

PROJEKTOVÁNÍ A REALIZACE VRTŮ PRO TEPELNÁ ČERPADLA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF BOREHOLES FOR GROUND SOURCE HEAT PUMPS

Michal Havlík

Stavební geologie – Geosan, s.r.o., Rudná u Prahy, e-mail: havlik@sggeosan.cz

Abstrakt: Vrtý pro tepelná čerpadla systému země–voda se uplatňují v rostoucím počtu staveb, včetně rozsáhlých vrtných polí a sezónních zásobníků tepla. S nárůstem hloubky a počtu vrtů se zvyšují nároky na geologické poznání lokality, projektovou přípravu, kontrolu provádění a znalost skutečného prostorového průběhu vrtů. Příspěvek shrnuje základní konstrukci a postup realizace vrtů, úlohu hydrogeologického posouzení včetně potřebných průzkumů a měření, a rovněž kontroly a doprůzkumů při provádění vrtů. Skutečný průběh vrtů je závislý na geologických podmínkách na lokalitě. Proto je u rozsáhlých vrtných polí, v zástavbě či v blízkosti chráněných objektů účelné ověřit měřeními trajektorii vrtů. Anomální průběh může přinášet technická a legislativní rizika a proto je možné navrhovat některá technická opatření pro snížení odklonu vrtů při realizaci. Kvalitně připravené a kontrolované vrtý lze bezpečně realizovat i ve složitých podmínkách.

Abstract: Closed-loop boreholes for ground source heat pumps are increasingly used in larger borehole fields and borehole thermal energy storage systems. Greater depths and denser layouts increase the need for sound geological knowledge, careful design, construction control and information on the actual three-dimensional trajectory of each borehole. The paper summarizes borehole construction, the role of hydrogeological assessment, site investigation, thermal response testing and supplementary investigation during drilling. In-house inclinometric measurements demonstrate that boreholes cannot automatically be assumed to be vertical. In individual cases, borehole bottoms were displaced by tens of metres from the designed vertical line and exceptionally by approximately 100 m. Such deviations may cause borehole intersection, encroachment beyond property boundaries or collision with underground structures. The paper also outlines how disciplined drilling procedures and stabilization of the drill string can reduce deviation. The main conclusion is that boreholes can be constructed safely even under complex urban and geological conditions when investigation, design and execution form one controlled process.

Klíčová slova: tepelná čerpadla, geotermální vrtý, realizace vrtů, geologický průzkum, inklinometrie, omezení odklonu vrtů

Key words: ground source heat pumps, geothermal boreholes, hydrogeological investigation, inclinometry, borehole deviation

1. Úvod

Vrtý pro tepelná čerpadla se stávají běžnou součástí energetického řešení budov. Vedle menších instalací pro jednotlivé objekty přibývají vrtná pole s desítkami až stovkami vrtů, realizace v městské zástavbě a dále systémy určené nejen k odběru, ale díky zvyšujícím se teplotám také k ukládání tepla a chlazení. Zvyšuje se i průměrná hloubka a hustota projektovaných vrtů. Vrtná pole do hloubek kolem 200 m i více jsou běžná a tento trend bude patrně dále pokračovat. S tím roste význam správného projektového návrhu, geologických průzkumů a posouzení a kontroly provádění vrtných prací.

Příspěvek se soustředí na vrtý uzavřeného systému země–voda (voda–voda okrajově v prezentaci). Jeho cílem není podat vyčerpávající přehled celé problematiky, ale propojit základní konstrukci vrtu s úlohou geologa a ukázat poznatky z realizací. Bezpečnost a funkčnost těchto systémů nevznikají pouze odborným posudkem ani pouhým odvrtním předepsané vrtné metráže. Jsou výsledkem návaznosti geologického poznání, projektu, vhodného technologického postupu, kontroly a vyhodnocení skutečného stavu při provádění.

2. Konstrukce a realizace vrtů pro tepelná čerpadla

U systému země–voda se teplo mezi horninovým prostředím a tepelným čerpadlem přenáší uzavřeným primárním okruhem (vrtý + dopoje). Jeho podzemní část tvoří zemní vrtý s tepelnými sondami a propojovací potrubí vedené přes rozdělovač/sběrač do tepelného čerpadla uvnitř objektu. Teplonosná kapalina cirkuluje v uzavřeném oběhu uvnitř potrubí tepelných sond a s podzemní vodou a okolní horninou nepřichází do kontaktu.

Do vrtu se po odvrtní zapouští zpravidla dvojité U-sonda z potrubí z vysoce odolného plastu HDPE (PE-RC). Mezikruží se ode dna vrtu vzhůru kompletně vyplňuje tepelně vodivou jílo-cementovou těsnicí směsí až k povrchu. To zajišťuje přenos tepla mezi sondou a horninou a současně omezuje nežádoucí proudění podzemní vody podél

vrty či propojení různých zvodnělých horizontů. Hotový vrt tedy nesmí být jen neúplně vyplněný „otvor do země“, ale kompletně zainjektovaný liniový výměník pevně spojený s okolním horninovým prostředím (viz obr. 1).



*Obr. 1 Finální podoba zainjektovaného vrtu v horninovém prostředí.
Fig. 1 Final configuration of a grouted borehole in the rock mass.*

Realizace primárních okruhů tepelných čerpadel s vrty zahrnuje projektovou přípravu, zařízení pracoviště, vlastní vrtání, průběžnou dokumentaci geologických podmínek, vystrojení vrtů sondami, tlakové zkoušky, injektáž a následné propojení a kompletaci primárního okruhu. Každý krok ovlivňuje výslednou kvalitu. Nedostatečná injektáž, nevhodně zvolený postup vrtání nebo poškození sondy nelze často napravit pouhým zvýšením počtu běžných metrů.

Samostatnou kapitolou je také způsob nakládání s odvrtkem a s přítoky podzemní vody při realizaci, ochrana okolních konstrukcí a sítí a řešení možných střetů zájmů a vlivů na okolí.



*Obr. 2 Realizace vrtného pole a propojení vrtů do primárního okruhu.
Fig. 2 Construction of a borehole field and connection of boreholes into the primary circuit.*

3. Projektová příprava, role geologa

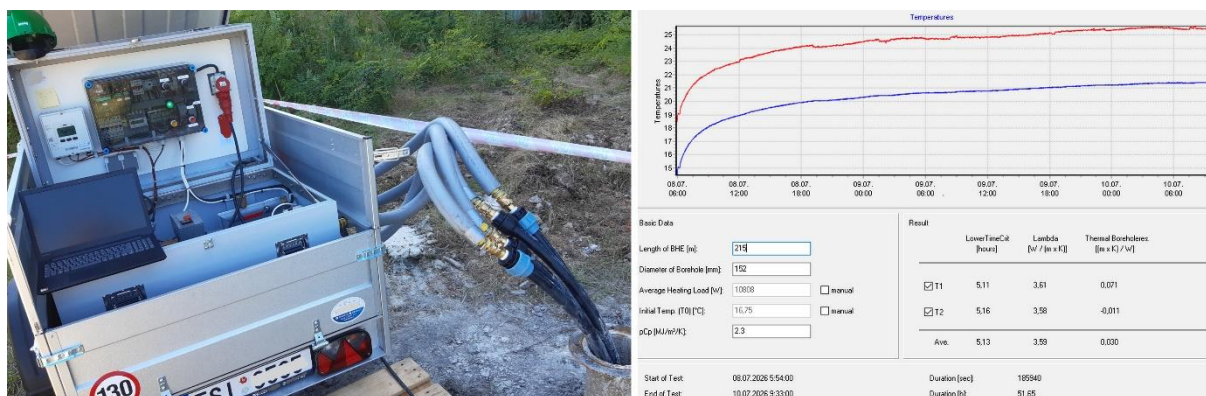
V podmínkách České republiky vstupuje geolog do přípravy zejména prostřednictvím hydrogeologického posouzení včetně potřebných průzkumů jako podkladů pro projektovou dokumentaci a povolení vrtů. Konkrétní postup závisí na rozsahu záměru, lokalitě a možných střetech zájmů. Geologický posudek tedy nemá být pouze formální přílohou. Musí skutečně určit a posoudit podmínky, za nichž je záměr bezpečně proveditelný a navrhnout případná opatření odpovídající míře nejistoty.

Pro návrh vrtného pole jsou podstatné geologické a hydrogeologické poměry, očekávaná vrtatelnost, režim podzemních vod, blízké vodní zdroje, ochranná pásma, podzemní objekty a související střety zájmů s okolím. Projekt vrtů musí současně vycházet z energetických potřeb stavby. U významnějších záměrů je vhodné předem realizovat pilotní vrt s podrobným geologickým profilem a měřením tepelných parametrů prostředí (TRT testy atd.). Průzkum tedy poskytuje mimo jiné podklad pro upřesnění energetické výtěžnosti vrtů v lokalitě a pro stanovení potřebné vrtné metráže.

3.1 Průzkum před realizací a doprůzkum při provádění

Průzkum před zpracováním odborného posudku snižuje nejistotu návrhu, ale nemůže v každém případě odhalit všechny lokální změny. Ve vrtech se běžně objevují skutečnosti, které archivní podklady ani omezený předběžný průzkum nezachytily: nečekané přítoky, změny propustnosti, poruchová pásma, rozdílná vrtatelnost nebo odlišný průběh vrstev či anomální směr a úklon vrtů. Proto má zásadní význam doprůzkum a odborný geologický dozor během provádění, které může a má odpovědný geolog uvádět v posudcích v rámci návrhů podmínek pro vydání povolení.

Právě podmínka průběžného sledování a vyhodnocování umožňuje reagovat na neočekávané situace v okamžiku, kdy je ještě možné upravit konstrukci, technologii nebo rozmístění dalších vrtů. Geolog musí mít odbornou oporu i profesní odvahu takový postup v posudku v případě potřeby požadovat. Skutečnost, že investor nebo dodavatel nemá potřebu vynakládat na tato opatření další prostředky, nezbavuje autora posudku odborné odpovědnosti.

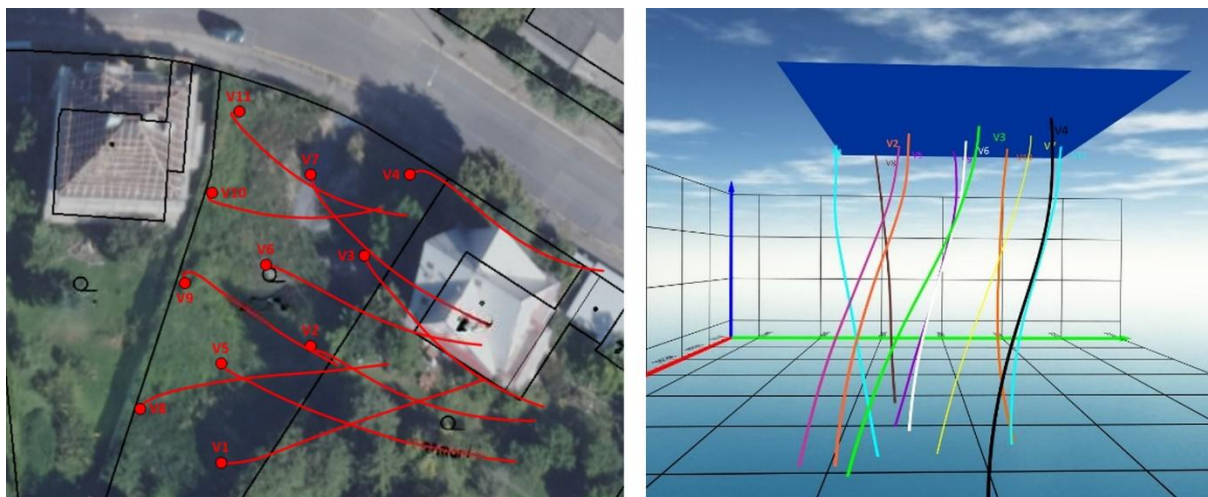


Obr. 3 Průzkum a projektování: měřicí aparatura TRT pro výpočet a energetický návrh vrtného pole.
Fig. 3 Investigation and design: TRT equipment and an example of borehole-field design outputs.

4. Skutečný prostorový průběh vrtů

Projektová dokumentace obvykle uvažuje geotermální vrtý jako svislé linie. Skutečný průběh vrtu je však silně závislý na geologických podmínkách na lokalitě (průběh vrstev, břídlíkatost...) a vrtý se mohou odklánět od svislice (obr. 4). Vliv má i použitá technologie vrtání. U jednotlivých instalací na volných pozemcích může být menší odklon vrtů bez praktického dopadu. U větších vrtných polí s hlubšími vrtými a v hustě zastavěných oblastech je však situace složitější. Zde neznalost skutečného směru a sklonu vrtů přináší technická a legislativní rizika (vzájemné převrtání a poškození sond při realizaci, změny energetické výtěžnosti vrtů oproti projektu, tepelné ovlivnění a okolní střety zájmů).

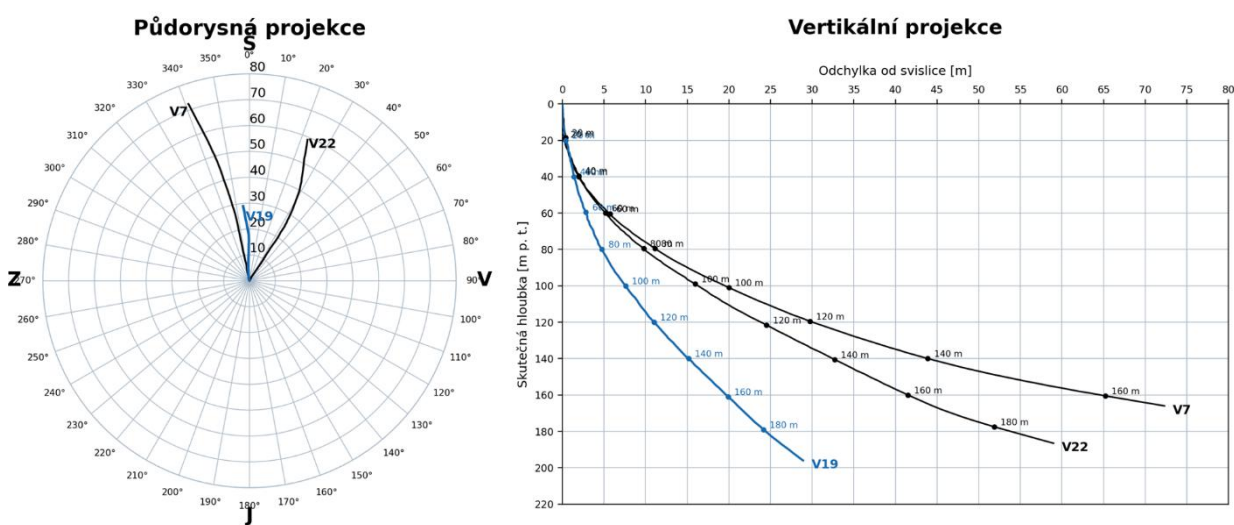
Anomální průběh vrtů může vést k jejich vzájemnému přiblížení nebo převrtání, k poškození sond a změně geometrie vrtného pole uvažované v projektu. Vrtý se mohou neplánovaně přiblížit k podzemním objektům nebo kolidovat s dalšími vrtými v okolí. Mění se také skutečná svislá hloubka vrtů uvažovaná pro energetický výpočet. Proto je u rozsáhlých vrtných polí, v zástavbě či v blízkosti chráněných objektů účelné ověřit skutečný průběh vrtů a vztahovat výsledky k situaci konkrétního projektového záměru (obr. 4).



Obr. 4 Příklad vyhodnocení skutečného prostorového průběhu skupiny vrtů.
Fig. 4 Example of evaluated three-dimensional trajectories of a borehole group.

5. Opatření pro omezení odklonu vrtů při realizaci

V některých případech se podle výsledků průzkumů navrhuje technická opatření pro snížení odklonu vrtů při realizaci (různé způsoby stabilizace sestavy vrtného nářadí, použití centrátorů a stabilizátorů na vrtném soutyči atd.). Cílem není požadovat dokonale svislé vrty. Praktický postup spočívá ve vymezení přípustné geometrie vrtného pole a souvisejících rizik již v projektu, resp. hydrogeologickém posudku, v návrhu vhodných opatření při realizaci a v průběžné kontrole a evidenci skutečného provedení vrtů.



Obr. 5 Srovnání trajektorií vrtů V7 a V22 bez centrátorů (černě), V19 s centrátory (modře).
Fig. 5 Borehole trajectories V7 and V22 without centralizers (black), V19 with centralizers (blue).

6. Závěr

Vrty pro tepelná čerpadla se stávají běžnou součástí energetického řešení budov. Zvyšuje se hustota i hloubka projektovaných vrtů a přibývají i rozsáhlé realizace v městské zástavbě či systémy určené nejen k odběru, ale i k ukládání tepla. S tím roste význam správného projektového návrhu, geologických průzkumů a posouzení i kontroly při provádění.

Bezpečná a funkční realizace závisí na kvalitním geologickém a hydrogeologickém poznání, odpovědném projektu, průběžném ověřování skutečných podmínek a technologické kázní při provádění. Průzkumy a dohled při provádění nejsou formální náklady navíc, ale nástroje, které umožňují včas podchytit podmínky na lokalitě a stanovit vhodná opatření pro eliminaci rizik a zajištění správné funkce celého primárního okruhu TČ se zemními vrty.