pro přenos tepla obsahuje alespoň jeden otvor pro pohlcování tepla, a přičemž objem uvedeného geologického útvaru, umístěného v prostoru 50 m od uvedeného otvoru pro pohlcování tepla, je alespoň 10×10^6 m³, s výhodou alespoň 20×10^6 m³, násobený uvedeným nominálním výkonem.

Tato čísla představují mnohem větší hmotu skalního masivu, než je možno zaznamenat u jakéhokoliv geotermálního zařízení, známého z dosavadního stavu techniky, s ekonomicky životaschopným výkonem.

Původci tohoto vynálezu zjistili, že nejúčinnějším a nejefektivnějším způsobem vytvoření dostatečně velkého objemu skály v těsné blízkosti u povrchové plochy pro přenos tepla je využití vrtaných otvorů pro uvedenou povrchovou plochu. Avšak takovéto otvory by musely být příliš dlouhé, aby pronikly do požadovaného objemu skály, přičemž náklady na vrtání jsou zjevně omezující, neboť je nutno předpokládat, že podstatně větší povrchová plocha pro přenos tepla, to znamená velký průměr otvoru, bude nezbytný k dosažení požadovaného tepelného toku od skalního masivu k vodě, která cirkuluje v těchto otvorech.

Nicméně se původci tohoto vynálezu rozhodli počítat přestup tepla z velkého válce skály do vody, proudící ve středovém otvoru tohoto válce, s využitím diferenciální rovnice, uvedené v publikaci „Conduction of Heat in Solids“, jejímiž autory jsou H. S. Carslaw a J. C. Jaeger, druhé vydání, Oxford, kterážto publikace je zde uváděna ve formě odkazu, čímž si vytýčili úkol, který podle jejich znalostí ještě nikdo nikdy neřešil.

Překvapivě však zjistili, že v průběhu 30 až 40 let se teplota ve skále ve vzdálenosti 100 m od otvoru naprosto změní. Dokonce překvapivě zjistili, že dostupná energie může být získávána po dobu tohoto časového období prostřednictvím otvoru, který z hlediska přenosu tepla má průměr tak malý, jako je například 10 cm, nebo dokonce ještě menší.

Další analýzy prokázaly, že zvyšování průměru otvoru až na velikost jednoho metru, čímž se zvýší povrchová plocha pro přenos tepla desetkrát, povede ke zvýšení množství možného získaného tepla pouze méně než dvakrát, přičemž všechny

ostatní podmínky zůstanou stejné. Avšak průřezová plochy takového otvoru, a tím i hmota, která musí být odstraněna při vytváření takového otvoru, se zvýší stokrát. V důsledku toho se jeví jako nejehospodárnější řešení využití pokud možno co nejmenšího průměru, který může být vyvrtán ve dlouhých vzdálenostech, který je s běžnou současnou technologií omezen na zhruba 10 cm.

Avšak délka takového otvoru pro pohlcování tepla by běžně přesahovala 5 km, a to i pro ta nejmenší praktická hospodárná zařízení, přičemž kromě toho přírodní otvor a zpětný otvor by musely mít alespoň stejnou délku. Kromě toho by pokles tlaku a následující ztráty čerpáním mohly být příliš velké pro příliš dlouhé a štíhlé otvory.

Za účelem vyřešení tohoto problému pak původci tohoto vynálezu navrhli rozdělit otvor pro pohlcování tepla na větší počet rovnoběžně propojených průchodů, které by byly od sebe dostatečně vzdáleny za účelem dosažení postačujícího objemu skály pro dodávání požadovaného množství tepla po dobu požadované životnosti takového geotermálního zařízení.

Takže v souladu s druhým aspektem předmětu tohoto vynálezu bylo vyvinuto zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), které obsahuje alespoň jeden přírodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a sestavu (5) pro pohlcování tepla, spojující přírodní otvor (3) a zpětný otvor (4).

Podstata tohoto zařízení spočívá v tom, že uvedená sestava (5) pro pohlcování tepla obsahuje větší množství vyvrtaných otvorů (5) pro pohlcování tepla, spojujících přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4) v rovnoběžném vzájemném průtokovém vztahu, přičemž podstatná část každého otvoru (5) pro pohlcování tepla leží alespoň 50 m, s výhodou pak alespoň 100 m od nejbližšího otvoru (5) pro pohlcování tepla, a přičemž celková délka otvorů (5) pro pohlcování tepla s výhodou převyšuje 5 000 m.

V souladu s dalším aspektem předmětu tohoto vynálezu pak podstata zařízení na využívání geotermální energie shora uvedeného typu spočívá v tom, že uvedená sestava pro pohlcování tepla obsahuje větší počet vyvrtaných otvorů pro absorbování tepla, uspořádaných ve vzájemném rovnoběžném průtokovém vztahu, přičemž uvedené otvory pro pohlcování tepla probíhají pod určitým úhlem směrem dolů od přívodního otvoru ke zpětnému otvoru.

Tento sklon otvorů pro pohlcování tepla umožňuje jejich jednodušší vyvrtávání, například s použitím vodou poháněných nárazových kladiv a spirálovitých trubíc. Hmotnost příslušných vrtáků může být snadno ovládána, neboť tření spirálovitých trubíc vůči stěně otvoru může v převážné míře přenášet hmotnost potrubí. Tím je možno výrazně zvýšit životnost vrtacího zařízení, což vede ke snížení celkových nákladů na vlastní vrtání.

Jelikož se teplota skály zvyšuje se zvyšující se hloubkou, pak ponechání směru proudění vody směrem dolů přes skloněné otvory umožní, aby zvyšování teploty vody odpovídalo zvyšování teploty okolní skály, čímž by docházelo k udržování

teplotního rozdílu mezi skálou a vodou, který by byl v podstatě konstantní. To může být spojeno s protiproudým průtokovým teplosměnným zařízením, což umožní používat kratší délky otvoru pro pohlcování tepla a dosahovat optimální pohlcování tepla ze skály. Protiproudé průtokové zařízení by mělo produkovat dvakrát až třikrát větší množství tepla ze stejného objemu skály, než ekvivalentní stejnoproudé teplosměnné zařízení.

Velikost úhlu sklonu vůči vodorovné rovině bude záviset na několika faktorech, například na teplotním gradientu ve skále, na délce otvoru pro pohlcování tepla a na průtokovém množství vody. Postup výpočtu tohoto úhlu je pro odborníky v dané oblasti techniky velmi dobře znám, takže zde nebude podrobněji rozebírán. Tento úhel by měl obvykle ležet mezi 20° a 50° , s výhodou by pak měl mít velikost zhruba 40° .

Za účelem získání co možno největšího množství tepla z daného objemu skály pak alespoň podstatné části otvorů pro pohlcování tepla jsou vůči sobě vzájemně rovnoběžné. S výhodou jsou otvory pro pohlcování tepla uspořádány v jedné vrstvě nebo v případě potřeby ve větším počtu svisle umístěných vrstev. Uspořádáním soustavy svisle rozmístěných vrstev má každá vrstva větší počet otvorů pro pohlcování tepla, což umožňuje zvýšení kapacity zařízení, aniž by bylo nutno rozšířit tyto otvory do příliš široké oblasti. To je velice důležité zejména v případě, kdy objem skály, která je k dispozici pro příslušné využívání, není příliš velký.

S výhodou je vzdálenost mezi přiléhajícími sousedními otvory v každé vrstvě stejná, jako je vzdálenost mezi přiléhajícími sousedními svisle rozmístěnými otvory, přičemž

tato vzdálenost činí alespoň 50 m, s výhodou pak alespoň 100 m. Na druhé straně by měla být tato vzdálenost menší, než zhruba 150 m, a to za účelem omezení fyzického rozsahu geotermálního zařízení.

Zařízení podle tohoto vynálezu může mít pouze jediný přívodní otvor a jediný zpětný otvor. Toto zařízení však může mít rovněž větší počet přívodních otvorů, uspořádaných s výhodou kolem společného zpětného otvoru, a to ve stejných vzdálenostech kolem jeho obvodu. U jednoho výhodného provedení předmětu tohoto vynálezu mohou být například kolem jediného zpětného otvoru uspořádány tři přívodní otvory.

Zde je nutno poznamenat, že zpětným otvorem může být jediný vyvrtaný otvor, nebo svazek blízko sebe umístěných otvorů o menším průměru, který vykazuje v podstatě stejné charakteristiky z hlediska tepelných ztrát, jako jediný otvor o větším průměru.

S výhodou mohou být horní konce přívodního otvoru a zpětného otvoru uspořádány blízko u sebe s otvory sklánějícími se směrem dolů za účelem vytvoření dostatečně velkého prostoru mezi konci otvorů pro pohlcování tepla. Tato vzdálenost činí s výhodou alespoň 500 m.

Takovéto uspořádání zařízení umožňuje docílit kompaktní konstrukce zařízení na povrchu, avšak současně umožňuje, aby bylo dosaženo dostatečné délky pro otvory pro pohlcování tepla. Jelikož tyto otvory pro pohlcování tepla jsou normálně vyvrtávány počínaje do přívodního otvoru, může být tento přívodní otvor s výhodou vyroben v podstatě svislý, což umožní, aby otvory pro pohlcování tepla dosahovaly pokud

možno co největší hloubky (a rovněž teploty), kterou umožňuje daná maximální délka vyvrtávací struny, dostupné pro vrtání těchto otvorů. Při použití spirálovité hadice může být maximální praktická délka 6 000 až 8 000 m.

Jak již bylo shora uvedeno, bylo dříve považováno za nezbytné mít velmi velké povrchové plochy pro přenos tepla za účelem získávání tepelné energie, jak je dokladováno velkým zlomovým povrchem, který je předpokládán v souladu s řešením podle patentového spisu US-A-4 223 729.

Avšak jelikož původci tohoto vynálezu velmi neočekávaně zjistili, že teplo může být získáváno zcela uspokojivě prostřednictvím otvorů pro pohlcování tepla o průměru řádově 10 cm nebo dokonce i menším, je nutno konstatovat, že jde o zcela nové uspořádání, takže v souladu s ještě dalším aspektem předmětu tohoto vynálezu bylo vyvinuto zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar, ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem, které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor, vedoucí od zemského povrchu dolů k uvedenému geologickému útvaru, alespoň jeden zpětný otvor pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru k zemskému povrchu, a sestavu pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor a zpětný otvor.

Podstata tohoto geotermálního zařízení spočívá v tom, že uvedená sestava pro pohlcování tepla obsahuje větší množství vyvrtaných otvorů pro pohlcování tepla, které mají průměr menší, než 14 cm, a zejména mají jmenovitý průměr o velikosti 10 cm.

V souladu s předmětem tohoto vynálezu byl rovněž vyvinut způsob, který je možno využít při konstruování shora uvedeného geotermického zařízení, přičemž podstata tohoto způsobu spočívá v tom, že otvory pro pohlcování tepla se vytvářejí jako větší počet vrtaných otvorů pro pohlcování tepla, uspořádaných v rovnoběžném průtokovém vzájemném vztahu.

Další výhodné znaky předmětu tohoto vynálezu jsou uvedeny v závislých patentových nárocích.

Pozornosti původců tohoto vynálezu neuniklo řešení, obsažené v patentovém spise WO 96/23181, kde je popisována snaha využít opuštěné pobřežní vrty, určené nejprve pro těžbu ropy, k získávání termální energie, která by poté byla převáděna na elektrickou energii, která by byla dodávána k uživatelům. Zde je použito 3 000 m hlubokých vrtů pro přívodní otvor a pro zpětný otvor, přičemž jsou tyto vrty na svých spodních koncích vzájemně propojeny v podstatě vodorovně vyvrtanou smyčkou, která je 1 000 m dlouhá, a která má průměr 21,5 cm. Touto smyčkou cirkuluje 700 m³/hod vody, jejíž vstupní teplota činí 20° C.

Shora uvedená publikace jednoduše předpokládá, že voda se bude navracet při teplotě 90° C, což je teplota geologického útvaru, kde je umístěna spojovací smyčka, a že tak bude vytvářet 40 MW tepelné energie. Tento předpoklad je však velice nepřesný.

S využitím shora uvedeného způsobu původci tohoto vynálezu zjistili, že teplota navracející se vody bude pouze o několik stupňů vyšší, než je teplota přiváděné vody, a že

smyčka by musela být více než šedesátkrát delší, aby bylo možno produkovat 40 MW tepelné energie. Na tom je zcela jasně vidět využitelnost, významnost a překvapivý účinek předmětu tohoto vynálezu.

Přehled obrázků na výkresech

Za účelem lepšího porozumění a pochopení všech podstatných znaků bude v dalším předmět tohoto vynálezu podrobněji popsán formou jeho příkladných provedení, přičemž tento popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým obrázkům výkresů, kde:

obr. 1 znázorňuje schematický axonometrický pohled na geotermální zařízení podle tohoto vynálezu;

obr. 2 znázorňuje schematický boční pohled na geotermální zařízení podle obr. 1;

obr. 3 znázorňuje schematický půdorysný pohled na větší geotermální zařízení podle tohoto vynálezu; a

obr. 4 znázorňuje pohled v řezu, přičemž tento řez je veden podél čáry IV-IV z obr. 3.

Příklady provedení vynálezu

U dvou provedení předmětu tohoto vynálezu, která jsou znázorněna na shora citovaných obrázcích výkresů, bylo pro označení podobných součástí použito stejných vztahových značek.

Zařízení, znázorněné na obr. 1 a na obr. 2, má svou větší část umístěnu v geologickém útvaru 1 pod zemským povrchem 2. Tento geologický útvar 1 má tepelnou vodivost o velikosti $3 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$. Zařízení obsahuje přívodní otvor 3 o průměru 15 cm a zpětný otvor 4 o průměru rovněž 15 cm. Přívodní otvor 3 a zpětný otvor 4 jsou vzájemně propojeny čtyřmi otvory 5 pro pohlcování tepla, z nichž každý má průměr 10 cm a je dlouhý přibližně 2 000 m. Vzdálenost mezi těmito otvory 5 pro pohlcování tepla může být 100 až 150 m.

Otvory 5 pro pohlcování tepla byly vyvrtány tak, že se započalo od přívodního otvoru 3 a skončilo se ve zpětném otvoru 4 nebo v jeho blízkosti. V této oblasti byla ustavena lomová zóna 6, a to za účelem zajištění průtokového propojení mezi zpětným otvorem 4 a otvory 5 pro pohlcování tepla, neboť je velmi obtížné strefit se při vrtání otvorů 5 pro pohlcování tepla přímo přesně do zpětného otvoru 4.

Horní části přívodního otvoru 3 a zpětného otvoru 4 jsou opatřeny pouzdem či pláštěm 7, který se rozprostírá do hloubky zhruba 300 m pod zemský povrch 2, a jehož účelem je utěsnit otvory 3 a 4 vůči okolním geologickým masivům v této oblasti.

Na povrchu jsou přívodní otvor 3 a zpětný otvor 4 připojeny k jedné straně oddělovacího tepelného výměníku 8, přičemž je v přívodní linii 3 uspořádáno oběhové čerpadlo 9. Na spodním konci pouzdra či pláště 7 zpětného otvoru 4 je uspořádáno pomocné čerpadlo 10, jehož úkolem je snižovat tlak ve zpětném otvoru 4, neboť voda má snahu unikat z tohoto zpětného otvoru 4 ven do geologického útvaru 1.

Druhá strana oddělovacího tepelného výměníku 8 je průtokově propojena s různými zařízeními, spotřebovávajícími teplo, které jsou zde příkladně ztělesněny radiátorem 11, vzduchovým ohříváčem 12 a teplovodní nádrží 13.

Z důvodu účelnosti jsou na obr. 1 a na obr. 2 znázorněny různé teploty, průtokové rychlosti a průtoková množství, jako i rozměry geotermálního zařízení. Kromě toho je na obr. 1 uvedeno, že otvory 5 pro pohlcování tepla pohlcují teplo o velikosti 0,21 kW/m. S přihlédnutím k tomu, že celková délka otvorů 5 pro pohlcování tepla činí zhruba 8 000 m, tak tyto otvory 5 vytěží ze skály teplo o velikosti téměř 1,7 MW.

Stejného výsledku lze dosáhnout zvýšením průtokového množství vody a teplotního rozdílu mezi přívodním otvorem 3 a zpětným otvorem 4. Avšak pro tak malé zařízení, jako je toto, není tepelná ztráta ve zpětném otvoru 4, vznikající únikem tepla do okolního geologického útvaru 1, nikterak zanedbatelná, takže síťový výkon tohoto zařízení lze očekávat o velikosti zhruba 1,5 MW.

Na obr. 2 je znázorněno, že přívodní otvor 3 je svislý a má délku přibližně 3 200 m. Otvory 5 pro pohlcování tepla se rozprostírají směrem dolů, přičemž svírají s vodorovnou rovinou úhel α , který je roven zhruba 45°. S přihlédnutím k tomu, že jsou 2 000 m dlouhé, a že je nutno přidat určitou délku s ohledem na zakřivení jejich koncových částí, mohou být otvory 5 pro pohlcování tepla vyvrtány nárazovým kladivem a spirálovitým potrubím o délce zhruba 5 000 m.

Při stanovování údaje 0,21 kW/m pro otvory 5 pro pohlcování tepla použili původci tohoto vynálezu výsledky

jejich propočtů, o který je zmínka v úvodní části tohoto popisu. Na základě těchto propočtů pak včetně několika zaokrouhlení, která mají malý praktický význam, byla vytvořena následující rovnice

$$Q \cong K \cdot k^{0,93} \cdot D^{0,2} (0,12 + (t + 1)^{-0,1}) (T_G - T_w) \cdot l \quad (1)$$

kde:

Q - je teplo, absorbované z otvoru 5, ve wattech [W]

K - je konstanta o velikosti mezi 1,7 a 2,0

k - je tepelná vodivost skály ve wattech na metr a stupeň Celsia [W/m °C], jejíž velikost bývá obvykle kolem tří pro hutnou skálu

T_G - je počáteční průměrná teplota geologického útvaru 1 v okolí otvoru 5 pro pohlcování tepla

T_w - je průměrná teplota vody, proudící otvorem 5 pro pohlcování tepla

D - průměr otvoru 5 v metrech [m]

l - délka otvoru 5 v metrech [m]

t - je doba provozu zařízení v rocích.

Rovnice (1) předpokládá protiproudý typ tepelné výměny a nebude tedy přesná za souproudé situace. Malý exponent 0,2 pro průměr D vyjadřuje nízký vliv průměru na pohlcování tepla, zatímco exponent -0,1, vztahující se k době provozu, vyjadřuje skutečnost, že zařízení ztrácí zhruba 1 % energie za rok po jednoročním provozu.

Rovnice může být rovněž využito pro výpočet tepelných ztrát ve zpětném otvoru 4 s přiměřeným stupněm přesnosti.

Jelikož rovnice (1) ukazuje, že účinek průměru je docela malý, a že z ekonomických důvodů je nutno udržovat průměr docela malý, a jelikož k odčerpávání tepla, obsaženého ve skále bude docházet docela pomalu, může být rovnice (1) dále zjednodušena do následujícího tvaru:

$$Q \cong C \cdot (T_G - T_W) \cdot k \cdot l \quad (2)$$

kde:

C - je konstanta o velikosti mezi 0,6 a 2,4, přičemž dolní hodnota platí pro menší zařízení a pro nízké teplotní gradienty či teplotní spády ve skále, zatímco horní hodnota platí pro větší zařízení a pro vyšší teplotní gradienty či teplotní spády.

Provedení předmětu tohoto vynálezu, znázorněné na obr. 3 a na obr. 4, představuje geotermické zařízení, určené a konstruované pro nominální výkon 50 MW a pro průměrný výkon 40 MW po uplynutí 240 000 hodin využívání (to jest 60 let při využívání 4 000 hodin za rok). Teplota přiváděné vody činí 40° C a teplota zpětně odváděné vody činí 100° C při průtokovém množství vody o velikosti zhruba 200 kg/sec.

Geologický útvar 1 sestává ze žuly, která má tepelnou vodivost 4 W/m °C, přičemž teplotní gradient neboli teplotní spád činí 30° C/km.

Za účelem dosažení nezbytné celkové délky otvorů 5 pro pohlcování tepla byly tyto otvory 5 uspořádány ve třech svazcích, vzájemně od sebe pootočených o 120°, přičemž dodávají ohřátou vodu do společného zpětného otvoru 4. Každý svazek otvorů 5 pro pohlcování tepla sestává ze sedmi

vrstev 14 otvorů 5 pro pohlcování tepla, přičemž tyto vrstvy 14 obsahují tři v podstatě rovnoběžné otvory 5 pro pohlcování tepla.

Vzdálenost mezi otvory 5 pro pohlcování tepla činí zhruba 100 m ve vodorovném směru a zhruba 100 až 150 m ve svislém směru. Každý otvor 5 pro pohlcování tepla má průměr 10 cm a je dlouhý zhruba 2 300 m. Svírá s vodorovnou rovinou úhel α , který má velikost zhruba 40°.

Přívodní otvor 3, který napájí každý svazek otvorů 5 pro pohlcování tepla, má průměr 25 cm, přičemž průměr zpětného otvoru 4 činí zhruba 40 cm. To znamená, že rychlost proudění vody ve zpětném otvoru 4 je čtyřikrát větší, než je rychlost proudění vody v otvorech 5 pro pohlcování tepla.

Z důvodů zjednodušení zde nebylo znázorněno veškeré vybavení a zařízení na zemském povrchu 2, určené pro využívání tepla, vyráběného předmětným zařízením na využívání geotermální energie. Pokud by po mnoha letech provozu bylo teplo ve skále kolem otvorů 5 pro pohlcování tepla vyčerpáno, mohou být vyvrtány nové otvory pro pohlcování tepla v úsecích mezi dosud existujícími svazky těchto otvorů, nebo mohou být vyvrtány pod již existujícími otvory.

Vyvrtání nových otvorů pod již existujícími otvory 5 pro pohlcování tepla může být rovněž přirozenou cestou pro zvýšení nebo obnovu kapacity zařízení na využívání geotermální energie, znázorněného na obr. 1 a na obr. 2.

Je nutno poznamenat, že otvory 5 pro pohlcování tepla, příslušející k provedení, znázorněnému na obr. 3 a na obr. 4,

mají celkovou délku zhruba 145 km. Mají zhruba stejný tepelný výkon, jaký je očekáván od jednoho kilometru otvoru pro pohlcování tepla v patentovém spise WO 96/23181.

Je zcela pochopitelné, že předmět tohoto vynálezu se nikterak neomezuje na shora popsaná příkladná provedení neboť může být různě měněn a modifikován různými způsoby, aniž by došlo k úniku z myšlenky vynálezu a z rozsahu ochrany, stanoveného zněním následujících patentových nároků.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a sestavu (5) pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4), přičemž tato sestava (5) obsahuje povrchové plochy pro přenos tepla, jejichž prostřednictvím je teplo přenášeno z uvedeného geologického útvaru (1) do uvedené vody, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zařízení má daný nominální výkon v MW, definovaný jako teplo, které má být pohlceno uvedenou sestavou (5) po jednom roce provozu, přičemž uvedený povrch pro přenos tepla obsahuje alespoň jeden otvor (5) pro pohlcování tepla, a přičemž objem uvedeného geologického útvaru (1), umístěného v prostoru 50 m od uvedeného otvoru (5) pro pohlcování tepla, je alespoň $10 \times 10^6 \text{ m}^3$, s výhodou alespoň $20 \times 10^6 \text{ m}^3$, násobený uvedeným nominálním výkonem.

2. Zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a sestavu (5) pro pohlcování tepla, spojující

přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4), v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedená sestava (5) pro pohlcování tepla obsahuje větší množství vyvrtaných otvorů (5) pro pohlcování tepla, spojujících přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4) v rovnoběžném vzájemném průtokovém vztahu, přičemž podstatná část každého otvoru (5) pro pohlcování tepla leží alespoň 50 m, s výhodou pak alespoň 100 m od nejbližšího otvoru (5) pro pohlcování tepla, a přičemž celková délka otvorů (5) pro pohlcování tepla s výhodou převyšuje 5 000 m.

3. Zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), které obsahuje alespoň jeden přívodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a sestavu (5) pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4), v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedená sestava (5) pro pohlcování tepla obsahuje větší množství vyvrtaných otvorů (5) pro pohlcování tepla, uspořádaných v rovnoběžném průtokovém vzájemném vztahu, přičemž tyto otvory (5) pro pohlcování tepla směřují pod úhlem (α) směrem dolů od přívodního otvoru (3) ke zpětnému otvoru (4).

4. Zařízení podle nároku 3 v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedený úhel (α) má velikost mezi 20° a 50°, s výhodou zhruba 40°.

5. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 2 až 4 v y z n a č u j í c í s e t í m , že podstatná část otvorů (5) pro pohlcování tepla leží vzájemně vůči sobě rovnoběžně.

6. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 2 až 5 v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla jsou uspořádány v jedné vrstvě (14) nebo ve více než jedné svisle rozmístěných vrstvách (14).

7. Zařízení podle nároku 6 v y z n a č u j í c í s e t í m , že vzdálenost mezi přiléhajícími sousedními otvory (5) pro pohlcování tepla v každé vrstvě (14) je zhruba stejná, jako vzdálenost mezi přiléhajícími sousedními svislými otvory (5) pro pohlcování tepla.

8. Zařízení podle nároku 6 nebo 7 v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedená vzdálenost mezi uvedenými vrstvami (14) je menší, než zhruba 150 m, s výhodou zhruba 100 m.

9. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 2 až 8 v y z n a č u j í c í s e t í m , že kolem společného zpětného otvoru (4) je uspořádán větší počet přívodních otvorů (3).

10. Zařízení podle kteréhokoliv z předcházejících nároků v y z n a č u j í c í s e t í m , že horní konce uvedeného přívodního otvoru a uvedeného zpětného otvoru jsou uspořádány blízko u sebe, přičemž jeden z uvedených otvorů probíhá v podstatě svisle, zatímco druhý z uvedených otvorů

se od svislice odklání za účelem zajištění dostatečné vzdálenosti mezi konci otvorů (5) pro pohlcování tepla.

11. Zařízení podle nároku 10
v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedená vzdálenost činí alespoň 500 m, s výhodou pak více než 1 000 m.

12. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 2 až 11
v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla mají průměr menší, než 18 cm, s výhodou pak menší, než 12 cm.

13. Zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), které obsahuje alespoň jeden přírodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2),
v y z n a č u j í c í s e t í m , že přírodní otvor (3) a zpětný otvor (4) jsou propojeny větším počtem vyvrtaných otvorů (5) pro pohlcování tepla, přičemž průměr uvedených otvorů je menší, než 14 cm.

14. Zařízení podle nároku 12 nebo 13
v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla mají jmenovitý průměr 4 palce neboli 10 cm.

15. Způsob, využitelný při konstrukci zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), přičemž uvedené zařízení obsahuje

alespoň jeden přívodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a alespoň jeden otvor (5) pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4), v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla se vytvářejí jako větší počet vrtaných otvorů (5) pro pohlcování tepla, uspořádaných v rovnoběžném průtokovém vzájemném vztahu.

16. Způsob podle nároku 15
v y z n a č u j í c í s e t í m , že dimenzování uvedených otvorů (5) pro pohlcování tepla se provádí na základě řešení diferenciální rovnice pro přenos tepla z válce homogenního skalního materiálu do vody, protékající středovým otvorem v uvedeném válci, přičemž uvedené řešení se používá při dimenzování uvedených otvorů (5) pro pohlcování tepla.

17. Způsob podle nároku 16
v y z n a č u j í c í s e t í m , že se využívá vzorce

$$Q \cong K \cdot k^{0,93} \cdot D^{0,2} (0,12 + (t + 1)^{-0,1}) (T_G - T_W) \cdot l$$

jako přiblížení se k uvedenému řešení, přičemž činitele a koeficienty tohoto vzorce (1) byly definovány v předcházejícím popise.

18. Způsob podle nároku 16
v y z n a č u j í c í s e t í m , že se využívá vzorce

$$Q \cong C \cdot (T_G - T_W) \cdot k \cdot l$$

jako přiblížení se k uvedenému řešení, přičemž činitele a koeficienty tohoto vzorce (2) byly definovány v předcházejícím popise.

19. Způsob podle nároku 15, 16, 17 nebo 18 v y z n a č u j í c í s e t í m , že alespoň větší části otvorů (5) pro pohlcování tepla se vyvrtávají s využitím nárazového kladiva a spirálovité potrubní vyvrtávací struny.

20. Způsob, využitelný při konstrukci zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), přičemž uvedené zařízení obsahuje alespoň jeden přívodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a alespoň jeden otvor (5) pro pohlcování tepla, spojující přívodní otvor (3) a zpětný otvor (4), v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla se vytvářejí jako větší počet otvorů (5) pro pohlcování tepla, uspořádaných v rovnoběžném průtokovém vzájemném vztahu, přičemž jsou uvedené otvory (5) pro pohlcování tepla dimenzovány na základě rovnice

$$Q \cong K \cdot k^{0,93} \cdot D^{0,2} (0,12 + (t + 1)^{-0,1}) (T_G - T_W) \cdot l$$

přičemž činitele a koeficienty tohoto vzorce (1) byly definovány v předcházejícím popise.

21. Způsob, využitelný při konstrukci zařízení na využívání geotermální energie prostřednictvím cirkulace vody

přes geologický útvar (1), ležící v hloubce alespoň 1 000 m pod zemským povrchem (2), přičemž uvedené zařízení obsahuje alespoň jeden přírodní otvor (3), vedoucí od zemského povrchu (2) dolů k uvedenému geologickému útvaru (1), alespoň jeden zpětný otvor (4) pro dopravu ohřáté vody od uvedeného geologického útvaru (1) k zemskému povrchu (2), a alespoň jeden otvor (5) pro pohlcování tepla, spojující přírodní otvor (3) a zpětný otvor (4), v y z n a č u j í c í s e t í m , že otvory (5) pro pohlcování tepla se vytvářejí jako větší počet otvorů (5) pro pohlcování tepla, uspořádaných v rovnoběžném průtokovém vzájemném vztahu, přičemž jsou uvedené otvory (5) pro pohlcování tepla dimenzovány na základě rovnice

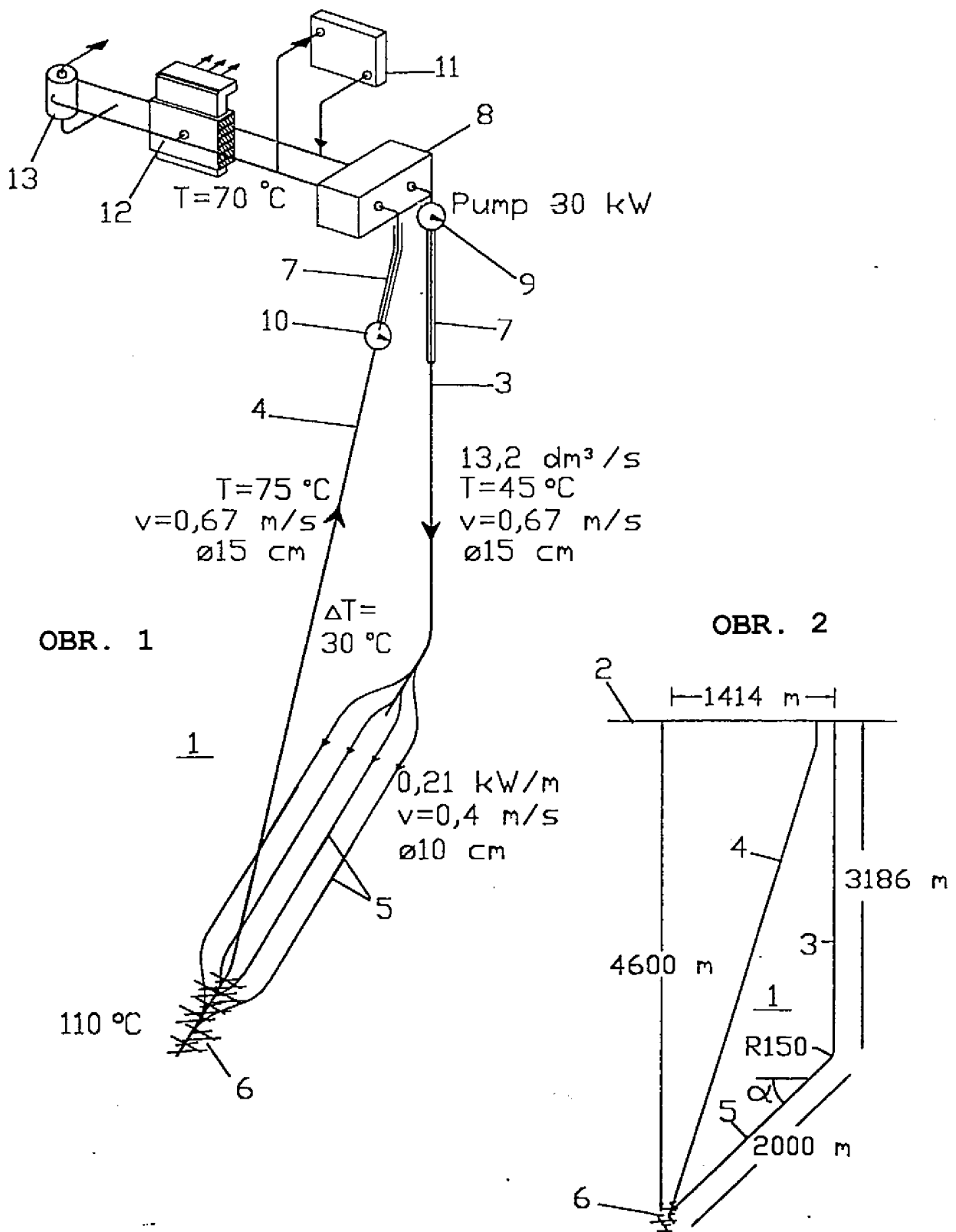
$$Q \cong C \cdot (T_G - T_W) \cdot k \cdot l$$

přičemž činitele a koeficienty tohoto vzorce (2) byly definovány v předcházejícím popise.

21.05.99

1801-99

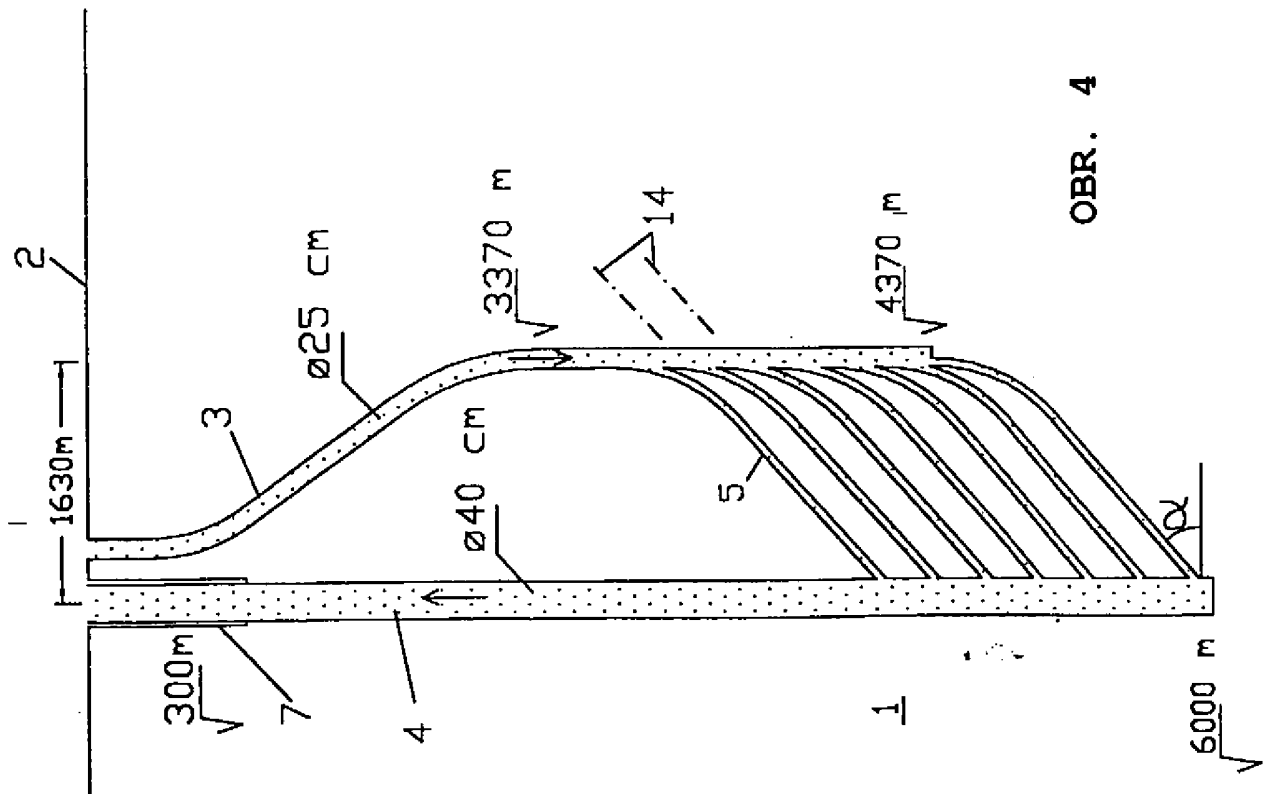
1/2



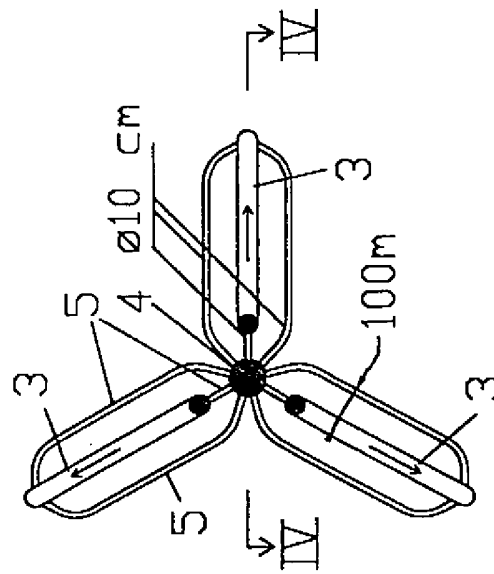
21.05.99

1801-99

2/2



OBR. 4



OBR. 3