

СПЕЦИФИКА НА ГЕОТЕРМАЛНОТО СОНДИРАНЕ ИЗВЪРШВАНО ОТ КОМПАНИЯТА ЗА ПРОУЧВАНЕ НА НЕФТ И ГАЗ ЯСЛО

Анджей Гонет, Станислав Стризжек, Томаз Слива

Ян-Кружак, Ян Волински

Катедра по сондиране и геолошко инженерство
Факултет по сондиране, нефт и газ
Минно-металургичен университет
бул. Кикиевича 30
30-059 Краков, Полша

Компания за проучване на нефт и газ Ясло
Ул. Асника 6
38-200 Ясло, Полша

РЕЗЮМЕ

Геотермалната енергия много често е област на интерес на местни общности (Полша, ЕС). Причина за това е чистотата на тази енергия и нейната достъпност. Освен това, енергийните източници могат да бъдат получени в отделен район и този район да стане частично независим от конвенционалните енергийни доставчици. Ограничаващ фактор е високата цена на това подземната вода да стане достъпна. Прокарването на геотермални сондажи най-често е най-скъпата част от геотермалните проекти. В доклада са представени техническите и технологични аспекти на прокарването на геотермални сондажи, основани на Полския и Словашки опит.

В доклада е представена конструкцията на избраните вертикални и насочени геотермални сондажи в различни геоложки и скални условия. Дискутират се и използваните колонки, сондажните промивки и сондажната техника с низходящ двигател. Специално внимание е отделено на разликата между геотермалното сондиране и сондирането за нефт и газ. Докладът завършва с резултати от развитието на сондирането, което е важен фактор за намаляване на цените, зависещ от геотермалната инсталация.

ВЪВЕДЕНИЕ

Геотермалната енергия принадлежи към възобновяемите източници на енергия, което е обект на интерес на световния политически и икономически елит. Това се дължи на перспективата да се търсят нови източници на енергия, а също така и на екологическите и социални предимства на геотермалната енергия. Ефективността на цялото начинание зависи от такива фактори като геоложки и хидрогеоложки условия, разработената техника за проучване и използване на термалните води и на финансирането. Управлението на геотермалната енергия в първата фаза на реализация е свързано с високите инвестиции, които бързо се компенсират от ниските цени на експлоатация. Сред инвестициите тези за сондиране са най-големи.

ПРОКАРВАНЕ НА ГЕОТЕРМАЛНИ СОНДАЖИ В ПОЛША

Първият експериментален геотермален сондаж в Полша, Банска IG-1 е прокаран в басейна Подхале през 1981 г. в облъст, където термалните води се намират в пукнатините на карбонатни еоценски и миоценски скали на дълбочина 2000 до 3200 m. Продуктивността и е 60 m³/h с налягане на извора 2,6 MPa и температура при изхода 72°C. Температурата в находището е около 84-90°C. Направена е оценка, че 4513,5.10¹⁵ J термална енергия може да бъде натрупана в резервоар, покриващ област от 450 km². Предимството на термалните води в басейна Подхале е нейната ниска минерализация – под 3 g/dm³ и артезианския и характер.

През 1992 г. апочват да действат двата геотермални сондажа Банска IG-1 и Бяли Дунаец PAN-1. Те са прокарани от Експериментална геотермална Станция, Полска академия на науките. Геотермалната топлина е доставена до около 200 клиента. Друга геотермална двойка (сондаж Банска PGP-1 и Бяли Дунаец PGP-2) са направени от Компанията за проучване на нефт и газ Ясло. Освен сондажните работи, те осигуряват и цялата инфраструктура за транспортиране на топлината между Нови Тарг и Закопане. След изграждането на планираната трета двойка (сондажи PGP-4 и PGP-5), продажбата на топлинна енергия в Подхале според П. Длугош (2001) ще бъде 1,2 млн. GJ до края на 2005 година. Разгледана е алтернатива за допълване на липсващата геотермална енергия чрез абсорбиране на топлина с помпи и понижаване на температурата на водата, инжектирана в сондажите.

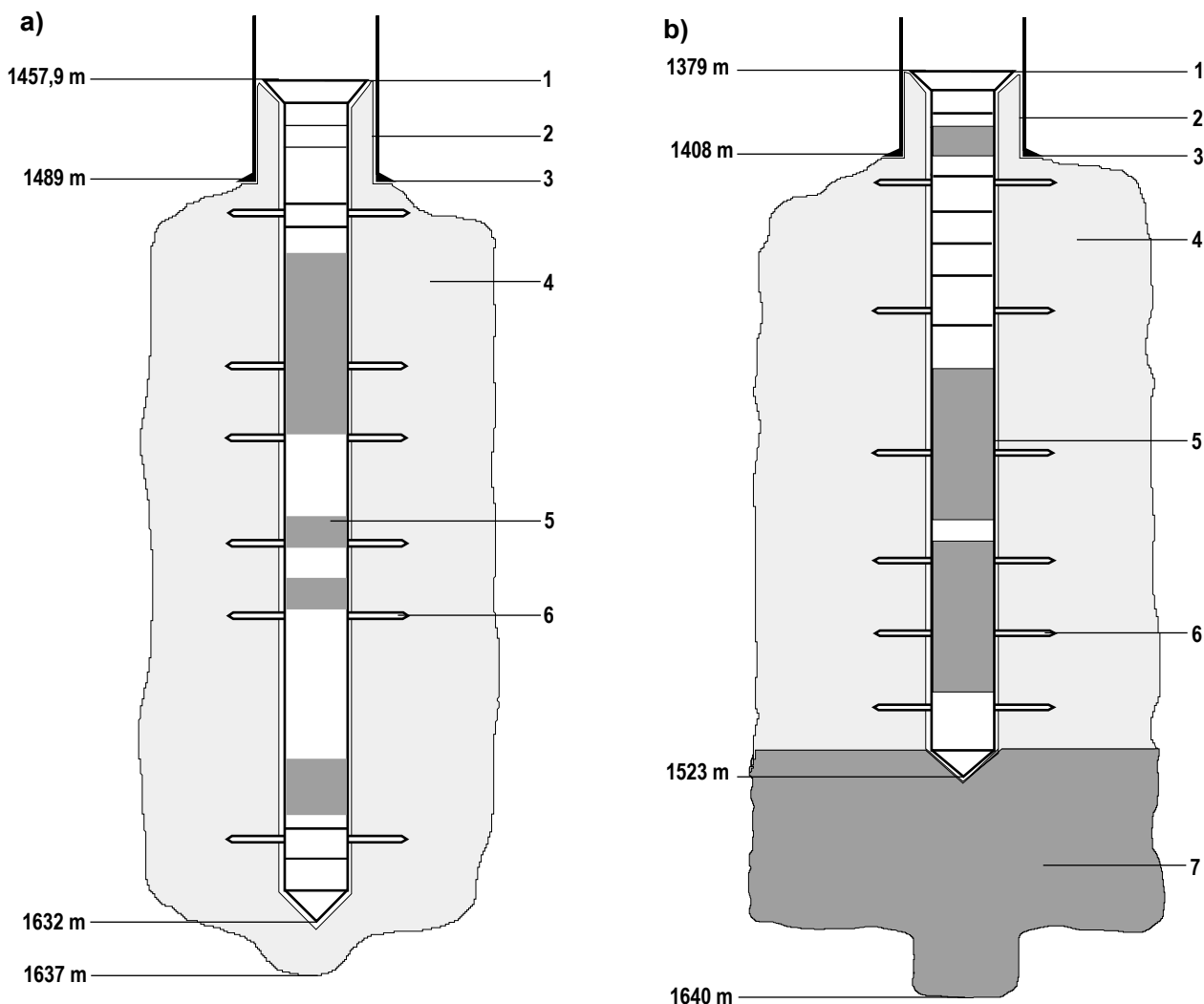
За да се увеличат изходните и абсорбционни свойства на геотермалните сондажи в някои случаи се препоръчват симулационни процедури. Това, обаче, в голяма степен зависи от геоложките условия. Според Е. Гарбарц и С. Газда (2001) процедурите за окисление, направени в сондажи PGP-1 и PGP-2, предизвикват проникване на флуид в резервоара, последвано от химически реакции, което предизвиква увеличаване на продуктивността от около 88 m³/h до около 250 m³/h.

Подходящи геотермални условия могат да бъдат намерени в преобладаващата част на Полша. Дейността на Геотермалната станция в Пиржице е най-доброто свидетелство за това. През 1992-1993 г. NAFTGAS

Wolomin, сега част от Компанията за проучване на нефт и газ Ясло, прокарва четири геотермални сондажи. Това са производствените сондажи GT-1 и GT-3, както и инжекционните сондажи GT-2 и GT-4. Те се намират на лиаски пясъчници в долна креда на дълбочина от 1500 до 1680 m, където термалната вода от 62 до 64 °C е минерализирана до около 110 g/dm³. Водната маса в сондажите е стабилизирана на дълбочина от около 34 m от повърхността. Затова с цел да се инсталират дълбоки помпи 9 1/2 " обсадната колона 9 5/8" в производствените сондажи GT-1 и GT-2 трябва да се припокрят с обсадни колони 13 3/8". Помпите

Накрайниците на обсадните колони и в четирите геотермални сондажи са разположени непосредствено под горната част на образувания слой. По-нататък сондирането се извършва с корони с диаметър 216 mm и диамантен инструмент с диаметър 8 1/2" и неглинеста полимерна промивка, достигаща плътност 1060 kg/m³. За

да се подобрят условията за изтичане на геотермалните води към експлоатационните сондажи и реинжектирането им в резервоара, всички сондажи са разширени до диаметър от 420 до 430 mm с хидравличен разширител. След това обсадните колони 13 3/8" и 9 5/8" се почистват с промивки, а близката сондажна зона – с няколко смени на водата в резервоара. Джонсови филтри 6 5/8", направени от неръждаема стомана 304L, прорези 0,5 mm и активна повърхност 11 до 14 % се спускат в тези сондажи. Отделните части на филтъра са така подбрани, че тяхната активна част да може да се разположи в пясъчниците. За да могат филтрите да се разположат подходящо в сондажа, те са снабдени с диелектрични централизатори 6 5/8"x15". Филтрите са снабдени с кука и устройство за запълване с чакъл около филтъра. Спускат се промивни тръби 3 1/2" на планирана дълбочина за да могат по-късно се закачат със скоба (фиг.1).



Фигура 1. Схема на: а) термални води, смукани от сондаж Пиржице GT-1; б) филтър с едропясъчен пълнеж в инжекционния сондаж Пиржице GT-2 [4]

1- скоба+диелектрична връзка; 2-защитно сито; 3-обсадна тръба (9 5/8 "); 4-едропясъчен пълнеж (кварцов пясък 0,8 до 1,44 mm) от Бяла Гора, близо до Томасзов Мажовиецки, Полша; 5- Джонсънов филтър 6 5/8" 130 скара с прорез 0,5 mm; 6- диелектричен централизатор 6 5/8"x15"; 7- едропясъчен пълнеж 1 до 3 mm

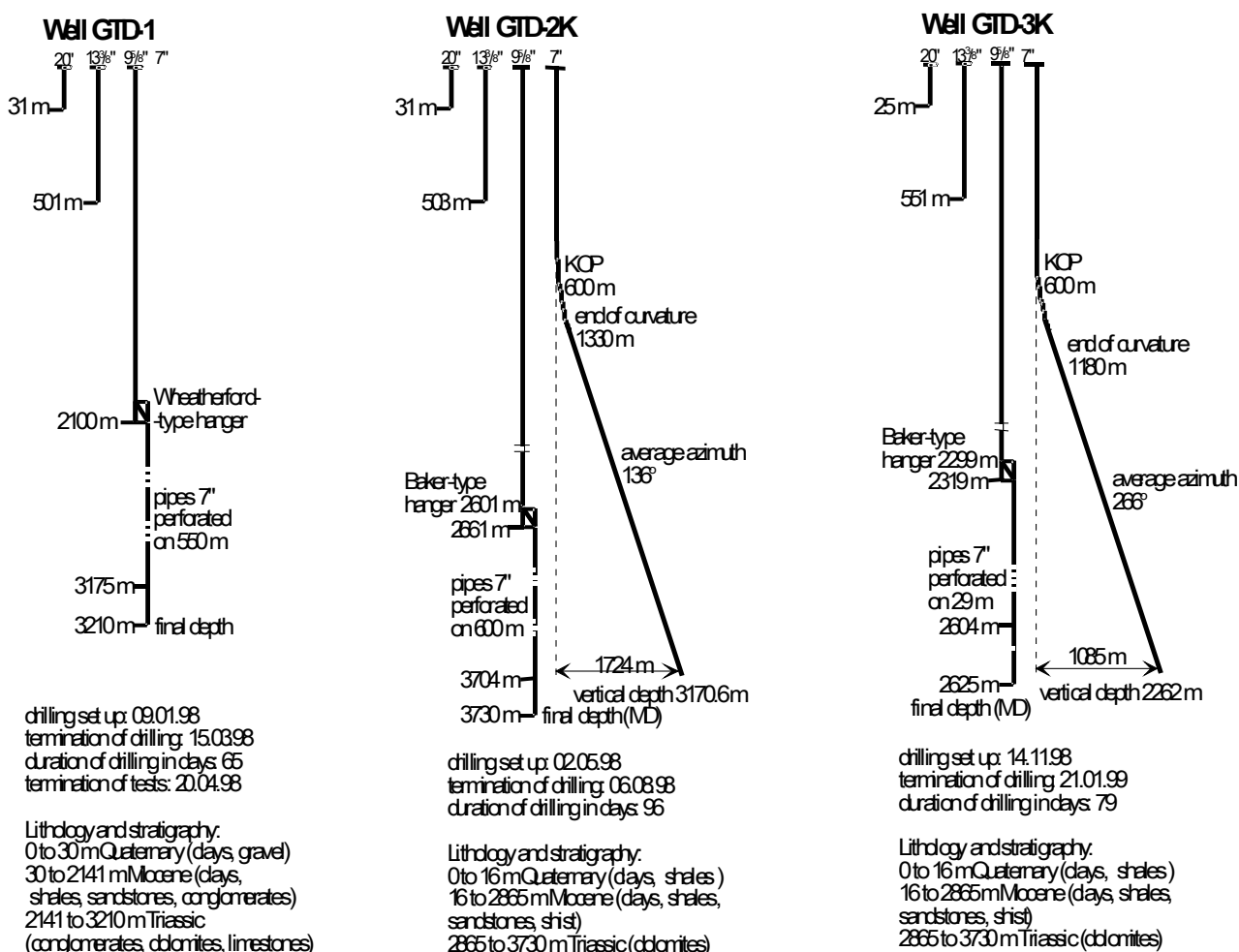
Едропясъчниковия пълнеж е избран така, че размерите на зърната на сондажния пясъчник да отговарят съответно на кварцовия пясък 0,8 до 1,44 mm и на 1 до 3 mm. Пълнежът е много чист и със специфични размери на зърната.

Качеството на предлаганите геотермални сондажи в началния етап на производството може да се оцени на базата на резултатите от очистващото изпомпване с помощта на въздушна помпа. Изпомпването става с три увеличаващи се степени – от 60 през 90 до 170 m³/h. Абсорбционният сондаж получава инжектираните води при максималната степен 170 m³/h с налягане на извора 0,6 до 0,8 МПа. През 1990 до 1991 и от 1996 до 1997г. Нафтгаз Воломин извършва аналогични работи в Скиерниевце, където на дълбочина от 2875 до 2945 m и от 2997 до 2886 m са открит термални води с температура 86°C в

долноюрските пясъчници. По-подробна информация е дадена от Ю. Килар и др., 2001.

ПРОКАРВАНЕ НА ГЕОТЕРМАЛНИ СОНДАЖИ В СЛОВАКИЯ

През 1997 г. Компанията за проучване на нефт и газ Ясло започна сондажни операции за Геотерм Кошице, описани от А. Гонет и др., 1999. Тяхната цел е да направят достъпни термалните води в областта Дурков, на около 15 km от Кошице. Първо е прокаран вертикален сондаж GTD-1, а после и два насочени сондажи GTD-2K и GTD-3K с помощта на апарат IRI 1200.



Фигура 2. Профили на осите на геотермалните сондажи в района на Дурков [2]

Като резултат ще се увеличи всмукания водоносен пласт а повърхността на вливане, свързана с управлението на термалните води, ще се намали.

Сред проблемите, свързани с прокарването на тези сондажи, най-важен е проблемът за избора на промивката, обсадните колони, уплътняването на обсадните колони и сондирането през областта на резервоара.

Практическият опит потвърждава, че използването на калаено-полимерна промивка е правилен избор. Получава се добро техническо състояние на сондажа и изгодни

технико-икономически параметри. Последното строго зависи от устройството с много ефективна система за очистване с промивка, използваната коронка и параметрите на сондажната технология. Отделно прокарването на сондажи се проверяват за подходящо смазване и реологични параметри. Когато се поставят обсадните колони, особено внимание се отделя на зависимостта на връзките на стоманените тръби от температурата, от технологията и ефективността на циментацията. Това се разполагането на скоби за удължаване на обсадните колони компенсационни тръби и циментационен пръстен

за да се създаде нагнетателна камера в сондажа. Когато се достигне водоносната зона се използва неглинеста промивка, основана на биоргазраждащи полимери. За да се избегне колматирането на водоносния пласт, в случай че се загуби циркулацията не се използват блокиращи или запълващи материали. В случаите на екстремална загуба на циркулация се използват химически третирани води. Продължаването на сондажните работи изисква непрекъснато подаване на вода към сондата и внимателно предпазване на изхода за да се избегне изригването на минерализирана гореща вода на повърхността.

Друго нежелано явление при сондирането е влиянието на CO₂, съдържащо се в термалните води, което води до увеличаване на корозията и преждевременна умора и напукване на стените. За да се ограничи този нежелан процес се правят опити рН на промивката да се поддържа в рамките на 8,5 до 11. Друго решение е използването на химически стабилизатори на адсорбционния тип корозия или вътрешна облицовка на стените.

ИЗВОДИ

1. Геотермалната енергия най-често се използва по екологични и социални съображения. Друг важен фактор са значителните резерви на геотермалната енергия.

2. Когато се прокарат геотермални сондажи се препоръчва да се използва промивка с много малка плътност. Когато се сондира през водоносния слой да не се използват блокиращи или запълващи материали за да не се влоши пропускливостта на резервоарната зона. Освен това се препоръчва да се използват много добри системи за почистване с цел отстраняването на парченцата от сондажната промивка.

3. Избирайки последователността е необходимо да имаме приемници на сондажната промивка, циментационни разтвори и тръби, които да отчитат влиянието на температурата и минерализацията на термалните води.

4. За да се подобри производителността и абсорбционните параметри на геотермалните сондажи се препоръчват следните процедури:

- разширяване, ако пясъчниците образуват колекторен слой.
- подкиселяване, ако варовиците и доломитите образуват колекторен слой.

ЛИТЕРАТУРА

- Długosz P.: *Wykorzystanie wód geotermalnych*, Konferencja nt. Nowe tendencje w gazownictwie i ich wpływ na pozyskanie odbiorców, Zakopane 2001
- Garbarz E., Gazda S.: *Kompleksowa oferta techniczna wykonania otworów geotermalnych na podstawie realizacji projektów wierceń geotermalnych na Podhalu i w Basenie Koszyc*, Konferencja nt. Perspektywy poszukiwań w obszarach występowania wód geotermalnych, Krosno-Bóbrka 2001
- Gonet A., Stryczek S., Pinka J., Woliński J.: *Drilling a geothermal well GTD-1 in Slovakia*, Transactions of the Universities of Kosice 1999
- Kilar J., Kopcza A., Naumowicz R.: *Doświadczenia uzyskane w wykonaniu otworów geotermalnych w Synklinorium Szczecińskim „Pyrzyce” i Synklinorium Warszawsko-Łódzkim „Skierniewice”*, Konferencja nt. Perspektywy poszukiwań w obszarach występowania wód geotermalnych, Krosno-Bóbrka 2001

Препоръчана за публикуване от
катедра "Сондиране и добив на нефт и газ", ГПФ

SPECIFICITY OF GEOTHERMAL DRILLING BASED ON OIL AND GAS EXPLORATION COMPANY JASŁO ACTIVITIES

Andrzej Gonet, Stanisław Stryczek, Tomasz Śliwa

Drilling and Geoenvironment Dpt.
Faculty of Drilling, Oil and Gas
University of Mining and Metallurgy
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków, Poland

Jan Kruczak, Jan Woliński

Oil and Gas Exploration Company Jasło
ul. Asnyka 6
38-200 Jasło, Poland

ABSTRACT

Geothermal Energy is very often an area of interest to local communities and beyond (Poland, EU). The reason for it is the cleanness of such energy and its good accessibility. Therefore, it is possible to receive the energy source in certain area and make the area partly independent from conventional energy providers. The limiting factor is the high cost of making the underground heat available. Drilling of geothermal wells is most often the most expensive part of geothermal projects.

The paper presents technical and technological aspects of drilling geothermal wells, based on Polish and Slovak experience.

The construction of chosen vertical and directional geothermal wells in various geological and reservoir conditions is presented in the paper. Applied bits, drilling mud and drilling technique with a downhole motor, are discussed. Special attention was paid to the difference between geothermal drilling and oil and gas drilling.

The drilling progress results, which are an important factor influencing the geothermal installation cost reduction, close the paper.

INTRODUCTION

Geothermal energy belongs to the renewables, a subject of interest to World's political and economic elites. This is caused by the perspectives of finding new energy sources as well, as ecological and social advantages of geothermal energy. The efficiency of the whole undertaking depends on such factors as geological, hydrogeological and reservoir conditions, development techniques for exploitation and use of thermal waters as well as financing. The management of geothermal energy in the first phase of realization is related with high investment costs, which in the long run are compensated by low costs of exploitation. Among all investment costs, drilling costs are the highest.

DRILLING OF GEOTHERMAL WELLS IN POLAND

The first experimental geothermal well in Poland, Bańska IG-1, was drilled in the Podhale Basin in 1981 in the area where thermal waters reside in fractured carbonaceous Eocene and Miocene rocks at a depth of 2000 to 3200 m. Its productivity is 60 m³/h at wellhead pressure 2.6 MPa and temperature on outlet ca. 72 °C. The reservoir temperature ranges between 84 and 90 °C. Estimates are made that 4513.5·10¹⁵ J thermal energy is gathered in a geothermal reservoir covering an area of 450 km². What is advantageous about thermal waters in the Podhale Basin is their very low mineralization, below 3 g/dm³, and artesian character.

In 1992 a geothermal doublet made of wells Bańska IG-1 and Biały Dunajec PAN-1, started to operate. It is run by the Experimental Geothermal Station, Polish Academy of Sciences. Geothermal heat is delivered to about 200 customers. Another geothermal doublet (well Bańska PGP-1 and well Biały Dunajec PGP-2) was made by the Oil and Gas Exploration Company Jasło. Apart from drilling works, the whole heat transport infrastructure between Nowy Targ and Zakopane has been provided as well. After setting up the third planned doublet (well PGP-4 and well PGP-5), the heat sale in the Podhale Geothermal should, according to P. Długosz (2001), amount to 1.2 mln GJ at

the end of the year 2005. An alternative is taken into consideration to supplement the missing geothermal power by absorption heat pumps and lowering of temperature of water injected to the wells.

To increase the output and absorption properties of geothermal wells, in some cases stimulation procedures are recommended. This, however, mainly depends on the geological-reservoir conditions. According to E. Garbarz and S. Gazda (2001), the acidification procedures carried out in wells PGP-1 and PGP-2 caused penetration of the fluid in the reservoir followed by chemical reactions, which in turn, resulted in the increased productivity from about 88 m³/h to about 250 m³/h.

Favourable geothermal conditions can be found on a predominant part of Poland. The activity of Geothermal Station in Pырzyce is the best evidence of it. In the years 1992 to 1993 NAFTGAZ Wołomin, now part of Oil and Gas Exploration Company Jasło, performed four geothermal wells. These are production wells GT-1 and GT-3, as well as injection wells GT-2 and GT-4. They are sited on the Liassic sandstones in the Lower Jurassic at a depth of 1500 to 1680 m where the thermal water at 62 to 64 °C is mineralized to about 110 g/dm³. The water table in the wells stabilized at a depth of about 34 m from the surface. Therefore, in order to install deep pumps 9 1/2", the casing 9 5/8" in the production wells GT-1 and GT-3 had to overlap with the casing 13 3/8". The pumps were tripped on pipes 8 5/8" to a depth of about 150 m. The injection wells GT-2 and GT-4 were cased with 9 5/8" to the top. The casing shoes in all four geothermal wells were located right under the top of the production layer. Further drilling was carried out with bits 216 mm in diameter and diamond tools 8 1/2" of diameter and clay-free polymer mud of a density reaching about 1060 kg/m³. To improve the conditions of geothermal water flux to exploitation wells and its re-injection to the reservoir, all wells were broadened to a diameter of 420 to 430 mm with a hydraulic reamer. Then, the casing 13 3/8" and 9 5/8" was cleaned with scrubs and the near well zone by a few operations of reservoir water exchange. Johnson filters 6 5/8" made of stainless steel 304L, fractures 0.5 mm and active surface 11 to 14 %, were tripped to these wells. Individual filter sections were so selected as to locate their active parts in sandstone; to properly dispose filters in the well, they were additionally equipped

with dielectric centralizers 6 5/8" × 15". Filter sets were equipped with a hanger and device for gravel pack disposal around the

filter. They were tripped on mud pipes 3 1/2" to the planned depth to be later suspended on a hanger (Fig. 1).

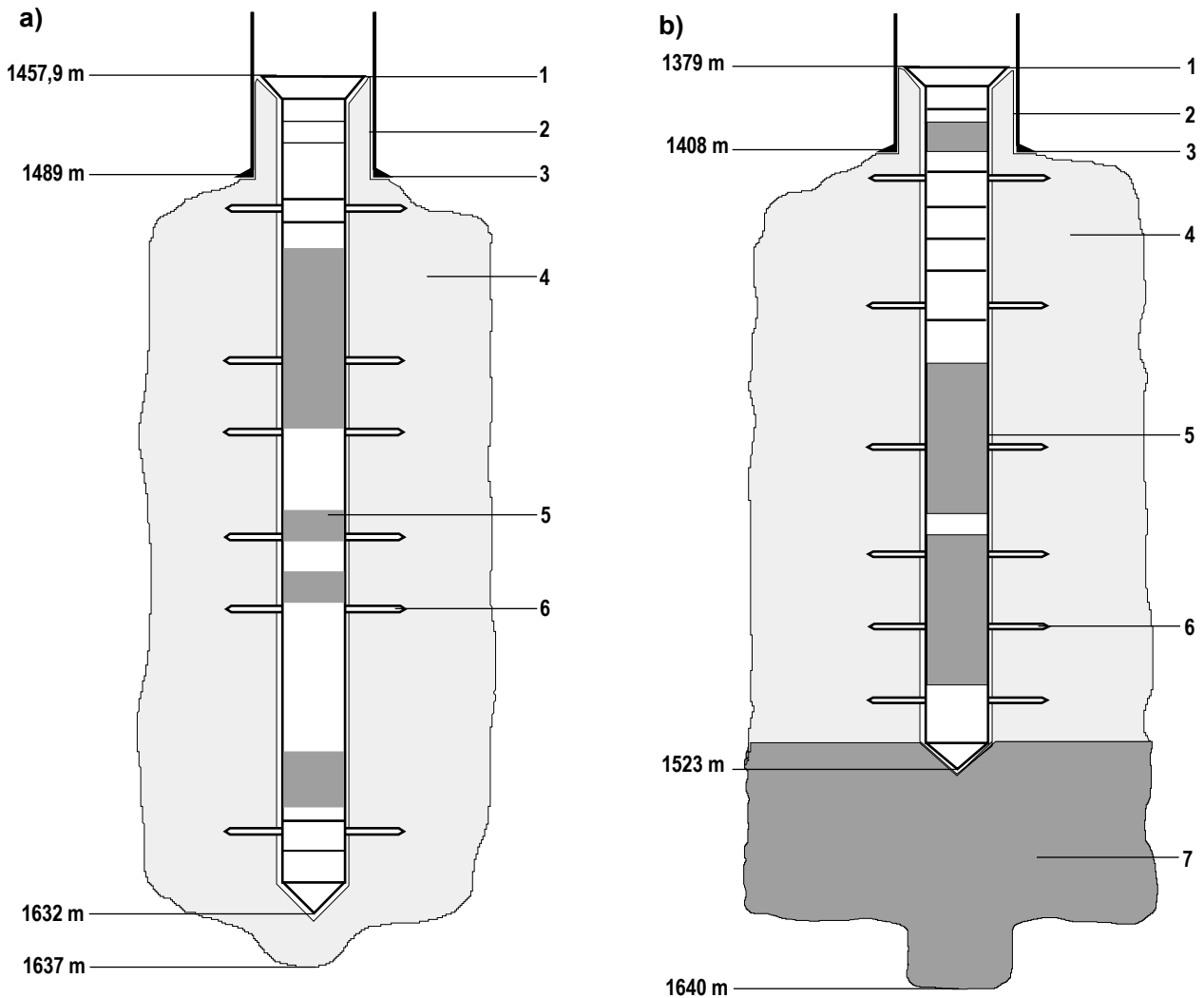


Figure 1. Scheme of: a) thermal water intake by well Pyrzyce GT-1, b) gravel pack filter in the injection well Pyrzyce GT-2 [4]: 1 - hanger + dielectric connection, 2 - protecting sieve, 3 - casing (9 5/8"), 4 - gravel pack (quartz sand 0.8 to 1.4 mm from Biała Góra, near Tomaszów Mazowiecki, Poland), 5 - Johnson filter 6 5/8" 130 Bar slot 0.5 mm, 6 - dielectric centralizers 6 5/8" x 15", 7 - gravel pack 1 to 3 mm.

The gravel pack was selected as to match the grain size of the drilled sandstones and quartz gravel 0.8 to 1.44 mm and 1 to 3 mm, respectively. The pack was very clean and of specific grain size.

The quality of the performed geothermal wells in the initial stage of production can be evaluated on the basis of the results of cleaning pumping operations with the use of air lift. The pumping was realized for three increasing rates from 60, through 90 to 170 m³/h. The absorption wells received injected water at a maximum rate of 170 m³/h at wellhead pressure 0.6 to 0.8 MPa. In the years 1990 to 1991 and 1996 to 1997 NAFTGAZ Wołomin performed analogous works in Skierniewice, where at a depth of 2875 to 2945 m and 2997 to 2886 m thermal waters at 68 °C were found

in the Lower Jurassic sandstones. More detailed information presented J. Kilar et al, 2001.

DRILLING OF GEOTHERMAL WELLS IN SLOVAKIA

In 1997, The Oil and Gas Exploration Company Jaslo started drilling operations for Geoterm Kosice, described by A. Gonet et al., 1999. Their objective was to make thermal waters accessible in the area of Durkov, about 15 km from Kosice. First a vertical well GTD-1 was drilled, then two directional wells GTD-2K and GTD-3K were completed with a rig IRI 1200.

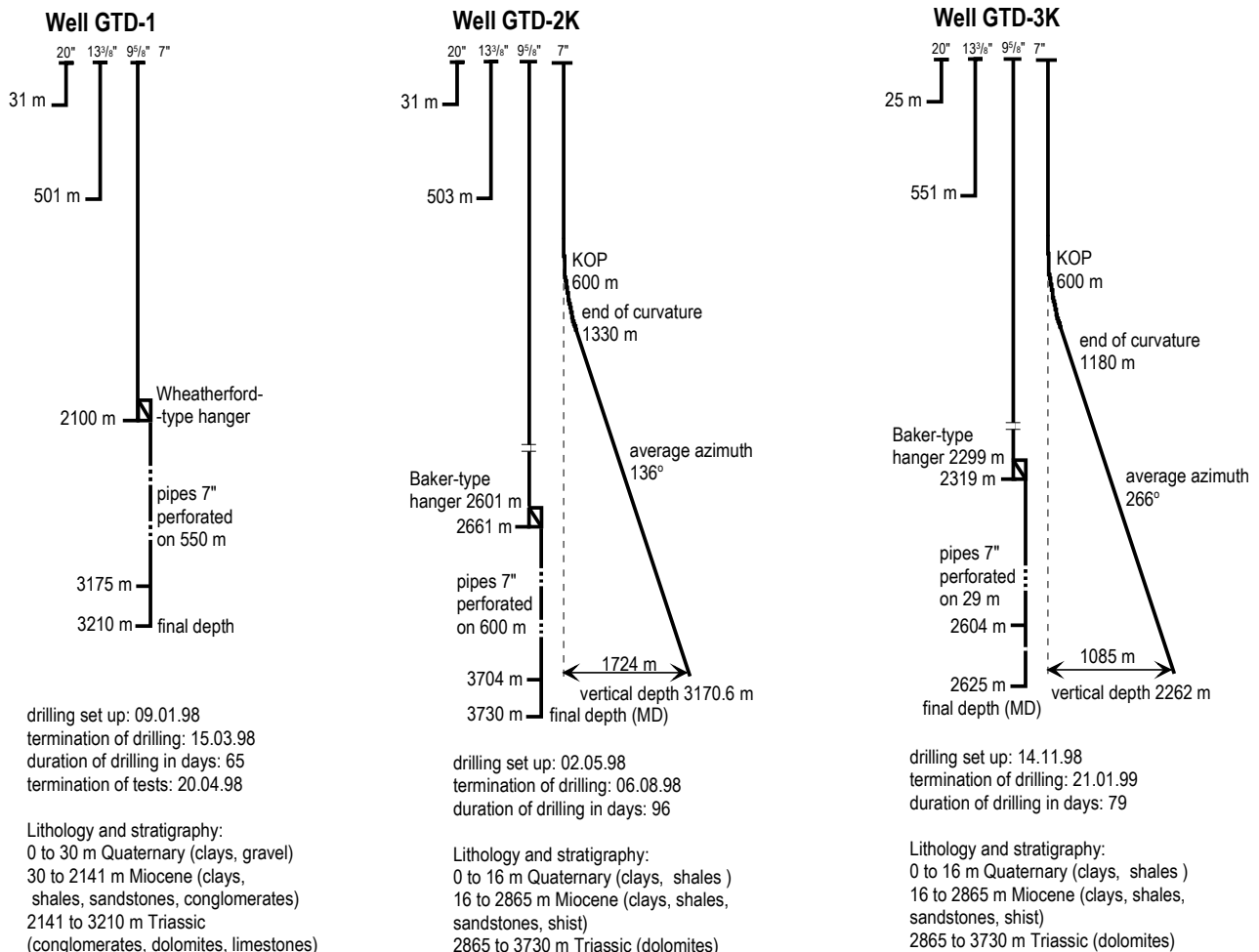


Figure 2. Profiles of geothermal well axes in the region of Durkov [2].

As a result the area of the aquifer intaking has to be increased and surface installment related with thermal waters management shortened.

Among the problems related with drilling of these wells, most prominent is the problem of drilling mud selection, casing, sealing of casing and drilling through the reservoir interval.

Practical experience has confirmed that the use of potassium-polymer mud was the right choice. A good technical state of the well and favourable technical-economic parameters of drilling were obtained. The latter was strongly influenced by the rig with a very efficient mud cleaning system, applied bits and parameters of drilling technology. Additionally, drilling wells were checked for proper lubrication and rheological parameters. When casing, attention was paid to the influence of temperature on elongation of steel pipes and on technology and efficiency of cementing. This manifested in disposal of a casing hanger compensating pipes elongation, and cementation collar to create a pumping chamber at a specific depth in the well. When getting to the aquifer zone, clay-free mud based on biodegradable polymers was used. To avoid colmatation of the aquifer, in the case of lost circulations no blockers or filling materials were applied. In the case of extreme lost circulations chemically treated water was used. The continuity of drilling works required constant water supplies to the rig and correct prevention of the outlet, to avoid eruptions of mineralized hot water to the surface.

Another unfavourable phenomenon in the drilling area was the influence of CO₂ contained in thermal waters, resulting in increasing corrosion and premature fatigue cracking of the string. To limit this unfavourable process, attempts were made to maintain mud pH in the range from 8.5 to 11. Another solution lies in using inhibitors of adsorption-type corrosion or internal lining of the string.

CONCLUSIONS

1. Geothermal energy is more frequently used because of ecological, social reasons. Another important factor is the considerable reserves of thermal energy.
2. When drilling geothermal wells it is recommended to use mud with very low solid content. Not to deteriorate the permeability of the reservoir zone, no blockers or filling materials should be used when drilling through the aquifer. Additionally, it is advisable to use a very good cleaning system for removing cuttings from the drilling mud.
3. Selecting the string, it is necessary to have the recipes for drilling mud, cement slurry and piping to account for the influence of temperature and mineralization of thermal

waters.

4. To improve production and absorption parameters of geothermal wells, the following procedures are recommended:
 - reaming, if sandstone makes up the reservoir layer;
 - acidification, if limestones and dolomites make up the reservoir layer.

REFERENCES

1. Długosz P.: *Wykorzystanie wód geotermalnych*, Konferencja nt. Nowe tendencje w gazownictwie i ich wpływ na pozyskanie odbiorców, Zakopane 2001
2. Garbarz E., Gazda S.: *Kompleksowa oferta techniczna wykonania otworów geotermalnych na podstawie realizacji*

projektów wierceń geotermalnych na Podhalu i w Basenie Koszyc, Konferencja nt. Perspektywy poszukiwań w obszarach występowania wód geotermalnych, Krosno-Bóbrka 2001

3. Gonet A., Stryczek S., Pinka J., Woliński J.: *Drilling a geothermal well GTD-1 in Slovakia*, Transactions of the Universities of Kosice 1999
4. Kilar J., Kopcza A., Naumowicz R.: *Doświadczenia uzyskane w wykonaniu otworów geotermalnych w Synklinorium Szczecińskim „Pyrzyce” i Synklinorium Warszawsko-Lódzkim „Skierniewice”*, Konferencja nt. Perspektywy poszukiwań w obszarach występowania wód geotermalnych, Krosno-Bóbrka 2001