

- (11) Patento numeris: **4635** (51) Int. Cl.⁷ **F24J 3/08**
E21B 43/17
- (21) Paraiškos numeris: **99-066**
- (22) Paraiškos padavimo data: **1999 06 07**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **1999 10 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2000 03 27**
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: **PCT/NO97/00314**
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: **1997 11 24**
- (85) Nacionalinės procedūros pradžia: **1999 06 07**
- (31, 32, 33) Prioritetas: **964971, 1996 11 22, NO**
- (72) Išradėjas:
Per H. Moe, NO
Kjell M. Rabben, NO
- (73) Patento savininkas:
Per H. Moe, Amtmann Bangs Gate 7, N-3000 Drammen, NO
Kjell M. Rabben, Gravarslia 30, N-4300 Sandnes, NO
- (74) Patentinis patikėtinis:
Marius Jakulis-Jason, 3, A.A.A.Baltic Service Company,
Rūdninkų g. 18/2-12, 2001 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:
Geoterminės energijos naudojimo įranga

(57) Referatas:

Geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinį klotą (1), esantį dideliame gylyje nuo žemės paviršiaus (2), susideda iš mažiausiai vieno tiekimo gręžinio (3), einančio nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klotą (1), mažiausiai vieno grąžinimo gręžinio (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klotų į paviršių. Tiekimo ir grąžinimo gręžiniai (3,4) sujungti daugybe šilumą absorbuojančių gręžinių (5), kurie išdėstyti daugiau negu 50 m tarpais. Šilumą absorbuojančių gręžinių (5) bendras ilgis lygus daugeliui kilometrų, o santykinai mažas diametras yra maždaug 10 cm. Įrangos konstravimo būdas apima šilumą absorbuojančių gręžinių dydžių nustatymą.

Šis išradimas susijęs su geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinius kodus mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus ir apimančia mažiausiai vieną tiekimo gręžinį, einantį nuo paviršiaus į minėtą kodą, mažiausiai vieną grąžinimo gręžinį transportuoti pašildytą vandenį iš minėto kodo į paviršių ir šilumos absorbavimo įrenginį, sujungtą su tiekimo ir grąžinimo gręžiniais, šį įrenginį sudaro šilumos perdavimo paviršius, kuriuo šiluma perduodama iš kodo vandeniui.

Tokios įrangos pavyzdys aprašytas US - A - 3 863 709 ir US - A - 4 223 729, pastarasis ir kiti paminėti patentai čia įtraukti kaip nuorodos. US 4 223 729 patentas susijęs su geoterminės energijos iš karštų sausų uolieninių kodus panaudojimu. Dėl mažo terminio šių kodus pralaidumo buvo įprasta tikėti, kad terminė energija naudingų santykiu negali būti išgauta be labai didelio šilumos perdavimo paviršiaus buvimo geologiniame klode. Iki šiol beveik visose žinomose įrangoje iš sausų karštų uolienų buvo bandoma gauti tokius labai didelius šilumos perdavimo paviršiaus plotus, sukuriant plyšio zonas tarp tiekimo ir grąžinimo gręžinių, arba išplečiant egzistuojančias plyšio zonas, ardant uolienas tarp gręžinių, naudojant sprogmenis, arba sukūriant plyšių sistemą, panaudojus hidrostatinį slėgį ir/arba šilumą. Net jeigu tokios plyšio zonos galėtų būti sukurtos, jos sukurtų gana nenusipėjamas vandens tekėjimo sąlygas, nes vanduo stengtųsi užimti mažiausio pasipriešinimo kelią ir todėl netekėtų per siauresnius plyšio zonos įtrūkimus.

Visiškai priešingai bendrai nuomonei, šie išradėjai netikėtai nustatė, kad tam, kad nagrinėjamo tipo geoterminė įranga turėtų nors kokį naudingą egzistavimą, šilumos perdavimo paviršiaus dydis nėra lemiamas faktorius. Vietoj to lemiamu faktoriumi yra didelio tūrio uolienos buvimas labai arti šilumos perdavimo paviršiaus. Tokiu būdu, išradėjai tiki, kad geoterminė įranga, pavyzdžiui, skirta šildymo ir karšto vandens tiekimo tikslams, turėtų turėti mažiausiai 15 000 m³ uolienų, išdėstytų per 50 m nuo šilumos perdavimo paviršiaus, kiekvienam kW, kurį tiekia įranga. Esant

nepalankiai uolienų kokybei, mažesnei įrangai šis tūris gali būti didesnis - 60 000 m³/kW.

Todėl, vienu išradimo aspektu, pateikiama geoterminės energijos naudojimo įranga, apibrėžta įvadiniamame skyriuje viršuje, įranga apibūdinama tuo, kad ji turi užduotą nominalinę galią MW, apibūdintą kaip šilumą, absorbuota minėtu įrenginiu po vienerių metų darbo, dar apibūdinama tuo, kad šilumos perdavimo paviršius apima mažiausiai vieną išgręžtą šilumą absorbuojantį gręžinį, ir tuo, kad minėto klando, išdėstyto per 50 m nuo minėto šilumą absorbuojančio gręžinio, tūris yra mažiausiai apie 10×10^6 m³, geriau, kai bent 20×10^6 m³, padidintas minėta nominalia galia.

Šie skaičiai parodo daug didesnę uolienų masę, negu aptarta technikos lygiu bet kokia įranga su ekonomiškai perspektyvia išeiga.

Išradėjai nustatė, kad efektyviausias pakankamai didelio uolienų tūrio labai arti prie šilumos perdavimo paviršiaus sudarymo kelias būtų naudoti išgręžtus gręžinius šiam paviršiui. Be to, toks gręžinys turėtų būti gana ilgas, kad prasiskverbtų į reikiamą uolienų tūrį, ir gręžimo išlaidos būtų pernelyg didelės, nors jie dar turėjo numanyti, kad esminis šilumos perdavimo paviršius, t.y. didelio diametro gręžinys, būtų būtinas pateikti reikiamą šilumos tekėjimą nuo uolienos į vandenį, cirkuliuojantį per gręžinį.

Nors išradėjai paskaičiavo šilumos perdavimą nuo didelio uolienų cilindro vandeniui, tekančiam centrine cilindro anga, naudojant diferencialinę lygtį, nurodytą H.S.Carslaw ir J.C. Jaeger "Condition of Heat in Solids", antrajame leidime, Oksfordas, kuri apima uždavinį, kurio, jų žiniomis, niekas prieš tai neišsprendė. Netikėtai jie nustatė, kad per 30 - 40 metų temperatūra uolienose 100 m atstumu nuo gręžinio vargu ar iš viso pasikeistų. Dar labiau netikėta tai, kad jie nustatė, kad esama energija galėtų būti išgauta per šį laikotarpį gręžinio pagalba, kuris, žiūrint iš šilumos perdavimo taško, turėjo mažą diametrą, apie 10 cm ir dar mažesnę. Tolesnė analizė parodė, kad didinant gręžinio diametrą iki 1 m, kuris padidintų šilumos perdavimo paviršių dešimt kartų, galimos šilumos išgavimo greitis būtų mažesnis negu dvigubai, kitoms sąlygoms esant vienodomis. Be to, tokio gręžinio skerpjūvio plotas ir masė,

turinti būti perkelta, kad padarytų tą gręžinį, padidėtų 100 kartų. Todėl, atrodo, kad ekonomiškiausias sprendimas būtų naudoti mažiausią gręžinio diametrą, kuriuo galėtų būti išgręžti ilgi atstumai ir kuris kai kurių technologijų apribotas iki 10 cm.

Be to, tokio šilumą absorbuojančio gręžinio ilgis paprastai siektų 5 km net mažiausiai praktiškai ekonomiškai įrangai, ir dar tiekimo ir grąžinimo gręžiniai galėtų tęstis tokiu pačiu atstumu. Tokiu būdu, slėgio skirtumo ir iš to išplaukiantys siurbimo nuostoliai gali būti per dideli labai ilgiems siauriems gręžiniams. Kad būtų išspręsta ši problema, išradėjai siūlo padalinti šilumą absorbuojantį gręžinį į daugybę praėjimų, sujungtų lygiagrečiai ir suskirstytų pakankamais tarpais, kad būtų gaunamas pakankamas uolienos tūris tiekti numatytą šilumą per reikiamą įrangos eksploatacijos laiką.

Tokiu būdu, pagal antrąjį aspektą išradimas pateikia geoterminės energijos naudojimo įrangą, paremtą vandens cirkuliaciją per geologinius klotus mažiausiai 1000 m žemiau nuo žemės paviršiaus, įranga apima mažiausiai vieną tiekimo gręžinį, einantį nuo paviršiaus žemyn link minėto klotų, mažiausiai vieną grąžinimo gręžinį transportuoti pašildytą vandenį iš minėto klotų į paviršių, šilumos absorbavimo įrenginį, sujungiantį tiekimo ir grąžinimo gręžinius, įranga pasižymi tuo, kad minėtas šilumos absorbavimo įrenginys susideda iš daugybės išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių, sujungiančių tiekimo ir grąžinimo gręžinius lygiagretaus srauto būdu, kiekvieno šilumą absorbuojančio gręžinio pagrindinė dalis guli mažiausiai 50 m, geriau bent 100 m, nuo arčiausio šilumą absorbuojančio gręžinio, bendras šilumą absorbuojančių gręžinių ilgis dažniausiai siekia 5000 m.

Pagal kitą šio išradimo aspektą geoterminės energijos naudojimo įranga, išdėstyta ankstesnio skyriaus klasifikavimo dalyje, pasižymi tuo, kad minėtas šilumos absorbavimo įrenginys susideda iš daugybės išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių, išdėstytų lygiagretaus srauto būdu, minėti šilumą absorbuojantys gręžiniai tęsiasi kampu žemyn nuo tiekimo gręžinio į grąžinimo gręžinį.

Šilumą absorbuojančių gręžinių pasvirimas padaro juos lengvesnius gręžti, pavyzdžiui, naudojant hidraulinį smūgį ir spiralinį vamzdyną. Jėga į gręžtuvo grąžtą gali būti lengiau valdoma, kadangi spiralinio vamzdyno trintis į gręžinio sienelės gali iš esmės išlaikyti vamzdyno svorį. Tai gali žymiai prailginti gręžimo grąžto eksploataciją ir sumažinti gręžimo išlaidas.

Kadangi uolienos temperatūra auga, didėjant gyliui, leidimas vandeniui tekėti žemyn per pasvirusius gręžinius leis temperatūrai augti vandenyje, sekant temperatūros augimą aplinkinėse uolienose, tokiu būdu, išlaikant temperatūros skirtumą tarp uolienų ir vandens iš esmės pastoviu. Tai gali būti palyginta su priešpriešinės srovės srauto šilumos perdavimo įrenginiu ir leis naudoti trumpesnio ilgio šilumą absorbuojantį gręžinį ir optimaliai absorbuoti šilumą iš uolienų. Laukiama, kad priešpriešinės srovės srauto įrenginys sukurs šilumą iš to paties uolienų tūrio 2 - 3 kartais ilgiau negu panašus lygiagrečios srovės šilumos perdavimo įrenginys.

Pasvirimo kampo dydis priklausys nuo keleto faktorių, pavyzdžiui, nuo uolienos temperatūros gradiento, šilumą absorbuojančio gręžinio ilgio ir vandens tekėjimo greičio. Kampo paskaičiavimas žinomas šio srities specialistams ir dėl to čia nedetalizuojamas. Kampas paprastai turėtų būti nuo 20° iki 50° geriau, kai jis yra apie 40°.

Todėl tam, kad maksimaliai padidintų šilumos išgavimą iš duoto tūrio uolienų, bent pagrindinės šilumą absorbuojančių gręžinių dalys turi tęstis lygiagrečiai viena su kita. Dar geriau, kai šilumą absorbuojantys gręžiniai išdėstyti viename sluoksnyje ar, jei reikia, daugybėje vertikalių tarpais išdėstytų sluoksnių. Vertikaliai tarpais išdėstytų sluoksnių eilė, kai kiekvienas sluoksnis turi daugybę šilumą absorbuojančių gręžinių, leidžia augti įrangos pajėgumui be gręžinių paskleidimo dideliame plote. Tai labai svarbu, jeigu galimas eksploatacijai žemės tūris yra nedidelis.

Geriau, kai atstumas tarp gretimų gręžinių kiekviename sluoksnyje yra toks pat kaip atstumas tarp gretimų vertikaliai tarpais išdėstytų gręžinių, šis atstumas yra mažiausiai 50 m, geriau, kai bent 100 m. Iš kitos pusės, išdėstymas tarpais turi būti

mažesnis negu maždaug 150 m tam, kad apribotų įrangos fizinę apimtį. Įranga pagal išradimą gali turėti tik vieną tiekimo gręžinį ir vieną grąžinimo gręžinį. Be to, įranga gali turėti daugybę tiekimo gręžinių, išdėstytų geriausiai apskritimiškai vienodais tarpais aplink bendrą grąžinimo gręžinį. Vienaime konkrečiame įgyvendinime, pavyzdžiui, trys tiekimo gręžiniai gali būti išdėstyti apie vieną grąžinimo gręžinį. Reikia pastebėti, kad grąžinimo gręžinys gali būti vienintelis išgręžtas gręžinys arba grupelė šalia vienas kito išdėstytų mažesnio diametro gręžinių, kurie parodo iš esmės tas pačias šilumos nuostolių charakteristikas kaip ir didesnio diametro vienas gręžinys.

Geriau, kai tiekimo gręžinio viršutiniai galai ir grąžinimo gręžinys gali būti išdėstyti arti vienas kito, su gręžiniais, nukreipiančiais žemyn taip, kad sudarytų esminį tarpą tarp šilumą absorbuojančių gręžinių galų, besitęsiančių tarp jų. Geriau, kai šis tarpas yra bent 500 m. Toks įrangos išdėstymas leidžia sudaryti kompaktišką įrangos konstrukciją paviršiuje, tuo pačiu metu sudaroma galimybė gauti būtiną šilumą absorbuojančio gręžinio ilgį. Nors šilumą absorbuojantys gręžiniai normaliai gręžiami pradedant nuo tiekimo gręžinio, tiekimo gręžinys gali būti padarytas paprastai vertikalus, tokiu būdu suteikiama galimybė šilumą absorbuojantiems gręžiniams pasiekti didžiausio galimo gilumo (ir temperatūros), leidžiamo duotu didžiausiu gręžimo kolonos, naudojamos gręžinių gręžimui, ilgumu. Naudojant spiralinius vamzdžius praktiškas didžiausias ilgis gali būti 6 - 8 000 m.

Kaip buvo aukščiau paminėta, anksčiau buvo manoma, kad terminės energijos išgavimui būtina turėti labai didelius šilumos perdavimo paviršius, kaip bandoma iliustruoti dideliu įtrūkimo paviršiumi US 4 223 729 patente. Be to, nors išradėjai labai netikėtai atrado, kad šiluma gana gerai gali būti išgauta per šilumą absorbuojančius gręžinius, turinčius diametrą apie 10 m arba net mažesnę, tai galėtų būti naujas įrenginys, taigi, pagal dar kitą šio išradimo aspektą pateikiama įranga, aprašyta įžangos skyriuje, įranga apibūdinama šilumos absorbavimo įrenginiu, turinčiu daugybę išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių, turinčių diametrą, mažesnę negu 14 cm, ir geriau, kai nominalus diametras lygus 10 cm.

Išradimas taip pat apima geoterminės įrangos sukonstravimo būdą, būdas apibrėžtas 15 punkte.

Kiti naudingi išradimo požymiai apibrėžti priklausomuose punktuose.

Atkreipiamas išradėjų dėmesys į tai, kad WO 96/23181 aprašytas bandymas panaudoti likviduotą toli nuo kranto esantį naftos gręžinį terminės energijos išgavimui, kuri, savo ruožtu, bus pakeista į elektros energiją ir bus tiekama vartotojui. Čia du 3 000 m gilumo gręžiniai yra naudojami tiekimo ir grąžinimo gręžiniams, atitinkamai, gręžiniai sujungti savo apatiniais galais paprasta horizontalia apkaba, kurios ilgis 1 000 m ir diametras 21,5 cm. 700 m³/h vandens cirkuliuoja per apkabą su įėjimo temperatūra 20°C. Publikacijoje paprastai manoma, kad vanduo grįš 90 °C temperatūros, kuri yra klodo, kuriame išdėstyta prijungta apkaba, temperatūra ir, tokiu būdu, pateikiama 40 MW terminės energijos. Ši nuomonė labai netiksli. Naudojant anksčiau aprašytą būdą, išradėjai nustatė, kad grįžtančio vandens temperatūra būtų tik keliais laipsniais didesnė už tiekiamą temperatūrą ir kad apkaba turėtų būti daugiau negu 60 kartų ilgesnė tam, kad tiektų 40 MW. Šis išaiškinimas rodo naudingumą, svarbumą ir netikėtą šio išradimo efektą.

Kad šis išradimas būtų geriau suprastas, jis bus aprašytas, remiantis įgyvendinimo variantais, parodytais pridėtuose brėžiniuose, kur:

Fig. 1 - schematiškas perspektyvinis geoterminės įrangos vaizdas pagal išradimą.

Fig. 2 - schematiškas šoninis įrangos pagal Fig. 1 vaizdas,

Fig. 3 - schematiškas vaizdas iš viršaus didesnės geoterminės įrangos pagal išradimą.

Fig. 4 - pjūvis pagal liniją IV - IV Fig. 3.

Brėžiniuose parodytuose dviejuose įgyvendinimo variantuose panašioms dalims naudojami tie patys skaitmeniniai žymėjimai.

Fig. 1 ir 2 iliustruota įranga sudaro pagrindines dalis, išdėstytas geologiniame klode 1 po žemės paviršiumi 2. Klodo šiluminis laidumas - 3 W/m °C. Įrangą sudaro 15 cm

diametro tiekimo gręžinys 3 ir 15 cm diametro grąžinimo gręžinys 4. Tiekimo 3 ir grąžinimo 4 gręžiniai sujungti keturiais šilumą absorbuojančiais gręžiniais 5, kiekvienas yra 10 cm diametro ir apytikriai 2 000 m ilgio. Tarpas tarp šių gręžinių 5 gali būti 100 - 150 m. Jie išgręžti, pradedant nuo tiekimo gręžinio 3 ir baigiasi prie arba netoli grąžinimo gręžinio 4. Plyšio zona 6, susidariusi šiame plote, sudaro srauto ryšį tarp gręžinių 4 ir 5, nes būtų sunku pramušti grąžinimo gręžinį 4 tiesiai, kai gręžiami šilumą absorbuojantys gręžiniai 5.

Tiekimo ir grąžinimo gręžinių 3, 4 viršutinės dalys yra su vamzdžiais 7, besitęsiančiais apie 300 m į žemę, kad sutvirtintų gręžinius nuo aplinkinių klodų šiame plote.

Paviršiuje tiekimo ir grąžinimo gręžiniai 3, 4 sujungti su viena šilumos paskirstymo keitiklio 8 puse, tiekimo linijoje 3 yra cirkuliavimo siurblys 9. Pagalbinis siurblys 10 išdėstytas prie apatinio grąžinimo gręžinio 4 vamzdžio 7 galo, jo paskirtis yra sumažinti slėgį grąžinimo gręžinyje, nes vanduo linkęs tekėti iš gręžinių į klodą 1.

Kita šilumos paskirstymo keitiklio 8 pusė srauto ryšiu sujungta su įvairiais šilumos vartojimo prietaisais, pavyzdžiui, radiatoriumi 11, oro šildytuvu 12 ir karšto vandens talpa 13.

Praktiniais sumetimais Fig. 1 ir 2 nurodytos įvairios temperatūros, srauto greičiai ir išeiga ir geoterminės įrangos dydžiai. Toliau Fig. 1 nurodoma, kad šilumą absorbuojantys gręžiniai 5 absorbuoja 0,21 kW/m. atsižvelgiant į tai, bendras šilumą absorbuojančių gręžinių ilgis yra apie 8 000 m, jie iš uolienų išgauna apie 1,7 MW. Tas pats skaičius gali būti gautas padidinant vandens srauto išeigą ir temperatūrų skirtumą tarp tiekimo ir grąžinimo gręžinių. Be to, tokiai mažai įrangai kaip ši šilumos nuostoliai iš grąžinimo gręžinio 4 į aplinką nebus nežymūs, todėl suminė įrangos energija būtų tikėtina apie 1,5 MW.

Fig. 2 parodyta, kad tiekimo gręžinys 3 yra vertikalus ir apie 3 200 m ilgio. Šilumą absorbuojantys gręžiniai 5 tęsiasi žemyn kampu α lygiu 45° į horizontalę.

Atsižvelgiant į tai, jie yra 2 000 m ilgio ir pridedant tam tikrą ilgį lenktoms galų dalims, šilumą absorbuojantys gręžiniai gali būti išgręžti, naudojant smūginį daužiklį ir apie 5 000 m ilgio spiralinį vamzdyną.

Nustatant skaičių 0,21 kW/m šilumą absorbuojantiems gręžiniams, išradėjai naudojo savo paskaičiavimo rezultatus, paminėtus šio aprašymo įvadinėje dalyje. Šie paskaičiavimai, apimantys kelias apytikres praktiškai nesvarbias reikšmes, atskleisti šia lygtimi:

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

kur:

Q - šilumos kiekis, absorbuotas gręžinyje, W;

K - konstanta, nuo 1,7 iki 2,0;

k - uolienu šiluminis laidumas, W/m °C, paprastai tankioms uolienoms lygus 3;

T_G - geologinio klodo pradinė vidutinė temperatūra išilgai šilumą absorbuojančio gręžinio;

T_W - vidutinė vandens, tekančio šilumą absorbuojančiu gręžiniu, temperatūra;

D - gręžinio diametras, m;

l - gręžinio ilgis, m;

t - įrangos darbo laikas, metais.

Lygtis (1) tinka priešpriešinio srauto tipo šilumos perdavimui ir bus netiksli lygiagretaus srauto atveju. Mažas rodiklis 0,2 diametrui D rodo mažą diametro įtaką šilumos absorbcijai, rodiklis - 0,1, susijęs su eksploataavimo laiko rezultatais įrangoje, prarandant apie 1 % energijos per metus po vienerių darbo metų.

Lygtis taip pat gali būti naudojama paskaičiuoti šilumos nuostolius iš grąžinimo gręžinio 4 su vidutiniško tikslumo laipsniu.

Lygtis (1) rodo, kad diametro poveikis yra gana mažas ir kad ekonominiais sumetimais diametras gali būti visiškai mažas, ir šilumos išėikvojimas uolienose vyks gana lėtai, lygtis (1) gali būti toliau supaprastinta iki šios formos:

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

kur:

C - konstanta, lygi nuo 0,6 iki 2,4, mažesnis dydis yra mažesnėms įrangoms ir žemesnėms temperatūros gradientams uolienose ir didesnis dydis yra didesnėms įrangoms ir aukštesniems temperatūros gradientams.

Igyvendinimo variantas Fig. 3 ir 4 yra geoterminė įranga, sukonstruota nominaliai 50 MW energijai ir 40 MW vidutinei energijai per 240 000 naudojimo valandas (60 metų po 4 000 valandų per metus). Tiekiamo vandens temperatūra 40 °C ir grąžinamo vandens temperatūra 100 °C, vandens srauto greitis apie 200 kg/ s. Geologinį klodą 1 sudaro granitas, turintis 4 W/m°C šiluminį laidumą ir 30 °C/m temperatūros gradientą.

Tam, kad būtų gautas reikalingas šilumą absorbuojančių gręžinių bendras ilgis, jie išdėstomi trimis blokais su 120 ° tarpu apie bendrą grąžinimo gręžinį 4. Kiekvieną šilumą absorbuojančių gręžinių 5 bloką sudaro septyni šilumą absorbuojančių gręžinių 5 sluoksniai 14, sluoksniai turi tris iš esmės lygiagrečius šilumą absorbuojančius gręžinius. Tarpas tarp gręžinių 5 yra apie 100 m horizontalia kryptimi ir 100 - 150 m vertikalia kryptimi. Kiekvienas gręžinys yra 10 cm diametro ir apie 2 300 m ilgio. Jis sudaro kampą α su horizontale lygų apie 40°. Tiekimo gręžinys 3, maitinantis kiekvieną šilumą absorbuojančių gręžinių bloką, yra 25 cm diametro, ir grąžinimo gręžinio diametras yra apie 40 cm. Tai reiškia, kad vandens greitis grąžinimo gręžinyje yra keturis kartus didesnis negu greitis šilumą absorbuojančiuose gręžiniuose 5.

Dėl paprastumo įrenginiai naudojimui šilumos, gautos įrangos dėka, ant žemės paviršiaus 2 neparodyti. Jei po daugelio metų šilumos naudojimo iš uolienų aplink šilumą absorbuojančius gręžinius 5 išsieikvoja, gali būti išgręžti nauji šilumą absorbuojantys gręžiniai sektoriuose tarp esančių blokų arba jie gali būti išgręžti

žemiau esančių gręžinių. Naujų gręžinių gręžimas žemiau esančių taip pat bus natūralus įrangos, parodytos Fig. 1 ir 2, pajėgumo padidinimo ir atnaujinimo būdas.

Reikia pastebėti, kad šilumą absorbuojančių gręžinių 5 Fig. 3 ir 4 įgyvendinimo variantai turi bendrą 145 km ilgį. Dar jis turi beveik tą pačią terminę energiją kaip laukiama iš vieno km ilgio šilumą absorbuojančio gręžinio pagal WO 96/23181.

Suprantama, kad išradimas jokių būdu neapribojamas aukščiau aprašytais įgyvendinimo variantais, bet gali būti keičiamas daug kartų, neišeinant iš šio išradimo idėjos ir pateiktos apibrėžties ribų.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), susidedanti iš mažiausiai vieno tiekimo gręžinio (3), einančio nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vieno grąžinimo gręžinio (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo į paviršių ir šilumos absorbavimo įrenginio (5), sujungiančio tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), šis įrenginys susideda iš šilumos perdavimo paviršiaus, skirto perduoti šilumą iš klodo vandeniui, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad įranga turi užduotą nominalinę energiją MW, apibrėžtą kaip šiluma absorbuotina minėtu įrenginiu po vienerių metų darbo, šilumos perdavimo paviršius turi mažiausiai vieną išgręžtą šilumą absorbuojantį gręžinį (5), ir klotas, išdėstytas per 50 m nuo šilumą absorbuojančio gręžinio (5), yra mažiausiai $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ tūrio, geriau, kai bent $20 \times 20^6 \text{ m}^3$, padidintas minėta nominalia energija.
2. Geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), susidedanti iš mažiausiai vieno tiekimo gręžinio (3), einančio nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vieno grąžinimo gręžinio (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo į paviršių ir šilumos absorbavimo įrenginio (5), sujungiančio tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), b e s i s k i r i a n t i tuo, kad šilumos absorbavimo įrenginys susideda iš daugybės išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5), sujungiančių tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4) į lygiagretaus srauto priklausomybę, kiekvieno šilumą absorbuojančio gręžinio (5) pagrindinė dalis guli mažiausiai per 50 m, geriau bent per 100 m, nuo arčiausio šilumą absorbuojančio gręžinio (5), bendras šilumą absorbuojančių gręžinių ilgis geriau, kai siekia 5 000 m.
3. Geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), susidedanti iš mažiausiai vieno tiekimo gręžinio (3), einančio nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą

klodą (1), mažiausiai vieno grąžinimo gręžinio transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo į paviršių ir šilumos absorbavimo įrenginio (5), sujungiančio tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), b e s i s k i r i a n t i tuo, kad šilumos absorbavimo įrenginys susideda iš daugybės išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5), išdėstytų pagal lygiagretaus srauto priklausomybę, šilumą absorbuojantys gręžiniai (5) nutiesti kampu (α) žemyn nuo tiekimo gręžinio (3) link grąžinimo gręžinio (4).

4. Įranga pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad kampas (α) yra tarp 20° ir 50° , geriau, kai 40° .

5. Įranga pagal bet kurį iš 2 - 4 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad mažiausiai pagrindinė šilumą absorbuojančių gręžinių (5) dalis nutiesta lygiagrečiai viena kitai.

6. Įranga pagal bet kurį iš 2 - 5 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad šilumą absorbuojantys gręžiniai (5) išdėstyti viename sluoksnyje (14) arba daugiau negu viename vertikaliai nukreiptame sluoksnyje (14).

7. Įranga pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad atstumas tarp gretimų gręžinių (5) kiekviename sluoksnyje (14) yra beveik tas pats kaip atstumas tarp gretimų vertikalių gręžinių (5).

8. Įranga pagal 6 arba 7 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad atstumas tarp minėtų sluoksnių (14) yra mažesnis negu 150 m, geriau, kai 100 m.

9. Įranga pagal bet kurį iš 2 - 8 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad daugybė tiekimo gręžinių (3) išdėstyta aplink bendrą grąžinimo gręžinį (4).

10. Įranga pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad tiekimo gręžinio (3) viršutiniai galai ir grąžinimo gręžinys (4) išdėstyti arti vienas kito, vienas iš minėtų gręžinių nutiestas iš esmės vertikaliai ir kitas pakreiptas nuo vertikalės taip, kad sudarytų didelį tarpą tarp šilumą absorbuojančių gręžinių galų.

11. Įranga pagal 10 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad šis tarpas yra mažiausiai 500 m ir geriau, kai daugiau negu 1 km.
12. Įranga pagal bet kurį iš 2 - 11 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad šilumą absorbuojančių gręžinių (5) diametras mažesnis negu 18 cm, geriau, kai mažesnis negu 12 cm.
13. Geoterminės energijos naudojimo įranga, paremta vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), susidedanti iš mažiausiai vieno tiekimo gręžinio (3), einančio nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vieno grąžinimo gręžinio (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo (1) į paviršių (2), b e s i s k i r i a n t i tuo, kad daugybė išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5) jungia tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), šių gręžinių diametras yra mažesnis negu 14 cm.
14. Įranga pagal 12 arba 13 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad gręžiniai (5) yra 4" (10 cm) nominalo diametro.
15. Konstravimo būdas geoterminės energijos naudojimo įrangos, paremtos vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), kai minėtą įrangą sudaro mažiausiai vienas tiekimo gręžinys (3), einantis nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vienas grąžinimo gręžinys (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo (1) į paviršių (2) ir mažiausiai vienas šilumą absorbuojantis gręžinys (5), sujungiantis tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad formuoja šilumą absorbuojantį gręžinį (5) kaip daugybę išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5), išdėstytų lygiagretaus srauto principu.
16. Būdas pagal 15 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šilumą absorbuojančių gręžinių (5) dydžius nustato pagal diferencialinę lygtį, apibrėžiančią šilumos perdavimą iš homogeniškos uolienos medžiagos cilindro vandeniui, tekančiam šio

cilindro centrine anga, lygties sprendimą panaudoja šilumą absorbuojančių gręžinių (5) dydžiams nustatyti.

17. Būdas pagal 16 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudoja lygtį

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

kaip apytikrę reikšmę minėtam sprendimui,

lygtyje:

Q - šilumos kiekis, absorbuotas gręžinyje, W;

K - konstanta, nuo 1,7 iki 2,0;

k - uolienu šiluminis laidumas, W/m °C, paprastai tankioms uolienoms lygus 3;

T_G - geologinio klogo pradinė vidutinė temperatūra išilgai šilumą absorbuojančio gręžinio;

T_W - vidutinė vandens, tekančio šilumą absorbuojančiu gręžiniu, temperatūra;

D - gręžinio diametras, m;

l - gręžinio ilgis, m;

t - įrangos darbo laikas, metais.

18. Būdas pagal 16 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudoja lygtį

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

kaip apytikrę reikšmę minėtam sprendimui,

lygtyje:

C - konstanta, lygi nuo 0,6 iki 2,4, mažesnis dydis yra mažesnėms įrangoms ir žemesnėms temperatūros gradientams uolienose ir didesnis dydis yra didesnėms įrangoms ir aukštesniems temperatūros gradientams.

19. Būdas pagal 15, 16, 17 arba 18 punktą. b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad mažiausiai šilumą absorbuojančių gręžinių (5) pagrindines dalis gręžia, naudojant smūginį daužiklį ir spiralinio vamzdyno gręžimo koloną.

20. Konstravimo būdas geoterminės energijos naudojimo įrangos, paremtos vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), kai minėtą įrangą sudaro mažiausiai vienas tiekimo gręžinys (3), einantis nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vienas grąžinimo gręžinys (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo (1) į paviršių (2) ir mažiausiai vienas šilumą absorbuojantis gręžinys (5), sujungiantis tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad formuoja šilumą absorbuojantį gręžinį (5) kaip daugybę išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5), išdėstytų lygiagretaus srauto principu, šių šilumą absorbuojančių gręžinių (5) dydžius nustato pagal lygtį

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

kur:

Q - šilumos kiekis, absorbuotas gręžinyje, W;

K - konstanta, nuo 1,7 iki 2,0;

k - uolienų šiluminis laidumas, W/m °C, paprastai tankioms uolienoms lygus 3;

T_G - geologinio klodo pradinė vidutinė temperatūra išilgai šilumą absorbuojančio gręžinio;

T_W - vidutinė vandens, tekančio šilumą absorbuojančiu gręžiniu, temperatūra;

D - gręžinio diametras, m;

l - gręžinio ilgis, m;

t - įrangos darbo laikas, metais.

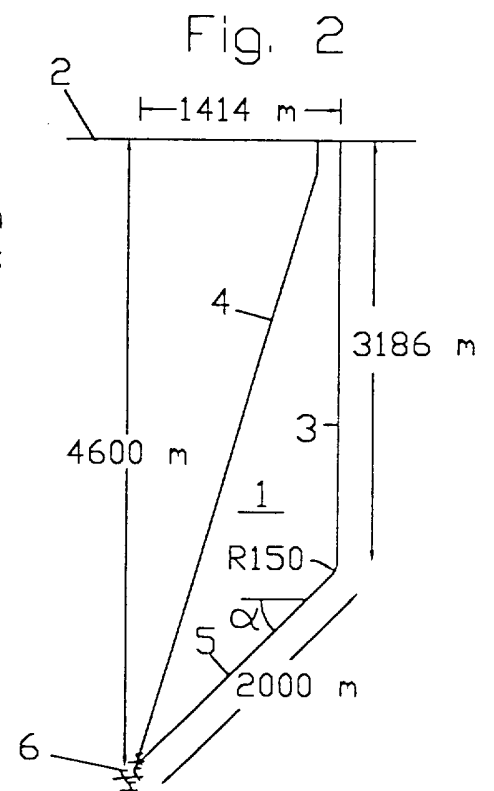
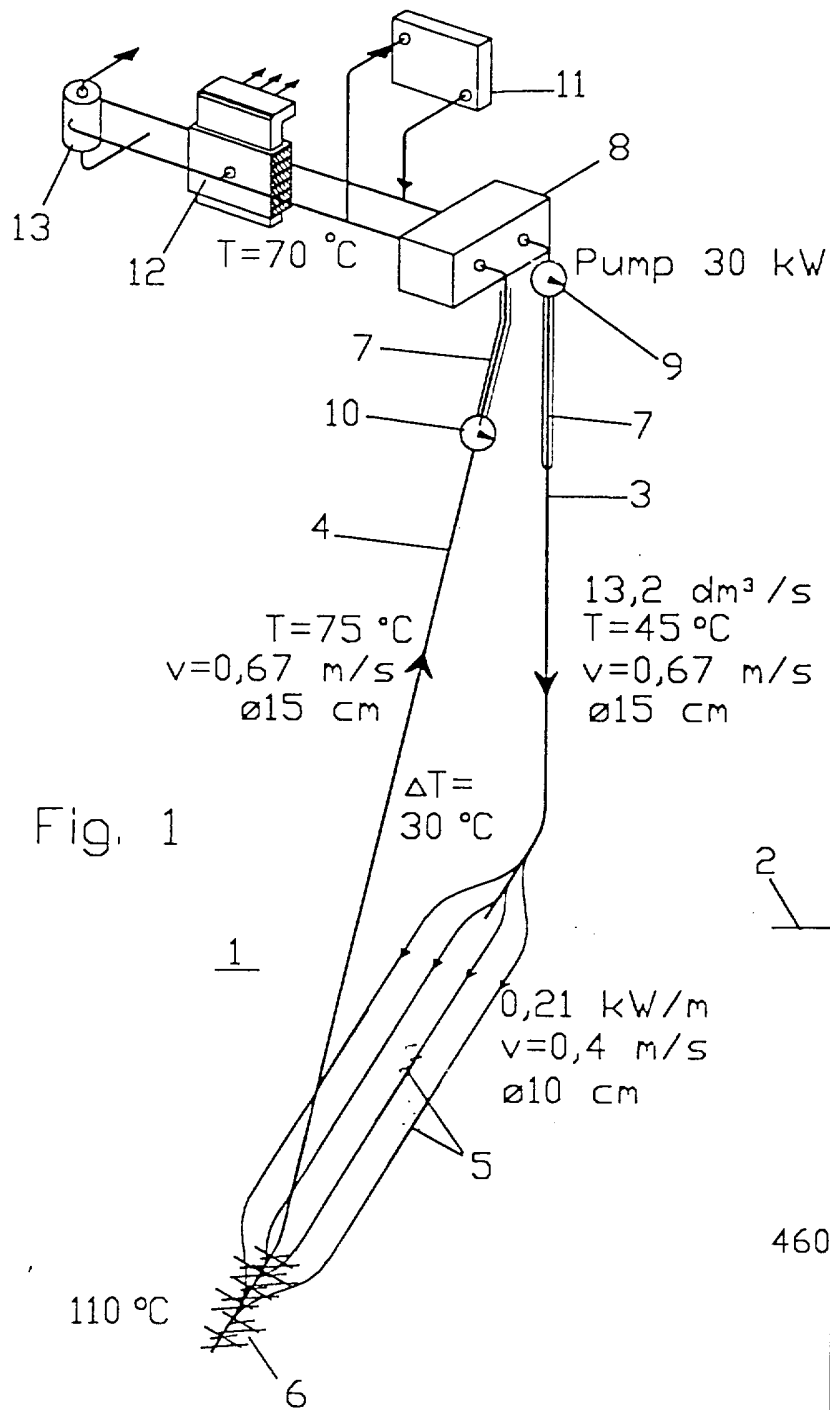
21. Konstravimo būdas geoterminės energijos naudojimo įrangos, paremtos vandens cirkuliavimu per geologinį klodą (1) mažiausiai 1000 m žemiau žemės paviršiaus (2), kai minėtą įrangą sudaro mažiausiai vienas tiekimo gręžinys (3), einantis nuo paviršiaus (2) žemyn į minėtą klodą (1), mažiausiai vienas grąžinimo gręžinys (4) transportuoti pašildytą vandenį iš šio klodo (1) į paviršių (2) ir mažiausiai vienas šilumą absorbuojantis gręžinys (5), sujungiantis tiekimo ir grąžinimo gręžinius (3, 4), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad formuoja šilumą absorbuojantį gręžinį (5) kaip daugybę išgręžtų šilumą absorbuojančių gręžinių (5), išdėstytų lygiagretaus srauto principu, šių šilumą absorbuojančių gręžinių (5) dydžius nustato pagal lygtį

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

kur:

C - konstanta, lygi nuo 0,6 iki 2,4, mažesnis dydis yra mažesnėms įrangoms ir žemesnėms temperatūros gradientams uolienose ir didesnis dydis yra didesnėms įrangoms ir aukštesniems temperatūros gradientams.

1/2



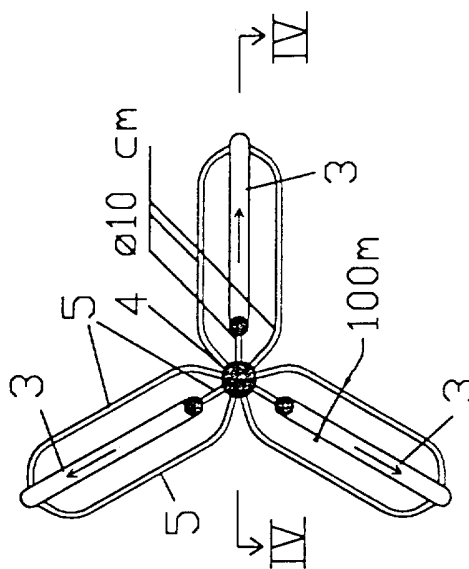


Fig. 3

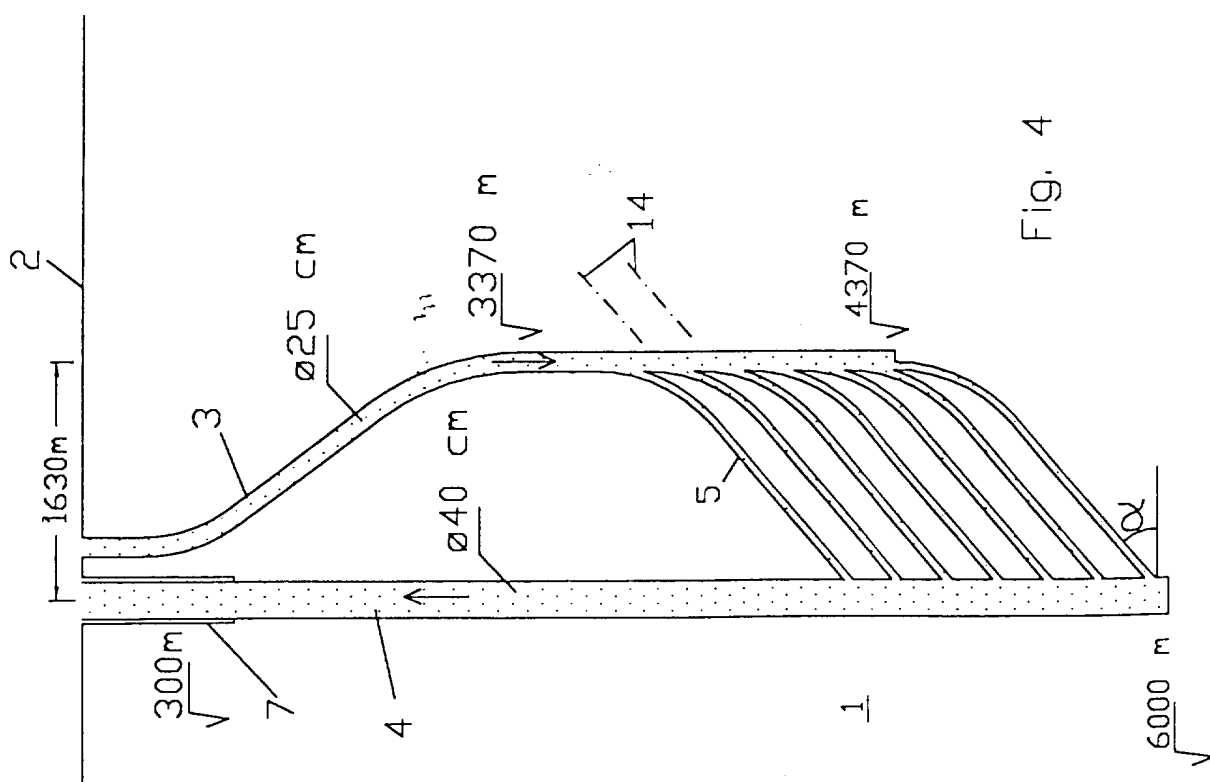


Fig. 4