



Energie země

TECHNICKÉ INFORMACE



Obsah:

Úvod	4
Energie země – stručně	5
Horká novinka – planeta Země – zdroj energie	6
Základy	
Obecné informace	8
Systém tepelného čerpadla	9
Systémy využívající energii země	
Přehled systému	20
Provozní režimy	21
Horizontální kolektory	
Systém/oblast použití	24
Energetické klece	
Systém/rozsah použití	32
Energetické hromady	
Systém/rozsah použití	41
Vertikální kolektory	
Systém/rozsah použití	56
Kvalitní materiály Uponor	
PE-Xa	63
Rychlé a snadné	65
Plánování projektu	
Plánování projektu	66
Podrobné plánování projektu	68

Energie země – nezávislost na energetické situaci

Vlády v celé Evropě mají ambiciózní cíl snížit spotřebu energie, aby se snížila závislost na fosilních palivech, jako je ropa a plyn. Obnovitelné zdroje energie, jako je sluneční energie a geotermální energie, získávají stále větší význam s ohledem na budoucí energetickou poptávku v budovách. S cílem 20-20-20 plánuje EU do roku 2020 snížit spotřebu energie a emise skleníkových plynů o 20 % a zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 20 % (2007: 8,5 %) energetického mixu. Proto byly v celé Evropě zahájeny různé legislativní iniciativy na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie.

Energie země má řadu výhod

- Obnovitelná: Zemní energie je k dispozici nepřetržitě, 24 hodin denně, pro vytápění a chlazení.
- Šetrná k životnímu prostředí: Jakékoli využití energie země snižuje emise skleníkových plynů.
- Bezpečná a kontrolovatelná: Zemní energie je technicky vyspělá a používá se k vytápění a chlazení již více než 50 let.
- Vysoký výkon: reaguje na všechny energetické požadavky, jako je vytápění, chlazení, ohřev vody a skladování energie.
- Všestranná: použitelná v kombinaci s jinými zdroji energie.
- Ekonomicky udržitelná: použitelná v daném regionu, nezávislá na externích dodavatelích a změnách směnných kurzů.
- Zajištění konkurenceschopnosti: Zemní energie zvyšuje konkurenceschopnost průmyslu a má tak pozitivní vliv na regionální rozvoj a zaměstnanost.

Energie země – všestranné využití

Geotermální energie může být použita nejen jako zdroj energie pro sálavé vytápění a ohřev vody, ale také jako zdroj energie pro sálavé chlazení s velmi nízkými provozními náklady. Geotermální energii lze využít ve všech typech budov, od rodinných domů po velké kancelářské a průmyslové budovy.

Když je zemní systém v provozu, nevyžaduje téměř žádné provozní náklady a má dlouhou životnost. Ačkoli investiční náklady na

systémů využívajících energii země jsou o něco vyšší než u konvenčních kotlů a chladicích agregátů, doba amortizace je díky nízkým provozním nákladům kratší.

Geotermální energie jako zdroj energie v kombinaci se systémy sálavých zářičů je komplexním řešením pro kombinaci vytápění a chlazení.

Takové systémy jsou účinnější a snáze se instalují než dva samostatné

systémy pro vytápění a chlazení.

Kromě toho systémy sálavých zářičů využívají principu exergie ve formě snížení provozních teplot pro vytápění a vysokých provozních teplot pro chlazení. Tepelné čerpadlo tak může pracovat s vyšší účinností (provozním faktorem), což snižuje spotřebu energie a tím i provozní náklady.

Energie země – stručně

Oblasti použití / využití

- Vytápění
- Teplá voda
- Chlazení
- Skladování energie

Environmentální aspekt

- Snižuje spotřebu fosilních paliv
- Snižuje emise CO₂, kde je to možné
- Obnovitelný zdroj energie
- Při správné instalaci a používání nemá žádné nepříznivé účinky na podzemní vodu a půdu.

Oblasti použití

- Rodinné domy a bytové domy

- Soukromé a veřejné budovy
- Průmyslové budovy
- Kancelářské budovy

Technické aspekty

- Energie ze země je k dispozici téměř neomezeně po celý rok
- Není nutný komín
- Plně automatický bezpečný provoz, nízké nároky na údržbu
- Distribuované a centrální využití systému
- Lze kombinovat s jinými zdroji energie

Ekonomické aspekty

- Nízké provozní náklady (spotřeba energie pro tepelné čerpadlo, ale žádné náklady na palivo)

- Nízké náklady na vlastnictví (žádná měření emisí, žádné náklady na komínika)
- Není nutné zásobování palivem
- Poměrně vysoké investiční náklady
- Amortizace závisí na obecném vývoji nákladů na energii
- Účinnost závisí na správném uspořádání celého systému a tarifech za elektřinu („výkon tepelného čerpadla“) dodavatelů energie



Viditelné teplo – horký pramen na Islandu

Geotermie (řecky: geo = země; thermy = teplo) nebo energie země je teplo uložené v přístupné části zemské kůry. Geotermie popisuje jak technické aspekty tepelné energie a jejího využití, tak vědecké zkoumání tepelné situace Země.

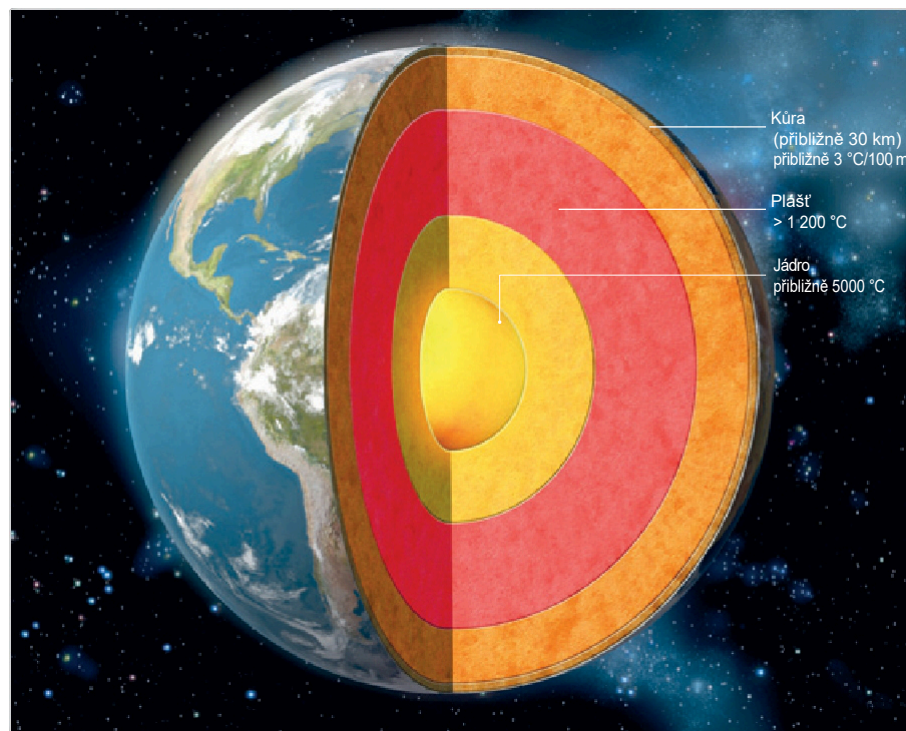
Hot Stuff: Planeta Země – zdroj energie

Zemská kůra je ve srovnání s průměrem Země, který činí přibližně 12 750 km, pouze tenkou vrstvou. Pod oceány má kůra tloušťku přibližně 5 až 10 km, pod kontinenty má tloušťku 15 až maximálně 50 km. V kůře již panují vysoké teploty, na spodní straně kůry až 1 100 °C.

Pod kůrou se nachází plášť, který se podle petrofyzikálních vlastností dělí na horní a dolní plášť a přechodovou zónu. Horní plášť se rozprostírá do hloubky přibližně 400 km s teplotami až 1 400 °C, přechodová zóna se rozprostírá do hloubky až 900 km a dolní plášť do hloubky 2 900 km s teplotami až 3 700 °C.

Pod hloubkou 2 900 km začíná zemské jádro s vnějším tekutým jádrem a vnitřním pevným jádrem. Ve vnějším jádře převažují teploty přibližně 4 000 °C, ve vnitřním jádře pravděpodobně více než 5 000 °C.

V současné době je **ekonomické využití** geotermální energie omezeno na horní část zemské kůry. Rozlišuje se mezi **pozemními kolektory energie** a **hlubokou geotermální energií**.



Struktura zemské kůry

Geotermální energie

Geotermální energie se dále dělí na dvě aplikace nebo systémy: hydrotermální a petrotermální systémy.

Hydrotermální metoda

Při hydrotermální metodě se využívají přirozeně se vyskytující zdroje termální vody (aquifery s horkou vodou). Tyto aquiferové vrstvy lze využít jak k přímé (teplo), tak k nepřímé (elektřina) výrobě energie.

Petrotermální metoda

Pomocí petrotermální metody se energie získává z horké husté horniny. Geotermální energii lze využít pomocí takzvané metody horké suché horniny. Hornina, která se těží vrtáním v hloubce několika tisíc metrů, se rozlomí vodou proudící pod velmi vysokým tlakem, což vede k hydraulickému směřování. Podzemní „výměník tepla“ vytvořený tímto způsobem nyní směřuje energii ve formě vodní páry nahoru přes další vrt, kde buď pohání turbíny k výrobě elektřiny, nebo se používá k přímé výrobě tepla.

Energie země

O energii země hovoříme v případě hloubky aplikace do 400 m. Zde se teplota zvyšuje v průměru o 3 °C na každých 100 m hloubky. Průměrná povrchová teplota země je přibližně 13 °C a je určena kombinací slunečního záření, vyzařování tepla do vesmíru, zemského toku a variant nebo interferencí těchto faktorů.

Na rozdíl od geotermální energie zemní energie neposkytuje energii přímo ve formě využitelného tepla. Pro vytápění a ohřev vody je nutné teplotu zvýšit na požadovanou hodnotu pomocí tepelného čerpadla.

Kromě hloubky a typu horniny hraje při výrobě energie důležitou roli také podzemní voda. Ve střední Evropě má podzemní voda po celou sezónu téměř konstantní teplotu. Díky trvalému proudění je tepelná energie neustále dodávána pro vytápění nebo odváděna pro chlazení.

I v případě sezónních výrazných výkyvů venkovních teplot zůstává teplota v hloubce několika metrů relativně konstantní, v průměru 10 °C. Energie země je tedy trvale fungujícím nebo konstantním zdrojem energie, který lze využívat po celý rok jak k vytápění, tak k chlazení budov.

Základy

Obecné

Při plánování využití energie země mají zásadní význam místní podmínky. Stanovení vlastností půdy s ohledem na obsah vody, tepelné vlastnosti půdy, tj. tepelnou vodivost, hustotu, spe-

Specifická a latentní tepelná kapacita, stejně jako vyhodnocení různých procesů přenosu tepla a látek, jsou předpoklady pro stanovení a definování kapacity zemního zařízení. Dimenzování zemního zdroje energie

má velký vliv na energetickou účinnost systému tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla s vysokým výkonem mají zbytečně vysokou spotřebu energie, pokud jsou kombinována se špatně dimenzovaným zdrojem tepla.



Oblast s vysokým potenciálem geotermální energie

Systém tepelného čerpadla

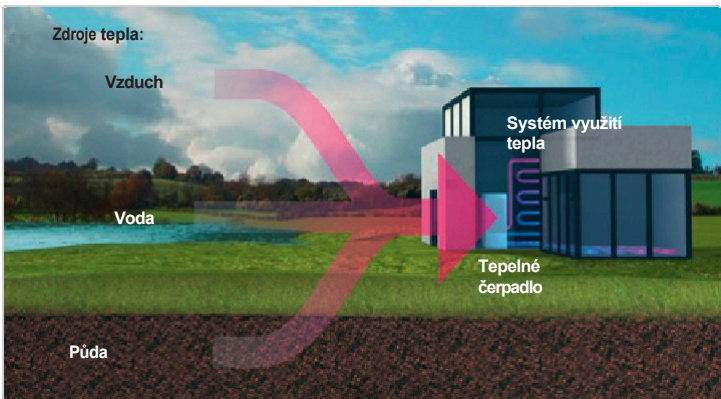
Systém tepelného čerpadla je energetický systém skládající se ze zdroje tepla, tepelného čerpadla a systému využití tepla.

Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro čerpací systém může být obecně vzduch, voda a půda. O využití půdy se hovoří v případě, že se jako zdroj tepla používá půda. Pro rozsah využití půdy jsou zásadní především geologické, hydrologické a klimatické podmínky, a tedy schopnost regenerace půdy.

Geologie, hydrologie a klima Půdy mají obvykle pórovitost mezi 35 a 45 %. Pokud jsou tyto póry vyplněny vodou namísto vzduchem, zvyšuje se tepelná vodivost, hustota a měrná a latentní tepelná kapacita půdy. To má pozitivní vliv na maximální možnou odběrnou kapacitu zemního kolektoru.

Obsah vody v půdě závisí na klimatických podmínkách, způsobu obdělávání, hladině podzemní vody a hydraulických vlastnostech.



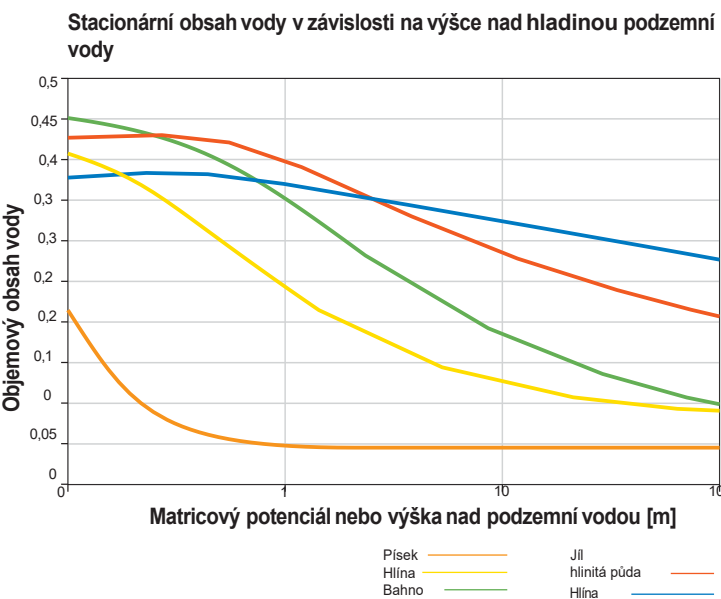
Systém tepelného čerpadla

tika (kapilarita) půdy. Obsah vody v půdě je ovlivněn především kapilárním stoupáním z hladiny podzemní vody a pronikáním vlhkosti v důsledku prosakování dešťové vody.

Matricový potenciál ψ_m (sací tlak) půdy popisuje míru, do jaké je voda v půdní maticové struktuře vázána. Čím nižší je obsah vody, tím více zbývající vody je vázáno v

půdní matici. Proti maticovému potenciálu působí hlavně gravitační potenciál ψ_g (dynamický tlak) nebo geodetická výška nad hladinou podzemní vody a zanedbatelně také osmotický potenciál, potenciál přetížení a tlakový potenciál. Ve stabilním stavu se oba potenciály vyrovnávají.

$$\psi_{Ges} = \psi_m + \psi_g = 0 \quad [\text{obj. \%}]$$



Kromě výšky nad hladinou podzemní vody má velký vliv na obsah vody v dané půdě také průměrné množství dešťové vody, které do půdy prosakuje po delší dobu. Krátké přeháňky, které způsobují povrchový odtok, nemají téměř žádný vliv.

Čím vyšší je obsah vody v půdě, tím lépe půda propouští vodu (propustnost podzemní vody). Při relativně stálém dešti po delší dobu se obsah vody v půdě zvyšuje, až může dešťová voda prosakovat gravitací.

Měsíční množství vody prosakující do půdy je výsledkem rozdílu mezi srážkami a evapotranspirací (odpařování plus transpirace rostlin). Vlastnosti půdy během období ohřevu jsou ovlivněny hlavně měsíci říjen-

říjen a listopad. Během těchto měsíců dochází k poklesu růstu rostlin a průměrné venkovní teploty, čímž se snižuje i rychlost odpařování.

Ve skutečnosti není průběh srážek příliš stacionární. V horních vrstvách půdy je tento průběh tlumena kapacitou půdy a propustností podzemní vody v závislosti na obsahu vody do té míry, že v dané půdě ovlivňují obsah vody pouze dlouhodobé změny srážek. Obsah vody v dané půdě se tedy odvíjí od průměrných srážek za několik týdnů.

Informace:

- Měrná tepelná vodivost λ [W/(K · m)] popisuje schopnost horniny přenášet tepelnou energii prostřednictvím tepelné vodivosti (vodivý přenos tepla). Jedná se o materiálovou konstantu závislou na teplotě.
- Měrná tepelná kapacita c_p [MJ/(m³ · K)] udává množství energie, které je potřebné k ohřát 1 m³ horniny o 1 K. Čím je větší, tím více tepelné energie může hornina absorbovat (akumulovat) a nakonec uvolnit.

Půdy běžně se vyskytující v přírodě jsou směsí písku, bahna a jílu. Skládají se ze tří fází – pevné látky, vody a plynů –, na nichž je založena hustota, tepelná vodivost i měrná a latentní tepelná kapacita. Tyto vlastnosti je velmi obtížné určit kvůli mnoha odchylkám a nejlépe je lze převzít z příslušných referenčních katalogů pro různé klimatické oblasti.

Příklady tepelné vodivosti a objemové měrné tepelné kapacity podzemí při teplotě 20 °C

	Typ horniny	Tepelná vodivost v W/(m · K)		Popis objemu speciální tepelná kapacita v MJ/(m³ · K)	Hustota v 10² kg/m³
			Doporučená hodnota		
Nekonsolidovaná hornina	Jíl/bahno, suché	0,4 – 1,0	0	1,5 – 1,6	1,8 – 2,0
	Jíl/bahno, podmáčené	1,1 – 3,1	1	2,0 – 2,8	2,0 – 2,2
	Písek, suchý	0,3 – 0,9	0,4	1,3 – 1,6	1,8 – 2,2
	Písek, vlhký	1,0 – 1,9	1,4	1,6 – 2,2	1,9 – 2,2
	Písek, podmáčený	2,0 – 3,0	2,4	2,2 – 2,8	1,8 – 2,3
	Štěrk/kameny, suché	0,4 – 0,9	0	1,3 – 1,6	1,8 – 2,2
	Štěrk/kameny, podmáčené	1,6 – 2,5	1,8	2,2 – 2,6	1,9 – 2,3
	Ledovcový drift	1,1– 2,9	2,4	1,5 – 2,5	1,8 – 2,3
	Rašelina, hnědé uhlí	0,2 – 0,7	0,4	0,5 – 3,8	0,5 – 1,1
Sedimentární horniny	Bahenní/jílovitá hornina	1,1 – 3,4	2	2,1 – 2,4	2,4 – 2,6
	Pískovec	1,9 – 4,6	2,8	1,8 – 2,6	2,2 – 2,7
	Psefit/brekcie	1,3 – 5,1	2,3	1,8 – 2,6	2,2 – 2,7
	Marlstone	1,8 – 2,9	2,3	2,2 – 2,3	2,3 – 2,6
	Vápenec	2,0 – 3,9	2,7	2,1 – 2,4	2,4 – 2,7
	Dolomitová cihla	3,0 – 5,0	3,5	2,1 – 2,4	2,4 – 2,7
	Sulfátové horniny (anhydrit)	1,5 – 7,7	4,1	2	2,8 – 3,0
	Sulfátové horniny (sádrovec)	1,3 – 2,8	1,6	2	2,2 – 2,4
	Chloridové horniny (kamenná sůl/odpadní sůl)	3,6 – 6,1	5,4	1,2	2,1 – 2,2
	Modré uhlí	0,3 – 0,6	0,4	1,3 – 1,8	1,3 – 1,6
Magmatické pevné horniny	Tuť	1,1	1,1		
	Sopečná hornina, kyselá , např. ryolit, trachyt	3,1 – 3,4	3,3	2,1	2,6
	až střední , např. trachybazalt, dacit	2,0 – 2,9	2,6	2,9	2,9 – 3,0
	Sopečná hornina, základní, např. andezit, čedič až ultrabazický	1,3 – 2,3	1,7	2,3 – 2,6	2,6 – 3,2
	Plutonit, kyselý až Žula	2,1 – 4,1	3,2	2,1 – 3,0	2,4 – 3,0
	mezilehlý Syénit	1,7 – 3,5	2,6	2,4	2,5 – 3,0
	Plutonit, základní až Diorit	2,0 – 2,9	2,5	2	2,9 – 3,0
	ultrabazický Gabro	1,7 – 2,9	2	2,6	2,8 – 3,1
	nízká metamorfóza Břidlice	1,5 – 2,6	2,1	2,2 – 2,5	2,4 – 2,7
Metamorfované pevné horniny	stupeň Křemičitá břidlice	4,5 – 5,0	4,5	2,2	2,5 – 2,7
	střední až vysoká Mramor	2,1 – 3,1	2,5	2	2,5 – 2,8
	metamorfní stupeň křemenec	5,0 – 6,0	5	2	2,5 – 2,7
	Slavcová břidlice	1,5 – 3,1	2,2	2,2 – 2,4	2,4 – 2,7
	Ruly	1,9 – 4,0	2,9	1,8 – 2,4	2,4 – 2,7
	Amfibolit	2,1 – 3,6	2,9	2,0 – 2,3	2,6 – 2,9
Ostatní materiály	Bentonit	0,5 – 0,8	0	~3,9	
	Beton	0,9 – 2,0	1,6	~1,8	~2,0
	Led (-10 °C)	2,32		1,89	0,919
	Plast (HD-PE)	0,42		1,8	0,96
	Vzduch (0 °C až 20 °C)	0,02		0,0012	0,0012
	Ocel	60		3,12	7,8
	Voda (+10 °C)	0,56		4,15	0,999

Poznámky:

V případě nepevných hornin se hustota značně liší v závislosti na kompaktnosti a obsahu vody. U pískovce, psefitu a brekcie existuje široké rozpětí tepelné vodivosti; kromě zrnitosti materiálu a jeho rozložení a nasycení vodou hraje roli také typ pojiva nebo matrice.

Zdroj: VDI 4640

Podzemní voda s vysokou tepelnou kapacitou 4,190 J/kgK při 10 °C hraje důležitou roli pro odběrnou kapacitu podzemního systému. Pokud jde o propustnost podzemní vody, rozlišuje se mezi pórovou

propustnosti a spárové propustnosti s ohledem na podpovrchovou vrstvu nekonsolidované horniny nebo pevné horniny. U nekonsolidované horniny (pórovitá vodonosná vrstva) jsou pro propustnost podzemní vody rozhodující zejména velikost zrn a rozložení zrn, u pevné horniny pak frekvence

a šířka otevření oddělujících spár rozhodující pro propustnost podzemní vody. Nižší uvedená tabulka uvádí referenční hodnoty propustnosti nekonsolidované horniny.

Referenční hodnoty propustnosti Nekonsolidované horniny

Nekonsolidovaná hornina	Koeficient hydraulické vodivosti k_f [m/s]	Hodnocení
Čistý štěrč	nad 10^{-2}	vysoce propustný
Písčité štěrč, střední/torpédový písek	nad 10^{-4} až 10^{-2}	vysoce propustná
jemný písek, bahnitý písek	nad 10^{-6} až 10^{-4}	propustný
Bahno, jílovitá hlína	10^{-8} až 10^{-6}	mírně propustný
Jíl, jílovitá hlína	pod 10^{-8}	nepropustná

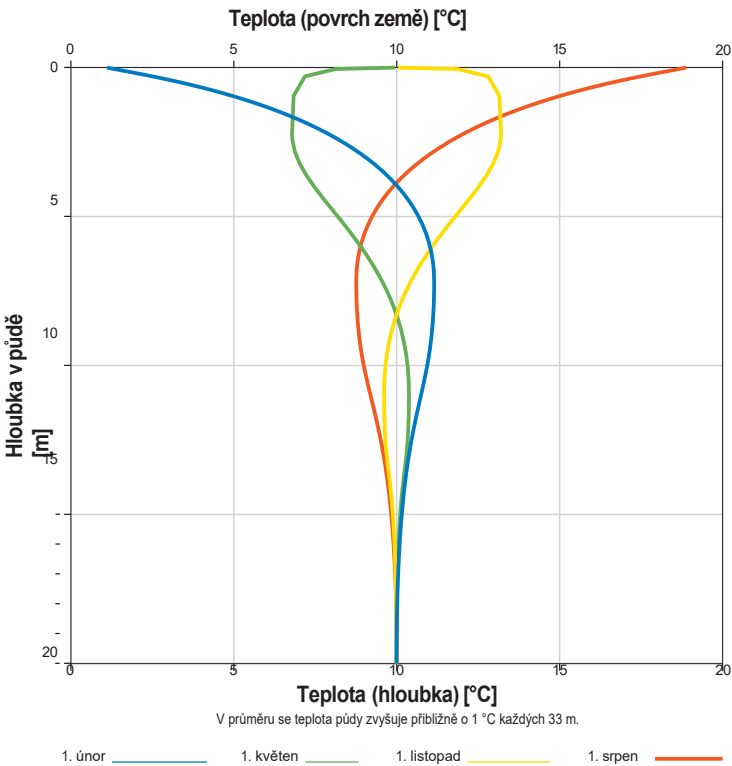
Zdroj: VDI 4640

V průměru se teplota zvyšuje o 3 °C na každých 100 m hloubky. Průběh teplot během roku (střední Evropa) v

horních 15 m je znázorněn na obrázku níže. V zimě mohou venkovní teploty často klesnout pod nulu, ale v hloubce několika

metrů hloubky již dosahuje průměrné hodnoty 10 °C. V létě je venkovní teplota v průměru téměř 20 °C, půda v hloubce několika metrů hloubky však ukazuje téměř konstantní teploty 10 °C. To platí ve většině případů pro přechodná období jara a podzimu.

Z průběhu teplot v mělké půdě v průběhu roku je zřejmé, že energie země je vždy funkčním a konstantním zdrojem energie.

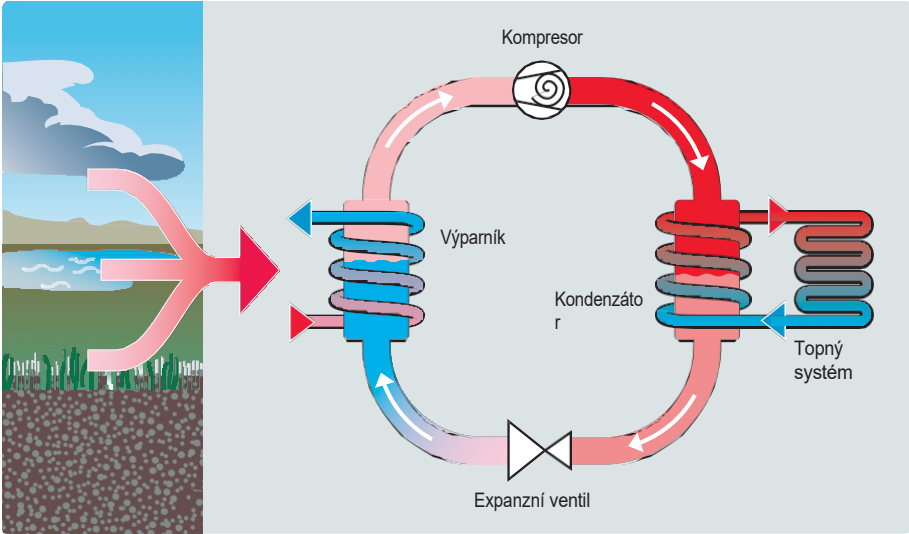


Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou stroje na studenou páru, pomocí kterých lze využít energii z okolního prostředí s nízkou teplotou k

vytápění nebo chlazení budov. Energie z okolí se získává z okolního vzduchu, podzemní vody nebo

půdy. Pomocí elektrické energie se teplota upraví na požadovanou úroveň.



Princip fungování tepelného čerpadla

Cyklus probíhající v tepelném čerpadle se skládá ze čtyř komponent: výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu. Nositelem tepelné energie je chladivo s extrémně nízkým bodem varu. Ve výparníku chladivo přijímá teplo z okolí a tím se stává plynným. V kompresoru je plynné chladivo stlačeno na vyšší teplotu.

K tomu zařízení potřebuje externí elektrickou energii. V kondenzátoru je tepelná energie dodávána do topného okruhu. V expanzním ventilu je chladivo expandováno, aby poté mohlo znovu projít okruhem.

Tepelná čerpadla se dělí do následujících kategorií:

- vzduch/voda tepelná čerpadla
- vodní/vodní tepelná čerpadla
- tepelná čerpadla solanka/voda

Označení typu tepelného čerpadla závisí na tom, které médium absorbuje teplo (médium pro přenos tepla) a které médium distribuuje teplo v domě.

Pokud solanka (směs vody a glykolu) absorbuje teplo prostřednictvím zemního kolektoru a voda teplo odvádí např. prostřednictvím podlahového vytápění, jedná se o solankové/vodní tepelné čerpadlo.

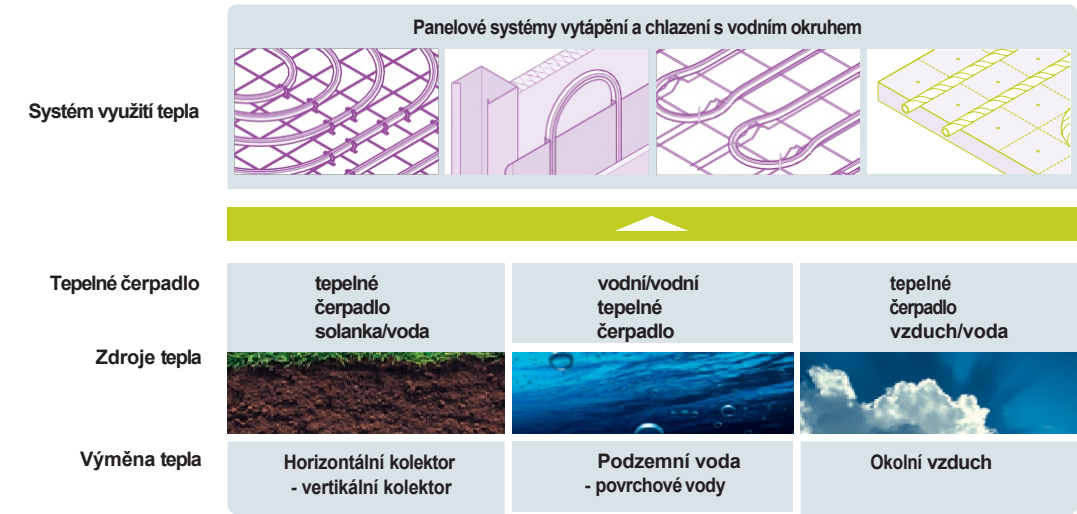
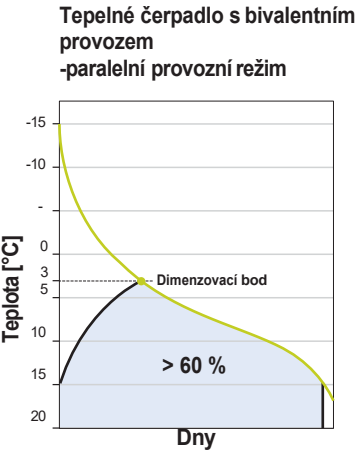
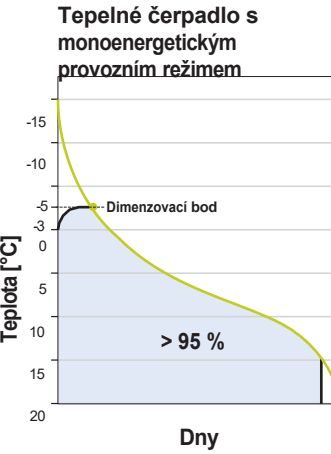
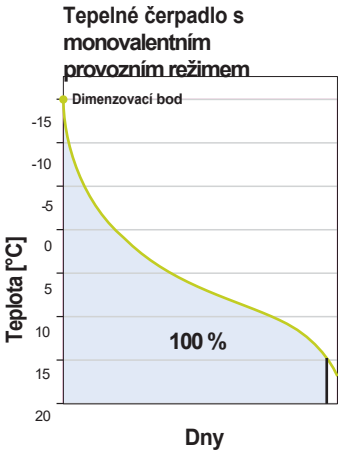
S ohledem na provozní režimy se rozlišuje mezi:

- monovalentní (jeden zdroj energie)
- bivalentní (dva zdroje energie)
- monoenergetické (jeden zdroj energie).

Vzduch/voda tepelná čerpadla jsou přímo ovlivňována kolísáním venkovních teplot. Proto mají nejnižší energetickou účinnost v obdobích, kdy je poptávka po teple vysoká.

est – v zimě, kdy má okolní vzduch nejnižší energetický obsah. Aby bylo možné pokrýt tyto extrémní případy, lze u vzduch/voda tepelného čerpadla špičkové zatížení

buď monoenergeticky pomocí přídavného elektrického ohřevu (topná tyč), nebo bivalentně pomocí druhého zdroje energie (např. kotel na tuhá paliva).



Přehled systémů tepelných čerpadel

Pro pozemní aplikace se používají tepelná čerpadla na solanku/vodu. V tomto typu čerpadla protéká výměníkem tepla směs vody a glykolu. Pro posouzení kvality systému tepelného čerpadla se používá tzv. sezónní výkonnost

Používá se faktor β . Ten udává poměr dodané tepelné energie k dodané elektrické energii (jmenovitý výkon) za jeden rok.

Čím vyšší je sezónní výkonový faktor, tím vyšší je účinnost tepelného čerpadla. Obvyklý rozsah je 3 až 4,5.

$$\text{Sezónní výkon faktor } \beta = \frac{W(\text{využitelné tepelné energie})}{W(\text{dodaná elektrická energie})}$$

Zajištění provozní bezpečnosti

Aby bylo možné vyhodnotit množství energie nebo kapacitu, které lze z půdy odebrat nebo do ní dodat pomocí výměníku tepla, je nutné definovat kritéria, pomocí nichž lze měřit účinnost a která nesmí být překročena.

Aby nedošlo k poškození systému tepelného čerpadla, musí být splněna následující kritéria:

Provozní bezpečnost se rozumí prevence poškození systému a dodržování maximálního výkonu tepelného čerpadla, aby byl zajištěn bezpečný provoz po celý rok.

ohledem na zdroj tepla to znamená, že teplota solanky nikdy neklesne pod teplotu tuhnutí a minimální teplotu solanky stanovenou výrobcem tepelného čerpadla.

Solanka se ochladí ve výparníku, než se opět zahřeje v zdroji tepla. V okruhu solanky tak panují nejnižší teploty. Běžné nosiče tepla obsahující vodu se při tuhnutí roztahují. Pokud solanka ztuhne, hrozí proto nebezpečí prasknutí potrubí nebo výparníku.

Nositeli tepla používanými hlavně pro zdroje tepla jsou směsi vody

a glykolu (hlavně monoethylenglykolu). Při stanoveném poměru směsi 3:1 je zaručena ochrana proti zamrznutí do teploty přibližně -14 °C. Proto je nutné zajistit, aby teplota v žádném případě neklesla pod tuto hodnotu. Z tohoto důvodu většina výrobců integrovala bezpečnostní zařízení, která včas vypnou tepelné čerpadlo. Tuto funkci může například převzít tlakový spínač nízkého tlaku umístěný v sacím potrubí vedoucím ke kompresoru. Při poklesu pod tlak, který odpovídá teplotě odpařování přibližně -15 °C, nebo v případě přehřátí, které odpovídá

teplotě nasávaného plynu -10 °C, tlakový spínač způsobí vypnutí tepelného čerpadla. V závislosti na charakteristikách přenosu tepla výparníku a teplotním rozdílu v okruhu solanky odpovídá teplota nasávaného plynu -10 °C teplotě zpětného toku solanky přibližně -5 °C.

Z výše uvedených bezpečnostních důvodů a částečně také z důvodu maximálního možného tlakového poměru kompresoru je tato teplota většinou výrobců tepelných čerpadel stanovena jako mezní hodnota. Proto musí být systém zdroje tepla navržen tak, aby teplota solanky vracené do tepelného čerpadla neklesla

pod -5 °C ani při špičkovém zatížení v zimě.

Níže uvedená tabulka ukazuje příklad výpočtu nákladů na provoz tepelného čerpadla ve srovnání s tradičním topným systémem.

Příklad srovnání nákladů na provoz v Německu

	Plyn	Tepelné čerpadlo
Potřebná tepelná energie [kWh]	20	20 000
Účinnost/sezónní výkonový faktor	85	4
Získané množství energie [kWh]	23 529	5 000
Cena za kWh [ct/kWh]	6,68	13,61
Základní cena [€/rok]	142,8	41 ,40
Provozní náklady [€/rok]	1 714,56	721,90
Náklady na měření výfukových plynů [€/rok]	45,11	–
Celkové náklady [€/rok]	1 759,65	721,90
Rozdíl [€/rok]	–	1 037,75
Náklady v procentech	100	41

Systémy s topnými tělesy

Nízkoteplotní systémy jsou zvláště vhodné pro provoz společně s tepelnými čerpadly. Díky velké ploše jsou požadované provozní teploty jen mírně nad (vytápění) nebo pod (chlazení) pokojovou teplotou, což výrazně zlepšuje energetickou účinnost tepelných čerpadel používaných pro systémy využívající energii země.

Nízkoteplotní systémy zahrnují systémy sálavého vytápění a chlazení, ve kterých cirkuluje voda:

- podlahové vytápění a chlazení
- systémy stěnového vytápění a chlazení
- stropní systémy vytápění a chlazení

V systémech sálavého vytápění nebo chlazení se energie přenáší téměř výlučně sáláním, nikoli konvekci. Tím se zabrání průvanu a víření prachu. Jelikož jsou systémy sálavého vytápění a chlazení „neviditelné“, nezabírají cenný prostor a nabízejí téměř neomezenou svobodu při navrhování a zařizování místností, jakož i optimální poměr vnitřního prostoru a využitelného prostoru.

Podlahové vytápění a chlazení
Existují systémová řešení šitá na míru nejen pro nové budovy, ale také pro dodatečnou instalaci do stávajících podlah. Pro zvýšení komfortu lze tyto systémy použít také pro vytápění

nebo chlazení. Při předběžném plánování lze funkci chlazení dodatečně namontovat později.

Systémy podlahového vytápění a chlazení se instalují různými způsoby. Nejtypičtější typy pro nové budovy a renovace jsou:

- Nízké systémy
- Mokrý systémy
- Suché systémy

Systémy vytápění a chlazení stěn
Jako alternativa k podlahovým systémům vytápění nebo chlazení nebo k rozšíření vytápěcích nebo chladicích ploch lze použít stěnové systémy.

Rozlišuje se mezi:

- Systémy suchých stěn
- Mokrý stěnové systémy

Suché stěnové systémy se používají při renovaci, pokud se nemá nebo nesmí měnit konstrukce podlahy. Kromě stávajících stěn lze jako topné nebo chladicí plochy použít také dodatečné lehké konstrukce stěn (příčky). V závislosti na konstrukci stěny se systém instaluje pod obložení nebo přímo do omítkové vrstvy. Mokrý stěnové systémy se používají v případě částečné renovace nebo při nanášení nové omítky.

Stropní systémy vytápění a chlazení
Z důvodu většího komfortu a účinnosti se ve srovnání s klimatizačními systémy stále častěji používá vytápění a chlazení ve formě stropních systémů.

komfortu a účinnosti ve srovnání s klimatizačními systémy.

U stropních systémů vytápění a chlazení se rozlišuje mezi následujícími typy:

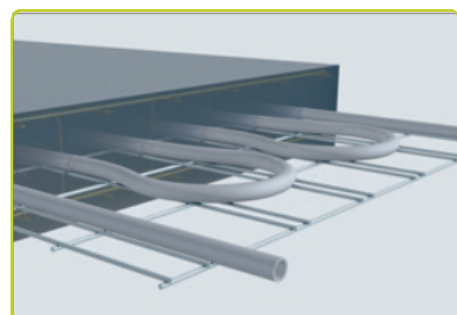
- Závěsné stropy nebo stropní panely
- Aktivace tepelné hmoty nebo aktivace betonového jádra

Závěsné stropy se používají v novostavbách a při renovaci. Vytápění a chlazení v stropních panelech se aktivuje instalací trubek, ve kterých cirkuluje voda přímo v stropních panelech.

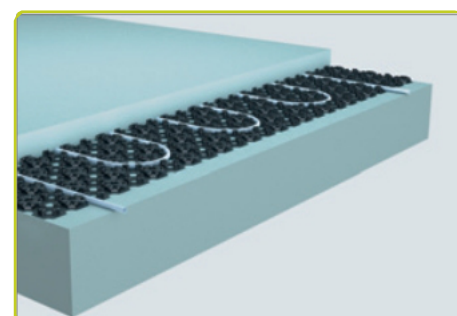
Betonové stropy se používají k chlazení nebo vytápění vícepodlažních budov. Toto řešení orientované na budoucnost vede k vytvoření tepelně aktivních stropů pomocí potrubních registrů, v nichž cirkuluje voda, a to i v modulové konstrukci. Aktivace betonového jádra se používá k zajištění tepelného komfortu v budově jednoduchým, ekologickým a nákladově úsporným způsobem. Aktivace betonového jádra by měla být použita u budov s nízkým nebo středním chladicím zatížením, aby se zabránilo přehřívání v létě. V budovách se středním nebo vysokým chladicím zatížením lze aktivaci betonového jádra použít k pokrytí základního zatížení.



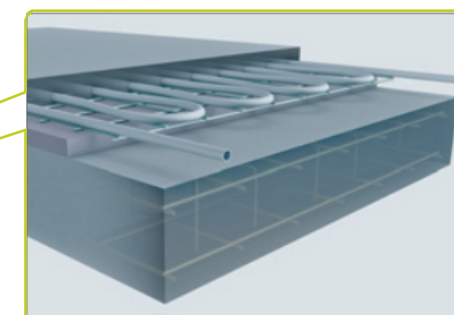
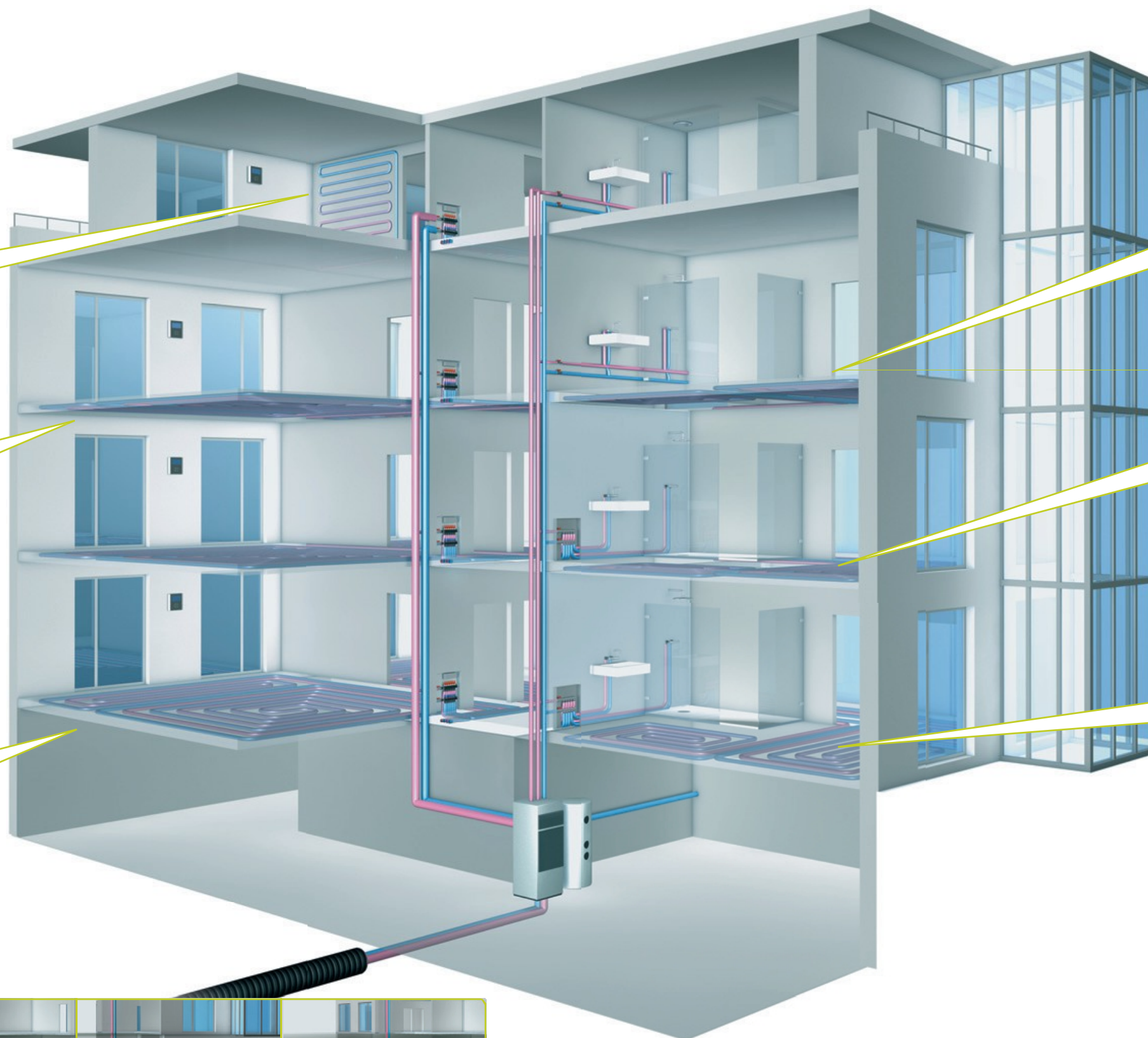
Uponor Wall



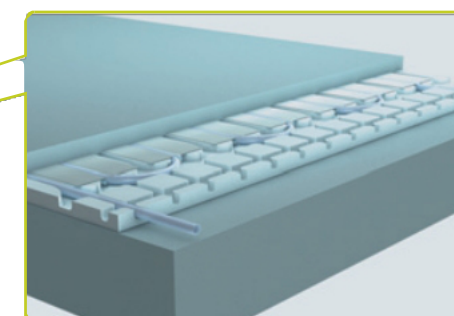
Uponor Contec



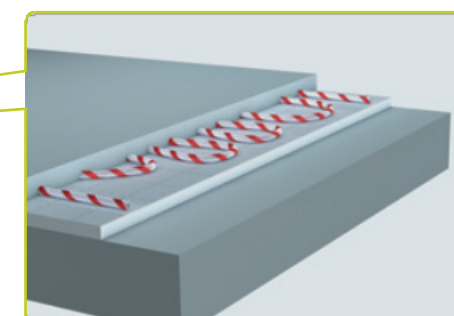
Uponor Minitec



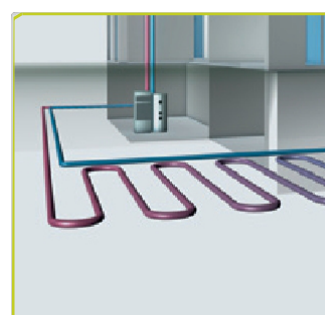
Uponor Classic



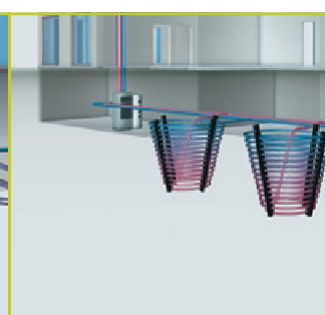
Uponor Siccus



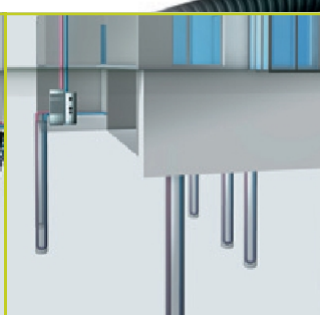
Uponor Klett / VELCRO



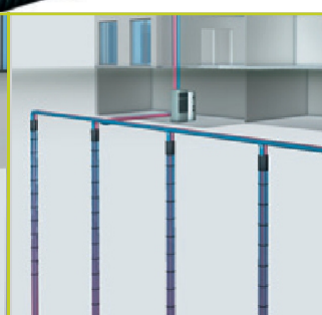
Uponor Horizontální kolektory



Uponor energetické klece



Uponor energetické sloupy



Vertikální kolektory Uponor

Systémy využití energie ze země

Přehled systému

U kolektorů zemní energie (výměníků tepla) se rozlišuje mezi horizontálními a vertikálními kolektory.

Konvenční systémy využívající energii země lze klasifikovat následovně:

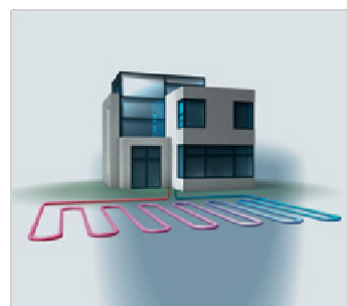
Horizontální

- Horizontální kolektor nebo povrchový kolektor (výměník tepla země-vzduch)
- Spirálové a energetické klece
- Riftové kolektory

Vertikální

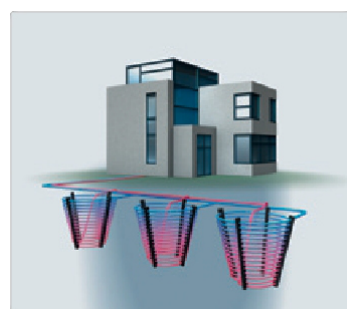
- Vrtné otvory
- Energetické piloty a štěrbinové stěny

Vhodnost příslušného systému využívajícího energii země závisí na prostředí (vlastnosti půdy a klimatické podmínky), výkonových údajích, provozním režimu, typu budovy (komerční nebo soukromá), dostupném prostoru a právních předpisech.



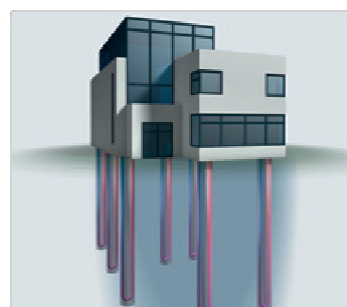
Horizontální kolektory

Výměníky tepla, které jsou instalovány horizontálně nebo diagonálně v horních pěti metrech podzemí (povrchový kolektor). Jedná se o jednotlivé trubkové okruhy nebo paralelní trubkové registry, které se obvykle instalují vedle budovy nebo pod podlahovou deskou.



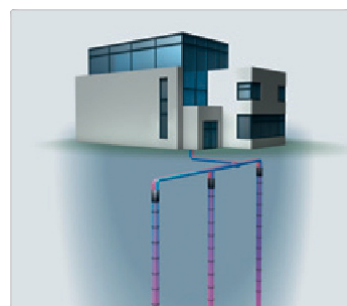
Energetické klece

Výměníky tepla, které jsou instalovány vertikálně v zemi v nižších úrovních. Zde jsou jednotlivé trubkové okruhy uspořádány do spirály nebo šroubovice. Energetické klece jsou zvláštní formou horizontálních kolektorů.



Energetické piloty

Výměníky tepla v pilových základech, které jsou instalovány v oblastech s nedostatečnou nosností. Jednotlivé nebo několik trubkových okruhů je instalováno v základových pilotech ve tvaru písmene U, spirály nebo meandru. To lze provést pomocí prefabrikovaných základových pilot nebo přímo na staveništi, kde se trubkové okruhy umístí do připravených vrtů, které se poté vyplní betonem.



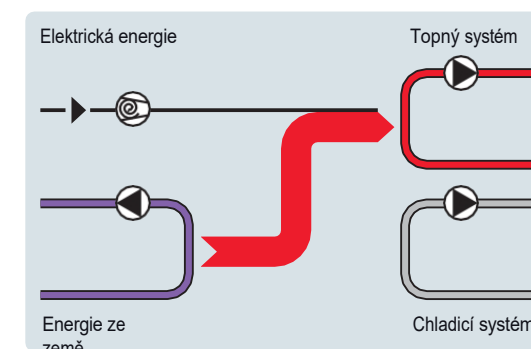
Vertikální kolektory

Výměníky tepla, které jsou instalovány svisle nebo diagonálně v zemi. Zde je jeden (jednoduchá sonda ve tvaru písmene U) nebo dva (dvojitá sonda ve tvaru písmene U) trubkové okruhy vloženy do vrtu ve tvaru písmene U nebo soustředně jako vnitřní a vnější trubka.

Provozní režimy

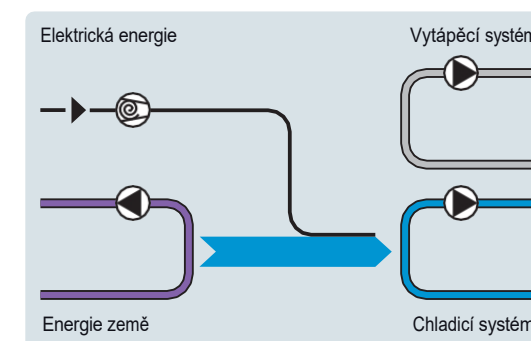
Provozní režim a výsledné provozní náklady tepelného čerpadla se definují podle požadavků na vytápění a chlazení dané budovy.

Režim vytápění



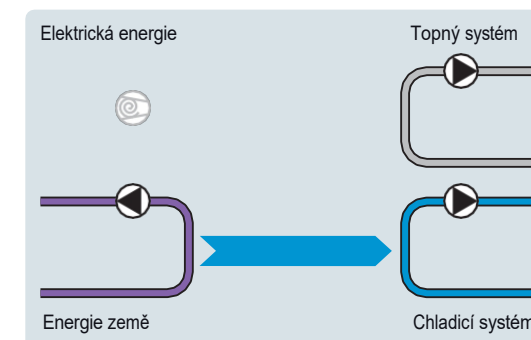
- Jako zdroj tepla se využívá energie země
- Tepelné čerpadlo zvyšuje teplotu média na úroveň využitelnou pro budovu.

Chladicí provoz (aktivní)



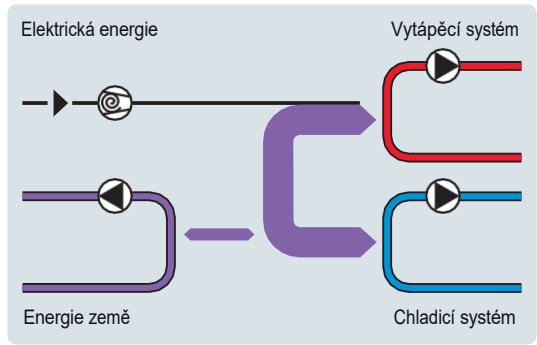
- Energie země se využívá jako tepelný výměník (zdroj chlazení)
- Teplotní úroveň pro pasivní chlazení je nedostatečná
- Kompresor aktivní
- Možný duální provoz

Chladicí provoz (pasivní/volné chlazení)



- Energie země je využívána jako chladič (zdroj tepla).
- Teplotní úroveň z energie země dostatečná pro pasivní chlazení – aktivní je pouze oběhové čerpadlo
- Není možný duální provoz
- Velmi nízké provozní náklady

Vytápění a chlazení – duální provoz



V závislosti na energetické bilanci budovy se energie země využívá jako zdroj tepla a jako chladič (zdroj chladu)

Výběrová matice systémů využívajících energii země v závislosti na provozním režimu a velikosti systému

Provozní režim	Vytápění		Chlazení		Chlazení	
Velikost systému	< 30 kW	> 30 kW	Aktivní < 30 kW	> 30 kW	Pasivní / bezplatné < 30 kW	> 30 kW
Vertikální kolektor	●	●	●	●	●	●
Horizontální kolektor	●	●		–		–
Energetická klec	●	●		–	●	–
Energetická hromada	●	●			●	

● použitelné omezené použití v závislosti na obecných podmínkách

Pasivní chlazení – volné chlazení

Geotermální energie je jediný systém, který umožňuje tzv. pasivní chlazení nebo volné chlazení. Vertikální kolektory jsou nejúčinnějším řešením ze všech možných aplikací pro tento provozní režim.

Předpokladem pro to je použití systému sálavého vytápění nebo chlazení.

Provozní režim „volné chlazení“ má pro uživatele a životní prostředí několik výhod:

- Zvýšený komfort bydlení díky příjemnému klimatu v místnosti
- Zlepšení sezónního výkonového faktoru celého systému díky regeneraci půdy
- Minimální dodatečné investiční náklady, nízké provozní náklady

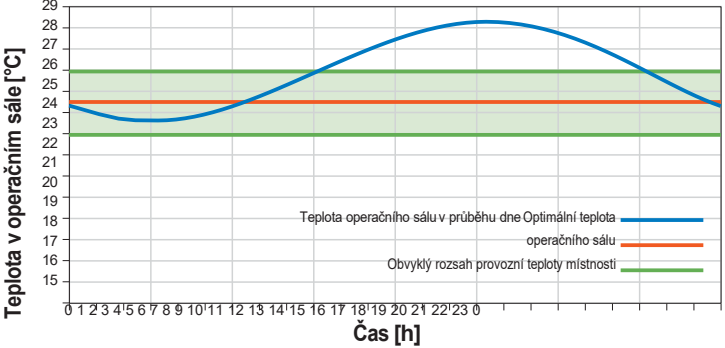
- Úspora zdrojů
- Šetrnost k životnímu prostředí

Díky lepší izolaci nových budov se mění poměr vytápění a chlazení. Zatímco v minulosti se pozornost soustředila na vytápění, dnes je kvůli zvýšeným požadavkům na komfort v popředí spíše chlazení. Moderní budovy mají v teplejších obdobích roku stále častěji tendenci se přehřívat. Aby se tomuto jevu účinně zabránilo, přijímají se opatření na zastínění. Díky odvodu přebytečného tepla z budovy do země se využívá přebytečné teplo z podzemí a přivádí se zpět do budovy.

Odvodem přebytečného tepla z budovy do země se

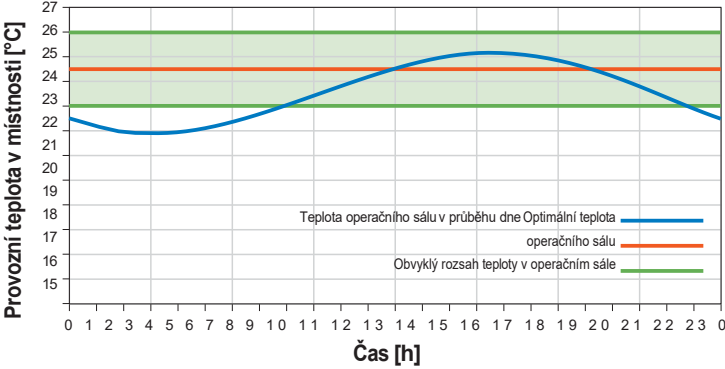
se půda aktivně regeneruje. tj. opět se zahřívá. V rodinných domech se v zimě z půdy odebírá více tepla, než se v létě doplňuje. To lze považovat za neproblémové, protože při přechodu z topného na chladicí období je obvykle dostatek času na pasivní nebo přirozenou regeneraci. Aktivní regenerace to navíc podporuje. Při použití pasivního chlazení vznikají pouze minimální dodatečné investiční náklady. Monitorování rosného bodu a přepínání z vytápění na chlazení může převzít moderní regulační nebo sálavý systém vytápění a chlazení, jako je například Dynamic Energy Management (DEM). Dodatečné náklady vznikají pouze u senzorů rosného bodu.

Teplota operačního sálu bez použití pasivního chlazení



Provozní teplota místnosti bez použití pasivního chlazení
Ilustrace vlevo ukazuje průběh teploty uvnitř místnosti s vnějším stíněním v typický letní den v červenci. Přehřátí místnosti je zřejmé.

Provozní teplota v místnosti bez použití pasivního chlazení



Teplota v operačním sále při použití pasivního chlazení
Použití funkce pasivního chlazení vede k výraznému zlepšení teploty v operačním sále.

a montáž. V případě pasivního chlazení fungují pouze oběhové čerpadlo solanky a oběhové čerpadlo emitoru

systému. Kompresor tepelného čerpadla neběží. Provozní náklady

jsou omezeny na spotřebu energie oběhového čerpadla (čerpadel).

Příklad výpočtu – potenciální roční náklady – pasivní chlazení

	Oběhové čerpadlo solanky	Oběhové čerpadlo emitera
Elektrická energie	5 – 70 W	16 – 310 W
Elektrický výkon při vypočteném průtoku	60	55 W
Provozní doba	800 h	800 h
Celková roční spotřeba energie	48 kWh	44 kWh
Tarifa za elektřinu za kWh	0,20 ₣/kWh	0,20 ₣/kWh
Roční náklady na energii	9,60 ₣	8,80 ₣
Celkové náklady na energii		18,40 ₣

Příklad výpočtu – potenciální roční náklady – aktivní chlazení

	Kompresor	Oběhové čerpadlo zářiče
Elektrický výkon	2 300 W	16 – 310 W
Elektrický výkon při vypočteném průtoku	–	55 W
Provozní doba	800 h	800 h
Celková roční spotřeba energie	1 840 kWh	44 kWh
Tarifa za elektřinu za kWh	0,20 ₣/kWh	0,20 ₣/kWh
Roční náklady na energii	368,- ₣	8,80 ₣
Celkové náklady na energii		376,80 ₣

Horizontální kolektory

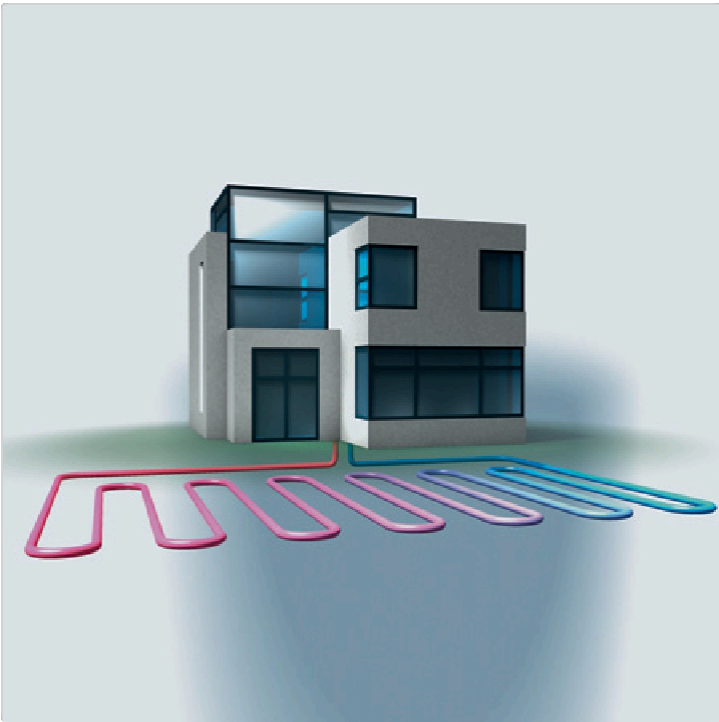
Systém/oblast použití

Popis použití

Horizontální kolektory jsou nejčastěji používanou variantou zemních výměníků tepla. Skládají se z horizontálních trubek, tj. trubek položených paralelně s povrchem země.

Výhody

- Relativně nízké investiční náklady
- Dobrý sezónní výkonový faktor
- Snadná instalace
- Ideální řešení pro rodinné nebo bytové domy, stejně jako pro malé podniky a průmyslové aplikace
- Nízká instalační hloubka bez ovlivnění hydrologické rovnováhy



Schematické znázornění horizontálního kolektorového systému

V závislosti na příslušných požadavcích a podmínkách se jednotlivé trubkové smyčky pokládají ve vzdálenostech 0,5 až 0,8 m (u trubek o průměru 40 mm 1,2 až 1,5 m) – podobně jako trubkové smyčky podlahového vytápění. Přívodní a vratné potrubí jednotlivých potrubních smyček se spojuje ve sběrných a rozvodných komorách nebo rozdělovacích šachtách a vede k tepelnému čerpadlu.

Poznámka:

Kombinace horizontálních kolektorů s chladicí stanicí Uponor EPG6 představuje ideální řešení pro volné chlazení.

Důležitou výhodou horizontálních kolektorů je nízká investice s relativně vysokým sezónním výkonovým faktorem. Ze všech systémů využívajících energii země je horizontální kolektor variantou s nejnižšími náklady. Je třeba naplánovat relativně velký prostor nepevněné zahrady.

Alternativou k horizontálním kolektorům je aktivace základových desek pro vytápění a/nebo pasivní chlazení. V tomto případě není kromě samotné budovy zapotřebí žádný další prostor. Vzhledem k tomu, že většina budov je postavena na základových deskách, pásových základech nebo jejich kombinaci, bylo by využití tepla z geotermální energie prostřednictvím základů užitečné.

Pod základovou deskou nebo podlahovou deskou, tj. mezi zemní půdou a deskou, je obvykle integrována tzv. izolační vrstva, která se skládá z chudého betonu nebo jemného šterku. Pro využití energie ze země lze sem integrovat kolektorové trubky. Kapacity, kterých lze dosáhnout s základovými deskami, jsou omezené a výrazně nižší než u horizontálních kolektorů, které nejsou zastavěné. Zde mají kromě stavu půdy zásadní význam také hladina podzemní vody a proudění podzemní vody. V každém případě je třeba se vyvarovat teplot pod bodem mrazu!

Funkce

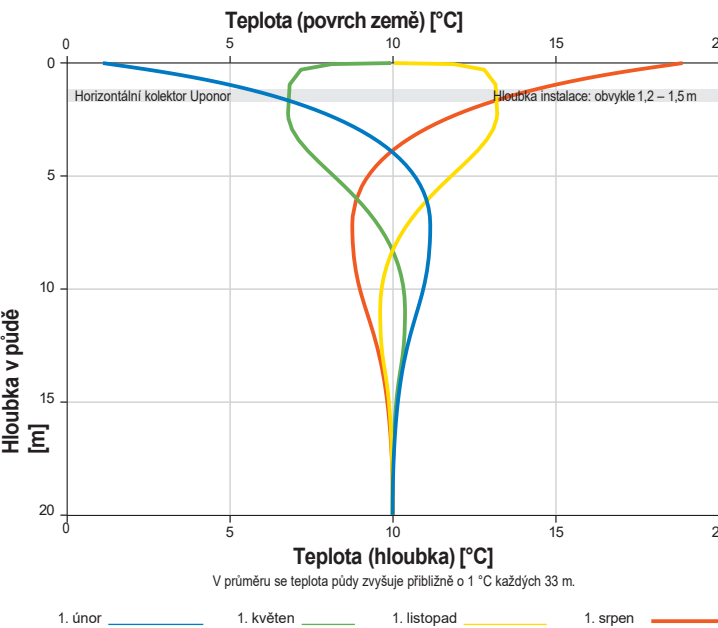
Až 99 % tepla získaného z půdy horizontálními kolektory je sluneční energie uložená v půdě, nikoli energie ze zemského jádra. Z tohoto důvodu je pro účinnost rozhodující tepelný kontakt s povrchem země. V zimě je čistá sluneční energie

dosahující zemský povrch je nejnižší, ale odběr tepla z kolektoru zemní energie pomocí tepelných čerpadel je nejvyšší. Odebíraná energie je sluneční energie uložená v zemském povrchu během léta. Základní akumulací kapacita zeminy lze přičíst fázové změně vody přítomné v zemi. Aby horizontální kolektor mohl tuto akumulací kapacitu využít, je nutné, aby horní okraj kolektoru, který může mít libovolný tvar, byl umístěn pod přirozenou mrazovou hranicí.

Fyzikální vlastnosti charakteristických typů půdy

Jednotka	Písek	Jíl	Bahno	Písčitá hlína
Obsah vody % objem	9,3	28,2	38,1	36,4
Tepelná vodivost				
Měrná tepelná kapacita J/kg K	805	1 229	1 345	1 324
Hustota kg/m³	1 512	1 816	1 821	1 820

Zdroj: VDI 4640



Pokládání jednotlivých trubkových smyček



Upevnění trubkových smyček na výztužné síťoviny

Omezení použití

Účinnost horizontálního kolektoru závisí hlavně na obsahu vody v okolní půdě. V písčité půdě s nízkou kapilární akcí prosakuje dešťová voda rychle do hlubších vrstev země. Jílovitá půda s vysokým kapilárním účinkem však dokáže vodu mnohem lépe zadržet proti gravitaci. Tyto rozdíly způsobují, že objemový obsah vody v písku je obvykle nižší než 10 % a v jílu vyšší než 35 %. V jílovité půdě je tedy pro horizontální kolektor k dispozici více než dvojnásobné množství vody na objem půdy než v písčité půdě. Kromě toho voda obsažená v půdě zlepšuje tepelnou vodivost, díky čemuž může teplo uložené v hlubších vrstvách země a sluneční energie zemského povrchu mnohem snáze proudit do kolektorů.

V tabulce na předchozí stránce se rozlišuje mezi pískem, jílem, bahnem a písčitým jílem, což velmi dobře odráží široké spektrum půd existujících v přírodě.

Písek v tomto kontextu představuje sypkou půdu složenou z jednotlivých zrn (> 50 mm). V tomto typu půdy je kapilární účinek extrémně nízký a propustnost pro podzemní vodu je

vysoká. Dešťová voda tak rychle prosakuje do hlubších vrstev, což nad podzemní vodou vede k nízkému objemovému obsahu vody pod 10 %.

Jíl se skládá hlavně ze směsi písku a bahna, zatímco bahno je půda se středně jemnou zrnitostí (mezi 2 mm a 50 mm). Tyto soudržné půdy mají obvykle objemový obsah vody mezi 20 a 40 % a jsou proto vhodnější pro horizontální kolektory než písek.

V písčito-jílovité půdě, jejíž největší část tvoří velmi jemná zrna (< 2 mm), je kapilární účinek ještě vyšší, což vede k objemovému obsahu vody nad 30 %.

Přesné fyzikální vlastnosti se liší místo od místa, což je mimo jiné způsobeno rozdílným množstvím srážek. Následující tabulka uvádí průměrné hodnoty fyzikálních vlastností různých typů půdy.

V rámci Evropy jsou klimatické rozdíly tak velké, že nemá smysl pokládat horizontální kolektory podle stejných pravidel. V teplejších klimatických podmínkách je možná vyšší povrchová specifická odběrná kapacita, aniž by došlo k poškození systému nebo životního prostředí.

Budova a životní prostředí

Během vytápění horizontální kolektory odebírají teplo z půdy, která se poté ochladí pod teplotu neporušené půdy. Při dimenzování systému je třeba zajistit, aby okolní půda a životní prostředí nebyly výrazně ovlivněny nebo poškozeny.

Obecně je možné, že rostliny nad horizontálním kolektorem se na jaře vyvíjejí s mírným zpožděním. Vzhledem k tomu, že horizontální kolektor je obvykle umístěn v hloubce pod jedním metrem a do této hloubky se dostává jen málo kořenů záhonových rostlin, je tento vliv malý. Na horizontálním kolektorovém poli lze v zásadě vysadit jakýkoli druh rostlin, dokonce i stromy. Potrubí pro získávání energie ze země v obvyklé hloubce nemůže být kořeny poškozeno a vliv potrubí na rostliny je minimální.

Škody nezpůsobuje citlivé chlazení, ale spíše tvorba ledu v zimě. Při poklesu teploty pod 0 °C na povrchu potrubí začne voda v okolní půdě zamrzat. Mírná tvorba ledu obvykle nepředstavuje problém, protože v zimě zamrzá i neporušená půda do hloubky 0,5 m – 0,8 m a při stoupajících teplotách taje.



Kolektorové trubkové smyčky z PE-Xa



Vytvoření kolektoru z podlahové desky

na jaře. V případě příliš silného zamrznání však mohou být půda nebo životní prostředí negativně ovlivněny dvěma jevy.

Roztažení vody během zamrznání
Voda nacházející se v pórech půdy při zamrznání zvětšuje svůj objem. Pokud je vodou naplněno pouze relativně málo pórů, nemá tvorba ledu žádné výrazné účinky, protože led se může rozšiřovat do sousedních pórů naplněných vzduchem. Pokud je však obsah vody vysoký, dochází k napětí s různými důsledky.

Nejprve zamrzne voda v blízkosti kolektoru a expanduje. V důsledku expanze je půda kolem kolektorové trubky vytlačována ven. Zejména hlinité půdy si tento tvar zachovávají i po roztátí ledu na jaře. Tím je přerušen tepelný kontakt mezi kolektorovou trubicou a půdou. Pouze zvýšené srážky mohou tento prostor znovu zaplnit.

Poškození vodou na jaře

Když se poloměry ledu kolem jednotlivých sběrných trubek spojí, je vertikální transport vlhkosti přerušen. Tající voda, která se tvoří na jaře, a rostoucí množství dešťové vody pak nemohou vsáknout do země. Na povrchu země se tvoří bláto. Zejména na strmých svazích mohou souvislé vrstvy ledu pod podmáčenou půdou způsobit sesuvy půdy. Při sklonu terénu do 15 % však lze horizontální kolektor bez problémů instalovat rovnoběžně s povrchem země.

Je třeba vzít v úvahu, že ledové kry, které se mohou spojovat, se na jaře včas roztaví, aby voda mohla prosakovat do prostoru. Vzhledem k tomu, že roční průběh teplot a začátek vegetačního období na jaře se regionálně velmi liší, není vhodné stanovit pro tento proces pevný termín. Místo toho je třeba vzít v úvahu okamžik, kdy průměrná teplota okolí během dvou až čtyř dnů

dosáhne mezní teploty. Za vhodnou teplotu se považuje 12,0 °C. Tento okamžik obvykle nastává mezi polovinou dubna a polovinou května. Do té doby by se poloměry ledu měly roztát do té míry, že se již navzájem nedotýkají. Poté prosakující voda urychluje další tání. Účinky poškození vodou jsou obzvláště vysoké v případě dobře nasycených písčitých půd v blízkosti hladiny podzemní vody, protože v těchto půdách může voda obvykle snadno prosakovat a vrstva ledu by bránila přirozenému odvodnění. V jílovitých půdách voda prosakuje pomalu i v zamrzlém stavu, proto má uzavřená vrstva ledu minimální vliv na přirozený odtok. Při dimenzování horizontálního kolektoru podle normy VDI 4640 se neočekávají žádné vlivy na životní prostředí.

Referenční hodnoty pro dimenzování horizontálních kolektorů

Pod povrchem	Specifická schopnost abstrakce qE s 1 800 h/a [W/m²]	Specifická odvodňovací schopnost qE s 2 400 h/a [W/m²]	Instalace vzdálenost [m]	Hloubka instalace [m]	Vzdálenost od přívodních trubek [m]
Suché, nesoudržné půdy	10	8	1	1,2 – 1,5	> 0,7
Soudržné půdy, vlhké	10 – 30	16 – 24	0,8	1,2 – 1,5	> 0,7
Pískem/štěrkem nasycená voda	40	32	0,5	1,2 – 1,5	> 0,7

Při delších provozních obdobích je třeba zohlednit jak specifickou odběrní kapacitu q, tak specifický roční odběrní faktor. U zemních kolektorů energie by to mělo být mezi 50 a 70 kWh/(m² rok). Referenční hodnota pro školení o zemních kolektorech energie podle VDI 4640: platí pouze pro vytápění a ohřev vody!

Dimenzování horizontálních kolektorů

Kromě vlastností půdy a klimatických podmínek závisí dimenzování horizontálních kolektorů také na ročním počtu provozních hodin tepelného čerpadla. Obvykle se předpokládá maximálně 1800 provozních hodin.

Požadovaná plocha horizontálních kolektorů se odvíjí od specifické absorpční kapacity q_E půdy a chladicí kapacity Q_o solného/vodního tepelného čerpadla.

$$A_{\min} = \frac{Q_o}{q_E} \quad [\text{m}^2]$$

Výkon chladiva odpovídá podílu výkonu tepelného čerpadla odebraného z prostředí a tvoří rozdíl mezi topným výkonem Q_H a spotřebou elektrické energie P_{el} .

$$Q_o = Q_H - P_{el} \quad [\text{W}]$$

Požadovaná délka sběrného potrubí L_K se vypočítá z požadované plochy sběrače $A_{\min}$ a vzdálenosti sběrného potrubí s .

$$L_K = \frac{A_{\min}}{s} \quad [\text{m}]$$

Při zkrácení vzdálenosti potrubí při zachování stejné odvodňovací kapacity existuje v zásadě riziko tvorby bahna na jaře. Led kolem potrubí by se pak neroztopil včas, aby vytvořil prostor pro vsáknutí dešťové vody. Při zvětšení vzdálenosti potrubí klesá teplota solanky při stejném odvodu tepla

V případě špičkového zatížení by teplota solanky při návratu klesla pod -5°C , což by mohlo vést k vypnutí tepelného čerpadla. Odchylna od vzdálenosti potrubí o více než 5 cm proto vždy vyžaduje snížení povrchové odběrní kapacity.

Příklad výpočtu

- Tepelné čerpadlo (údaje výrobce)
 - Topný výkon $Q_H = 8,9 \text{ kW}$
 - Spotřeba elektrické energie $P_{el} = 1,98 \text{ kW}$
 - Kapacita chladiva $Q_o = 6,92 \text{ kW}$

- Horizontální kolektor (údaje podle VDI 4640)
 - Roční doba používání 1 800 h
 - Odběrný výkon $q_E = 25 \text{ W}$
 - Instalace vzdálenost $s = 0,8 \text{ m}$
 - Plocha kolektoru $A_{\min} = 277 \text{ m}^2$
 - $L_K = 346 \text{ m}$

- Dimenzování horizontálního kolektoru
 - 4 topné okruhy à 100 m
 - Skutečná vzdálenost instalace = 0,69 m

Při dimenzování potrubí kolektoru je třeba zajistit nízké tlakové ztráty – důležité: zvýšená viskozita solanky ve srovnání s médiem voda – protože výkon čerpadla snižuje sezónní výkonový faktor β systému tepelného čerpadla.

V případě monovalentního dimenzování solankového/vodního tepelného čerpadla musí být zdroje tepla dimenzovány tak, aby splňovaly požadavky na výkon budovy Q_G a nikoli požadavky na výkon tepelného čerpadla.

Celkový topný výkon Q_{WP} zahrnuje požadavek na výkon budovy Q_G a na ohřev teplé užitkové vody Q_{WW} s ohledem na blokovací dobu Z .

$$Q_{WP} = (Q_G + Q_{WW}) \cdot Z \quad [\text{W}]$$

Pokud se při výběru tepelného čerpadla použije model s nižším topným výkonem nebo menší plochou kolektoru, prodlouží se provozní doba tepelného čerpadla. To znamená, že kolektor je více namáhán nebo dochází k vyššímu ročnímu odběrovému faktoru. Aby se kompenzovalo prodloužení provozní doby, je nutné zvětšit plochu kolektoru, což vede k vyšší spotřebě energie.

Pečlivé plánování a dimenzování horizontálních kolektorů je nezbytné. Je třeba se vyvarovat poddimenzování, které vede ke snížení teplot solanky a tím ke špatným sezónním výkonovým faktorům.

Poddimenzování může vést k neustálému snižování teploty zdroje tepla; v extrémních případech může dojít k dosažení provozní meze tepelného čerpadla.

Pokládka a instalace

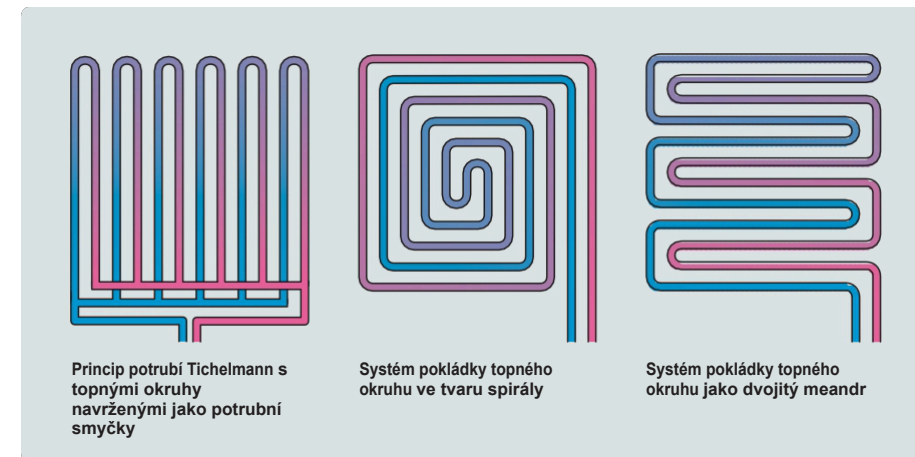
Zemní práce představují značný nákladový faktor horizontálních kolektorů. V zásadě je možné odstranit zeminu z celé plochy, pokládat potrubní smyčky do výkopů nebo použít metody bez narušení terénu. Při otevřené metodě se relativně malým bagrem s lopatou o šířce odpovídající vzdálenosti potrubí vykopá výkop. Poté se do tohoto výkopu položí potrubní smyčka. Při výkopu druhého příkopu pro další potrubní smyčku lze vykopanou zeminu použít k zasypání prvního příkopu. Při zasypávání je nutné zajistit co nejlepší zhutnění zeminy, protože sypký materiál snižuje kapilární účinek, což

vede k nízké vodní konstantě a tím i ke zhoršení tepelných vlastností.

Pokládání do výkopů je však vhodné pouze při vzdálenosti trubek $> 40 \text{ cm}$. Při menších vzdálenostech většinou neexistuje jiná alternativa než výkop v celé oblasti. Hlavní nevýhodou je zde nutnost přemístit dvojnásobné množství zeminy, protože pásy země mezi výkopy nejsou k dispozici. Kromě toho je zapotřebí volný prostor pro skladování veškeré vykopané zeminy. Přeprava vykopané zeminy na volné místo a zpět na kolektorové pole představuje další pracovní kroky, které by při pokládání trubek do výkopů nevznikly. Bezvýkopová pokládka je neúčinnější variantou, je však nutné zajistit příslušné vybavení.

Všechny trubkové smyčky horizontálních kolektorů uložené v půdě by měly mít stejnou délku a mohou být připojeny k tepelnému čerpadlu prostřednictvím rozvodů s přírodním a zpětným tokem s kolektorovými trubkami podle Tichelmannova principu.

Při pokládání trubek podle Tichelmannova principu se požadovaná délka trubek rozdělí na trubkové smyčky zapojené paralelně pro příslušný odběr. S ohledem na tlakovou ztrátu je tedy třeba zohlednit průtok v jednotlivých trubkových smyčkách, délky trubek a průměry trubek. Jednotlivé kolektorové okruhy mohou být navrženy jako trubkové smyčky (obrázek instalace Tichelmann), spirály nebo dvojité meandry.



Možné varianty instalace

Podle normy VDI 4640 by délka potrubních smyček neměla překročit maximálně 100 m a délka jejich sběrného a rozvodného potrubí by neměla překročit 30 m k tepelnému čerpadlu z důvodu tlakových ztrát. Pokud není možné položit potrubní smyčky stejné délky, je nutné použít hydraulickou kompenzaci pro vyvažovací ventily, aby se udržela stejná tlaková ztráta v každém potrubním registru.

Provozní bezpečnost

Potrubní smyčky stejné délky se pokládají s minimálním sklonem k rozdělovači, aby bylo možné odvětrání horizontálního kolektoru. Všechny rozdělovače a armatury by měly být instalovány v komorách chráněných před deštěm mimo budovu. Potrubní smyčky by navíc měly být vybaveny kulovými ventily na rozdělovačích, aby bylo možné je uzavřít. Kolektorové trubky se připojují k rozdělovačům bez napětí.

Je třeba se vyvarovat utěsnění povrchů kolektorů. Při instalaci kolektoru geotermální energie pod základovou deskou budovy je třeba funkčnost kolektoru nebo okolní půdy považovat za zásobárnu energie. Dlouhodobý provoz je zajištěn pouze při stejné úrovni odvodu tepla a přívodu tepla (funkce vytápění a chlazení) v průběhu roku, protože regenerace půdy povrchovým přívodem energie je vyloučena.

Potrubní spoje montované na straně stavby, které nejsou přístupné, musí být provedeny bezúdržbovými spojovacími metodami, např. Uponor Quick & Easy nebo elektrofúzní tvarovky.

Podle normy DIN 4140-2 musí být všechny sběrné trubky v oblasti stěnového kanálu, stejně jako všechny trubky pro transport solanky instalované v domě, izolovány (izolace odolná proti difúzi vodní páry), aby se zabránilo kondenzaci vody.

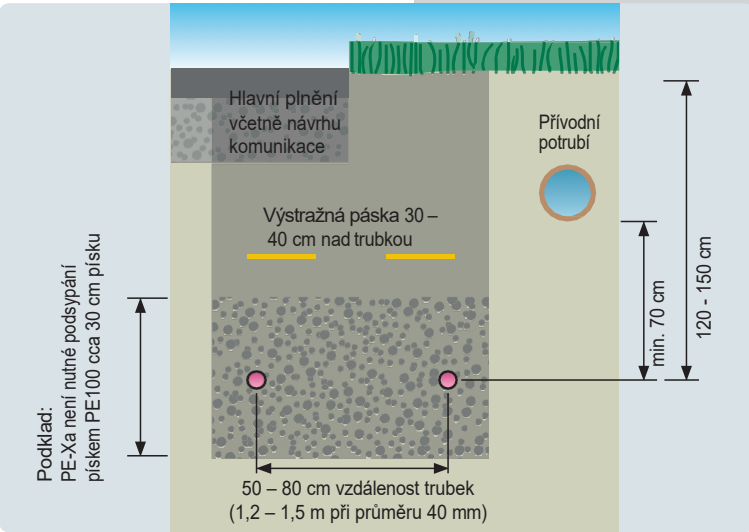
Pokud je to možné, měly by být horizontální kolektory položeny v minimální hloubce 1,2 m až do maximální hloubky 1,5 m, aby byla zajištěna optimální regenerace půdy bez rizika přirozeného poklesu teploty pod bod mrazu. Kromě toho je systém tepelného čerpadla naplněn solankou – obvykle směsí vody a glykolu (tepelného přenosového média), aby se zabránilo zamrznutí kolektoru a výparníku.

Média pro přenos tepla pro trubky kolektoru se vždy volí tak, aby v případě úniku nedošlo ke kontaminaci podzemní vody a

vyhnout se jim nebo je udržovat na co nejnižší úrovni. Je třeba volit netoxické nebo biologicky rozložitelné organické látky podle normy VDI 4640.

Dbejte na to, aby bylo možné systém naplnit a vyprázdnit. Aby se zabránilo přeplnění, musí být systém tepelného čerpadla vybaven pojistným ventilem. Solanka musí být před naplněním do systému tepelného čerpadla promíchána, aby se zajistilo správné smíchání a zabránilo se tak zamrznutí v určitých bodech. Obsah glykolu se obvykle pohybuje mezi 25 a 30 %. Tlakové ztráty sběrných trubek jsou tak o 1,5 až 1,7 vyšší než při plnění čistou vodou. To je třeba zohlednit při dimenzování čerpadla. Tlaková zkouška musí být provedena v souladu s normou EN 805.

Důležité
Nemrznoucí směs a voda musí být smíchány v dostatečně velké nádobě před naplněním horizontálního kolektoru směsí!



Uložení horizontálního kolektoru v souladu s normou VDI 4640

V závislosti na typu použitého potrubí se potrubní smyčky pokládají do pískového lože. Pouze při použití potrubí Uponor PE-Xa není zapouštění do písku nutné, protože je odolné proti pomalému i rychlému růstu trhlín.

Instalace horizontálních kolektorů musí být zvolena tak, aby se zabránilo srůstání ledových radiál, které se tvoří kolem trubek kolektorů. Tyto vzdálenosti se obvykle pohybují mezi 0,5 m a 0,8 m (1,2 – 1,5 m pro průměr 40 mm).

Instalace vzdálenost mezi horizontálními kolektory a jinými přívodními potrubími (plyn, voda, teplo, elektřina atd.), budovami, cirkulačním prostorem, sousedními pozemky a bazény

bazény by měla být minimálně 0,7 m. Upevnění trubkových smyček (výška v zemi a volný prostor) lze provést pomocí kolíků nebo nasazením trubek na výztužnou síť.

Objem vody na rozměr potrubí pro horizontální kolektory

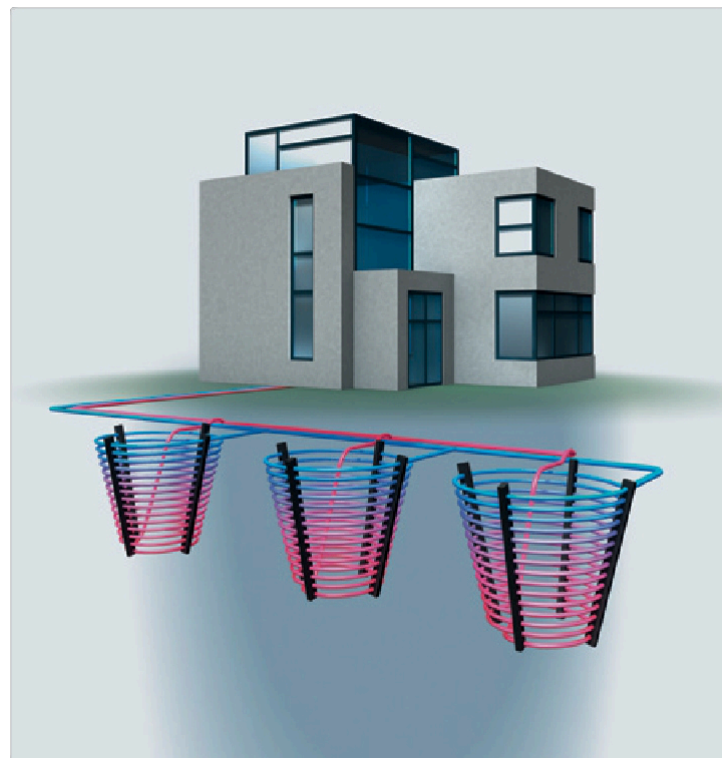
Rozměry trubek PE-Xa [mm]	Vnitřní průměr [mm]	Objem vody [l/m]
25 x 2,3	20,4	0,327
32 x 2,9	26,2	0,539
40 x 3,7	32,6	0,835

Právní předpisy

Pro horizontální kolektory může být vyžadováno schválení příslušnými orgány v dané zemi. Je třeba dodržovat normu VDI 4640 a Wasserhaushaltsgesetz (spolkový zákon o vodním hospodářství) (D), SIA 384/6 a BAFU-Vollzugsrichtlinie (CH), österreichische Wasserrechtsgesetz, Gewerbeordnung und Bauordnung (rakouský zákon o vodním právu, průmyslový zákoník a stavební zákoník).

Energetické klece

Systém/rozsah použití



Schematické znázornění systému energetické klece

Energetická klec je speciální konstrukce horizontálních kolektorů. Energetické klece se používají v případech, kdy není možné provést hluboké vrty nebo hluboké základy z důvodu vodohospodářských podmínek nebo hydrologických důvodů, nebo když je k dispozici příliš málo prostoru. Energetická klec je ekonomicky a energeticky velmi efektivní alternativou v oblastí geotermální energie.

Energetická klec Uponor je ideálním řešením pro rodinné nebo bytové domy, stejně jako pro malé podniky a průmyslové aplikace.

Popis použití

Během provozu cirkuluje solanka (směs vody a glykolu) energetickou klecí a odebírá teplo ze země. V kombinaci s tepelným čerpadlem se teplota zvýší na použitelnou provozní teplotu.

V teplých letních měsících lze teplotu chladné půdy využít k pasivnímu chlazení, známému také jako volné chlazení. Během tohoto procesu obvykle běží pouze oběhové čerpadlo solanky tepelného čerpadla. Spotřeba energie během fáze chlazení je proto omezena na minimum a

Vaše výhody

- Ekonomicky a energeticky efektivní pro energii ze země
- Ideální řešení pro rodinné a bytové domy a malé podniky a průmyslové aplikace
- malá plocha a zároveň dobré využití objemu půdy
- Konstantní odběr tepla
- Nízká hloubka instalace bez vlivu na hladinu podzemní vody

Poznámka:

Kombinace zemní energetické klece s chladicí stanicí Uponor EPG6 je ideálním řešením pro volné chlazení.

je tak výrazně úspornější než konvenční varianty chlazení.

Podmínkou pro výše uvedené je však systém sálavého vytápění a chlazení. Cílené střídavé namáhání půdy prostřednictvím vytápění a chlazení vytváří energetickou rovnováhu v podzemí a zaručuje tak dlouhodobý zdroj energie.

Energetická klec Uponor je navržena pro použití v hloubce 1–4 metry. Energetická klec je instalován blízko povrchu a umístěn v hloubce, kde dochází k sezónním teplotním výkyvům. Proto je teplota půdy

je stoprocentně ovlivněna povětrnostními podmínkami. Sezónní výkyvy jsou měřitelné až do hloubky přibližně 20 m (regionální rozdíly); denní výkyvy až do hloubky přibližně 1 m. Kromě toho lze pozorovat jasný fázový posun mezi teplotou vzduchu a teplotou půdy. V listopadu převládá nejvyšší teplota půdy a v květnu nejnižší, opačně než u

vnější teploty. To je způsobeno tím, že půda je na jedné straně špatným vodičem tepla a na druhé straně má velkou schopnost akumulovat teplo.

V důsledku toho je sluneční energie (sluneční záření), která na začátku léta proniká do prvních metrů zemského povrchu, akumulována po několik měsíců. Teplota půdy

na začátku topné sezóny nejvyšší teploty, na začátku chladicí sezóny nejnižší.

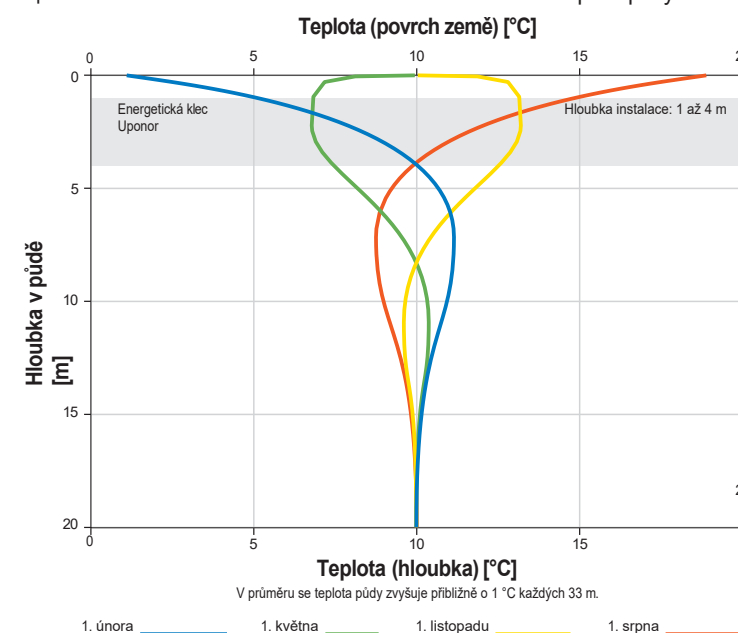
V instalační hloubce Uponor Energy Cage panuje po celý rok relativně konstantní teplota v rozmezí přibližně 7 až 13 °C. Kuželovitý tvar

Uponor Energy Cage umožňuje využití velkého objemu půdy navzdory relativně malé ploše.

Velký objem zeminy a stálý odvod tepla tak zabraňují předčasnému zamrznutí bezprostředního okolí. V případě extrémního zatížení je možné, že se na straně energetické klece vytvoří led.

Při snížení zatížení však tato ledová vrstva zmizí. Vzhledem k tomu, že teploty při těžbě jsou téměř konstantní, jedná se o ideální zdroj energie pro tepelné čerpadlo. Účinnost tepelného čerpadla se tak výrazně zvýší. Preferovaným použitím je v

rozsahu výkonu až 30 kW.



Definovaná vzdálenost kolektorových trubek s Uponor Energy Cage



Instalace Uponor Energy Cage

Omezení použití

Díky velkoobjemovému kuželovitému tvaru Uponor Energy Cage vzniká větší povrch pro absorpci energie ze země a maximalizuje se objem pro teponosné médium, solanku. Tímto způsobem lze tepelné energie ze země odebírat konzistentněji.

Nedochází k takzvanému zamrzání, protože k odběru tepla dochází pod hranicí mrazu v hloubce 1 až 5 m. Tím se

se zabrání vlivům na ekologické mikroorganismy v půdě. Díky tomu lze plochu nad instalovanou klecí Uponor Energy Cage bez jakýchkoli následků využívat jako zahradu. Je třeba se vyvarovat zastavění a utěsnění této plochy.

Přirozená regenerace dotčené půdy je zajištěna pravidelným slunečním zářením a zvlhčováním půdy deštěm a tající sněhem. Nízká instalační hloubka zabraňuje změně vodní bilance.

. Kompaktní rozměry Uponor Energy Cage vyžadují až o 60 procent méně místa pro kompletní pole energetických klecí než srovnatelný horizontální kolektor.

Scénáře, jako je nerovnoměrné zvedání půdy v důsledku masivního tvoření ledových prstenců v případě příliš malého dimenzování nebo tvoření ledové vrstvy pod povrchem, která by bránila vsáknutí dešťové a roztáté vody, se u energetických klecí obvykle nevyskytují.

Fyzikální vlastnosti charakteristických typů půdy

	Jednotka	Písek	Hlína	Bahno	Písčítá hlína
Obsah vody	% objem	9,3	28,2	38,1	36,4
Tepelná vodivost	W/mK	1,22	1,54	1,49	1,76
Měrná tepelná kapacita	J/kg K	805	1 229	1 345	1 324
Hustota	kg/m³	1 512	1 816	1 821	1 820

Zdroj: VDI 4640

V tabulce výše je rozlišováno mezi pískem, hlínou, bahnem a písčitou hlínou, které odrážejí široké spektrum půd existujících v přírodě.

Písek v tomto kontextu představuje sypkou půdu složenou z jednotlivých zrn (> 50 mm). V tomto typu půdy je kapilární účinek extrémně nízký a propustnost podzemní vody vysoká. Dešťová voda tak rychle prosakuje do hlubších vrstev, což nad podzemní vodou vede k nízkému objemovému obsahu vody pod 10 %.

Hlína se skládá hlavně ze směsi písku a bahna, zatímco bahno je půda se středně jemnou zrnitostí (mezi 2 mm a 50 mm). Tyto soudržné půdy mají obvykle objemový obsah vody mezi 20 a 40 % a jsou proto vhodnější pro horizontální kolektory než písek.

V písčito-jílovitých půdách, jejichž největší část tvoří velmi jemná zrna (< 2 mm), je kapilární účinek ještě vyšší, což vede k objemovému obsahu vody nad 30 %.

Přesné fyzikální vlastnosti se liší místo od místa, což je mimo jiné způsobeno různým množstvím srážek. Tabulka uvádí průměrné hodnoty fyzikálních vlastností různých typů půd.

V rámci Evropy jsou klimatické rozdíly tak velké, že nemá smysl pokládat horizontální kolektory podle stejných pravidel. V teplých klimatických podmínkách je možná vyšší specifická odběrná kapacita bez poškození systému nebo životního prostředí.

Výhody systému Uponor Energy Cage jsou:

- Žádné plánování a nákladné vrtné práce
- Jednoduchý postup schvalování stavby (povinnost informovat, v závislosti na zemi)
- Díky malé instalační hloubce je možné použití i v oblastech s ochranou vodních zdrojů

- Žádný vliv na podzemní vodu
- Žádné riziko zamrznutí, žádný vliv na využití jako zahrada, žádný vliv na kapilární působení půdy
- Rychlá regenerace půdy sluncem, deštěm a tající sněhem
- Pasivní chlazení
- Nízké prostorové nároky, o 50–60 % nižší než u horizontálních kolektorů

- Možnost instalace na pozemcích s obtížným přístupem, kde nelze použít těžké vrtné zařízení
- Rychlá instalace
- Bezúdržbový systém

Dimenzování energetických klecí

Při dimenzování systému energetických klecí je třeba zohlednit následující aspekty:

Základem pro správné dimenzování systému energetických klecí je správný výpočet tepelné zátěže a konkrétní analýza typu půdy a vlhkosti podloží.

Výběr systému zářičů

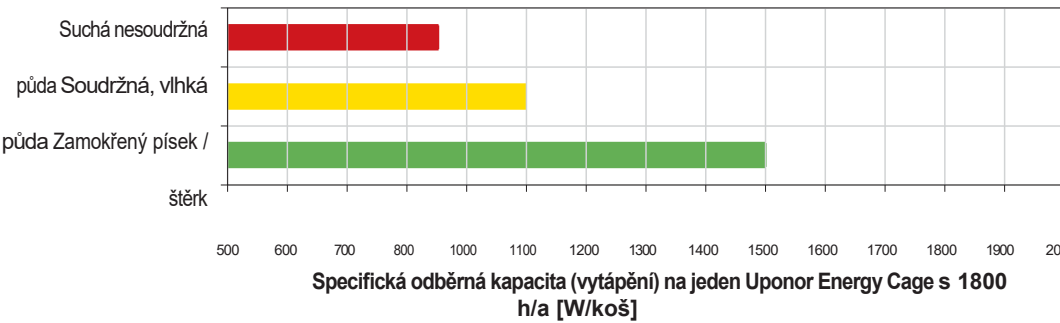
U energetického klecového systému, stejně jako u všech ostatních systémů využívajících energii země, je výběr příslušného emitorového systému a teploty systému nesmírně důležitý. Aby byla zajištěna co nejvyšší účinnost systému, měla by být zvolena co nejnižší teplota.

Jako obecné pravidlo platí: Zvýšení teploty

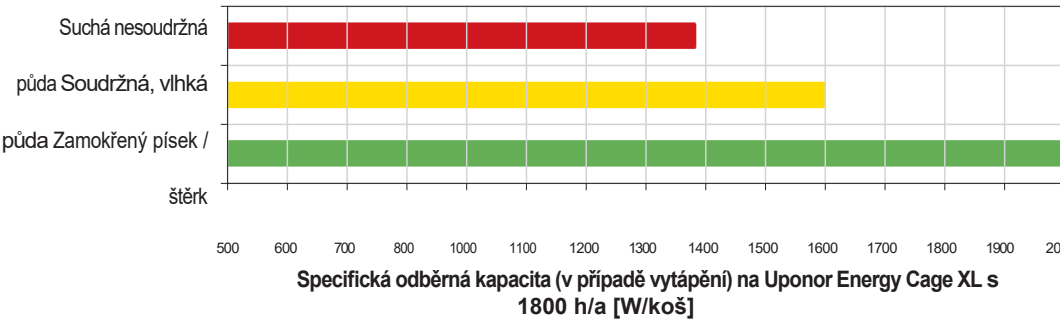
o 1 Kelvin znamená přibližně o 2,5 % vyšší spotřebu energie. Doporučená teplota přívodu pro systémy plošného vytápění: max. 35 °C

Na základě zkušeností byly stanoveny následující referenční hodnoty pro dimenzování energetických klecí Uponor. Používají se k posouzení půdních podmínek. Pro instalaci energetické klece Uponor jsou vhodné půdy třídy 1–4 (DIN 18300). Od půdy třídy 5 je nutné kontaktovat výrobce.

Referenční hodnota pro dimenzování energetické klece Uponor



Referenční hodnota pro dimenzování Uponor Energy Cage XL



Pokud není možné jednoznačně klasifikovat půdu na staveništi, měla by být půda analyzována geologem.

Při provozních režimech > 1800 h Počet Uponor Energy Cage musí být přizpůsoben půdním podmínkám

Požadované tepelné čerpadlo musí být vybraný výrobcem nebo topenářem. Ten vybírá příslušný model tepelného čerpadla na základě

na tepelnou zátěž, teploty systému, použití a dobu provozu. Výsledkem je chladicí a topný výkon.

Následující příklad ukazuje, jak vypočítat požadovaný počet Uponor Energy Cage:

	Rodinný dům
Vypočítaný topný výkon *	6 kW
Chladicí kapacita	4 kW (podle výrobce HP)
Vlastnosti půdy	Soudržná, vlhká půda
Maximální odběrná kapacita systému Uponor Ener-gy Cage	1,2 kW
Požadovaný počet energetických klecí	4
Objem solanky	336 l
Velikost rozdělovače zemní energie	2 výstupy

* včetně teplé vody a blokovací doby dodavatele energií; provozní doba 1 800 h

Výpočet tlakové ztráty se vztahuje k výše uvedenému příkladu. Zde jsou použity pouze údaje pro monethylenglykol.

	Monoethylenglykol 29 %
Hustota kg/m³	1 051
c _p kJ/(kg · m)	3,72
Viskozita Pa · s	0,00313
Hmotnostní průtok kg/s	0,36
Max. počet košů v řadě	2
Rychlost toku m/s	0,32
Délka potrubí PE-Xa 32 x 2,9 mm na klec včetně přípojovacího potrubí v m	150
Délka potrubí PE-Xa 32 x 2,9 mm při sériovém připojení 2 klecí v m	300
Tlaková ztráta sériového připojení energetické klece včetně integrované přípojky	280 mbar
Tlaková ztráta rozdělovače zemní energie Uponor, 2 výstupy	30 mbar
Celková tlaková ztráta včetně rozdělovače	310 mbar

Pokládka a instalace

Je třeba zohlednit stromy, vedení (voda, telefon, odpadní voda atd.) na situačním plánu. Pouze tak lze předem vyjasnit potenciální problémy a určit přesnou polohu energetické klece. Energetické klece Uponor lze zapojit do série. Polohu jednotlivých energetických klecí lze určit podle požadavků.

Dbejte na to, aby energetické klece nebyly zastavěny konstrukcemi, jako jsou garáže, přístřešky pro auta, sklepy, bazény nebo ulice. V opačném případě již nebude možná přirozená regenerace.

Je nutné dodržet následující vzdálenosti: Minimální vzdálenost od základů, sousedních pozemků, dopravních ploch, bazénu a vodovodních a odpadních potrubí musí být 1,5 až 2 metry. Ideální vzdálenosti mezi energetickou klecí a potřebným prostorem jsou uvedeny v tabulce technických údajů.

Uponor Energy Cage se skládá ze 150 m trubek PE-Xa o rozměrech 32 x 2,9 mm, zatímco Uponor Energy Cage XL se skládá z 200 m trubek. Trubky jsou upevněny na rámu ze čtyř pěnových polyuretanových konzol. Zúžený kuželový tvar zvětšuje povrch pro absorpci energie ze země a objem pro médium přenášející energii. Díky trubce PE-Xa je Uponor Energy Cage odolný vůči pomalým i rychlým prasklinám.

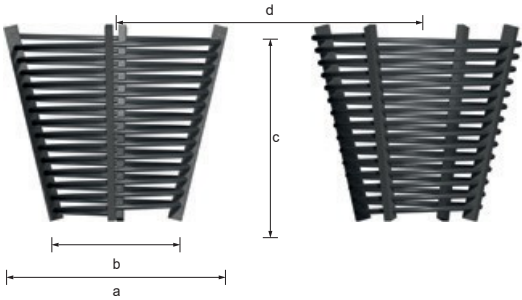
růst. Zejména při zasypávání výkopu energetické klece může klec přijít do styku s ostrými hranami zásypového materiálu. Při použití konvenčních materiálů, např. PE 100,

by došlo k poškození potrubí. Půda by musela být nahrazena směsí humusu a písku. To není nutné při použití potrubí Uponor PE-Xa.



Energetická klec Uponor PE-Xa

Technické údaje	Energetická klec	Energetická klec XL
Měřič potrubí	150 m	200 m
Průměr horní části (a)	2,4 m	2,4 m
Průměr dna (b)	1,4 m	1,4 m
Výška (c)	2,0 m	2,7 m
Vzdálenost trubek	114 mm	114 mm
Objem klece	6,1 m³	8,1 m
Středová vzdálenost Střed klece (d)	6,0 m	7,0 m
Čistý prostor potřebný v případě rozložení v řadu / klec	15 – 20 m	20 – 25 m
Čistá plocha potřebná v případě paralelního uspořádání / Klec	35 – 40 m²	35 – 40 m²
Obvody	max. 2 v sérii	přímo jednotlivé na rozdělovači
Objem solanky	84 l	108 l
Odběrná kapacita (zaručená při 1800 hodinách plného zatížení za rok)	1,1 – 1,5 kW	1,6 – 2,0 kW
Upevnění potrubí	Páska z PU pěny s upevňovací páskou	
Integrované přípojovací potrubí pro přívod a odvod	20 m	25 m



Energetická klec Uponor by měla být připojena podle Tichelmannova principu, který říká, že při stejných délkách potrubí a stejných průřezích převládají také identické průtoky a průtokové podmínky. Je třeba zajistit, aby se délky potrubí nelišily o více než 10 %.

20 nebo 25 m přírodní a zpětné potrubí je již integrováno v Uponor Energy Cage. Pokud by to ve výjimečných případech nestačilo, lze potrubí prodloužit pomocí spojovací technologie Uponor Quick & Easy nebo elektrofúzních tvarovek.

Je nutné zajistit, aby přípojné potrubí mělo stejnou délku, aby nedocházelo k rozdílům v tlakových podmínkách. Pokud se tomu nelze vyhnout, lze provést úpravu pomocí průtokoměrů na rozdělovačích zemní energie Uponor.

Energetické klece Uponor se obvykle instalují do hloubky 1,4 metru. Doba instalace je přibližně 1 hodina na 1 kW topného výkonu, tj. pro rodinný dům s výkonem 6 kW je třeba počítat s přibližně jedním pracovním dnem.

Energetické klece Uponor se na stavenišť dodávají na nákladních vozech. Díky své nízké hmotnosti je lze po vyložení buď odvézt na staveniště, nebo umístit pomocí bagru.



minimální hmotnost 5–7,5 tuny v závislosti na rozsahu projektu. Pokud je k dispozici dostatek prostoru, jsou vhodnější větší bagry – v ideálním případě bagr s dvoumetrovou lopatou na humus.

Výkopová jáma pro energetickou klec může být znovu naplněna dříve vykopanou zeminou. Je třeba zajistit, aby

energetickou klec se vyplavuje výkopová zemina. Aby se zabránilo sedání, lze po zasypání použít zhušťovací zařízení. V opačném případě může během prvních dvou let dojít k sedání.

Energetická klec Uponor by měla být instalována podle následujících kroků:

1. Výkopové práce
2. Montáž energetické klece Uponor a zasypání výkopu
3. Připojení k rozdělovači
4. Tlaková zkouška
5. Naplnění systému
6. Převzetí a dokumentace systému energetické klece

Pomocí vhodného bagru se nejprve vykopá čtvercová jáma o rozměrech přibližně 2,5 x 2,5 m pro instalaci prvních systémů Uponor Energy Cage a Energy Cage XL. Hloubka výkopu závisí

na regionální hranici mrazu. Ve většině regionů je to 0,7 – 1,2 m pod povrchem země. Lze tedy předpokládat hloubku výkopu mezi 3,2 – 3,7 m. Poté se vykopá spojovací příkop o hloubce 1,2 m od prvního výkopu k rozdělovači.

Než bude možné spustit energetickou klec do výkopové jámy, je třeba provést několik dalších přípravných kroků. Připojovací vedení integrované do energetické klece musí být vytaženo z vnitřní strany a připevněno k ohybům potrubí pomocí kabelových sponek. Tímto krokem se odstraní „zkroucení“ z

, což usnadňuje pozdější pokládání potrubí do spojovacího výkopu.

Následující obrázky to opět ilustrují.

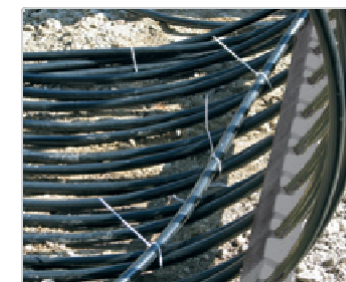
Po dokončení výkopových prací se energetická klec spustí do výkopu pomocí vhodného stroje (bagru) a znovu se naplní dříve vykopanou zeminou. Je důležité ji dostatečně zalít vodou. Ostatní energetické klece se umístí odpovídajícím způsobem.



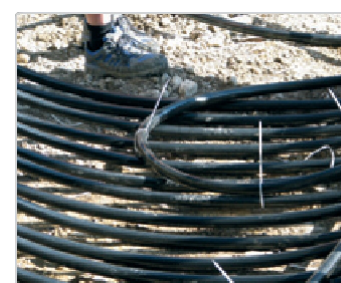
Odpojení přípojných vedení



Umístění připojovacích vedení



Upevnění zpětného potrubí



Upevnění přírodního potrubí



Výkop instalační jámy



Umístění energetické klece



Zmytí výplňového materiálu



Doplnění energetické klece Uponor PE-Xa



Instalovaná a zhuštěná energetická klec

Je nutné zajistit, aby byly dodrženy plánované minimální vzdálenosti mezi jednotlivými energetickými klecemi. Poté se mezi dvěma jednotlivými energetickými klecemi klecového pole vyříznou spojovací drážky, které jsou vyrovnány s horní hranou energetické klece. Poté se tyto dvě energetické klece spojí do série. Energetická klec Uponor Energy Cage XL musí být připojena samostatně.

V závislosti na variantě instalace se nyní jednotlivé připojení potrubí již integrovaná do energetické klece, energetické klece zapojené do série nebo prodloužená připojovací potrubí jsou připojena k rozdělovači zemní energie Uponor

a namontován na rozdělovač pomocí kompresních šroubení.

V závislosti na průtoku systému energetické klece mohou mít připojovací potrubí různé rozměry. To je třeba předem vypočítat. Potrubí domu by mělo být utěsněno proti tlaku. Alternativně lze použít rozvodnou šachtu Uponor.

Na každém potrubním vedení musí být provedena tlaková zkouška podle normy EN 805.

Systém energetických klecí musí být naplněn nemrznoucí směsí.

podle normy VDI 4640 až do minimální teploty -15 °C. Při použití nemrznoucích roztoků Uponor to odpovídá směšovacímu poměru 3:1. Množství solanky potřebné pro energetickou klec je uvedeno v technických údajích. Nemrznoucí roztok a voda musí být smíchány v dostatečně velké nádobě, než se směs nalije do energetické klece Uponor!

Po dokončení pole Uponor Energy Cage se doporučuje zadat skutečnou polohu

Důležité
Nemrznoucí směs a voda musí být smíchány v dostatečně velké nádobě před připojením k rozdělovači Uponor Energy. Klece jsou naplněny směsí!

Objem vody podle rozměru potrubí

Rozměr trubky PE-Xa [mm]	Vnitřní průměr [mm]	Objem vody [l/m]
32 x 2,9	26,2	0,539

Právní předpisy
Pro všechny energetické klecové systémy je třeba dodržovat specifické předpisy dané země, jako jsou VDI 4640 a Wasserhaushaltsgesetz (spolkový zákon o vodním hospodářství) (D), SIA D-0190, SIA S 0179 a BAFU-Vollzugsrichtlinie (CH), österreichische Wasserrechtsgesetz, Gewerbeordnung und Bauordnung (rakouský zákon o vodním právu, průmyslový zákoník a stavební zákoník).

klec v plánu rozmístění a označit ji čísly potrubí. Tato dokumentace je užitečná pro přiřazení potrubí k rozdělovači a jako důkaz pro úřady. Osoba instalující systém je odpovědná za dodržování všech platných norem a předpisů. Musí být provedeno přejímací řízení systému.

Příklad správného směšovacího poměru:

	Uponor Energy Cage	Uponor Energy Cage XL
Celkový objem solanky	84 l	108 l
Mísicí poměr	3:1	3:1
> Nemrznoucí směs	21 l	27 l
> Voda	64 l	81 l

Energetické piloty

Systém/oblast použití

Popis použití

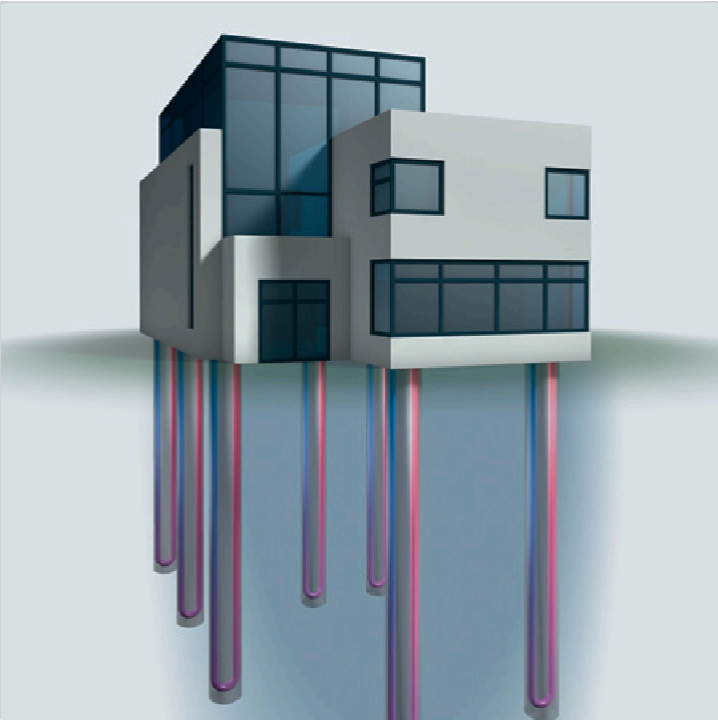
Energetická hromada musí plnit dvě funkce:

Hlavní funkcí je přenos zatížení do země; sekundární funkcí je využití jako médium pro přenos energie ze země. Při použití základové piloty jako energetické piloty nesmí být ovlivněna její únosnost.

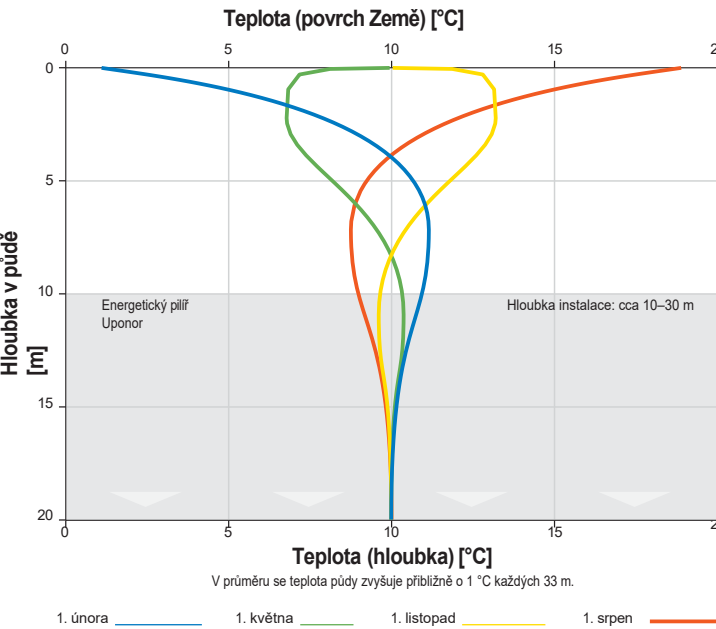
Omezení použití

Snížení únosnosti piloty (tvorba námrazy, zmenšení průřezu v důsledku trubek výměníku tepla) musí být v každém případě vyloučeno omezením teploty a statickými zkouškami. Energetické piloty jsou často systémy zatěžující půdu. Špičková zatížení musí být v případě potřeby pokryta dalšími systémy využívajícími energii země.

Obvykle lze poskytnout rodinné domy s hlubokými základy



monovalentně pomocí energetických pilířů díky jejich vynikající izolaci – jedná se však o vzácné použití.



Výhody

- Velmi nízké dodatečné investiční náklady v případě plánovaných pilotových základů
- Základní zatížení
- Lze použít se všemi hlubokými základy
- Ideální řešení pro rezidenční a nerezidenční aplikace

Statika budovy určuje rozložení a počet základových pilot. Rozložení základových pilot podle energetických aspektů často není ekonomické (výjimka: např. levné prefabrikované beraněné piloty, které se částečně používají také jako „ztracené piloty“).

Systém energetických hromad by měl být provozován jako střídavé skladování, které systematicky mění provoz vytápění a chlazení. Tím se dosáhne optimální specifické odběrní kapacity jak pro vytápění, tak pro chlazení. Teplotní rovnováha systému energetických hromad

lze navrhnout tak, aby byl trvale stabilní. Díky téměř vyrovnané tepelné bilanci v průběhu let se minimalizuje vzájemné tepelné rušení sousedních energetických hromad.

Ze zkušeností se středně velkými a velkými energetickými hromadami

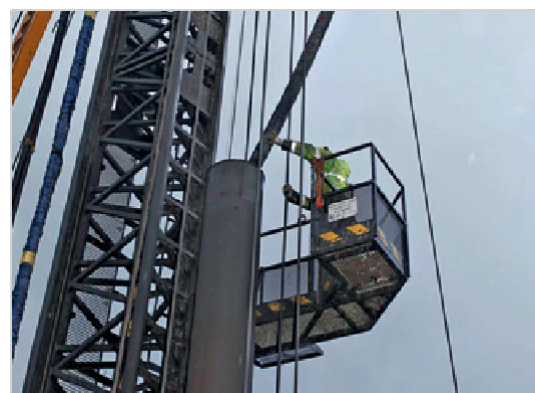
je nejhospodárnější provoz se základním zatížením. K tomu je třeba při dimenzování naplánovat a definovat optimální poměr kapacity a výkonu. Účinnost energetického systému určuje především vykonaná práce při vytápění a chlazení.



Instalace výztužných klecí



Postup betonování pilířů na místě



Plnění trubky pro betonáž



Dohled nad montáží pilot

Základové piloty

U základových pilot se rozlišuje mezi typem montáže a instalací.

Typ montáže

Prefabrikovaná

pilota

Pilota je prefabrikována zcela nebo částečně prefabrikovaná před instalací do země.

- Masivní betonové piloty
- Duté betonové piloty
- Ocelové trubky

Piloty z betonu litých na místě

Pilota se montuje na místě v zemi vyplněním válcového prostoru betonem.

Typ instalace

lisovaná pilota.

Pilota se zatluče do země nebo lisována do země pod statickým tlakem.

Vrtaná pilota.

Pilota se instaluje do vrtu. Vrtné otvory lze vytvářet pomocí různých vrtných metod.

Metody vrtání

■ Kellyho metoda.

Metodou Kelly se vyrábějí vrtané piloty bez pažení, s částečným pažením, s úplným pažením nebo s pažením pomocí kalové směsi. Vrtací nástroj je upevněn na teleskopické tyči Kelly. Při použití úplného pažení se vrtne trubky zavrtávají do země, dokud nedosáhnou požadované hloubky, a vrtání pokračuje, dokud nedosáhnou konečné hloubky.

■ Kellyho metoda s rozšířením základové patky.

Rozšíření základů pilot je založeno na principu kruhového symetrického rozšíření průměru na dně vrtu. Vnější únosnost piloty se zvyšuje zvětšením plochy dosedání piloty v nosné půdě. Rozsah rozšíření se stanoví s ohledem na stávající půdu a geometrická omezení podle statických požadavků. Další možností zvýšení únosnosti je injektáž šachty. Touto metodou se zvyšuje tření stěny vrtané piloty jejím vyplněním cementovou suspenzí.

■ Metoda SOB

Tato metoda vrtání pilot je postup vrtání šnekovým vrtákem, který umožňuje vysoký vrtný výkon v pevném podloží. Při této metodě se jako vrtací nástroj používá souvislý šnekový vrták. Po dosažení konečné hloubky vrtu se do vnitřní trubky dutého šnekového vrtáku přivádí beton zdola nahoru.

■ Metoda DKS.

Systém s dvojitou rotační hlavou je kombinací metody SOB s kontinuálním vrtacím šnekem a metody Kelly s obložením. Výsledkem je zabalené vrtání vytvořené pomocí spirálového vrtáku.

■ Metoda VDW.

Systém proti zdi byl vyvinut z důvodu potřeby stavět nové budovy přímo před stávajícími budovami ve městech. Princip výroby Princip výroby odpovídá metodě DKS, ale používají se menší průměry.



Montáž vrtané piloty



Prefabrikovaná betonová vrtaná pilota

Typy základových pilot

Vrtané piloty (duté piloty) Vrtané piloty (duté piloty) jsou kulaté piloty z betonu, které se zavádějí do země pomocí různých vrtacích postupů. Přenášejí konstrukční zatížení do hlubších, pevných vrstev půdy, spojují se dohromady a tvoří opěrnou zeď pro výkopové jámy nebo terasy, odstraňují překážky v půdě nebo blokují podzemní vodu pod povrchem. V závislosti na délce použití lze měnit průměr, materiál, konstrukci a uspořádání jednotlivých pilot.

Zvláštním typem vrtaných pilot jsou mikropiloty. Jedná se o základové prvky o průměru do 300 mm, pomocí kterých se zatížení přenáší do hlubších pevných vrstev zeminy prostřednictvím tření. Zvláštností mikropiloty je, že i při malém průměru lze pomocí cílených tlakových injektážních technologií dosáhnout vysoké únosnosti.

Díky množství variant zařízení jsou možné vysoce produktivní postupy pro výrobu vrtaných pilot s malým průměrem i ve stísněných prostorech.

Budovy, které byly poškozeny nerovnoměrným sedáním, lze stabilizovat a/nebo zvednout pomocí předpjatých mikropilot. Mikropiloty lze přizpůsobit daným půdním podmínkám a montovat pomocí různých vrtacích metod. Vrtané piloty jsou opatřeny souvislou výztuží

, která absorbuje tahové, tlakové nebo střídavé zatížení.

Přenos zatížení do okolního terénu je dosažen vyplněním nebo injektáží vrtu cementovou maltou (s nebo bez výztužných zrn). Pilota je dodatečně injektována, aby se zvýšilo tření / přenos zatížení.

Duté betonové piloty Duté betonové piloty jsou velmi ekonomickou a technicky vyspělou alternativou k tradičním základovým systémům. Duté piloty jsou rychlé, flexibilní a jednoduchý základový systém, ve kterém se do země zatlučují tvárné litinové trubky – v závislosti na požadované délce s trubkovými segmenty, které se navzájem spojují pomocí objímek – za účelem přenosu zatížení.

V závislosti na vlastnostech půdy se piloty konstruují jako koncové nosné piloty nebo jako tlakově injektované piloty. V závislosti na přenášeném zatížení jsou pro konstrukci pilot k dispozici různé průměry trubek s odpovídající tloušťkou stěny. Díky použití lehkých a obratných hydraulických rypadel lze provádět i drobné stavební práce ve stísněných prostorech. Piloty se na staveništi instalují pomocí dvojčinného hydraulického kladiwa téměř bez vibrací.

Lisovaná masivní betonová pilota Lisovaná masivní betonová pilota je sestavena z částí, které jsou lisovány do země pomocí

hydraulický systém. K tomu slouží stávající budova nebo balastové zařízení. Pilota je sestavena z železobetonových sekcí umístěných jedna na druhé. Půda může být z piloty odstraňována dutým jádrem piloty, takže pilota dosáhne požadované hloubky bez nutnosti velké reakce. Když je pilota v správné hloubce, vytvoří se zvětšená základna zhuštěním kovových kontejnerů se suchou maltovou směsí pod pilotou. Jádro piloty se vyplní betonem. Tato pracovní metoda je bez vibrací.

Vzhledem k tomu, že se používají lehké, demontovatelné stroje, je tento systém velmi vhodný pro práci v obtížných podmínkách a ve velmi stísněných pracovních prostorech. Lisované masivní betonové piloty se používají hlavně pro podezdívky. Reakci v tomto případě obvykle zajišťuje samotná budova pomocí nové betonové podlahy, která se odlije na místě. Do této betonové podlahy se zabetonují kotvy a ponechají se otvory, kterými se piloty lisují. Obrázek v horní části této stránky ukazuje, jak tato metoda funguje. Pomocí této techniky je možné piloty upevnit na podlahu s předpětím. Minimální pracovní výška je 0,8 m. Díky tomu je možné vtlačit zvedací železobetonový pilíř pod stávající základ. Tento stávající základ se pak používá jako protizávaží pro zvedání pilíře.

Prefabrikované betonové piloty

Prefabrikované betonové piloty se vyrábějí s kruhovým nebo čtvercovým průřezem bez dutiny. Přenášejí vysoká zatížení budovy do hlubšího pevného podloží prostřednictvím tření a přenosu zatížení a jsou opatřeny souvislou výztuží.

Prefabrikované betonové piloty

Prefabrikované betonové piloty jsou velmi ekonomickou a technicky spolehlivou alternativou k tradičním základovým systémům.

Prefabrikované piloty s plnou stěnou se instalují na staveništi téměř bez vibrací pomocí dvojčinného hydraulického kladiwa.

V závislosti na podloží je možné, že původně plánovaná hloubka umístění nebude dosažena a pilota bude muset být zkrácena. V případě aktivace pomocí trubkových smyček hrozí při odstraňování přebytečného betonu poškození trubek výměníku tepla.

Piloty in situ

U vrtaných pilotů s velkým průměrem se půda neodstrkuje stranou, ale do země se vrtá ocelová trubka s otvorem na dně. Půda se poté odstraní, vloží se vnitřní ocelová výztuž a vyplní se betonem. Poté se ocelová trubka opět vytáhne. Tento typ pilotů se používá pro staticky náročné základy, jako jsou výškové budovy.



Vložení ocelové výztužné klece do vrtu

Štěrbinové stěny

Špaletové stěny jsou stěny sestavené v zemi z takzvaného monolitického betonu, které mohou dosahovat do velkých hloubek. Stěny – jejichž tloušťka závisí na statických požadavcích a použitím vybavení – jsou vyráběny metodami s nízkou hlučností a vibracemi.

Špaletové stěny vykazují minimální deformace, a proto se používají hlavně jako opěrné stěny v základech ve vnitřních částech měst. Vzhledem k jejich relativně vysoké vodotěsnosti se používají také na vnější stěny budov, které se staví. Ve zvláštních případech se jednotlivé prvky špaletových stěn používají také pro hluboké základy. Izolační stěny utěsňují přehradu a skládky odpadů, sklady nebo jiné průmyslové provozy, které mohou ohrozit podzemní vody.

Pomocí speciálních kleští nebo fréz se půda rozryje do hloubky a vytvoří se štěrbinu, které se průběžně zpevňují pomocí kalové tekutiny.

Štěrbinová stěna z betonu litá na místě.

Po dosažení požadované hloubky stěny se kalová tekutina obvykle nahrazuje železobetonem, aby bylo možné sestavit staticky účinné stěny zadržující podzemní vodu.

Jednofázové těsnicí stěny.

Jednofázové těsnicí stěny jsou štěrbinové stěny vyrobené ze samozpevňujícího suspenze, které se staví do štěrbin vykopané v zemi. Samozpevňující suspenze se zároveň používá jako nosná suspenze. Dodatečně lze instalovat těsnicí prvky, jako jsou membrány nebo štětovnice.

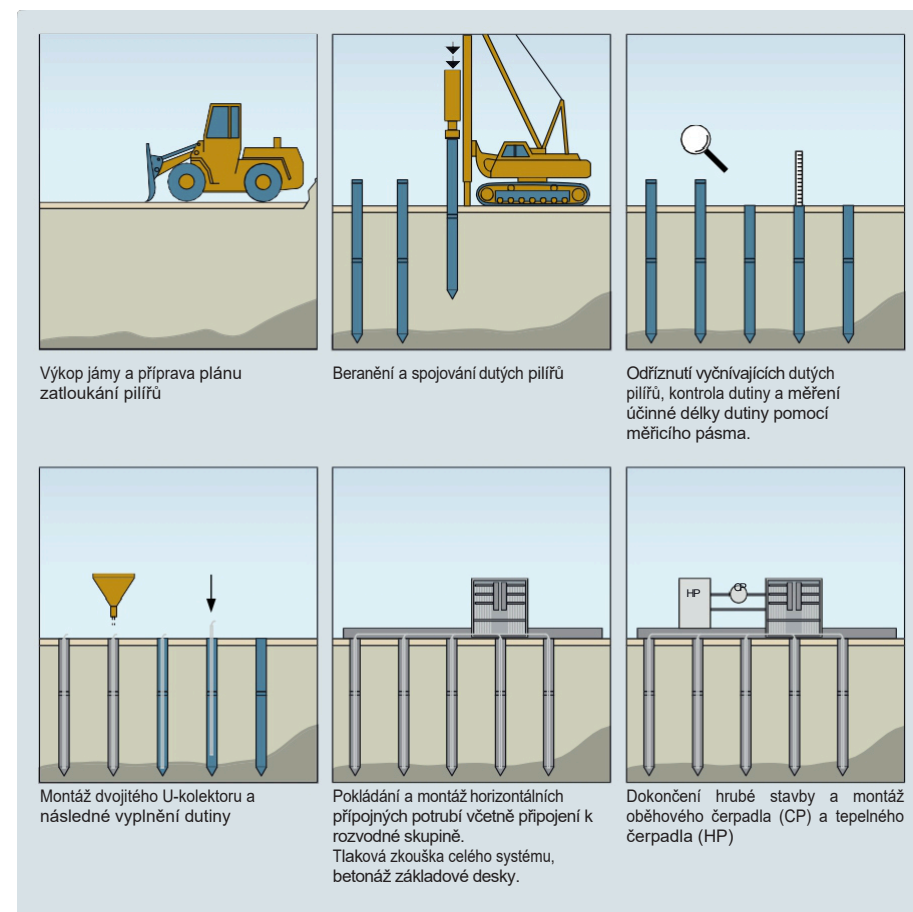
Aktivace základových pilot

Vrtané piloty (duté piloty) Duté betonové piloty a lisované piloty jsou vybaveny sběrnými trubkami až po jejich zasazení do země. To je také velká výhoda dutých betonových pilot, protože sběrné trubky lze přizpůsobit skutečné hloubce zasazení a riziko poškození sběrných trubek lze minimalizovat předběžnou kontrolou dutiny piloty.

Podobně jako u vrtných kolektorů se do země spustí dvě trubkové smyčky a vyplní se zásypovým materiálem. V případě malých poloměrů ohybu trubkových smyček se doporučuje použít elektrofúzi. U-ohyby nebo alternativně lze přímo vložít vrtné kolektory. Při zásypu je třeba zajistit, aby zásypový materiál vykazoval vysokou tepelnou vodivost, dobrý kontakt s materiálem v různých

podmínkách a že jej lze nanášet bez vytváření dutin.

Přívod a odvod příslušného energetického pilíře lze sdružit pomocí Y-kusů nebo T-kusů a kombinovat ve skupinách s jinými pilíři.



Instalace tepelně aktivovaných dutých pilířů

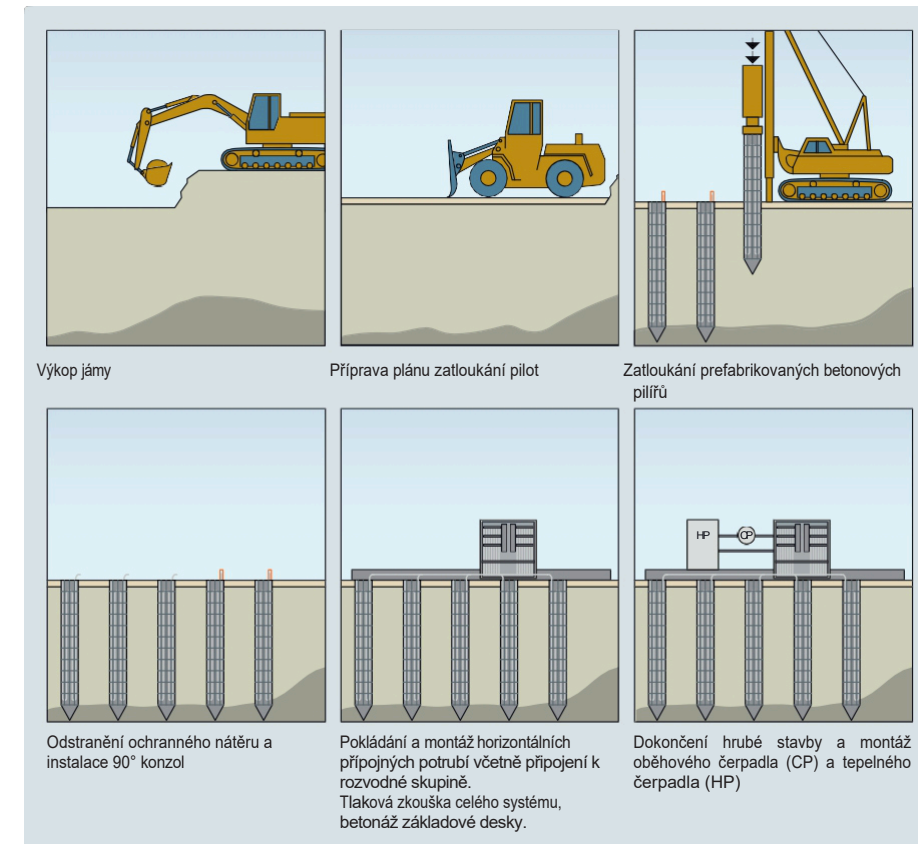
Prefabrikované betonové piloty

Prefabrikované betonové piloty jsou již vybaveny příslušnými sběrnými trubkami na

hromadu. Konce trubek jsou vyvedeny z hromady tak, aby po instalaci vyčnívaly. Během instalace by měl být směr vyčnívajících konců trubek zvolen tak, aby

nebylo riziko poškození trubek výměníku tepla.

Výhodou použití prefabrikovaných betonových pilot je, že montáž a



Instalace tepelně aktivovaných prefabrikovaných betonových pilot.

továrně. Za tímto účelem se sběrná trubka upevní na vnitřní straně výztužné klece a pilota se zabetonuje. Počet trubkových smyček se přizpůsobí tvaru piloty a průměru piloty.

Ve spodní části spojovacího potrubí musí být vytvořeno vybrání pro spojovací potrubí

připojovací vedení nemusí být vedeno kolem piloty.

V závislosti na podloží je možné, že původně plánovaná hloubka umístění nebude dosažena a pilota bude muset být zkrácena. V případě aktivace pomocí trubkových smyček se odstraní přebytečného betonu

se provádějí tlakové zkoušky v továrně a poškození trubek výměníku tepla je vyloučeno díky betonování piloty na staveništi.

Betonové piloty lité na místě
U pilotů, které jsou vyráběny metodou in-situ betonu, je výztužná klec opatřena sběrnými trubkami před vložením do připraveného vrtu. Sběrné

jsou obvykle namontovány na vnitřní straně výztužné klece, aby se zabránilo poškození trubek při zasunutí výztužné klece do vrtu. Při tom jsou sběrné trubky upevněny svisle bez konce.

ve spirále na stěně výztužné klece nebo příčně na patě piloty nebo v jednotlivých trubkových smyčkách s přesměrováním (omega oblouk) na stěně výztužné klece nebo příčně na patě piloty ve výztužné kleci pomocí kabelových spon.



Skladování namontovaných výztužných klecí



Spojovací potrubí z trubek Uponor pro využití energie země PE-Xa



Potrubní smyčky namontované v armovaných klecích



Vkládání smyček trubek PE-Xa



Řezání vložených trubkových smyček na délku



Upevnění trubkových smyček

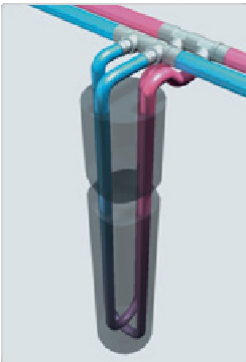
Varianty instalace



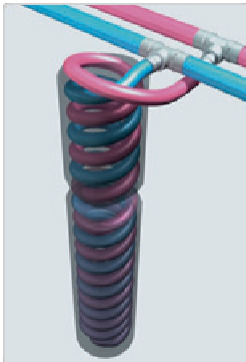
Instalace ve tvaru meandru



Instalace paralelních trubkových smyček



Instalace trubkových smyček křížem



Instalace ve spirále

Zejména u malých průměrů hromádek je třeba brát v úvahu poloměry ohybu. V případě úzkých poloměrů ohybu se doporučuje použít podpěry potrubních ohybů nebo elektrofúzní U-ohyby.

V případě krátkých pilířů je možné pokládání v podobě meandru v pilíři s přírodním a zpětným potrubím přímo do rozdělovače. Počet trubkových smyček, které je třeba vložit, závisí na průměru výztužné klece. Referenční hodnoty jsou:

Pilota průměr	Počet vertikálních trubky
20 – 70 cm	4 – 6 U-ohybů nebo s elektrofúzními U-ohyby v oblasti paty
75 – 80 cm	4 – 6 s Omega-prohnutí v oblasti
chodidla 90 – 120 cm	6 – 8
130 – 180 cm	8 – 12

Přírodní a zpětný tok energetického pilíře lze sdružit pomocí rozdělovače v hlavě pilíře, Y-kusem nebo T-kusem a kombinovat s dalšími piloty ve skupině. V případě různých úrovní konstrukce musí být konce potrubí na hlavě piloty opatřeny ochrannými trubkami nebo izolací potrubí alespoň po délce betonu, který bude odstraněn po montáži piloty. Všechny konce potrubí musí být utěsněny, aby se zabránilo vniknutí nečistot.

Při vkládání komponentů do základové piloty z betonu je v zásadě nutné zohlednit potenciální statické oslabení.

Aby se zabránilo poškození sběrných trubek, musí být pilota betonována

pomocí plnicí trubky (metoda tremie). Během plnění je třeba dbát na to, aby hadice tremie nepoškodila trubky. Při zhutňování betonu nesmí být použity žádné vibrátory. Pokud je pilota betonována vysypáním, je třeba o tom informovat betonáře.

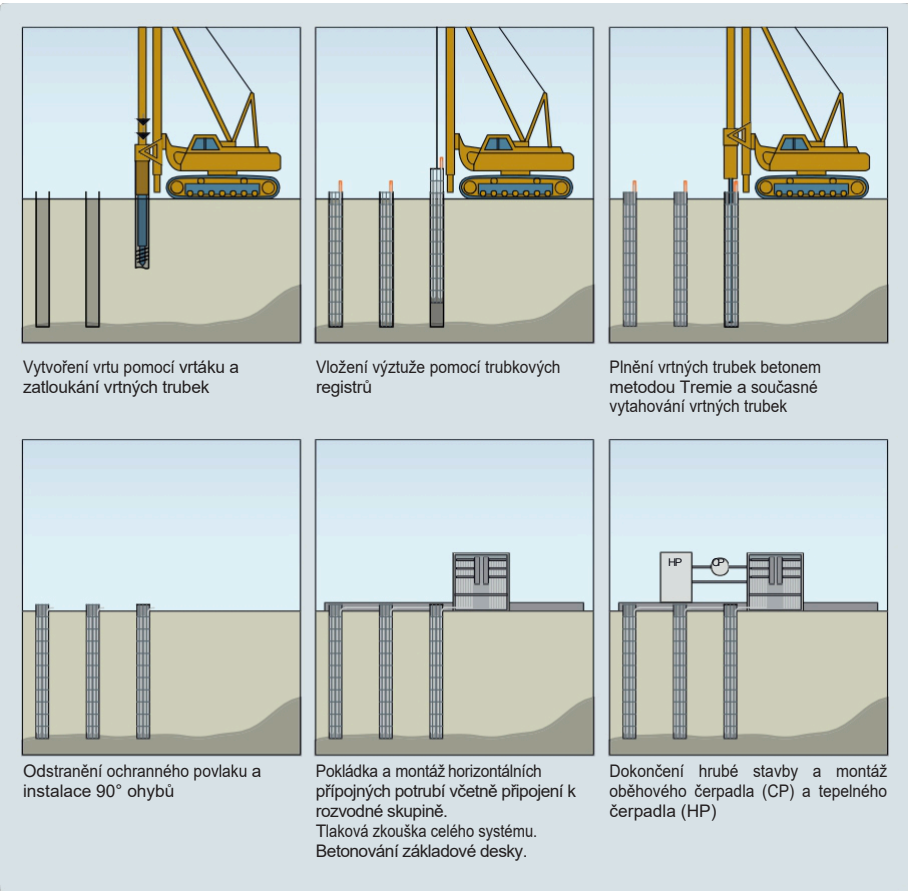
Štěrbínové stěny

U stěn se štěrbinami, které se montují na místě, musí být výztužné klece před vložením opatřeny sběrnými trubkami. Sběrné trubky se obvykle montují na vnitřní stranu

výztužných klecí, aby se zabránilo poškození trubek při zasunutí výztužné klece do vrtu.

Délka konvenčních základových pilot je přibližně 10–30 m. Teplota

Teploty v horní vrstvě zeminy se mění v závislosti na ročním období. Jakmile klesnou pod hranici mrazu, tyto výkyvy se zmírní. Od hloubky přibližně 15 m má půda v podstatě konstantní teplotu.



Instalace tepelně aktivovaných betonových pilot

Dimenzování energetických pilot

Dimenzování energetických pilířů závisí na ročním počtu provozních hodin tepelných čerpadel a konstrukci betonových pilířů, jakož i na vzájemném ovlivňování energetických pilířů.

Čím nižší je tepelný odpor R_e energetického pilíře, tím vyšší je přenos tepla. Tepelný odpor udává ztrátu teploty při přenosu tepla z podzemí do média pro přenos tepla (solanky). Rozhodujícími kritérii pro tepelný odpor jsou průměr vrtného pilíře, tepelná vodivost materiálu pilíře a typ energetického pilíře.

Menší průměr piloty snižuje tepelný odpor. Vyšší tepelná vodivost materiálu piloty

snižuje ztráty tepla při přenosu tepla nebo snižuje tepelný odpor.

Tepelný odpor energetického pilíře R_e tedy sestává z přechodu

Odolnost jednotlivých prvků a specifická odolnost materiálu.

Přechodové odpory:
Půda < > materiál piloty < > trubka
< > médium pro přenos tepla (solanka)

Odpor materiálů:

$$R_e = R_c + R_R + R_p \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

- R_c Koefficient přenosu tepla médium pro přenos tepla / potrubí
- R_R Koefficient přenosu tepla trubkové smyčky
- R_p Koefficient přenosu tepla materiálu piloty

Požadovaná délka potrubní smyčky L je založena na specifické odběrní kapacitě q_e podzemí a chladicí kapacitě Q_o solného/vodního tepelného čerpadla.

Specifická odběrná kapacita na metr hloubky piloty

Podpovrch	Specifická odběrná kapacita q_e na metr hloubky piloty pro topné výkony do 30 kW	
	1800 h/a	2400 h/a
Špatné podzemní podmínky, suchý sediment	25 W/m	20 W/m
Normální skalnaté podloží a sediment nasycený vodou	60 W/m	50 W/m
Konsolidovaná hornina s vysokou tepelnou vodivostí	84 W/m	70 W/m

Při delších provozních obdobích je třeba zohlednit jak specifickou odběrnou kapacitu q , tak specifický roční odběrný faktor.

Zdroj: VDI 4640

$$L = \frac{Q_o}{q_e} \text{ [m]}$$

Výkon chladiva odpovídá podílu výkonu tepelného čerpadla odebraného z prostředí a je rozdílem mezi topným výkonem Q_H a spotřebou elektrické energie P_{el} .

$$Q_o = Q_H + P_{el} \text{ [W]}$$

Při dimenzování přípojných potrubí energetických pilířů je třeba zajistit nízké tlakové ztráty – důležité: zvýšená viskozita solanky ve srovnání s médiem voda – protože výkon čerpadla snižuje sezónní výkon

faktor β systému tepelného čerpadla. Maximální rychlost proudění by měla být 1 m/s. Rychlost proudění v energetických pilířích by měla být turbulentní, protože turbulentní proudění zlepšuje přenos tepla z potrubí do solanky, čímž se zvyšuje teplota solanky.

V případě monovalentního dimenzování solankového/vodního tepelného čerpadla musí být zdroje tepla dimenzovány tak, aby splňovaly požadavky na kapacitu budovy Q_G a nikoli požadavky tepelného čerpadla. Celkový výkonový požadavek Q_{wp} zahrnuje kapacitní požadavek budovy Q_G a požadavek na ohřev teplé užitkové vody Q_{ww} s ohledem na blokovací dobu Z.

$$Q_{wp} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z \quad [W]$$

Pokud se při výběru tepelného čerpadla použije model s nižším topným výkonem nebo kratšími potrubními smyčkami,

provozní doba tepelného čerpadla se prodlužuje. To znamená, že energetický zdroj je více zatěžován nebo dochází k vyššímu ročnímu odběru. Aby se kompenzovalo prodloužení provozní doby, je nutné prodloužit délku potrubní smyčky, což vede k vyšší spotřebě energie.

Pro dimenzování energetických pilových systémů je velmi důležitá znalost tepelných vlastností podloží. Výpočet tepelné vodivosti z neporušených vzorků vrtných jader z testovacího vrtu je v zásadě možný, ale jedná se o velmi složitou metodu, kterou lze provést pouze v laboratoři.

Dimenzování energetických pilových systémů pomocí simulačních programů vyžaduje informace o efektivní tepelné vodivosti po celé délce vrtu. Tyto informace se získávají přímo na místě pomocí tepelné odezvy (TRT).

Tepelná odezva

Tepelná odezva se testuje pomocí sestaveného energetického pilíře. Během tohoto testu je energetický pilíř napájen konstantní tepelnou kapacitou, která je poté extrahována. Vyhodnocení se provádí na základě Kelvinovy teorie liniového zdroje. Výsledky ukazují přesné geologické podmínky na místě po celé délce energetického pilíře a za typických provozních podmínek, včetně vlivů potenciálně existujícího toku podzemní vody.

Vzhledem ke komplexní geologické a hydrogeologické korelaci dimenzování energetických pilířů a speciálním technickým znalostem musí být plánování, simulace a dimenzování systémů energetických pilířů prováděno pouze odborníky.

Pokládání a instalace

Energetické hromadné systémy by měly být vždy provozovány jako střídavé výměníky tepla a chladu. Vzhledem k nadměrně zastavěnému povrchu není přirozený přísun tepla dostatečný, a proto při využívání systému po několika letech by se teplota v příslušné půdě snížila a klesla pod skutečnou mez použití. Během provozu vytápění by teplota měla být co nejnižší ($< 35 \text{ }^\circ\text{C}$) a během chlazení co nejvyšší ($> 16 \dots 18 \text{ }^\circ\text{C}$).

Všechny energetické piloty včetně jejich připojovacích vedení by měly mít stejnou délku a měly by být připojeny k tepelnému čerpadlu podle Tichelmannova principu prostřednictvím rozdělovacího potrubí pro přívod a odvod sběrnými trubkami.

Při pokládání potrubí podle Tichelmannova principu se požadovaná délka energetických pilířů rozdělí na paralelně propojené energetické pilíře pro příslušnou odběrnou kapacitu. S ohledem na tlakovou ztrátu je tedy třeba zohlednit objemový průtok jednotlivých energetických pilířů, délky potrubí a průměry potrubí.

Pokud není možné instalovat energetické piloty včetně spojovacích potrubí stejné délky, je nutné provést hydraulickou kompenzaci pomocí vyrovnávacích ventilů, aby byla v každé potrubní smyčce zachována stejná tlaková ztráta.

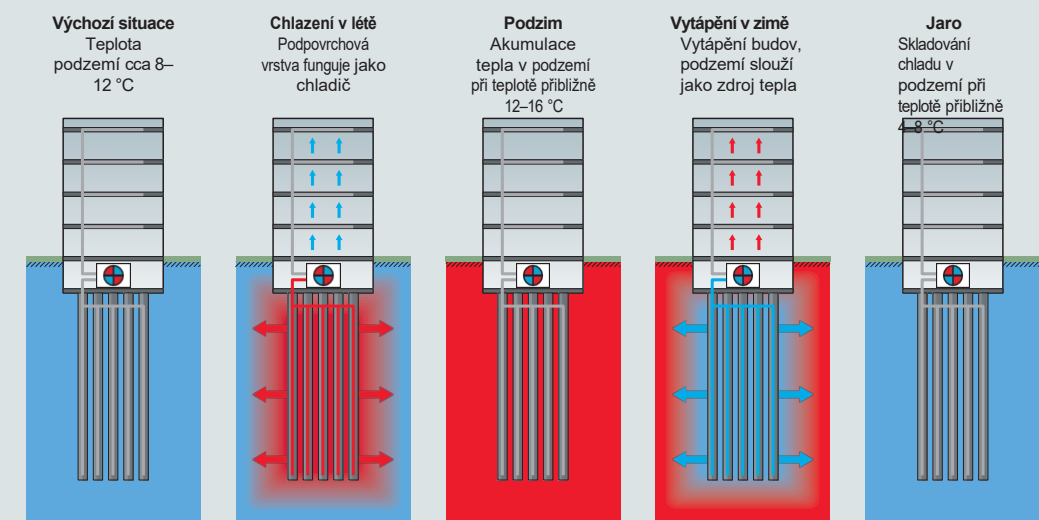
Přívodní a zpětné toky energetického pilíře lze sdružit pomocí rozdělovače v hlavě pilíře, Y-kusem nebo T-kusem a spojit s dalšími hroty ve skupině.

Připojení k horizontálnímu potrubí se provádí na hlavě piloty. Konce potrubí jsou vyvedeny z hlavy piloty tak, aby připojovací potrubí nemuselo být vedeno kolem piloty. Pomocí 90° potrubních tvarovek se vertikální potrubí z vrtné piloty připojí k horizontálnímu potrubí tak, aby se v této oblasti nevytvářely vzduchové kapsy.

Připojovací potrubí musí být položeno s minimálním sklonem k rozdělovači, aby bylo možné provést odvzdušnění. To se provádí nejlépe horizontálně v podkladní vrstvě nebo v pískovém loži – u trubek PE-Xa není pískové lože nutné – pod základovou deskou až k příslušnému rozdělovači.

Je třeba zajistit, aby připojovací potrubí nebylo umístěno v přímém

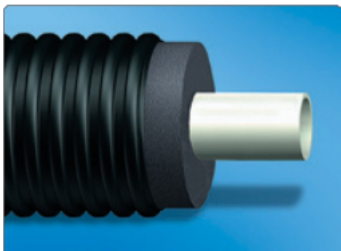
Energetické piloty: Tepelné využití podzemí



kontakt mezi sebou, aby nedocházelo k tepelnému zkratu mezi přívodem a zpětným tokem. V ideálním případě by měly být zpětné toky navrženy jako izolované potrubí, např. s Uponor Ecoflex Thermo Mini.

Připojovací potrubí lze vést k příslušnému rozdělovači buď jednotlivě (paralelně), nebo ve svazku (sériově). Výhodou připojení každého jednotlivého pilíře k příslušnému rozdělovači je to, že v případě poruchy jednoho pilíře dojde ke ztrátě pouze kapacity tohoto pilíře.

Všechny rozdělovače a armatury by měly být instalovány v přístupných komorách chráněných před deštěm mimo budovu. Všechny energetické sloupy by měly být vybaveny kulovými ventily na rozdělovačích, aby bylo možné je uzavřít. Připojovací vedení musí být připojeno k rozvodům bez napětí.



Uponor Ecoflex Thermo Mini

Je třeba zohlednit vzájemné rušení energetických pilířů. Stanovení množství a rozmístění energetických pilířů podle energetických aspektů obvykle není možné a je definováno statickými podmínkami budovy. Možnost vyvolat účinek mají takzvané „ztracené pilíře“, tj. pilíře, které nejsou tepelně aktivovány nebo jsou dodatečně instalovány jako energetické pilíře bez statických požadavků.

Potrubní spoje, které jsou smontovány na straně budovy a nejsou

přístupné, by měly být provedeny pomocí bezúdržbové spojovací techniky, např. Uponor Quick & Easy nebo elektrofúzních tvarovek.

Podle normy DIN 4140-2 musí být všechny přípojné potrubí v oblasti stěnového kanálu, stejně jako všechna potrubí pro rozvod solanky instalovaná v domě, izolována (izolace odolná proti difúzi vodní páry), aby se zabránilo kondenzaci vody.

Aby se zabránilo zamrznutí výměníku tepla, potrubí, spojovacích vedení a výparníku, je systém tepelného čerpadla naplněn solankou – obvykle směsí vody a glykolu (tepelného přenosového média).

Důležité
Z hlediska statiky je třeba brát v úvahu teplotní limity (min. > 0 °C/max. 25 – 30 °C).



Tlaková zkouška instalací energetických pilířů



Připojení energetických pilířů pomocí trubek Uponor PE-Xa

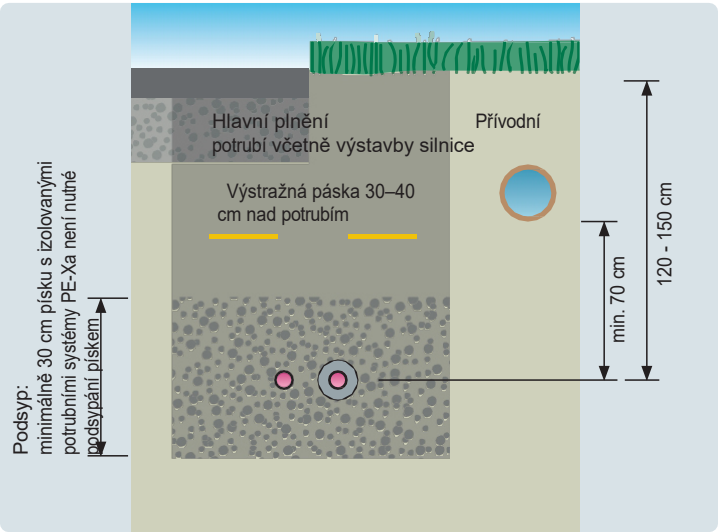
Tepelné přenosové médium pro trubky výměníku tepla a přípojné potrubí musí být vždy zvoleno tak, aby v případě úniku nedošlo ke kontaminaci podzemní vody a půdy nebo aby byla tato kontaminace co nejmenší. Je třeba zvolit netoxické nebo biologicky rozložitelné organické látky podle normy VDI 4640.

Dbejte na to, aby bylo možné systém naplnit a vypustit. Aby nedošlo k přeplnění, musí být systém tepelného čerpadla vybaven pojistným ventilem.

Procento glykolu se obvykle pohybuje mezi 25–30 %. Tlakové ztráty sběrných trubek jsou tedy o 1,5–1,7 vyšší než u trubek naplněných čistou vodou. To je třeba zohlednit při dimenzování čerpadla.

Tlaková zkouška musí být provedena v souladu s normou EN 805. V závislosti na typu použitého potrubí se spojovací potrubí pokládá do

Důležité
Nemrznoucí směs a voda musí být smíchány v dostatečně velké nádobě před energetickým systémem Uponor hromada je naplněna směsí!



Podložka propojovacích potrubí. Průtok není izolován – zpětný tok je izolován

pískovém loži. Pouze při použití trubek Uponor PE-Xa není zapouštění do písku nutné, protože jsou odolné proti pomalému i rychlému růstu trhlín.

Upevnění spojovacích vedení (výška v zemi a vzdálenost) lze provést pomocí háčků nebo nasazením trubek na výztužnou síť.

Objem vody na rozměr potrubí

Rozměry trubek PE-Xa [mm]	Vnitřní průměr [mm]	Objem vody [l/m]
20 x 2,0	16,0	0,201
25 x 2,3	20,4	0,327
32 x 2,9	26,2	0,539
40 x 3,7	32,6	0,835
50 x 4,6	40,8	1,307
63 x 5,8	51,4	2,075
75 x 6,8	61,4	2,961
90 x 8,2	73,6	4,254
110 x 10,0	90,0	6,362
125 x 11,4	102,2	8,203

Právní předpisy
Pro energetické pilové systémy může být vyžadováno schválení příslušnými orgány v dané zemi. Je třeba dodržovat normu VDI 4640 a Wasserhaushaltsgesetz (spolkový zákon o vodním hospodářství) (D), SIA D-0190, SIA D 0179 a BAFU-Vollzugsrichtlinie (CH), österreichische Wasserrechtsgesetz, Gewerbeordnung und Bauordnung (rakouský zákon o vodním právu, průmyslový zákoník a stavební zákoník).

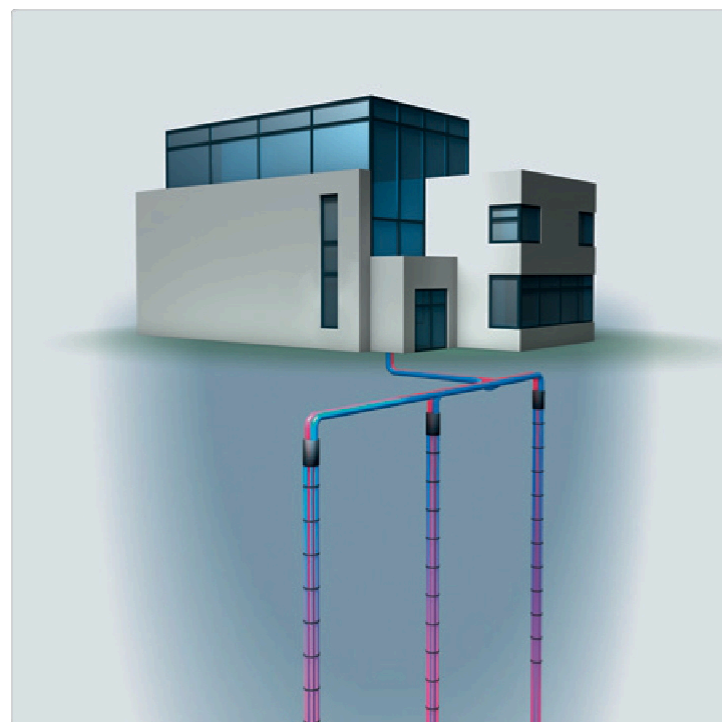
Vertikální kolektory

Systém/oblast použití

Pro využití energie země se často používají vertikální kolektory, které šetří místo. Vertikální kolektory lze použít téměř ve všech podzemních vrstvách.

Výhody

- Relativně prostorově úsporný typ systému využívajícího energii země
- Pro instalaci lze využít různé podklady
- Možnost aktivního i pasivního (bezplatného) chlazení a vytápění
- Ideální řešení pro rezidenční i nerezidenční aplikace



Schematické znázornění vertikálního kolektorového systému

Popis aplikace

Vertikální kolektory jsou v podstatě výměníky tepla, které se instalují svisle do země. Teplo dostupné v půdě se v kombinaci s tepelným čerpadlem zvýší na teplotu vhodnou pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Stejně jako jiné systémy využívající energii země lze vertikální kolektory v létě použít také k pasivnímu (bezplatnému) a aktivnímu chlazení. To je jedna z hlavních výhod oproti konvenčním systémům vytápění.

Při chlazení budovy v létě je absorbované teplo přenášeno

přenesené do země.

Omezení použití

Vertikální kolektor se obvykle skládá z jedné nebo dvou paralelních plastových trubek ve tvaru písmene U. V nich cirkuluje teplotněná kapalina, tzv. solanka, směs vody a nemrznoucího prostředku.

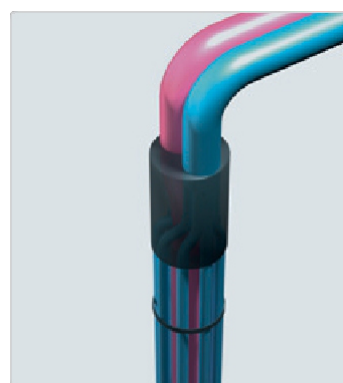
Požadovaná kapacita odběru závisí na geologických a klimatických podmínkách, technologii odběru tepla a sezónních výkyvech



Kolektor Uponor Simple U

obě trubky. Solanka odebírá teplo z půdy, transportuje ho do výparníku tepelného čerpadla a ochlazená se vrací zpět do vertikálního kolektoru.

poptávce spotřebitele. Pro vyšší kapacity lze vytvořit tzv. kolektorová pole. Jedná se o kombinaci několika vertikálních kolektorů.



Uponor G12

Energie získaná z půdy je ohřívána tepelným čerpadlem na požadovanou teplotu topného systému. Obvykle je teplota přívodu

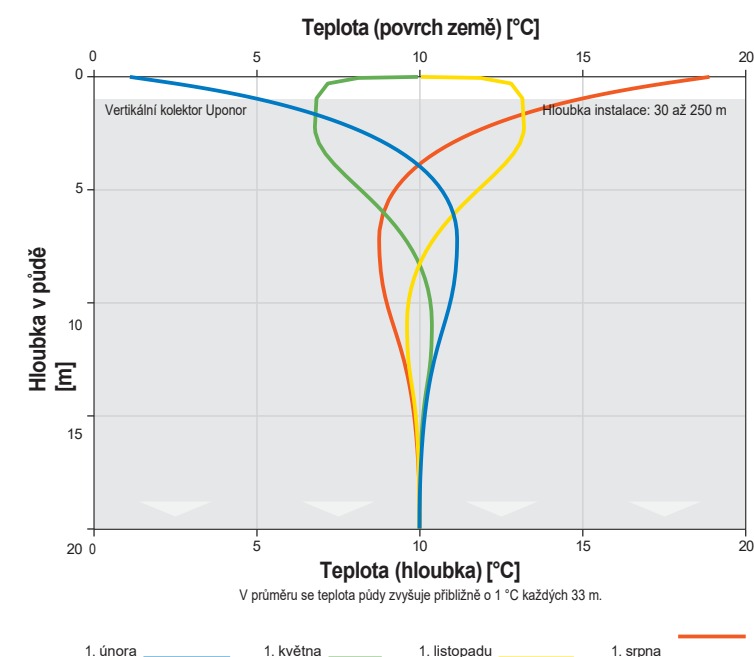
přibližně 35 °C. Teplota systému by měla být co nejnižší pro vytvoření podmínek pro vysoký sezónního výkonového faktoru.

V závislosti na systému se vertikální kolektory pro využití energie ze země mají délku až 400 m. Svařované spoje mezi U-ohybem a jsou testovány tlakem podle normy EN 805. Na místě není povoleno svařování vertikálního kolektoru není povoleno. Vertikální kolektorová sonda musí být dodána na staveniště předem vyrobená a tlakově

Teploty v horní vrstvě

Země se mění s ročním obdobím.

Pokud však klesne pod mrazové hranice, tyto výkyvy se výrazně snižují. Od hloubky 15 m

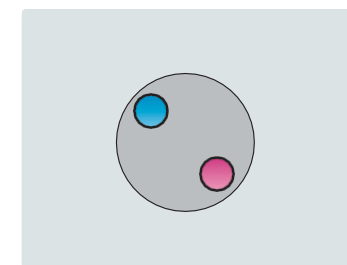


má půda téměř konstantní teplotu. Vertikální

kolektory zřídka podléhají teplotním výkyvům.

Typy vertikálních kolektorů

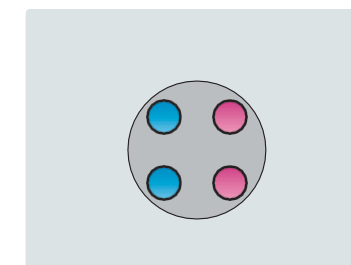
Existují tři základní typy vertikálních kolektorů:



Průřez jednoduchým U-kolektorem

Jednoduchý U-kolektor

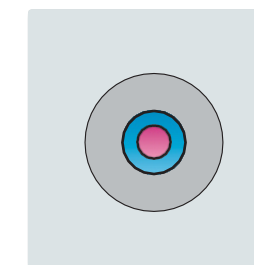
Jednoduchý U-kolektor se skládá ze dvou kolektorových trubek, které jsou ve spodní části spojeny U-tvarovou svařovanou spojkou z PE. Jednoduchý U-kolektor má jednu přívodní a jednu zpětnou trubku.



Průřez dvojitým U-kolektorem

Dvojitý U-kolektor

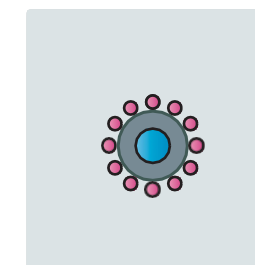
Dvojitý U-kolektor se skládá ze čtyř kolektorových trubek, které jsou ve spodní části spojeny – po dvojicích pomocí dvojitého U-tvarového svařovaného PE tvarovky. Dvojitý U-kolektor má tedy dvě přívodní a dvě zpětné trubky.



Průřez koaxiálním kolektorem

Koaxiální kolektor

Koaxiální je označení pro shodné osy otáčení trojrozměrných prvků. Koaxiální kolektor je tedy kolektor, který se skládá ze dvou kolektorových trubek, které jsou integrovány do sebe (vnitřní trubka a vnější trubka). V závislosti na druhu použití se vnitřní trubka stává přívodním nebo vratným potrubím.



Speciální typ: izolovaná trubka s vnějšími neizolovanými trubkami upevněnými v kruhu

Dimenzování vertikálních kolektorů

Dimenzování vertikálních kolektorů závisí na podmínkách podloží, roční době provozu tepelného čerpadla, průměru vrtu, vyplnění vrtu, poloze trubek ve vrtu a vzájemném rušení vertikálních kolektorových systémů.

Čím nižší je tepelný odpor vrtu R_b , tím vyšší je přenos tepla. Tepelný odpor vrtu udává teplotní ztrátu při přenosu tepla z podloží do média pro přenos tepla (solanky). Rozhodujícími kritérii pro odpor vrtu jsou průměr vrtu, tepelná vodivost materiálu výplně a typ vertikálního kolektoru.

Malý průměr vrtu snižuje odpor vrtu. Vyšší tepelná vodivost výplně vrtu snižuje tepelné ztráty při přenosu tepla a snižuje

odpor vrtu. Tepelný odpor vrtu je tedy kombinací přechodových odporů jednotlivých prvků a specifických materiálových odporů.

Přechodové odpory:
Zemní půda < > výplň vrtu
< > potrubí < > médium pro přenos tepla (solanka)

Odpor materiálů:

$$R_b = R_e + R_s + R_v \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

- R_e Koeficient přenosu tepla médium pro přenos tepla / potrubí
- R_s Koeficient přenosu tepla vertikální sběrné potrubí
- R_v Koeficient přenosu tepla doplňovacího materiálu

Požadovaná délka kolektoru L závisí na konkrétní odběrné kapacitě q_e podzemní vody a chladičí kapacitě Q_o solného/vodního tepelného čerpadla.

Specifická odběrná kapacita na metr vertikálního kolektoru

Podzemí	Specifická čerpací kapacita q_e na m vertikálního kolektoru pro topné výkony do 30 kW	
	1800 h/a	2400 h/a
Špatné podzemní podmínky, suché sedimenty sedimenty	25 W/m	20 W/m
Normální skalnaté podloží a sediment nasycený vodou	60 W/m	50 W/m
Konsolidovaná hornina s vysokou tepelnou vodivostí	84 W/m	70 W/m

Při delších provozních obdobích je třeba zohlednit jak specifickou odběrnou kapacitu q , tak specifický roční odběrný faktor.
U vertikálních kolektorů by měly být v rozmezí 100 až 150 kWh/(m · a). Pro Švýcarsko platí dimenzovací podmínky AWP/FWS.

$$L = \frac{Q_o}{q_e} \text{ [m]}$$

Chladičí výkon odpovídá podílu výkonu tepelného čerpadla odebraného z prostředí a je rozdílem mezi topným výkonem Q_H a spotřebou elektrické energie P_{el} .

$$Q_o = Q_H + P_{el} \text{ [W]}$$

Při dimenzování přípojovacích potrubí vertikálního kolektoru je třeba zajistit nízké tlakové ztráty – důležité: zvýšená viskozita solanky ve srovnání s médiem voda – protože výkon čerpadla snižuje sezónní výkon

faktor β systému tepelného čerpadla. Maximální rychlost proudění by měla být 1 m/s. Rychlost proudění v zemních sondách by měla být turbulentní, protože turbulentní proudění zlepšuje přenos tepla z potrubí do solanky, čímž se zvyšuje teplota solanky.

V případě monovalentního dimenzování solankového/vodního tepelného čerpadla musí být zdroje tepla dimenzovány tak, aby splňovaly požadavky na výkon budovy Q_G a nikoli požadavky na výkon tepelného čerpadla.

Celkový výkonový požadavek Q_{WP} zahrnuje požadavek na výkon budovy Q_G a na ohřev teplé užitkové vody Q_{ww} s ohledem na blokovací dobu Z.

$$Q_{WP} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z \text{ [W]}$$

Pokud se při výběru tepelného čerpadla použije model s nižším topným výkonem nebo kratší délkou sondy, prodlouží se provozní doba tepelného čerpadla. To znamená, že vertikální kolektor je více namáhán

nebo vyšší ročním čerpacím faktorem. Pro kompenzaci zvýšení provozních hodin je nutné prodloužit délku sondy, což vede k vyšší spotřebě energie.

Jako pravidlo platí následující: Při monovalentním dimenzování solankového/vodního tepelného čerpadla musí být výkon tepelného čerpadla alespoň 100 % celkové požadované kapacity.

Pro dimenzování větších vertikálních kolektorových systémů (> 30 kW) je velmi důležitá znalost tepelných vlastností podloží. Výpočet tepelné vodivosti z neporušených vzorků vrtných jader z testovacího vrtu je v zásadě možný, ale jedná se o velmi složitou metodu, kterou lze provést pouze v laboratoři.

Dimenzování vertikálních kolektorových systémů pomocí simulačních programů vyžaduje informace o efektivní tepelné vodivosti po celé délce otvoru

. Tyto informace se získávají přímo na místě pomocí tepelného odezvy testu (TRT).

Tepelná odezva

Tepelná odezva se měří pomocí speciální sondy. Během měření se sonda zahřívá na konstantní teplotu, která se poté měří. Hodnocení se provádí na základě Kelvinovy teorie lineárního zdroje tepla. Výsledky ukazují přesné geologické podmínky v místě vrtu po celé jeho délce a za typických provozních podmínek, včetně vlivu potenciálního proudění podzemní vody.

Vzhledem ke komplexní geologické a hydrogeologické korelaci dimenzování zemních sond a speciálním technickým znalostem musí být plánování, simulace a dimenzování vertikálních kolektorových systémů prováděno pouze odborníky.

Pokládka a instalace

Všechny vertikální kolektory včetně jejich přípojných potrubí by měly mít stejnou délku a měly by být připojeny k tepelnému čerpadlu podle Tichelmannova principu prostřednictvím rozdělovacího potrubí s přívodním a vratným potrubím a sběrnými trubkami.

Při připojení vertikálních kolektorů podle Tichelmannova principu se požadovaná délka kolektoru rozdělí na vertikální kolektory stejné délky. Kolektory jsou připojeny paralelně. Z hlediska tlakové ztráty je tedy třeba zohlednit objemový průtok jednotlivých vertikálních kolektorů, délky potrubí a průměry potrubí.

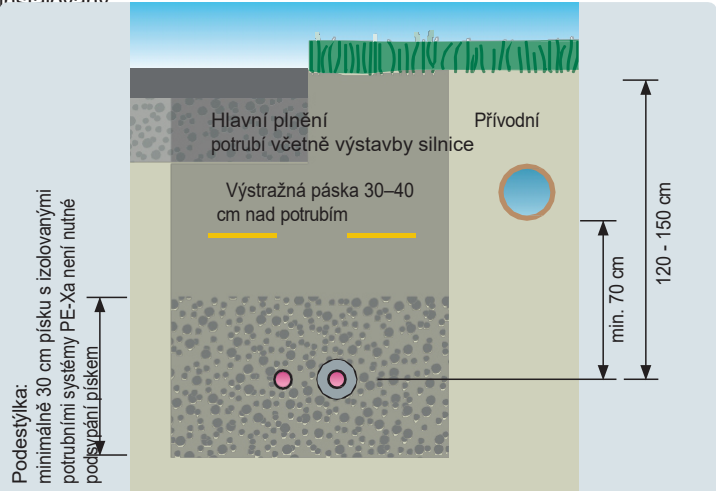
Pokud není možné instalovat vertikální kolektory včetně připojovacích potrubí stejné délky, je nutné provést hydraulickou kompenzaci pomocí vyrovnávacích ventilů, aby byl v každém potrubním okruhu zachován stejný tlakový spád.

Připojovací potrubí musí být položeno s minimálním sklonem k rozdělovači, aby bylo možné odvětrávání.

Provozní bezpečnost

Všechny rozdělovače a armatury by měly být instalovány v komorách chráněných před deštěm mimo budovu. Kromě toho by horizontální kolektory měly být vybaveny kulovými ventily na rozdělovačích, aby bylo možné je uzavřít. Připojovací potrubí musí být připojeno k rozdělovačům bez napětí.

Aby se zabránilo vzájemnému tepelnému rušení, měly by být vertikální kolektory instalovány s minimální vzdáleností nezávislou na prostředí (specifickou pro danou zemi). V případě aquiferových podzemních vrstev by měly být vertikální kolektory umístěny v pravém úhlu ke směru proudění podzemní vody. Je třeba se vyvarovat utěsnění oblastí, kde jsou vertikální kolektory instalovány.



Podložení přípojných potrubí. Přívod neizolovaný – zpětný tok izolovaný

V závislosti na typu použitého potrubí se spojovací potrubí pokládá do pískového lože. Pouze při použití trubek PE-Xa není zapouštění do písku nutné, protože jsou odolné proti pomalému i rychlému růstu trhlín.

Potrubní spoje, které jsou smontovány na straně budovy a nejsou přístupné, by měly být provedeny pomocí

Bezúdržbová technika připojení, např. Uponor Quick & Easy nebo elektrofúzní tvarovky.

Podle normy DIN 4140-2 musí být všechny přípojné potrubí v oblasti stěnového kanálu, stejně jako všechna potrubí pro rozvod solanky instalovaná v domě, izolována (izolace odolná proti difúzi vodní páry), aby se zabránilo kondenzaci vody.

Aby se zabránilo zamrznutí vertikální kolektorové instalace a výparníku, je systém tepelného čerpadla naplněn solankou – obvykle směsí vody a glykolu (tepelné přenosové médium).

Stavba a životní prostředí

Média pro přenos tepla pro trubky výměníku tepla a přípojné potrubí musí být vždy vybírána tak, aby v případě úniku nedošlo ke kontaminaci podzemní vody a půdy nebo aby byla tato kontaminace co nejmenší. Je třeba volit netoxické nebo biologicky rozložitelné organické látky podle normy VDI 4640.

Objem vody podle rozměru potrubí

Rozměr trubky PE-Xa [mm]	Vnitřní průměr [mm]	Objem vody [l/m]
40 x 3,7	32,6	0,835
50 x 4,6	40,8	1,307
63 x 5,8	51,4	2,075
75 x 6,8	61,4	2,961
90 x 8,2	73,6	4,254
110 x 10,0	90,0	6,362
125 x 11,4	102,2	8,203

Dbejte na to, aby bylo možné systém naplnit a vyprázdnit. Aby nedošlo k přeplnění, musí být systém tepelného čerpadla vybaven pojistným ventilem.

Procento glykolu se obvykle pohybuje mezi 25 a 30 %. Tlakové ztráty kolektorových trubek jsou tedy o 1,5 až 1,7 vyšší než při plnění čistou vodou. To je třeba zohlednit při dimenzování čerpadla.

Vertikální kolektory jsou při dodání na staveniště prefabrikované. Aby bylo možné vertikální kolektor po vyvrtání instalovat, je nutné jej před instalací naplnit vodou, aby se zabránilo jeho vymoření. Obvykle se na patku sondy připevňují přídavná závaží. Ta je nutné zahrnout do výpočtu délky vrtu.

Výběr průměru vrtu závisí na konstrukci vertikálního kolektoru a na podmínkách dané země. Čím menší je průměr vrtu, tím lepší je přenos tepla.

Pokud je nutné vertikální kolektor zasypat, mělo by se tak provést pomocí tepelně vylepšeného zásypového materiálu. Standardní zásypové materiály, jako je bentonit, mají tepelnou vodivost...

0,7 – 0,8 W/mK; tepelně vylepšené zásypové materiály vykazují tepelnou vodivost až 2,5 W/mK. Lze tak dosáhnout vyšších teplot solanky nebo snížit požadovanou délku sond při zachování stejné teploty solanky. Injektáž vertikálních kolektorů pod tlakem přes plnicí potrubí a injektážní potrubí by měla být vždy prováděna zdola nahoru, aby se zabránilo tvorbě dutin.

Rozpěrky mezi trubkami sondy zabraňují tepelným zkratkům mezi přívodem a odtokem. Pomocí rozpěrek jsou trubky sondy upevněny na stěně vrtu dále směrem ven, čímž se zlepšuje přenos tepla ze stěny vrtu do trubek sondy.

Důležité

Nemrznoucí směs a voda musí být smíchány v dostatečně velké nádobě předtím, než bude vertikální kolektor Uponor naplněn směsí!

Tlaková zkouška musí být provedena v souladu s normou EN 805. Tato zkouška musí být provedena krátce po zasypání – před vytvrzením.

naplnění zásypového materiálu nebo až po vytvrzení zásypového materiálu, aby se zabránilo vzniku vzduchové mezery mezi stěnou potrubí a

zasypávacím materiálem po uvolnění tlaku. Vznik vzduchové mezery vede k izolačnímu účinku vzduchu a tím k výraznému snížení přenosu tepla do stěny potrubí a do teplonosného média.

Upevnění spojovacích vedení (výška v zemi a vzdálenost) lze provést nasazením trubek na výztužnou síť nebo pomocí zemních háků.

Právní předpisy

Pro vertikální kolektory může být vyžadováno schválení příslušných orgánů v dané zemi, zejména v případě místně odlišných předpisů, jako jsou VDI 4640 a Wasserhaushaltsgesetz (spolkový zákon o vodním hospodářství) (D), SIA 384/6 a BAFU-Vollzugsrichtlinie (CH), österreichische Wasserrechtsgesetz, Gewerbeordnung und Bauordnung (rakouský zákon o vodním právu, průmyslový zákoník a stavební zákoník, Commodo-Law (Lux) musí být dodržovány.

Provádějící vrtné společnosti by měly být certifikovány podle DVGW W120 (D) a být schopny předložit pečeť kvality FWS groundprobe (CH), BRL SIKB 2000 (NL).

Kvalitní materiály Uponor

PE-Xa

Díky své dlouhé životnosti a mimořádné odolnosti zajišťují trubky Uponor PE-Xa nejen bezpečnost dodávek, ale také vynikající poměr ceny / výkon. Za mírný příplatek získávají uživatelé bezkonkurenční bezpečnost na desítky let.

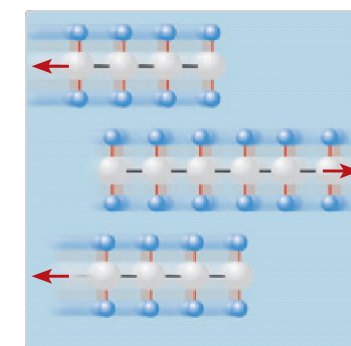
Uponor je jedinou společností, která nabízí prodlouženou záruku 10 let včetně náhrady škody až do výše 1 milionu eur v jednotlivých případech za pokládku trubek bez pískového lože v souladu s obecně platnými předpisy.

Kromě kombinace se systémem spojek Uponor Quick & Easy jsou trubky Uponor PE-Xa svařitelné pomocí konvenčních elektrofúzních spojek a vykazují stejnou kvalitu jako spoje z netužených polyetylenových trubek.

Při výrobě trubek Uponor PE-Xa se molekuly polyethylenu spojují do trojrozměrné sítě s vysokou hustotou pomocí patentovaného postupu. Díky této síťování získává trubka vynikající tepelné a mechanické vlastnosti, díky nimž je první volbou pro sofistikované aplikace v oblasti geotermální energie.

Trubky Uponor PE-Xa pro geotermální energii jsou vysokotlaké síťované podle patentované metody Engel. V tomto procesu se vysoce kvalitní polyetylenový materiál roztaví a vytvaruje do trubky v takzvaných ram extruderech.

V důsledku vysoké teploty vznikající při tomto procesu a vysokého tlaku reaguje přidaný peroxid v procesu tavení a částečně oddělí atomy vodíku od atomů uhlíku v molekulárních řetězcích polyethylenu. Na těchto volných místech se nyní mohou molekulární řetězce propojit. Vzniká stabilní trojrozměrná síť, která se nemůže „rozvázat“. Proto jsou trubky PE-Xa zvláště vhodné pro všechny způsoby pokládky, které materiál namáhají.



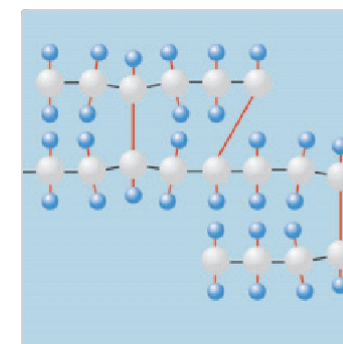
„Rozpojení“ molekulárního řetězce pod tlakem v nesíťovaném polyethylenu

Na rozdíl od netvrzených polyetylenových trubek mají tvrzené polyetylenové trubky takzvaný paměťový efekt. Jedná se o snahu materiálu vrátit se téměř automaticky do svého původního tvaru po nucené deformaci, například v důsledku roztážení.

I zvlnění lze odstranit zahřátím trubky na maximální teplotu 140 °C.



Opravování zalomení horkým vzduchem



Molekulární struktura síťovaného polyethylenu PE-Xa zabraňuje rozvinutí smyček pod tlakem

Paměťový efekt trubek PE-Xa je rozhodujícím mechanismem v souvislosti s technologií spojování Uponor Quick & Easy. Zde se trubka PE-Xa roztáhne, vloží se tvarovka a díky paměťovému efektu se PE-Xa smrští zpět s požadovanou utěšňovací silou a bez dalších těsnicích prvků na tvarovce – rychle a bezpečně!

Trubky s plnou stěnou z PE 80 nebo PE 100 nabízí mnoho výhod ve srovnání s kovovými trubkami. Musí však být vždy pokládány do pískového lože, což je složitý a nákladný proces. Trubky vyrobené z peroxidově síťovaného polyethylenu PE-Xa jsou však velmi tvárné, odolávají vysokému mechanickému namáhání a lze je instalovat bez pískového nebo šterkového lože podle pracovního listu DVGW W 400-2. Vykopanou zeminu lze často přímo

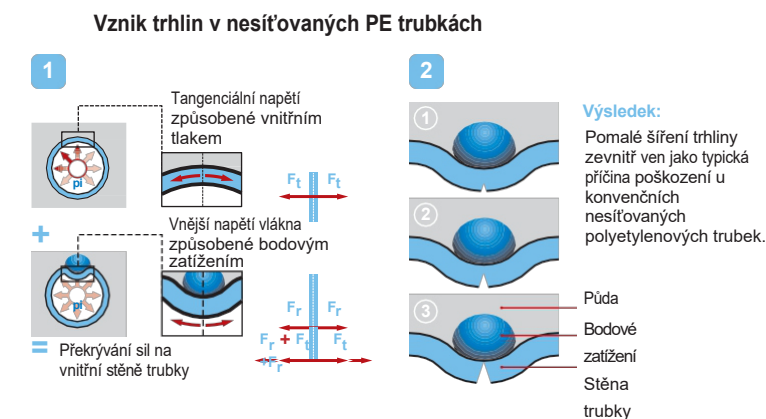


Pokládání trubek PE-Xa bez pískového lože

použít k zásypu. To šetří čas i peníze.

Pokud jsou plastové trubky pokládány bez pískového lože, jsou vystaveny velmi vysokému namáhání. Na trubku působí vnější napětí vláken způsobené bodovými zatíženími na vnější straně, např. kameny a tělesy, a tangenciální napětí trubky ovlivněné vnitřním tlakem. Obě síly se překrývají na vnitřní stěně trubky. V nesíťovaných

Nyní se měří doba, za kterou se v důsledku vrubu vytvoří trhlinka, která se šíří a nakonec dojde k prasknutí trubky. Testování trubek Uponor PE-Xa při teplotě 95 °C bylo po 14 300 hodinách bez poškození ukončeno. Extrapolací na zkušební teplotu 80 °C, která je pro PE obvyklá, se dostáváme k pevnosti v tečení více než 70 000 hodin – hodnotě, která daleko přesahuje výkonnost nejmodernějších nesíťovaných PE materiálů.



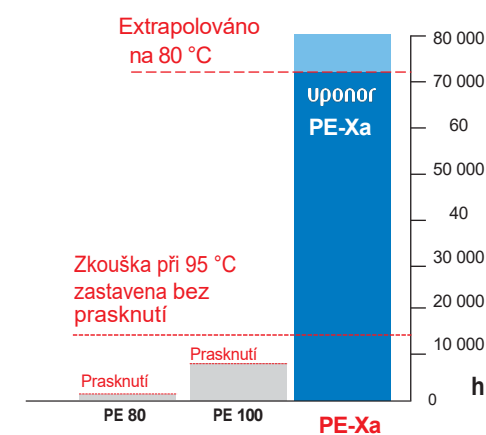
Uponor ground energy PE-Xa dosahuje nejlepších výsledků ve čtyřech nejdůležitějších testech:

- **Pomalé šíření trhlin:** Test byl zastaven bez výsledků (po 14 300 hodinách)
- **Rychlé šíření trhlin:** Test S4 neprokázal žádné šíření trhlin
- **Pevnost v tečení:** 30 let reálného testování vedlo k životnosti více než 100 let
- **Chování při bodovém zatížení:** bez vlivu, schváleno pro instalaci bez pískového lože podle DVGW W400-2

polyetylenových trubek vznikají praskliny ve stěně trubky, které se šíří směrem ven strana v průběhu času.

U trubek Uponor z PE-Xa pro geotermální energii nedochází díky speciální síťování k tvorbě trhlin a jejich šíření po materiálu. Tato rozhodující výhoda materiálu byla potvrzena nezávislými testy (S4, Notch, FNC-Test). Důležitým kritériem pro instalaci bez pískového lože je analýza pevnosti trubek v tahu v FNCT (Full Notch Creep-Test). Při tomto testu se měří pevnost v tahu vzorku materiálu při zvýšených teplotách. K tomu se vzorek po celém obvodu nařízne na 10 % tloušťky materiálu a vystaví se tahové síle v temperované lázni s povrchově aktivní látkou.

FNCT – $\sigma = 4 \text{ N/mm} \cdot \text{doba tečení při } t = 80 \text{ °C}$



Díky této vysoké odolnosti proti mechanickému namáhání jsou trubky Uponor PE-Xa zvláště vhodné pro geotermální energii:

U energetických pilířů z monolitického betonu může docházet k mechanickému namáhání a poškození při upevňování trubek na výztužné kleci, při vkládání vybavené výztužné klece, ale také při betonování pilíře.

Vzhledem k procesům na staveništi jsou spojovací vedení pro vertikální kolektory a energetické piloty často vystaveny mechanickému namáhání během instalace i po ní. Výsledkem je nedostatečné vyložení trubek a namáhání trubek způsobené lidmi a stroji.

Další výhodou trubek PE-Xa je, že nejsou zapuštěny.

v písku; suchý písek je například špatným tepelným ložem pro horizontální kolektory kvůli své nízké tepelné vodivosti. S trubkami PE-Xa lze pro zapuštění použít původní půdní materiál, který má obvykle lepší vodivost – kromě vyšší energetické účinnosti to také šetří náklady.

Rychlé a snadné

Trubky Uponor PE-Xa (vysokotlaké síťované podle Engelovy metody) mají tepelnou paměť, tzv. paměťový efekt. To má za následek vynikající schopnost resetování, kterou využíváme pro techniku připojení Quick & Easy. Pokud je trubka Uponor PE-Xa rozšířena vhodným nástrojem, vrátí se během krátké doby do svého původního tvaru. Při tomto spojení se materiál trubky stává těsnicím materiálem. Spojuje se silovým a tvarovým spojem s Quick & Easy Fitting. Je zajištěno 100% bezpečné spojení trubky a tvarovky bez O-kroužků.

Nejprve se na konec trubky nasadí pojistný kroužek, aby se poté mohl spolu s pojistným kroužkem roztáhnout. K tomu se používá hydraulický manipulátor a roztahovací hlavy pro různé typy a rozměry trubek Uponor PE-Xa.

Než se konec trubky pokusí vrátit do původního tvaru, vloží se spojka Uponor Quick & Easy Fitting. Již po několika sekundách se trubka smrští na původní velikost a vznikne absolutně bezpečné a těsné spojení. V závislosti na pracovní teplotě často krátce po dokončení

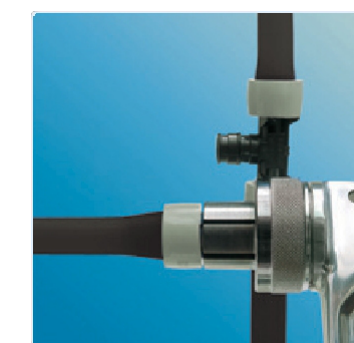
Po dokončení instalace lze provést zkoušku těsnosti.

Pro aplikace v oblasti geotermální energie je k dispozici řada armatur Uponor Quick & Easy vyrobených z PPSU.

Vysoce výkonný plast polyfenylsulfon (PPSU) se vyznačuje vysokou mechanickou pevností a odolností vůči teplotám.



Zatačení na pojistný kroužek



Rozšíření konce kolače



Nasunutí trubky na tvarovku

Plánování projektu

Plánování projektu

Realizace projektu

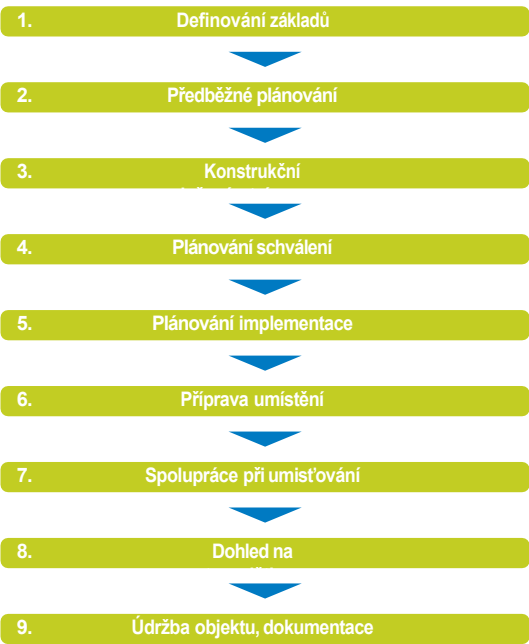
Plánovací úkoly v oblasti geotermální energie lze rozdělit do dvou oblastí: plánování geotermální energie (plánování TBA) a plánování TGA.

Plánování TBA se týká systému geotermální energie, zatímco plánování TGA se týká technických instalací budov/budovových služeb.

Níže je uveden plánovací proces včetně obsahu a přidělení úkolů pro plánování pozemního energetického systému a pro plánování technických

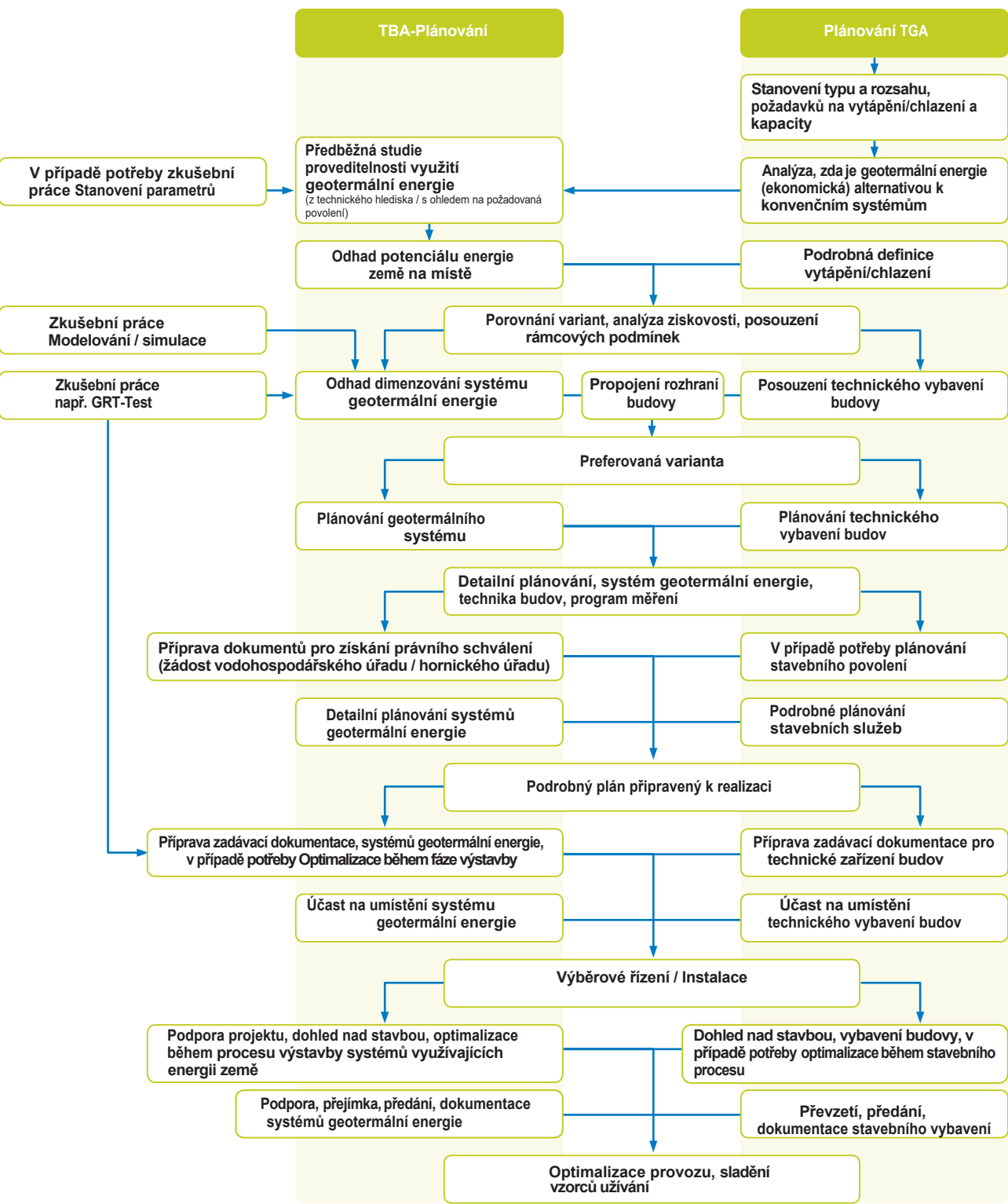
instalací budov, který poskytuje přehled nezbytných úkolů a poskytuje inženýrovi nástroj pro implementaci těchto úkolů. Kromě toho má tento harmonogram usnadnit komunikaci mezi klientem a různými specializovanými inženýry a sledování plnění úkolů.

Kroky plánování



Plánovací harmonogram. Zdroj: Manja Gust, HGN Hydrologie GmbH, pobočka Magdeburg, 2008

Obsah / přidělení úkolů



Podrobné plánování

Stanovení základních parametrů

Základem pro počáteční fázi plánování je koordinace mezi všemi zúčastněnými osobami. Během této fáze se definují základní cíle využití a energetické kapacity, které mají být poskytnuty:

- 1

Pouze
- 2

vytápění
- 3

Pouze
- 4

chlazení
- Kombinace vytápění/chlazení
- Akumulace tepla a chladu

Kromě základního využití v tomto plánovacím stavu je nutné koordinovat parametry systémů vytápění a chlazení (cílové teploty, topné a chladicí výkony, sezónní výkonnostní faktor atd.), které mají být připojeny k systému geotermální energie s vytápěním nebo chlazením, s osobou odpovědnou za plánování TGA. Pro správné dimenzování systému mohou být nutné další analýzy nebo testy. Tyto analýzy a testy je třeba považovat za zvláštní úkoly a musí být předem odsouhlaseny s klientem.

Fáze plánování

Na základě cílů a výzkumu a analýzy vlastností půdy lze vypracovat postupy využití energie země, které lze na daném místě použít.

V rámci projektového plánování se definují rozměry a parametry a procesy pro instalaci systému, jako například:

- Systém výroby tepla a chladu (tepelné čerpadlo/chladič)
- Režim provozu, výkonové parametry (faktor energetické účinnosti)
- Rozměry, uspořádání, připojení k systémům vytápění a chlazení, připojení k systému využívání energie země atd.
- Systém geotermální energie
- Rozložení vrtů
- Návrh distribučního systému
- Prostor potřebný pro implementaci
- Dovednosti personálu
- Materiál sond a kolektorů, které mají být instalovány
- Postup a využití materiálu pro injektáž vrtů
- Provozní kapalina pro okruh
- Funkční zkoušky a kontroly

Umístění / realizace

Pokud nebylo možné provést test tepelné odezvy (TRT) pro instalace zemních sond v pilotním vrtu, doporučuje se provést tento test na první nainstalované sondě. Poté lze provést simulaci na základě naměřených parametrů. V případě potřeby je nutné plánování upravit. Před uvedením do provozu zemní energie

U systémů, které využívají okruhy s teponosnou kapalinou s čerpadlem pro výměnu tepla s půdou, musí být systém naplněn vhodnou hotovou směsí teponosné kapaliny a poté propláchnut. Tlaková zkouška všech okruhů podle normy EN 805 musí být zdokumentována. Kromě toho musí být před uvedením systému do provozu zkontrolován a v případě potřeby opraven konstantní průtok zemních výměníků energie a v případě potřeby upraven. Pro sledování tlaku musí být na systému výměny energie se zemí nainstalován manometr zobrazující povolený rozsah tlaku. Při použití teponosných kapalin musí být systém zabezpečen proti úniku.

Budoucí provozovatel systému je proškolen v obsluze systému, údržbě systému a odstraňování poruch.

Po fázi plánování se doporučuje zkontrolovat provoz systému, v případě potřeby jej optimalizovat a přizpůsobit způsob používání systému geotermální energie.

Stanovení základních parametrů

Stanovení energetické spotřeby

Stanovení spotřeby tepla/chladu	TGA
Vyjasnění / definování úkolů	TGA
Požadavky na energii a kapacitu, určení typu a rozsahu; dohoda s klientem	TGA
Analýza, zda je geotermální energie alternativou k konvenčním systémům	TBA/TGA

Výsledek: Zemní energie je (ekonomickou) alternativou k konvenčním systémům.

Kontrola proveditelnosti

Ověření možnosti schválení	
Kontrola právního stavu schválení	TBA
Identifikace specifických požadavků jednotlivých zemí a licenčních požadavků a objednávek	TBA
Kontrola konkurence v oblasti využití	

Výsledek: Varianty využití energie země, které jsou licencovatelné s ohledem na požadavky úřadů.

Objasnění geologie, hydrogeologie, hydrologie (kvalitativní) prostřednictvím výzkumu a vyhodnocení databází a plánovacích dokumentů a map, sběr dat	TBA
Vyhodnocení zpráv a dokumentů, extrakce dat	TBA
Kontrola věrohodnosti údajů	TBA
Sestavení a posouzení hydrogeologických podmínek lokality na základě dostupných údajů a dokumentů	TBA
Analýza rizikových faktorů projektu	TBA
Informace o tepelných a hydraulických dopadech na životní prostředí	TBA
Stanovení poptávky po průzkumu / testovací práce	TBA
Posouzení relevantních geotermálních parametrů půdy (mj. tepelný tok / tepelná vodivost půdy, bilance podzemní vody, kvalita podzemní vody)	TBA
Podrobné posouzení poptávky po vytápění/chlazení, přizpůsobení poptávky po vytápění/chlazení potenciálu energie podloží	TGA

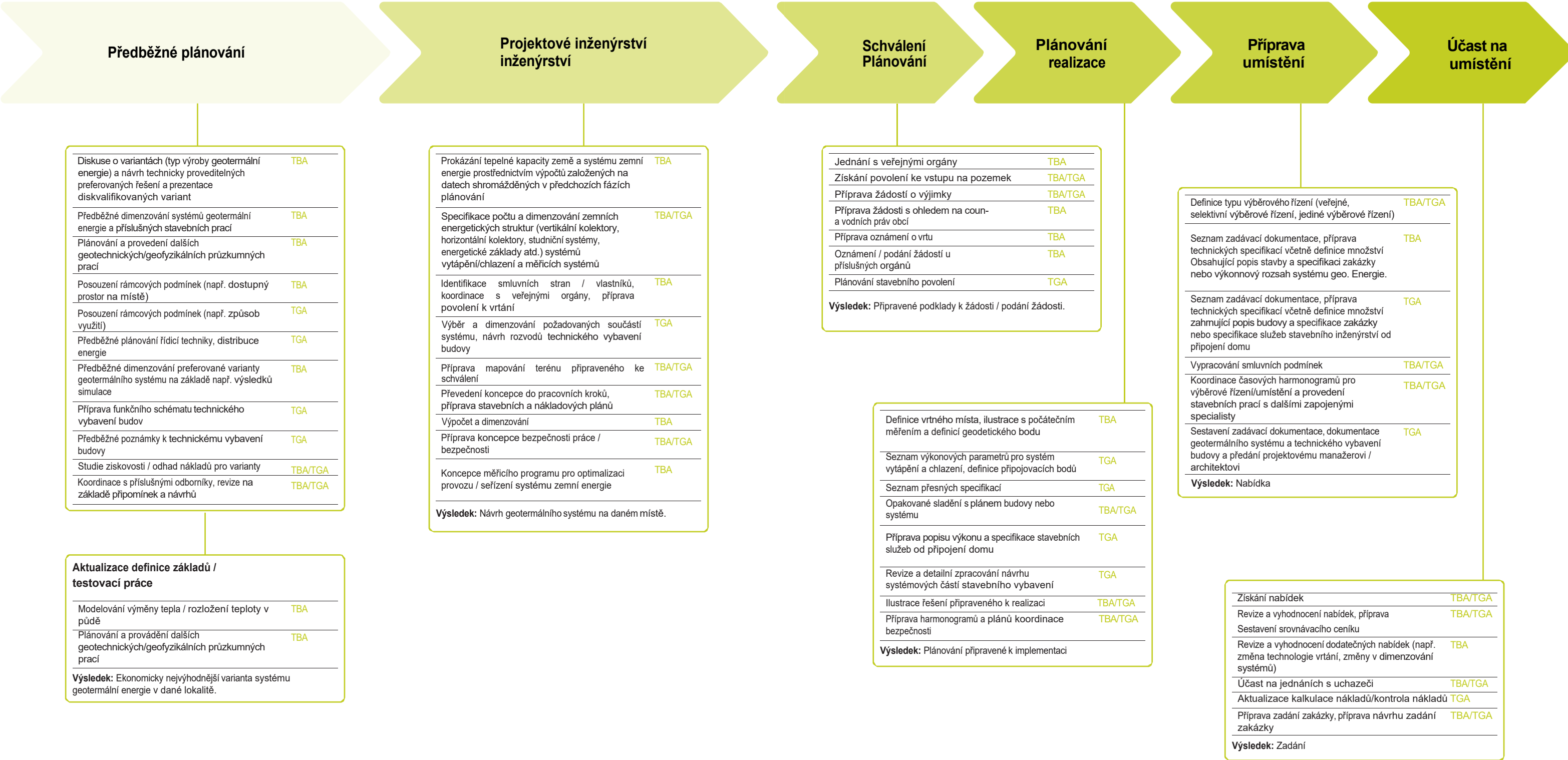
Výsledek: Předběžné posouzení potenciálu energie v podloží na místě.

V případě potřeby podrobnější definice základních parametrů / testovací práce

Stanovení parametrů (prostřednictvím zkušebního vrtání)	TBA
vzorkování a analýza vzorků půdy a podzemní vody, geofyzika)	
Plánování a realizace dalších geotechnických/geofyzikálních průzkumných prací	TBA
Hydrogeologické znalosti	TBA
Provádění studií o dopadu na životní prostředí	TBA
Základní koncepce	TBA
Informace o modelech financování a dotacích	TBA
Koordinace s příslušnými odborníky, revize na základě připomínek a návrhů	TBA/TGA

Výsledek: Varianty využití energie země, které jsou připraveny ke schválení a zohledňují licenční požadavky a

předpisů a jsou klasifikovány jako realizovatelné na základě posouzení geotermálního potenciálu v dané lokalitě.





Dohled nad vrtnými pracemi (instruktáž vrtného týmu, operativní rozhodnutí o zahájení/přerušení vrtání, případně kontrola systémů geotermální energie)	TBA
Vyhodnocení výsledků vrtných prací	TBA
Koordinace poskytování dokumentů (profily vrstev, zprávy o vrtání a zásypu, seznamy materiálů pro potrubí a zásypové materiály, tlakové zkoušky)	TBA
Stanovení a kontrola nákladů	TGA
Sledování kvality a harmonogramů	TGA
Účast na inspekcích, tlakových zkouškách, odběru vzorků materiálů	TBA
Koordinace inspekci prováděných úřady	
Kontrola dodržování specifikací, předpisů a stanovených pravidel	TGA
Koordinace a kontrola technických změn	TGA
Podpora při přípravě stavebních měření	TGA
Koordinace poskytování dokumentů (vrstvy profilů, zprávy o vrtání a zásypu (pokud je zásyp vyžadován), seznamy materiálů pro potrubí a zásypové materiály, tlakové zkoušky, provozní manuály)	TBA
Příprava a certifikace plánu těžby	TBA
Podání dokumentace u příslušných orgánů	TBA
Zadávání dat do databáze	TGA
Vyhodnocení obsahu dat	TGA
Účast na přípravě provozních pokynů nebo školení uživatelů	TGA
Účast na uvedení do provozu	TGA
Převzetí, předání, dokumentace	TGA
Prohlášení o nedostatcích, sledování nápravy nedostatků	TGA
Výsledek: Provedení úkolů podle plánu	

Uvedení do provozu, přizpůsobení způsobu použití, účast na fázi úprav	TBA/TGA
Výsledek: Systém připraven k provozu	

Odstávka

Již při plánování systému využívajícího energii země je třeba vzít v úvahu jeho demontáž. Při odstavení systému je třeba zajistit, aby části systému, které zůstanou v zemi, nezpůsobily v dlouhodobém horizontu přímé ani nepřímé poškození životního prostředí.

Teplonosná kapalina v tepelných výměnících musí být propláchnuta čerstvou vodou a řádně zlikvidována. Potrubí tepelných výměníků může zůstat v zemi, pokud je netoxické a vyrobené z materiálu odolného proti korozi. Poté musí být zcela zasypáno vhodným materiálem, aby bylo zajištěno

že jsou utěsněny udržitelným způsobem. Pokud nelze vyloučit, že trubky výměníku tepla představují riziko pro životní prostředí, musí být odstraněny a prázdný prostor musí být zasypán s ohledem na vrstvy půdy. O demontáži zemních výměníků tepla je třeba informovat schvalovací orgány.

Společnost Geocore nabízí stavebním profesionálům nekompromisní kvalitu, špičkové odborné znalosti a dlouhodobá partnerství. Jako přední mezinárodní společnost jsme známí svými řešeními, která pomáhají vytvářet lepší prostředí pro lidi.

Filozofie Simply More společnosti Geocore zahrnuje služby pro všechny fáze stavebního procesu – od prvního návrhu projektu až po budovu v provozu.



Geocore s.r.o.

Na Štáhlavce 1401/7
160 00 Praha 6
Česká republika

T: +420 777 409 900

info@geocore.cz

www.geocore.cz/produkty/stropni-vytapeni-a-chlazení/

