

HTPO

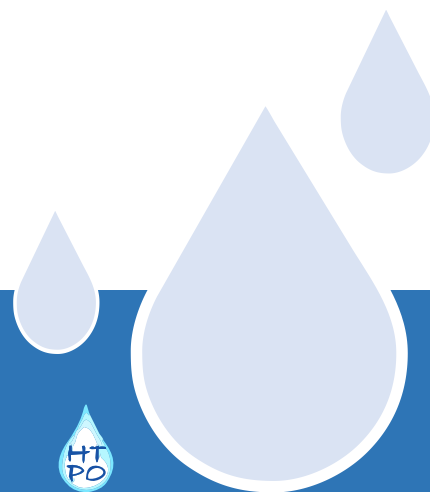
ATCZ167

D.T2.2.2

CZE ZHODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH ZDROJŮ A JEJICH EKONOMICKÉHO POTENCIÁLU

Část 1 – Základy a teoretické oblasti využití termálních vod

Prosinec 2021



Autoři HTPO projektového týmu:	
Doris Rupprecht	Geologische Bundesanstalt, AUT
Kontakt:	doris.rupprecht@geologie.ac.at
Gregor Götzl	Geologische Bundesanstalt, AUT
Magdalena Bottig	Geologische Bundesanstalt, AUT
Dominika Tóthová	
Petr Halámek	
Luděk Benada	

Více informací a další výstupy projektu "HTPO – Hydrotermální potenciál oblasti Laa an der Thaya-Pasohlávký" naleznete na:

https://www.at-cz.eu/cz/ibox/po-2-zivotni-prostredi-a-zdroje/atcz167_httpo



EVROPSKÁ UNIE



MUNI



 Geologische Bundesanstalt

OBSAH

1. Úvod.....	5
2. Využití termálních vod	6
2.1. Využití termálních vod k léčebným a koupacím účelům	7
2.2. Energetické využití termálních vod – hlubinná geotermální energie.....	9
2.3. Silné a slabé stránky geotermální energie.....	10
3. Formy a využití hydrotermální a geotermální energie	13
3.1. Výroba elektřiny	14
3.2. Dodávka tepla.....	16
3.3. Akumulátory tepla.....	17
3.4. Další možné aplikace	18
4. Trh s teplem, poptávka po teple a aplikace tepla	19
4.1. Stanovení priorit trhu s teplem	19
4.2. Kaskádové využití termálních vod.....	21
4.3. Možností využití v průmyslovém zásobování teplem.....	24
5. Využití geotermální energie v ČR a ve světě.....	26
5.1. Význam a potenciál využití geotermální energie ve světě	26
5.2. Význam a potenciál využití geotermální energie v ČR.....	28
5.3. Případová studie Geotermální energie Litoměřice.....	33
5.4. Finanční analýza modelového příkladu využití termální vody.....	36
5.5. Shrnutí.....	41
6. Využití termální vody pro lázeňské účely.....	42
6.1. Parametry termální vody v řešené oblasti	42
6.2. Finanční analýza lázeňských zařízení v České republice	43
6.3. Vliv pandemie COVID-19 na hospodaření lázeňských zařízení.....	47
6.4. Finanční analýza modelového příkladu výstavby lázeňského zařízení	50
6.5. Připravované projekty v regionu	53
6.6. Shrnutí	56
Reference:.....	57
7. Přílohy:.....	60
7.1. Příloha 1. Přímé využití geotermální energie dle jednotlivých zemí	60
7.2. Příloha 2. Produkce elektrické energie z geotermálních zdrojů dle jednotlivých zemí.....	63
7.3. Příloha 3. Seznam poskytovatelů LLRP v ČR dle jednotlivých lázeňských míst.....	64
7.4. Příloha 4. Finanční výsledky vybraných poskytovatelů LLRP v ČR	67
7.5. Příloha 5: Studie ekonomické proveditelnosti výroby energie pomocí termální vody v oblasti projektu HTPO	

7.5.1.	Úvod.....	71
7.5.2.	Software - GEOPHIRES v2.0.....	71
7.5.3.	Rámcové podmínky pro simulaci v oblasti projektu HTPO	72
7.5.4.	Výsledky	72
7.5.5.	Hodnocení.....	73

1. ÚVOD

Tato zpráva vznikla v rámci projektu "HTPO – Potenciál hydrotermální oblasti" v oblasti Laa an der Thaya-Pasohlávký". Vložení do struktury projektu je uvedeno v následující tabulce:

WP 2	Návrhy budoucích opatření pro přeshraniční řízení v oblasti využívání termálních vod
Aktivita 2.2	Společné strategie pro udržitelný rozvoj a řízení termálních vod v příhraniční oblasti ČR a Rakouska
Úkol 2.2.2	Zhodnocení existujících zdrojů a jejich ekonomického potenciálu
	Část 1: Základy a teoretické oblasti použití termálních vod
	Část 2: Socio-ekonomický potenciál v pohraničí Laa an der Thaya – Pasohlávký

Zpráva o úkolu 2.2.2 bude vypracována ve 2 částech. V této části 1 "Základy a teoretické oblasti použití termálních vod" je popsán ekonomický potenciál využití termální vody s ohledem na cestovní ruch a zásobování energií obecně. Kromě toho jsou na základě výsledků pracovního balíčku T1 určeny možné oblasti použití termální vody. Vyhodnocení těchto výsledků na základě socioekonomické analýzy je provedeno v části 2 "Socioekonomický potenciál v příhraničním regionu Laa an der Thaya – Pasohlávký".

Cílem zprávy je poskytnout souhrn možností využití termálních vod a nastínit hlavní související technické parametry. Různé formy použití jsou uvedeny s ohledem na jejich požadované teplotní rozsahy. Velká pozornost je věnována využití termálních vod pro výrobu energie (tepla a elektřiny). Využití termálních vod pro léčebné a koupací účely je diskutováno s ohledem na vhodnost vod.

Dále budou porovnány údaje z technického pracovního plánu WPT1 projektu s teoretickými požadavky na využití termální vody. Údaje dostupné v době hlášení zahrnují teplotu a oblasti termálních vod. Tyto údaje se překrývají s obecnými technickými požadavky na použití termální vody. Výsledky odrážejí možné aplikace termálních vod pro výrobu energie a poskytují informace o možných aplikacích pro budoucí využití v oblasti projektu.

Postup realizace případného využití bude popsán v dalším průběhu projektu formou návodu. Tato příručka se zabývá vědeckými a technickými aspekty provádění. V právních záležitostech a při posuzování rizik a dopadů na životní prostředí se odkazuje na zprávy o projektech z úkolu 2.1 "Právní rámec pro využívání termálních vod v příhraničním regionu Česká republika – Rakousko" a 2.2.3 "Posouzení možných rizik a vlivů na životní prostředí při využívání termálních vod".

Možnost využití hydrotermální geotermální energie a využití termálních vod pro léčebné účely a účely koupání je hodnocena na základě geologických podmínek. Prohlášení o ekonomické efektivitě elektráren odkazují na současný stav techniky a současné ceny energií nebo energetickou politiku. Je třeba poznamenat, že technologie pro využití geotermální energie se neustále vyvíjí kvůli rostoucí poptávce, a v neposlední řadě také kvůli sociálnímu a politickému úsilí o ochranu klimatu. Lze proto předpokládat, že budoucí projekty mohou zlepšit ekonomickou životaschopnost díky faktorům, jako jsou např. lepší dotace na výstavbu obnovitelných zdrojů energie a infrastruktury nebo zdanění konvenční energie.

Příprava tohoto dokumentu byla provedena s přihlédnutím k výsledkům průzkumů cílové skupiny provedených v rámci projektu. Pro podrobné shrnutí těchto průzkumů se odkazuje na zprávu z úkolu 2.2.1 "Integrativní průzkum a hodnocení příležitostí a rizik pro využívání termálních vod".

2. VYUŽITÍ TERMÁLNÍCH VOD

Následující kapitola shrnuje nejdůležitější základní informace o využívání termálních vod, a podává tak stručný přehled o definici termálních vod, právním základu a popisu a rozdílech využití ke koupelovým a léčebným účelům (balneologie) a k výrobě energie (hlubinná geotermální energie). Kromě definice hlubinné geotermální energie je zde uveden i úvod do různých forem využití geotermální energie.

Definice termální/lázeňské vody

Označení vody jako termální je založeno na její teplotě - termální voda má na výstupu z pramene teplotu 20°C nebo vyšší. Podle spolkového zákona z roku 1958 o přírodních léčivých zdrojích a lázních se léčivými prameny rozumí prameny, jejichž voda díky zvláštním vlastnostem a beze změny přírodního složení působí nebo může působit vědecky uznávaným léčivým účinkem. Uznání pramene za léčivý musí předcházet rozsáhlý průzkum (hlavní rozbor léčivé vody), který se musí opakovat nejméně každých 20 let a každých 5 let mezi tím musí být proveden kontrolní rozbor. Léčivý účinek je důsledkem jeho chemického složení a/nebo teploty. V Dolním Rakousku jsou termální vody definovány jako léčivé pouze na základě své teploty (Dolnorakouský zákon o léčivých vodách a lázních z roku 1978). Každá termální voda v Dolním Rakousku je tedy klasifikována jako léčivá voda, ale ne každá léčivá voda je termální voda.

Různé termální vody se obvykle klasifikují podle teploty (viz tabulka 1) a hydrochemických složek. Pro další klasifikaci je rozhodující jednak celková mineralizace, jednak koncentrace jednotlivých složek, jako jsou sírany, chloridy, radon nebo oxid uhličitý.

Tabulka 1: Klasifikace termálních vod podle teploty ve střední Evropě podle Jordan & Weder, 1988

Termální vody	Pocitovost	Teplota
Nízká termální	Teplá	20-37 °C
Termální	Horká	37-70 °C
Vysoká termální	Velmi horká	70-100 °C
Parní termální	Vřící	> 100 °C

Využití

Při využívání termálních vod se rozlišuje mezi využitím pro léčebné (balneologické) a koupelové účely a energetickým využitím pro výrobu tepla a elektřiny ("hydrotermální geotermální energie" nebo "hlubinná geotermální energie"). Největší rozdíl mezi těmito dvěma nadřazenými způsoby využití spočívá v zacházení s termálními vodami. Zatímco voda se používá přímo k balneologickým účelům, termální voda slouží jako nosné médium pro energii obsaženou ve vodě ve formě tepla. Pro obě použití je zásadní existence jejich poptávky. V balneologii je poptávka vyjádřena počtem koupajících se osob a velikostí bazénu. Nároky na energetické využití jsou určeny množstvím potřebné energie (volně podle expertní skupiny "Termální voda", 2012).

Rozvoj hlubinných termálních vod se provádí pomocí hlubinných vrtů, jak je známo i z těžby uhlovodíků. Na rozdíl od ropných a plynových vrtů jsou v případě geotermální energie nutné větší průměry vrtů kvůli větším objemovým průtokům a v závislosti na chemickém složení vody se používají různé korozivzdorné materiály.

Právní základ a ochrana

Rozvoj termálních vod je pro oba typy využití stejný a podléhá různým právním záležitostem. Na jedné straně jsou termální vody v Rakousku považovány za podzemní vody, a jejich využívání proto podléhá zákonu o vodách (WRG 1959). Zákon o nerostných surovinách (MinRoG) musí být dodržen také v případě, že se termální vody čerpají vrtly do hloubky větší než 300 m. Kromě toho se v závislosti na způsobu využití uplatňují zákony o léčivých zdrojích a lázních, jakož i zákony o lesnictví a ochraně přírody spolkových zemí a zákon o lázeňské hygieně.

Hlavním cílem vodohospodářského využití je komplexní ochrana ložisek z hlediska kvality (chemické a mikrobiologické složení) a kvantity (množství, tlakové poměry ve vodonosné vrstvě). Podrobný vědeckotechnický přehled cílů a současného stavu vodního hospodářství poskytuje předpis ÖWAV (Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband - Rakouský svaz vodního a odpadového hospodářství) č. 215 "Využívání a ochrana zdrojů termální vody". Pro použití nesmí být překročena použitelná zásoba. Stahovaná množství se určují pouze na základě prokázané potřeby balneologického a/nebo energetického využití s přihlédnutím k sumárním účinkům. Řízení musí být udržitelné. To zahrnuje, že tlakové poměry mohou být sníženy pouze v úzkých mezích, že odběr je založen na rozsahu přirozeného doplňování a že získaná energie převažuje nad vynaloženým materiálem a energií. V případě využití energie by měl být systém navržen tak, aby bylo dosaženo co největšího teplotního rozptylu z hlediska hospodaření s vodou. Tímto způsobem se snižuje množství čerpané vody a minimalizuje se příkon čerpadla. Větší teplotní rozpětí navíc umožňuje, aby zdroj využívalo více spotřebičů tepla zapojených do série (ÖWAV, 2010).

2.1. VYUŽITÍ TERMÁLNÍCH VOD K LÉČEBNÝM A KOUPACÍM ÚČELŮM

Podle Dolnorakouského zákona o lázních a lázeňských místech jsou termální vody definovány jako podzemní vody s teplotou v místě odběru 20 °C nebo vyšší, a splňují tak podmínku pro uznání léčivého zdroje v Dolním Rakousku, pokud jsou dostatečně vydatné.

Využívání termálních vod k léčebným a koupelovým účelům má dlouhou tradici, která sahá až do 5. století před naším letopočtem. Intenzivní využívání termálních vod se rozvíjelo zejména od římských dob. Přestože bylo její používání považováno za symbol luxusu, termální vody se již tehdy používaly k léčbě nejrůznějších onemocnění. Termální lázně dodnes slouží stejným účelům. Léčebný účinek je založen na teplotě a chemickém složení vody na jedné straně a na všestranném hydrostatickém tlaku ve vodě na straně druhé. Fyziologické účinky zahrnují zlepšení funkce žil, aktivaci metabolismu, potlačení stresových hormonů, úlevu pro klouby a svalstvo.

Pro použití termálních vod k léčebným a koupelovým účelům se termální vody používají přímo, aniž by se nějak zásadně měnilo jejich složení. Voda se získává z přírodních pramenů nebo z vrtů. Vody se do útvaru

podzemních vod znovu nevkládají, protože mají změněné složení způsobené koupáním. Množství odebrané pro léčebné a koupelové účely je v zásadě menší než množství odebrané pro energetické účely.



Obrázek 1 : Rekonstrukce římských lázní v Carnuntum (1. až 4. století n. l.) Zdroj:

<https://www.carnuntum.at/de/ihr-besuch/rekonstruktionen/roemische-therme>



Obrázek 2: Moderní využití termálních vod k léčebným a koupelovým účelům. Dojmy z termálních lázní Laa an der Thaya. Zdroj:

<https://www.therme-laa.at/de/impressionen-therme-bilder-videos.html>

Termální vody se využívají v lázeňství a léčbě (balneologie), v oblasti wellness pro preventivní zdravotní péči a rekreaci a v oblasti volného času a zážitků. Využití je široké, od van až po společné bazény. Poptávka závisí na příslušných hygienických a terapeutických požadavcích.

Z hlediska hospodaření s vodou má využití v lázeňství a léčbě přednost před využitím v oblasti wellness nebo volného času. Také využití termálních vod k léčebným účelům je vzhledem k jejich zdravotním aspektům hodnoceno výše než energetické využití. Pro co nejlepší využití zdrojů se doporučuje další energetické využití vod (ÖWAV, 2010).

2.2. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ TERMÁLNÍCH VOD – HLUBINNÁ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Energetické využití termálních vod je pouze dílčí oblastí geotermální energie. Teplo uložené v podzemí lze využít i bez přítomnosti termálních vod, například pomocí geotermálních sond. Geotermální energií se obecně rozumí technické využití geotermální energie k výrobě energie. Geotermální energie je definována jako energie uložená ve formě tepla pod povrchem pevné země.

Vzhledem k teplotnímu gradientu mezi povrchem a nitrem Země se teplo z hlubin transportuje vzhůru (geotermální tepelný tok). Ve větším měřítku je teplo neustále produkováno rozpadem radioaktivních izotopů v plášti. Díky tomu je geotermální energie, pokud je využívána zodpovědně, obnovitelným zdrojem energie, který je na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů energie (např. solární a větrná energie) k dispozici po celý rok a bez přerušení.

Při využívání geotermální energie se rozlišuje mezi přípovrchovou a hlubinnou geotermální energií (viz také obrázek 3). Základními rozlišovacími znaky jsou hloubka a teploty, při kterých se energie využívá. Geotermální sondy se klasicky počítají mezi geotermální energii v blízkosti povrchu, ale přísně vzato tvoří přechodnou kategorii, protože je lze využívat i ve větších hloubkách. Využití tepelných čerpadel také z velké části spadá do kategorie přípovrchové geotermální energie. V případě hlubinné geotermální energie jsou teploty obvykle dostatečně vysoké, aby mohly být zavedeny přímo do topného okruhu prostřednictvím výměníků tepla. Při vysokých teplotách ($> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$) lze teplo technicky využít i k výrobě elektřiny. Obecně platí, že pro získávání energie v podzemí je zapotřebí nosné médium. V případě otevřených systémů je to stávající podzemní voda (nebo pára) nebo voda uměle zavedená do cyklu využití (petrotermika). V uzavřených systémech se používají teponosné kapaliny, které cirkulují v potrubí bez přímého kontaktu se zemí a přenášejí tak teplo.

	Hluboká geotermální energie		Přípovrchová geotermální energie		
Teplota	20 - 200 $^{\circ}\text{C}$		8 - 25 $^{\circ}\text{C}$		
Systém	HDR (HOT-DRY ROCK)	HYDROTERMÁLNÍ	Geotermální vrt	Kolektory a energetické piloty	Studna podzemní vody
Hloubka	$> 5000\text{ m}$	cca 100 m	10 - 400 m	$< 50\text{ m}$	
Provozní režim	otevřený		uzavřený		otevřený
Účel použití	Přímé použití horké vody	Přímé využití horké vody a využití s tepelným výměníkem	Využití tepla při použití tepelného čerpadla		
	Výroba elektřiny a rekuperace odpadního tepla	Výroba elektřiny ORC nebo Kalina systémem, Využití tepla nebo přímé využití termální vody	Generování tepla a chlazení		

Obrázek 3: Rozlišení mezi hlubinnou a přípovrchovou geotermální energií

2.3. SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Tabulka 2: Silné a slabé stránky hlubinné geotermální energie

Silné stránky hlubinné geotermální energie	Slabé stránky hlubinné geotermální energie
Stálá dostupnost po celý rok a den	Není všude k dispozici v dostatečném množství
Schopnost základního zatížení	Vysoké investiční náklady
Nízké emise CO ₂	Riziko nálezu
Regionální energie - suroviny na místě	Rizika vrtání
Malá plocha závodu	Komplexní technologie, kterou je třeba přizpůsobit geologickým a hydrogeologickým podmínkám.
Žádné náklady na energetické suroviny	Konkurenceschopnost
Nízká vlastní potřeba provozní energie	Společenské a politické přijetí

Tabulka 2 uvádí přehled silných a slabých stránek hlubinné geotermální energie. V tabulce 3 jsou navíc propojeny s příležitostmi a překážkami, které z toho vyplývají. Výhodou geotermální energie, a to i ve srovnání s jinými "zelenými" zdroji energie, jako je vítr, slunce nebo biomasa, je nesporně její dostupnost. Vzhledem k tomu, že se geotermální energie získává pod zemí, nepodléhá sezónním výkyvům, a je tedy k dispozici po celý rok a po celý den. Díky tomu je geotermální energie zdrojem energie pro základní zatížení. Kromě toho je k provozu zařízení zapotřebí jen malé množství energie. Pokud je tato energie nakupována ve formě "zelené" elektřiny, je geotermální energie 100% klimaticky neutrální a produkuje maximálně nízké emise CO₂. Geotermální elektrárny jsou také nenápadné na pohled a vyžadují velmi málo místa. To platí jak pro mělkou, tak pro hlubinnou geotermální energii.

V zásadě lze geotermální energii využívat všude tam, kde je dostatek prostoru pro vrty. Hluboké geotermální zásobníky se naopak vytvářejí pouze za určitých geologických a hydrogeologických podmínek, a proto nejsou k dispozici všude.

Ve srovnání s konvenčními zdroji energie jsou investiční náklady na všechny typy využití geotermální energie vysoké. Na druhou stranu jsou provozní náklady nízké, zejména proto, že nejsou nutné žádné náklady na pohonné hmoty.

Největším faktorem nejistoty v oblasti hlubinné geotermální energie je riziko průzkumu. Aby se minimalizovalo riziko, je podpovrchový průzkum obvykle nákladný a časově náročný, ale o úspěchu či neúspěchu projektu rozhoduje vrtání.

Především kvůli nedostatečným znalostem o této technologii v některých oblastech a překážce v podobě vysokých investičních nákladů je hlubinná geotermální energie některými skupinami stále považována za sociálně a politicky nepřijatelnou technologii.

Tabulka 3: Příležitosti a překážky geotermální energie

Silné stránky hlubinné geotermální energie	Vysvětlení a výhody (+), nevýhody (-)
Stálá dostupnost po celý rok a den	+ Dobrá plánovatelnost a rychlá použitelnost
Schopnost základního zatížení	+ Stejně dodávky energie po celý rok - Doba vyššího odběru energie musí být pokryta jinými zdroji energie
Nízké emise CO ₂	+ Ochrana životního prostředí a klimatu
Regionální energie - suroviny na místě	+ Nízké náklady na dopravu + Regionální politická nezávislost - Nefunguje všude - Použití musí být přeneseno do místa zdroje. - Použití je možné pouze v případě, že potřeba tepla odpovídá teplotním podmínkám a vydatnosti zdroje.
Malá plocha závodu	+ jsou zachovány cenné krajinné oblasti + Žádné zásahy do krajiny nebo městské krajiny
Žádné náklady na energetické suroviny	→ Kompenzace vysokých investičních nákladů
Nízká vlastní potřeba provozní energie	→ Kompenzace vysokých investičních nákladů
Slabé stránky hlubinné geotermální energie	Před (+) - a po (-) bližší informace
Není všude k dispozici v dostatečném množství nebo není k dispozici vůbec.	- Použití musí být přivezeno na místo - Je možné pouze takové použití, jehož potřeba tepla odpovídá teplotním podmínkám a vydatnosti zdroje.
Vysoké investiční náklady	→ Kompenzace prostřednictvím bezplatných surovin a nízké vlastní poptávky závodu. → Často unáhlený ekonomický předpoklad - u geotermálních elektráren by se musela prodloužit doba návratnosti. Doba návratnosti je o něco delší než u jiných zařízení, poté se geotermální energie plně zhodnotí díky nízkým provozním nákladům a bezplatným surovinám. + Možnost velké účasti občanů
Riziko průzkumu	- Vysoké náklady na podzemní průzkum - Je možné použít pouze ty, jejichž požadavky na teplotu odpovídají teplotním podmínkám zdroje. - Často dlouhá plánovací období - Možnost neúspěchu
Riziko vrtání	- Vysoké riziko při nedostatečné přípravě a provedení + Bezpečná a zavedená technologie + Řízení rizik je součástí každé geotermální instalace - každá instalace je natolik individuální, že je obtížné vyvinout univerzální řešení

Komplexní technologie, kterou je třeba přizpůsobit geologickým a hydrogeologickým podmínkám.	Podobně jako riziko průzkumu, je zde i riziko vrtání
Konkurenceschopnost	- Nedostatek pozornosti - Nedostatek politické podpory - Nedostatek finančních prostředků
Společenské a politické přijetí	- Ještě před zahájením vrtů je třeba vykonat mnoho práce v oblasti vztahů s veřejností. - Politické zanedbávání komplikuje postupy + Průkopnická práce může být stále prováděna v mnoha oblastech. + PRŮKOPNICKOU roli lze převzít

3. FORMY A VYUŽITÍ HYDROTERMÁLNÍ A GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Kapitola 2 podává přehled o získávání hydrotermálních vod a o možnostech a příslušných předpokladech jejich využití v hydrotermální geotermální energii.

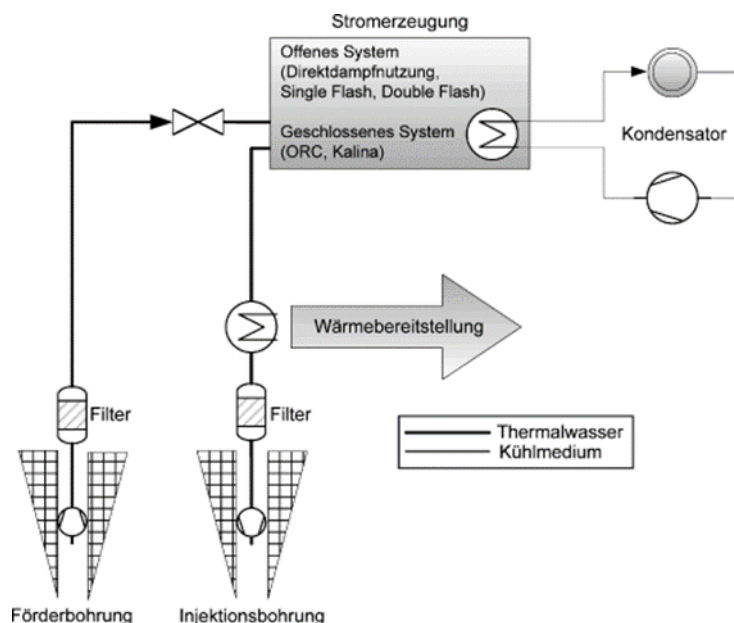
Hydrotermální geotermální energie je využití podzemních vod o teplotě přibližně 40 °C, tj. využití termálních vodních vrstev, k výrobě energie.

Při používání termálních vodních vrstev se rozlišují nízkoentalpické a vysokoentalpické systémy. V nízkoentalpických systémech (do 120 °C?) se stávající horká voda používá hlavně k napájení topných sítí nebo k léčebným a koupelovým účelům. Elektřinu lze vyrábět pouze pomocí dalších technologií pro zvýšení teploty. Naopak v systémech s vysokou teplotou (nad 120 °C) jsou vody přítomny jako pára nebo dvoufázové systémy. Zde lze vyrábět elektřinu bez dalších technologií. Použití vody chlazené po výrobě elektřiny odpovídá použití nízkoentalpických systémů. Systémy s vysokou entalpií se vyskytují pouze na několika málo místech na světě, a to většinou v souvislosti se sopečnou činností. V Rakousku a České republice neexistují tzv. vysokoenergetické zóny pro využití geotermální energie. Proto se tato zpráva zaměřuje na nízkoenergetické systémy.

Ve všech případech se termální voda odebírá pomocí těžebního vrtu, z něhož je voda buď vyvedena na povrch pomocí čerpadel, nebo sama vystupuje na povrch. Tepelná energie se předává přímo do topného okruhu prostřednictvím výměníku tepla; ve výjimečných případech se ke zvýšení provozní teploty používají další tepelná čerpadla. V případě výroby elektřiny se voda nejprve přivádí do elektrárny. Při každém procesu se voda ochladí. Po skončení používání se voda znovu přivádí do vodonosné vrstvy pomocí injekčního vrtu, aby se zachovala objemová rovnováha a tlakové poměry podzemní vody.

Předpoklady pro výrobu hydrotermální energie (Bayerischer Energieatlas, 2018):

- » Termální voda musí mít dostatečně vysokou teplotu pro plánované použití - obecně formulované teplotní rozsahy jsou ≥ 40 °C pro lokální vytápění, nad 80 °C pro dálkové vytápění a teploty od 120 °C pro výrobu elektřiny.
- » Chemické složení, obsah plynů a mikrobiologie vody musí být vhodné pro plánované použití nebo technicky kontrolovatelné.
- » Vodonosná vrstva musí tvořit dostatečně velký rezervoár (dostatečné vertikální a horizontální rozprostření).
- » Vodonosná vrstva musí mít dostatečnou vydatnost (dostatečně vysokou hydraulickou vodivost - propustnost).



Obrázek 4: Schéma výroby tepla a elektřiny z hydrotermální geotermální energie (Janczik, 2013).

Oběhový systém sestávající z těžebního a injekčního vrtu se nazývá "hydrotermální nebo geotermální dublet" (viz obrázek 4). Velká část akumulovaného tepla se získává z horké vody přiváděné na povrch z těžebního vrtu a poté se ochlazuje a vrací zpět do podzemí prostřednictvím reinjekčního vrtu. Tato reinjektovaná voda se díky teplu akumulovanému v hornině opět pomalu ohřívá, postupně se šíří ve vodonosné vrstvě směrem k těžebnímu vrtu, a může se tak v určitém okamžiku vrátit ohřátá zpět na povrch.

V závislosti na povaze vodonosné vrstvy a množství a teplotě odebírané a zpětně vtlačené vody může v průběhu času docházet ke ztrátám teploty odebírané vody. Protože však provoz každého zařízení závisí na určité minimální teplotní hranici v těžebním vrtu, životnost zařízení končí dosažením této hranice, tj. když se vodonosná vrstva příliš ochladí. Údaje o životnosti se liší v závislosti na rozšíření zařízení a obecném využití vodonosné vrstvy. V italském Larderellu se geotermální energie využívá k výrobě elektřiny již od roku 1913 (Stober a Buchner, 2014). Průměrná životnost hydrotermálního využití je obecně 50 let.

Aby byla zachována ekonomická životnost a také aby se zabránilo tepelnému zkratu (tj. čerpání vody, která již vychladla) během provozu, musí být vzdálenost mezi těžebním a injekčním vrtem přizpůsobena tepelným a hydraulickým vlastnostem vodonosné vrstvy a rychlosti čerpání. Tepelné a hydraulické vlastnosti vodonosné vrstvy jsou často přesně známy až po provedení prvního vrtu. Návrh vrtů, a tedy i systému, se proto během výstavby průběžně upravuje pomocí modelování.

3.1. VÝROBA ELEKTŘINY

Výroba elektřiny z hydrotermálních zdrojů je možná již od teploty vody 80 °C. Za tímto účelem se teplo v sekundárním okruhu přeměňuje na elektřinu prostřednictvím pracovní kapaliny.

Proces organického Rankinova cyklu

Systém ORC (Organic Rankine Cycle) využívá organická média, která se odpařují při relativně nízkých teplotách. Toto médium se na kondenzační teplotu přivádí přenosem tepla z termální vody. Pára se pak

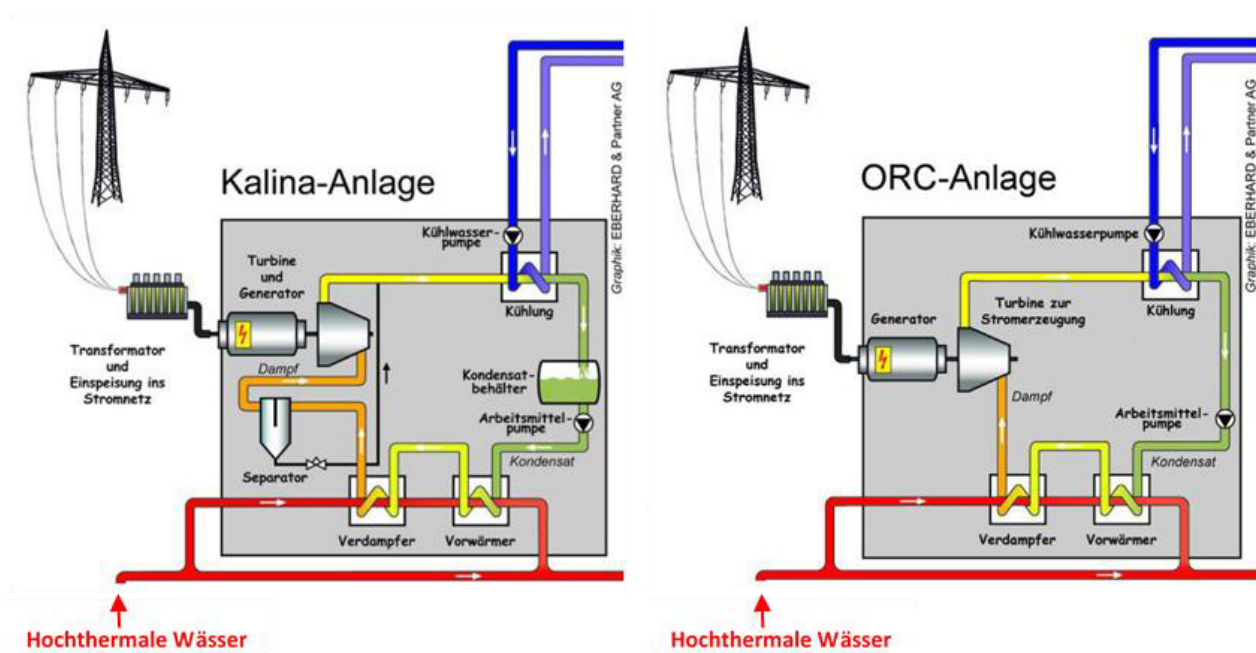
přivádí do turbíny, která pohání generátor elektřiny (obrázek 5). Přenos tepla z termální vody do pracovní kapaliny je izotermický, tj. teplota pracovní kapaliny se během přenosu nemění.

Postup Kalina

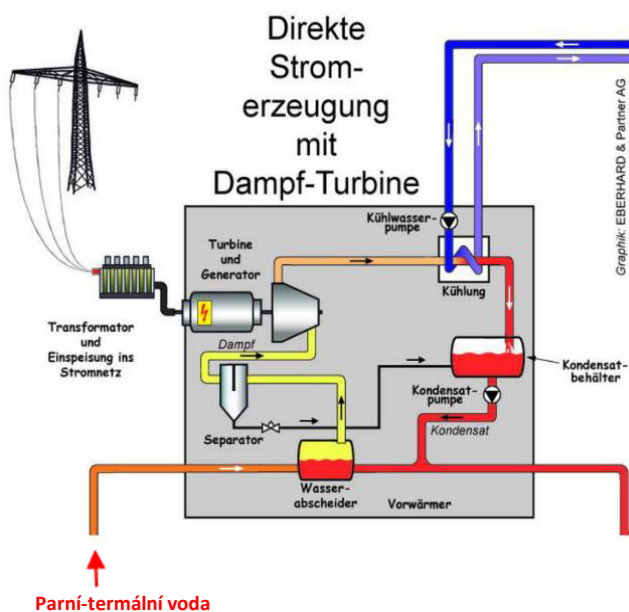
V procesu Kalina se jako pracovní médium používá směs čpavku a vody namísto organického média jako v procesu ORC. Ta má tu vlastnost, že způsobuje změny teploty prostřednictvím změn koncentrace. Směs se odpařuje za stále se zvyšujících teplot a během odpařování vykazuje zvýšené změny teploty. Tím lze dosáhnout lepšího přenosu tepla ze zdroje teploty. Nevýhodou procesu Kalina je však složitější konstrukce zařízení (obrázek 5).

Přímé použití páry

Pokud je teplota termální vody dostatečně vysoká ($\sim 120^\circ\text{C}$), lze elektřinu vyrábět přímo bez dalších pracovních kapalin. Jedná se o tzv. otevřené systémy, např. přímé využití páry (obrázek 6).



Obrázek 5: Principiální schémata hlubinných geotermálních systémů výroby energie pomocí pracovní kapaliny. Vlevo: Závod Kalina. Vpravo: zařízení ORC

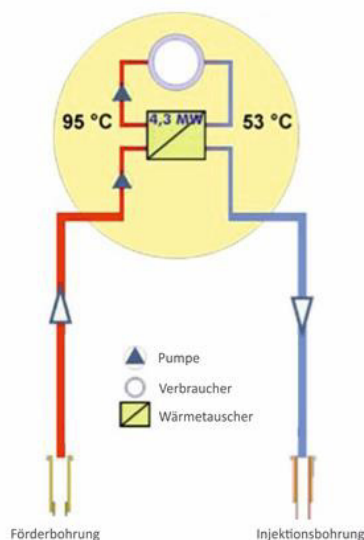


Obrázek 6: Výroba elektřiny z hlubinné geotermální energie pomocí parní turbíny

3.2. DODÁVKA TEPLA

V závislosti na teplotě termální vody ji lze použít přímo pro topný okruh prostřednictvím výměníků tepla (obr. 7) nebo se používají také tepelná čerpadla. Pomocí tepelných čerpadel lze zvýšit teplotu na požadovanou úroveň dodávkou technické práce, obvykle elektřiny. V případě hlubinné geotermální energie je to vhodné zejména pro rekuperaci tepla ve zpětném toku termální vody na konci přímého využití, čímž lze zvýšit výtěžnost tepelné energie.

Preferované teploty termální vody pro zásobování teplem pro vytápění prostor jsou 60-90 °C v závislosti na velikosti sítě. Teplota vratné vody závisí na potřebě tepla. Běžná teplota zpátečky je 25 - 40 °C. Čím větší je rozpětí mezi teplotou čerpané a vrácené vody, tím více tepelné energie lze získat zpět.



Obrázek 7: Schéma využití tepla s výměníkem tepla. Volně převzato z Lassacher a kolektiv, 2018.

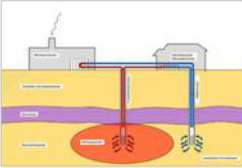
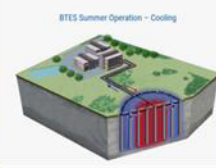
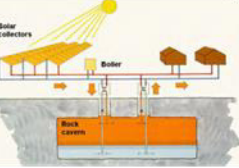
3.3. AKUMULÁTORY TEPLA

Akumulace tepla je zvláštní formou využití geotermální energie. Akumulace tepla obecně vyrovnává sezónní nerovnováhu mezi nabídkou a poptávkou po teple. Přebytečné teplo vyrobené v létě se ukládá pod zem a v chladných měsících se využívá k vytápění. Přebytečné teplo je obvykle energie ze slunečního záření, z chlazení místností nebo z různých průmyslových procesů.

Geologické nebo geotermální úložiště lze rozdělit na různé metody s ohledem na přenos tepla, možný hloubkový dosah a úložné médium. Pokud skladování probíhá v podzemí prostřednictvím vrtů, nazývá se vrtné skladování tepelné energie (BTES); pokud probíhá prostřednictvím umělých nebo přírodních dutin v podzemí, nazývá se kavernové skladování tepelné energie (CTES). Pokud je akumulacním médiem podzemní voda, nazývá se akumulace ve vodonosných vrstvách (ATES - Aquifer Thermal Energy Storage). Pokud jsou zásobníky tepla vybudovány uměle, označují se jako umělé ATES, což jsou obvykle zásobníky ve štěrkových nádržích.

Přehled nejdůležitějších charakteristik různých systémů skladování je shrnut na obrázku 8.

Systemcharakteristika

	(AATES)	ATES	BTES	CTES
Systemskizze	 Quelle: Projekt GeoWSP (Blue Globe Foresight #10/2014, KLIEN)	 Quelle: https://blog.paradigma.de.	 Quelle: http://underground-energy.com	 Quelle: G. Hellström; UTES Experiences from Sweden
Tiefenbereich	< 10 Meter	> 10 Meter bis >>1.000 Meter	30 bis >>1.000 Meter	>10 Meter
Temperaturbereich	Flexibel	bis 20°C* bis 100°C	bis 30°C* bis <100°C	Flexibel
Vorteile	Geringes Erschließungsrisiko; Überall anwendbar	Geringer Oberflächenverbrauch; Geringe Speicherverluste	Geringes Erschließungsrisiko	Geringes Erschließungsrisiko
Nachteile	Oberflächenverbrauch; Speicherverluste	Geologisches Erschließungsrisiko; Begrenzt anwendbar	Hohe Investkosten; Begrenzte Wärmeübertragungsleistung	Hohe Investkosten; Begrenzt anwendbar

*In Österreich bei Nutzung oberflächennaher Systeme (Empfehlung ÖWAV Regelblatt 207)

Obrázek 8: Přehled charakteristik různých úložných aplikací.

Využití hlubokých podzemních vod, které se používají v hydrotermální geotermální energii, pro skladování spadá do kategorie skladování ATES. Tyto nádrže jsou využívány přímo prostřednictvím výměny podzemní vody. I zde se již uplatňuje princip dubletu jako při odběru tepla. Na rozdíl od těžby tepla se funkce těžebních a vtláčecích vrtů střídají v závislosti na úkolu (skladování nebo těžba tepla).

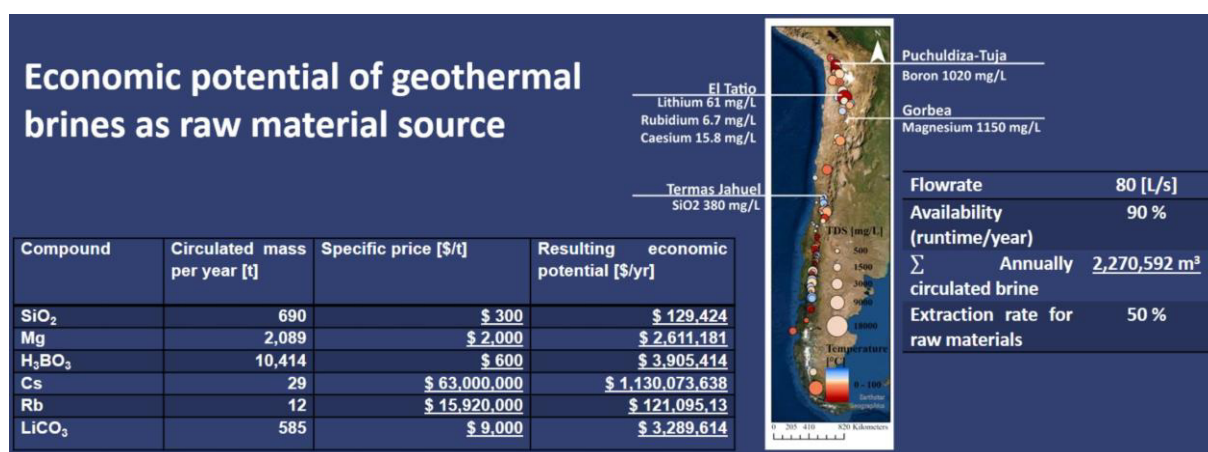
3.4. DALŠÍ MOŽNÉ APLIKACE

"Těžba solanky" - materiálové využití termálních vod

Těžba solanky je široký pojem, který zahrnuje těžbu surovin, které jsou přirozeně rozpuštěny ve slané vodě. Solankou se rozumí slané vody, jako je mořská voda, slané povrchové a podzemní vody, ale také hyperslané roztoky z různých průmyslových procesů. V geotermální energetice se těžbou solanky rozumí získávání různých minerálů, jako je lithium, rubidium, křemík nebo dokonce hořčík, z vody vytěžené pro výrobu energie. Tyto vody se po vytěžení energie obvykle znovu vtlačují do vodonosné vrstvy. Při těžbě surovin se z ochlazených vod před touto reinjektáží získávají nerosty hodné těžby (dále jen "těžba nerostů"). To také znamená, že na rozdíl od konvenční těžby jsou všechny nežádoucí doprovodné minerály vráceny do původního systému a není nutné likvidovat odpad.

V současné době je těžba nerostných surovin z geotermálních vod stále na úrovni výzkumných projektů, ale zdá se, že je slibnou alternativou ke konvenční těžbě. Ekonomická životaschopnost takového zařízení závisí na několika bodech. Na jedné straně má rozhodující význam koncentrace suroviny v termálních vodách. Na druhou stranu extrakce závisí také na množství odebrané vody; čím více vody je odebráno za kratší dobu, tím více lze extrahovat. Dalšími faktory jsou poptávka a ceny surovin.

Jako příklad je na obrázku 9 uvedeno rozdělení výnosů z projektu BrineMine (<https://www.bmbf-client.de/projekte/brinemine>) pro vybrané lokality v Chile.



Obrázek 9: Ekonomický potenciál těžby surovin z geotermálně využívaných vod v Chile z projektu BrineMine

Opětovné využití opuštěných nebo neúspěšných hlubinných vrtů

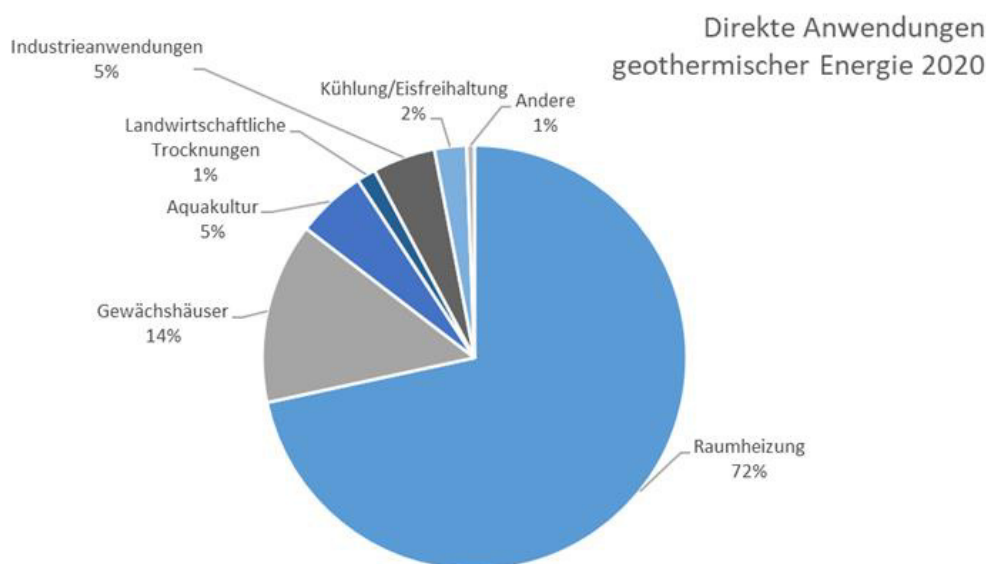
V případě následného využití hlubinných vrtů, kterými mohou být například opuštěné vrty nebo nehlubinné vrty uhlovodíkového průmyslu nebo hlubinné geotermální energie, se stávající vrty přemění na hlubinné geotermální sondy. Tyto hlubinné geotermální sondy jsou uzavřené geotermální systémy, ve kterých cirkuluje teplotonosné médium bez přímého kontaktu se zemí. Tepelný obsah podzemí je absorbován nosným médiem v hloubce a uvolňován na povrchu v rozvodném systému.

Tato technologie není hydrotermálním využitím, ale nabízí možnost částečného zmírnění finančně nevýhodných vrtů v hydrogeotermální energetice, protože využití této technologie je vždy možné. Následné využití dalších hlubokých vrtů, které neplní nebo již neplní svůj účel, se také jeví jako smysluplné na rozdíl od zasypání po nákladné výrobě vrtů. Použití této technologie je však obecně závislé na existenci odběratelů tepla nebo na plánovaném osídlení těchto odběratelů.

4. TRH S TEPEM, POPTÁVKA PO TEPLE A APLIKACE TEPLA

Kromě dobře známého a zavedeného využití geotermální energie pro vytápění prostor existuje velké množství dalších spotřebičů tepla. Kapitola 3 podává přehled těchto aplikací hydrotermální geotermální energie pro využití tepla. Je uvedena potřeba tepla pro různé průmyslové účely a souvisí s možným využitím hydrotermální geotermální energie. Kromě toho jsou popsány praktické základy používání termálních vod. Hlavní důraz je zde kladen na "rozumné" využívání zdroje, a to i ve srovnání s jinými obnovitelnými zdroji energie.

Jak již bylo popsáno v předchozí kapitole, kromě využití hydrotermálních vod ke koupelím a léčebným účelům lze jejich energii využít také k výrobě tepla a elektřiny. Zejména v oblasti využití tepla existuje mnoho možností využití (obrázek 10).



Obrázek 10: Rozložení přímých tepelných aplikací geotermální energie ve světě v roce 2020 (podle Lund a Toth, 2020)

Celosvětový instalovaný výkon pro přímé využití tepla z hydrotermální geotermální energie lze pro rok 2020 odhadnout na 108 GWth (1 020 887 TJ/a) (Lund a Toth, 2020).

Nejběžnější a pravděpodobně i nejznámější formou využití je vytápění prostor, většinou prostřednictvím sítí dálkového vytápění, následované vytápěním skleníků. Již léta se však používají i jiné využití, jako je chov ryb, vytápění v zemědělství, sušení, tání sněhu a použití v průmyslových procesech (obrázek 10). Tento trend je od roku 1995 rostoucí (Lund a Toth, 2020).

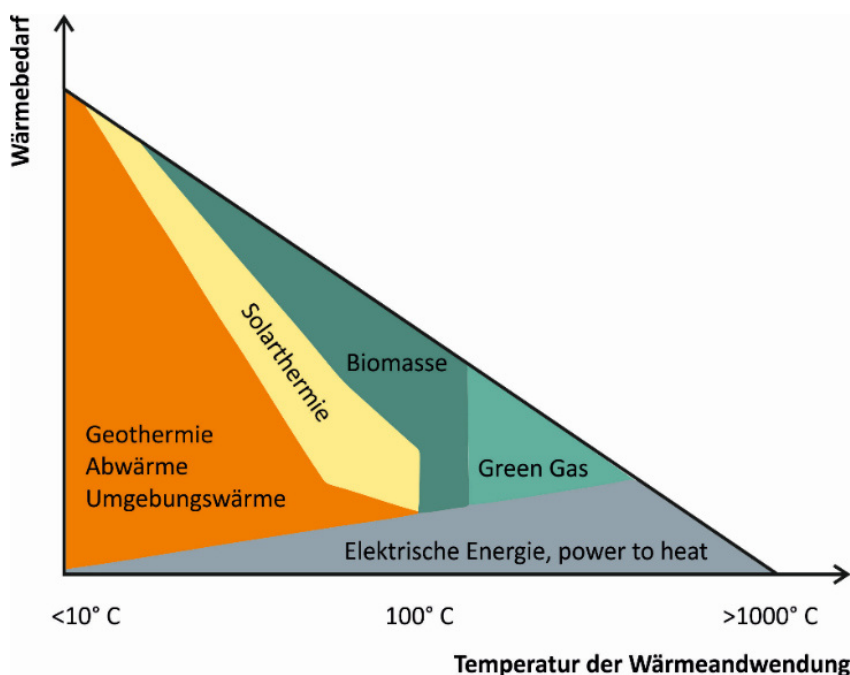
4.1. STANOVENÍ PRIORIT TRHU S TEPEM

Využití geotermálních zdrojů tepla nebo jiných obnovitelných zdrojů energie může významně přispět k dekarbonizaci trhu s teplem. Kromě sezónní a denní dostupnosti a nízké spotřeby zdrojů je další velkou

výhodou geotermální energie možnost skladování energie pod zemí, které je orientováno na poptávku (většinou sezónní). To znamená, že přebytečné teplo z průmyslových procesů nebo například z chlazení místností lze ukládat pod zem a v zimě jej poskytnout k vytápění, aniž by se využívaly přírodní zdroje geotermálního tepla (viz také 2.3 Akumulace tepla). S ohledem na celkový trh s energií může využití místních zdrojů tepla, jako je solární a geotermální energie, přinést další úspory v oblasti dopravy a provozu.

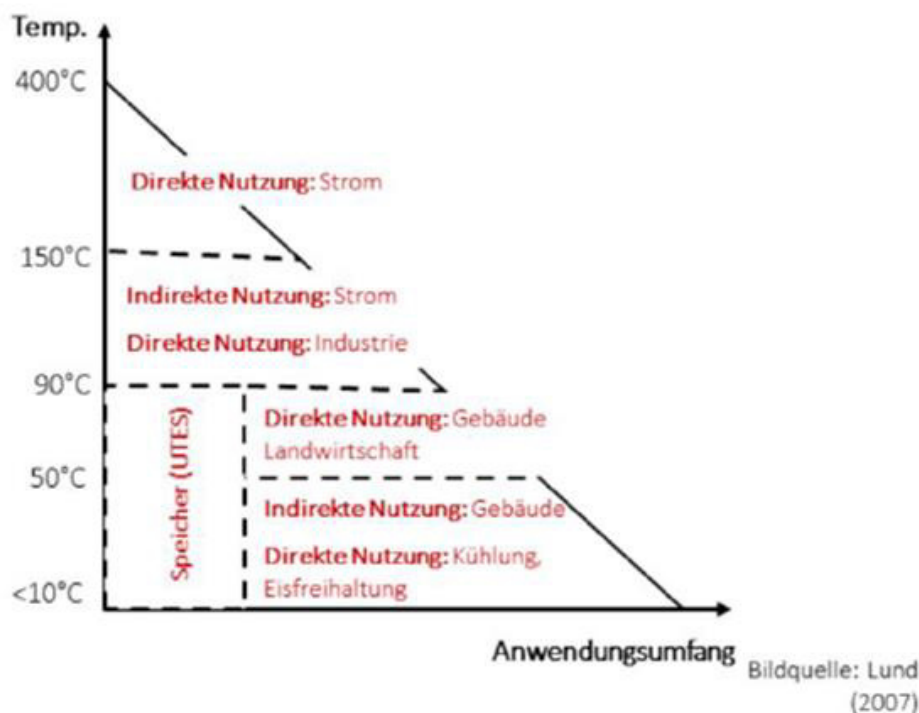
Využívání obnovitelných zdrojů energie v oblasti zásobování teplem je pevně zakotvenou, i když v porovnání s výrobou elektřiny mladou součástí každé klimatické strategie v Rakousku i mimo něj. Kromě geotermální energie se prosazuje využívání tepla z okolního prostředí, biomasy, solární tepelné energie, elektrické energie (energie na teplo) a "zeleného plynu".

Namísto přímé konkurence mezi těmito různými obnovitelnými zdroji energie by mělo dojít k jejich "výkonovému upřednostnění". To znamená přizpůsobit použití různých technologií požadované úrovni teploty a dostupnosti (viz obrázek 11). V této souvislosti je třeba se vyhnout zdrojům energie (např. elektrické energii, zelenému plynu nebo biomase), které mohou zaručit velmi vysoké teploty pro nezbytné procesy (např. v chemickém nebo ocelářském průmyslu), v oblasti aplikací s nižšími teplotami, jako je vytápění prostor.



Obrázek 11: Výchozí stanovení priorit trhu s teplem. Obnovitelné formy energie a jejich ideální oblasti použití ve vztahu k potřebě tepla a teplotě použití tepla. Upraveno podle MUSE www.geoera.eu.

Energeticky příznivý rozsah pro využití termálních vod k dodávce tepla je v teplotním rozmezí přibližně 100 °C. Vyšších teplot, až 400 °C, lze dosáhnout pouze v oblastech s geotermálními anomáliemi. Obrázek 12 ukazuje rozsah použití geotermální energie obecně v závislosti na úrovni teploty.



Obrázek 12: Oblast použití geotermální energie obecně

Nepřímé využití (viz obrázek 12) se týká použití pomocných prostředků v aplikaci, jako jsou tepelná čerpadla v případě geotermální energie v blízkosti povrchu nebo pracovní prostředky pro výrobu elektřiny.

Přímé využití závisí na požadované teplotní úrovni v konečném užití a může být také již zajištěno v přípovrchové geotermální energii pro udržení ledu.

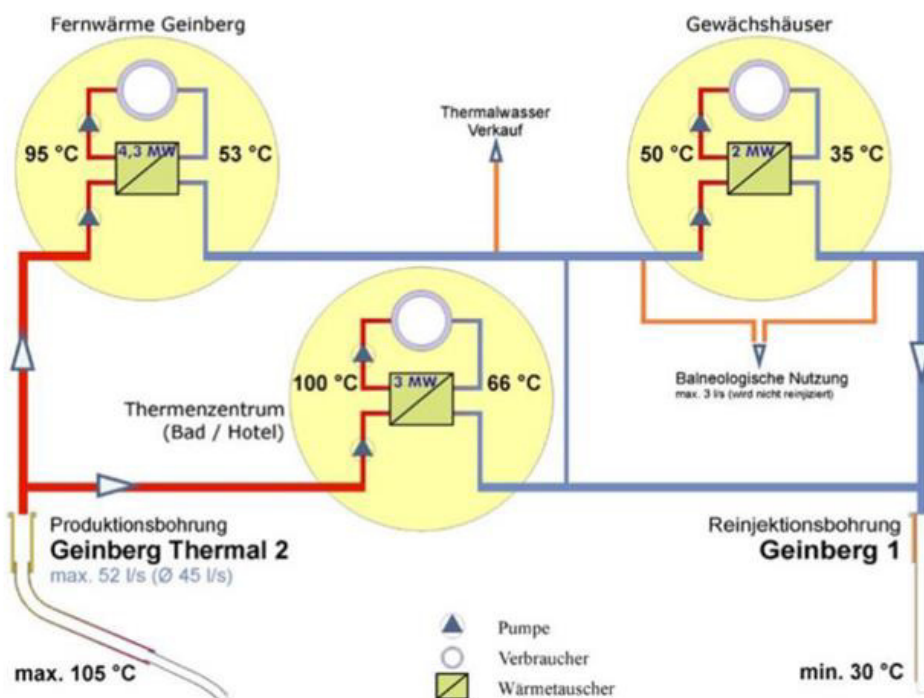
4.2. KASKÁDOVITÉ VYUŽITÍ TERMÁLNÍCH VOD

Smysluplné využití termální vody, i s ohledem na investiční náklady, by mělo zajistit optimální využití potenciálu při trvale vysokém plném zatížení. Pokud se při jednorázovém použití dosáhne pouze nízké doby plného zatížení, je možné rozšířit možnosti vícenásobného nebo kaskádového použití odebrané termální vody. Takové využití přirozeně předpokládá poptávku, takže vyžaduje buď oblasti s co nejširší škálou využití půdy - od obytné přes zemědělskou až po průmyslovou - nebo aplikace s různými teplotními požadavky v rámci jedné farmy. Kaskádové využití tak může pokrýt potřebu tepla pro různá využití, čímž se zvýší počet hodin plného zatížení elektrárny, a tím se výrazně zvýší účinnost a ziskovost geotermální elektrárny. Nejběžnější a také nejrozšířenější formou kaskády v Rakousku je kombinace dálkového vytápění a využití pro léčebné a lázeňské účely.

Princip fungování

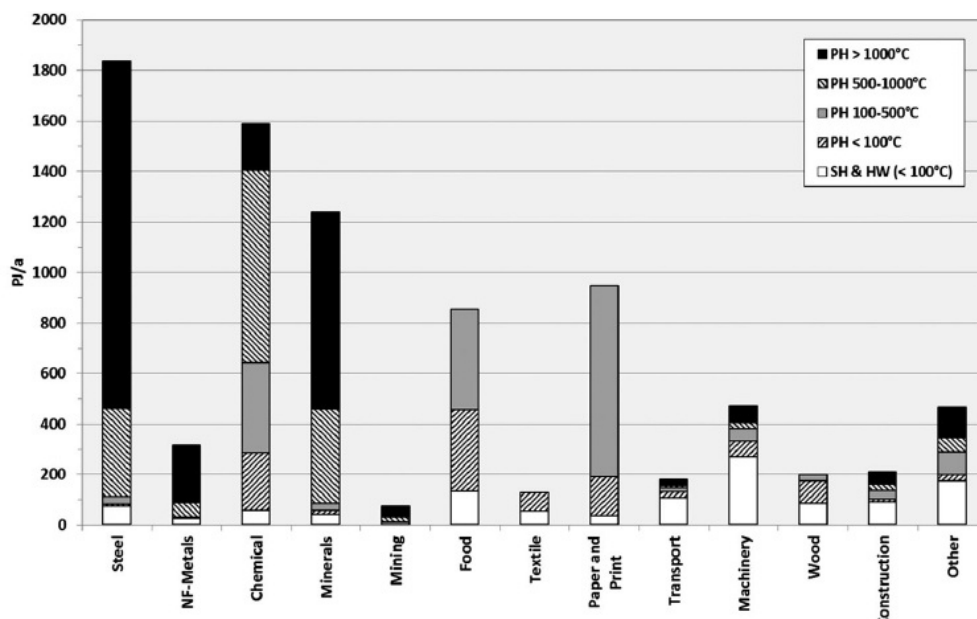
Při kaskádovém použití se do topného okruhu přidávají další použití v závislosti na dodávané teplotě. Obvykle dochází ke snížení teploty termální vody v každé fázi použití. V závislosti na tepelném obsahu čerpané vody tak může být sériově zapojeno několik použití s různými požadavky na teplotu. Použití s nejvyššími požadavky na teplotu je obsluhováno jako první. Na obrázku 13 je jako příklad uvedeno možné schéma využití tepla v

Geinbergu. Po využití termální vody pro dálkové vytápění a tepelné centrum se zbytková teplota dodává do skleníku.

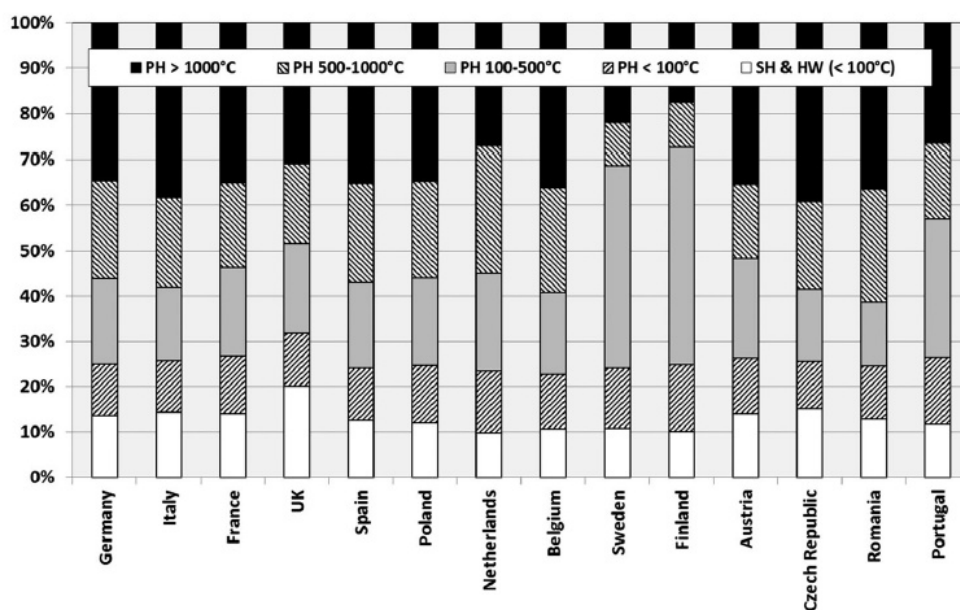


Obrázek 13: Schéma systému dálkového vytápění včetně možné kaskády pro vytápění skleníků na příkladu společnosti Geinberg Thermal. Zdroj: Lassacher a kolektiv, 2018.

Možnosti použití takové kaskády závisí na tom, zda jsou požadované procesní teploty v rozmezí teplot čerpané termální vody. U termálních vod s teplotou < 100 °C se kaskáda používá především v průmyslových procesech potravinářského průmyslu nebo v zemědělství. Teploty nižší než 100 °C však vyžaduje i řada dalších průmyslových odvětví, např. výroba papíru nebo textilní průmysl (obrázek 14). Podceňovat by se neměla ani potřeba tepla na vytápění a teplou vodu v průmyslových závodech. V Rakousku a České republice je přibližně 25 % potřebného tepla nižší než 100 °C (obrázek 15).



Obrázek 14: Rozdělení procesního tepla včetně tepla pro vytápění a ohřev vody v různých průmyslových odvětvích v Evropě (Naegler a kol., 2015).

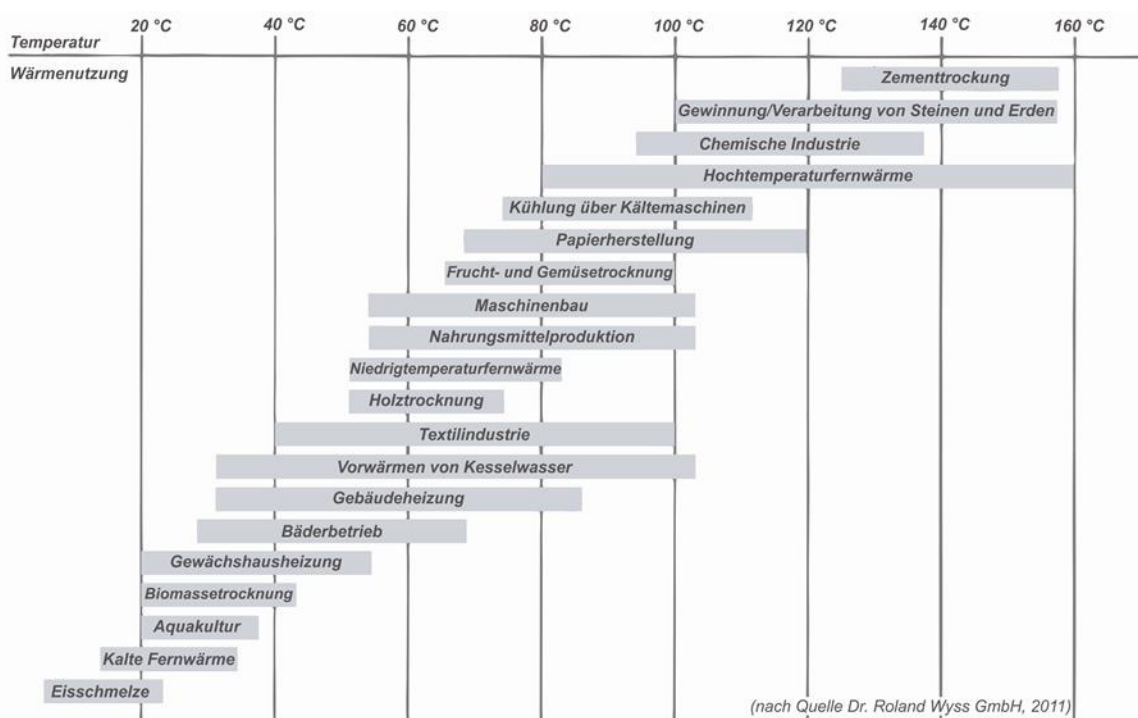


Obrázek 15: Podíly teplotních rozsahů procesů včetně vytápění a ohřevu vody pro 14 největších průmyslových zemí EU (Naegler a kol., 2015).

4.3. MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ V PRŮMYSLOVÉM ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM

Ve většině průmyslových procesů je zapotřebí teplo. Teploty pokrývají celý teplotní rozsah, od nízkoteplotních procesů až po vysokoteplotní procesy a potřebu vytápění a ohřevu vody (viz také kapitola 3.2). Většinu průmyslové potřeby tepla pokrývají fosilní paliva. Zejména v oblasti nízkých teplot ($\leq 100\text{ °C}$) však geotermální nadějně oblasti v Rakousku, včetně oblasti projektu HTPO, nabízejí možnost průmyslového zásobování teplem prostřednictvím termálních vod.

Jak je patrné z tabulek 2 a 3 v kapitole 1, největšími nevýhodami využití geotermální energie je její dostupnost mimo celou oblast a závislost na geotermálních podmínkách panujících v regionu. Závod nelze vždy postavit podle poptávky. Využití musí být spíše orientováno na teplotu zdroje a jeho výtěžnost. Pokud nelze průmyslové procesy stávajících podniků zásobovat stávajícími termálními vodami, existuje alespoň možnost pokrýt potřeby těchto podniků na vytápění a přípravu teplé vody a dosáhnout tak částečného omezení konvenčních způsobů vytápění (jako je ropa a plyn nebo také biomasa s dlouhými dopravními trasami).



Obrázek 16: Srovnání teplotní náročnosti různých způsobů využití tepla

Regionální dostupnost vysokých teplot termální vody nabízí také možnost usazení nových průmyslových podniků, vytvoření průmyslových areálů a tím i příliv obyvatelstva prostřednictvím nově vytvořených pracovních míst. Bezpečnost dodávek a úspora nákladů na dovoz a dopravu jsou stále důležitějšími otázkami; geotermální energie může přispět v oblasti výroby potravin, například pro skleníky nebo akvakultury.

Přehled velkého počtu zájemců tepla a jejich požadovaný rozsah procesního tepla až do maximální teploty 160 °C je uveden na obrázku 16. Obrázek si nečiní nárok na úplnost a poskytuje pouze představu o možných

spotřebičích tepla pro geotermální energii. Uvedené teplotní rozsahy se mohou lišit v závislosti na zemi a regionu a na stavu techniky.

5. VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE V ČR A VE SVĚTĚ

Využití geotermální energie má jednoznačně významný potenciál pro redukci emisí spojených s výrobou elektrické energie a/nebo tepla. Její využití je ale spojeno s celou řadou technických problémů, které v podmínkách ČR brání jejímu významnějšímu rozšíření.

5.1. VÝZNAM A POTENCIÁL VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE VE SVĚTĚ

Geotermální energie je řazena do obnovitelných zdrojů energie, které jsou dle MPO (2019, s. 3) představovány nefosilními přírodními zdroji energie, tj. energie vody, větru, slunečního záření, pevné biomasy a bioplynu, energie okolního prostředí, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. Dle Myslíla (2011) má geotermální energie mnoho výhod. Je využitelná kdekoli, šetří životní prostředí, z pohledu života na Zemi je prakticky stálá, představuje úsporu jiných zdrojů tepelné energie, je jedním z faktorů ochrany klimatu Země, na povrchu Země zabírá jen malé plochy, může zajistit plynulou dodávku energie podle potřeby, úplná automatizace zajišťuje bezpečnost provozu a snadnou obsluhu technologie. Podle teploty vody se dělí na systémy o nízké teplotě (pod 90 °C), střední teplotě (90-150 °C) a vysoké teplotě (nad 150 °C).

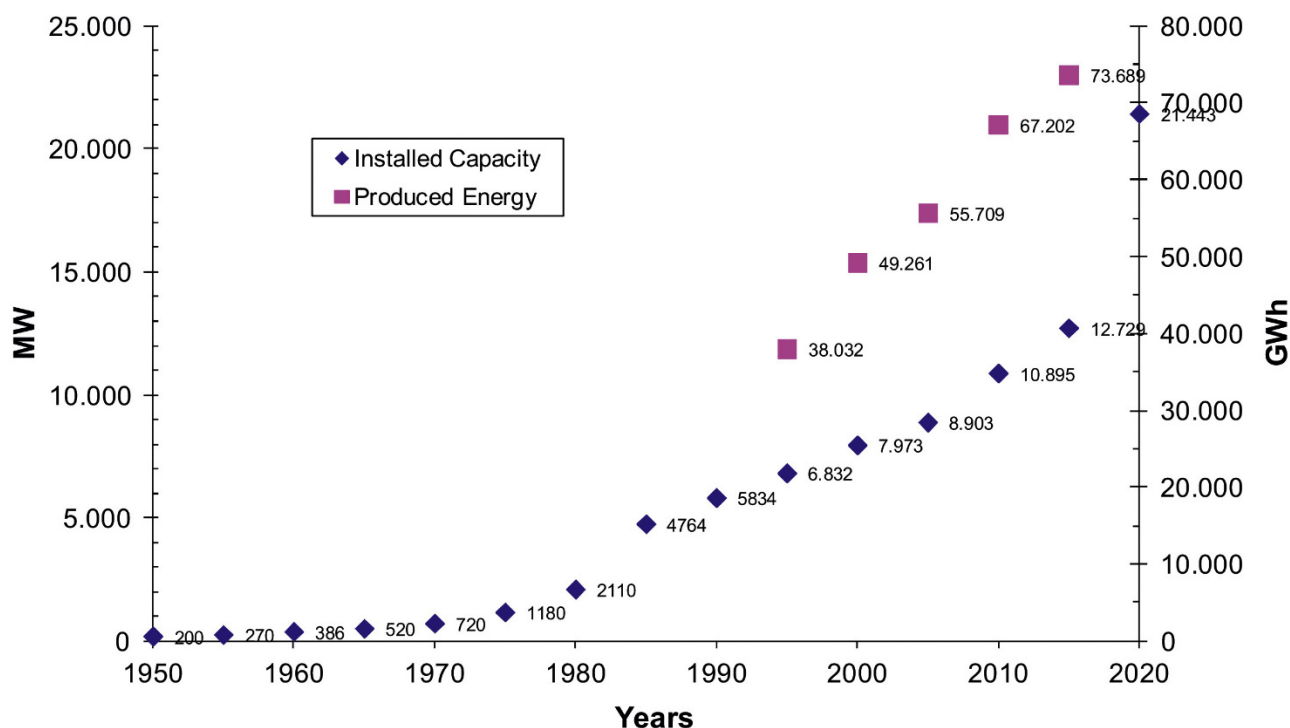
V České republice se zatím využívají zejména nízkoteplotní zdroje, ale ve světě se intenzivně studují možnosti využití vysokoteplotních zdrojů s teplotami nad 150 °C. Tyto teploty totiž umožňují souběžnou výrobu elektřiny i tepla: primárně se vyrábí elektrická energie při teplotním rozmezí 200-150/100-90 K. Zbytkové teplo se pak využívá pro vytápění, případně z části i na další výrobu elektřiny (Myslíl, 2011).



Obrázek 17: Globální využití geotermální energie pro přímé použití (teplo) nebo kombinované využití (teplo a elektrická energie), stav 2015 (zdroj: International Geothermal Association, 2021).

Přestože počet zemí, které nyní využívají geotermální energii k výrobě elektřiny, je ve srovnání s počtem zemí, které využívají své tepelné zdroje pro dálkové vytápění nebo vytápění prostor, zemědělství a akvakulturu a/nebo pro účely lehkého průmyslu, je stále malý, lze konstatovat, že počet zemí využívajících geotermální energii k výrobě elektřiny stále roste. Od roku 2015 mezi ně patří i Belgie, Chile, Chorvatsko, Honduras a Maďarsko. Navíc v dekadě začínající rokem 2020 výrazně vzrostl objem výroby elektrické energie z geotermálních zdrojů v Argentině, Austrálii, Kanadě, Číně, Dominikánské republice, Ekvádoru, Řecku, Íránu, Montserratu, Nevisu, Svaté Lucii, Svatém Vincentu a Tchaj-wanu. Země s největší celkovou instalovanou geotermální kapacitou (v sestupném pořadí, stav k roku 2020) jsou: USA, Indonésie, Filipíny, Turecko, Nový Zéland, Mexiko, Itálie, Keňa, Japonsko a Kostarika. Indonésie disponuje čtyřmi největšími světovými elektrárnami, k největším patří Gunung Salak s instalovaným elektrickým výkonem 375 MWe. S ohledem na plánovaný další rozvoj nelze vyloučit, že Indonésie by mohla v oblasti využití geotermálních zdrojů překonat USA a do roku 2027 se stát v této oblasti světovým lídrem. (všechna data a údaje dle Hutterer, 2021).

Instalovaná kapacita elektráren pro výrobu elektrické energie z geotermálních zdrojů cca od 70. let minulého století poměrně výrazně stoupá, celková hodnota instalovaného výkonu v roce 2020 činila 15.950 MWe s předpokladem na zvýšení na 19.361 MWe v roce 2025 (Hutterer, 2021). Celkový vývoj je tak cca o 5 let zpožděný za predikcí z roku 2016, která předpokládala v roce 2020 instalovaný elektrický výkon v hodnotě 21.443 MWe (Bertani, 2016), viz také obrázek níže.



Obrázek 18: Instalovaný výkon a produkce elektrické energie z geotermálních zdrojů, svět celkem, data do 2015 dle skutečnosti, 2020 predikce (Zdroj: Bertani, 2016).

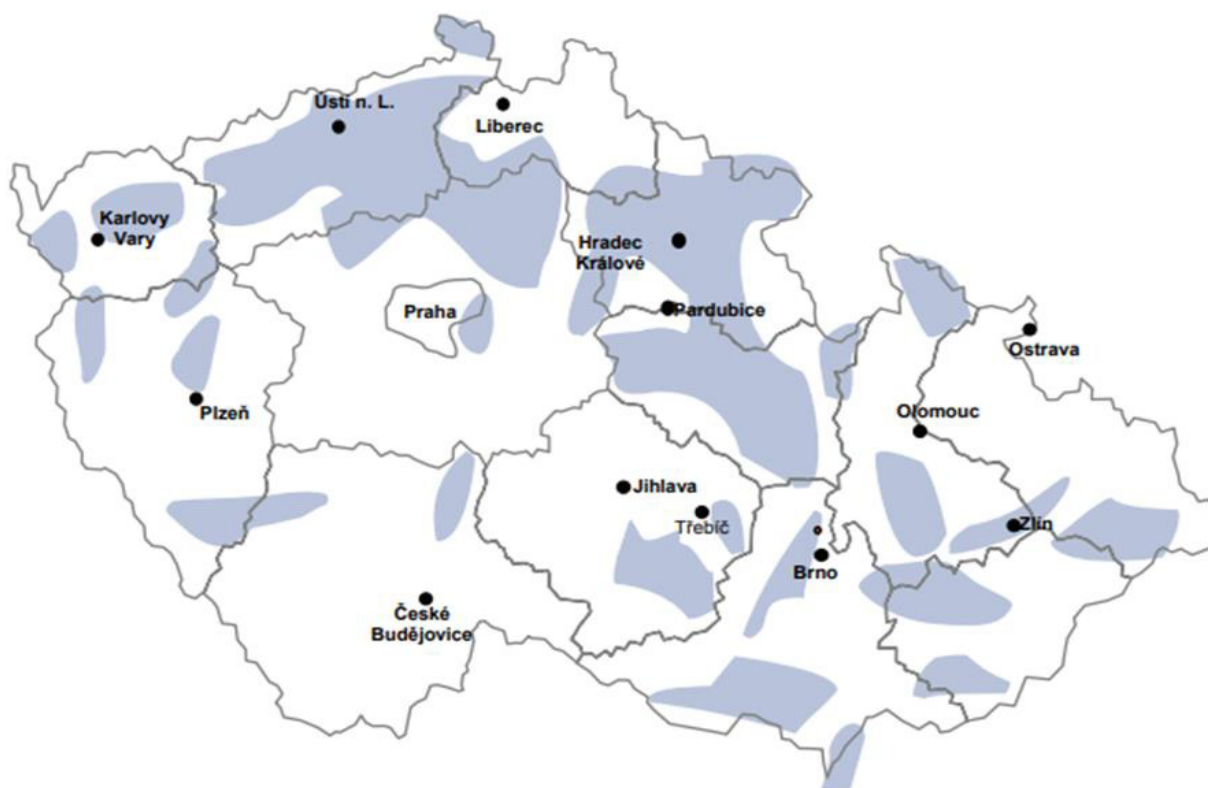
Detailní přehled objemu přímého využití geotermální energie a instalovaný výkon na výrobu elektrické energie dle jednotlivých zemí světa k roku 2015 je uveden v příloze 1 a v příloze 2 tohoto dokumentu.

5.2. VÝZNAM A POTENCIÁL VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE V ČR

V praxi se vyskytují zpravidla čtyři typy geotermálních systémů: hydrotermální, teplé suché horniny, geotlaké a magmatické. V současné době se ve světě používají k výrobě elektřiny zejména hydrotermální systémy, jejich využití v České republice je omezeno zejména geologickými podmínkami. Hydrotermální systémy jsou využívány v omezeném rozsahu pro získávání tepla, od 70. let minulého století se začíná s využíváním teplých suchých hornin (HDR – hot dry rock), systémy geotlaké a magmatické jsou otázkou budoucnosti (uvedeno dle ČEZ, 2007).

Dle České geotermální asociace (2021) je v ČR odhad potenciálu energie z hydrotermálních zdrojů vysoké teploty (>130°C) pro výrobu elektrické energie ve výši 10 MW, potenciál energie z hydrotermálních zdrojů vyšší teploty (<130°C) pro výrobu tepla (odběr tepla >5 K) je odhadován na 25 MW a odhad využitelného potenciálu energie tepla z hornin vysoké teploty (>130°C) až 3 388 MW (847 lokalit s výkonem 4 MW). Odhad potenciálu geotermální energie pro

nízkoteplotní systémy (tepelná čerpadla) činí pro primární zdroj horniny 8 750 MW a pro primární zdroj podzemní voda 2 390 MW.



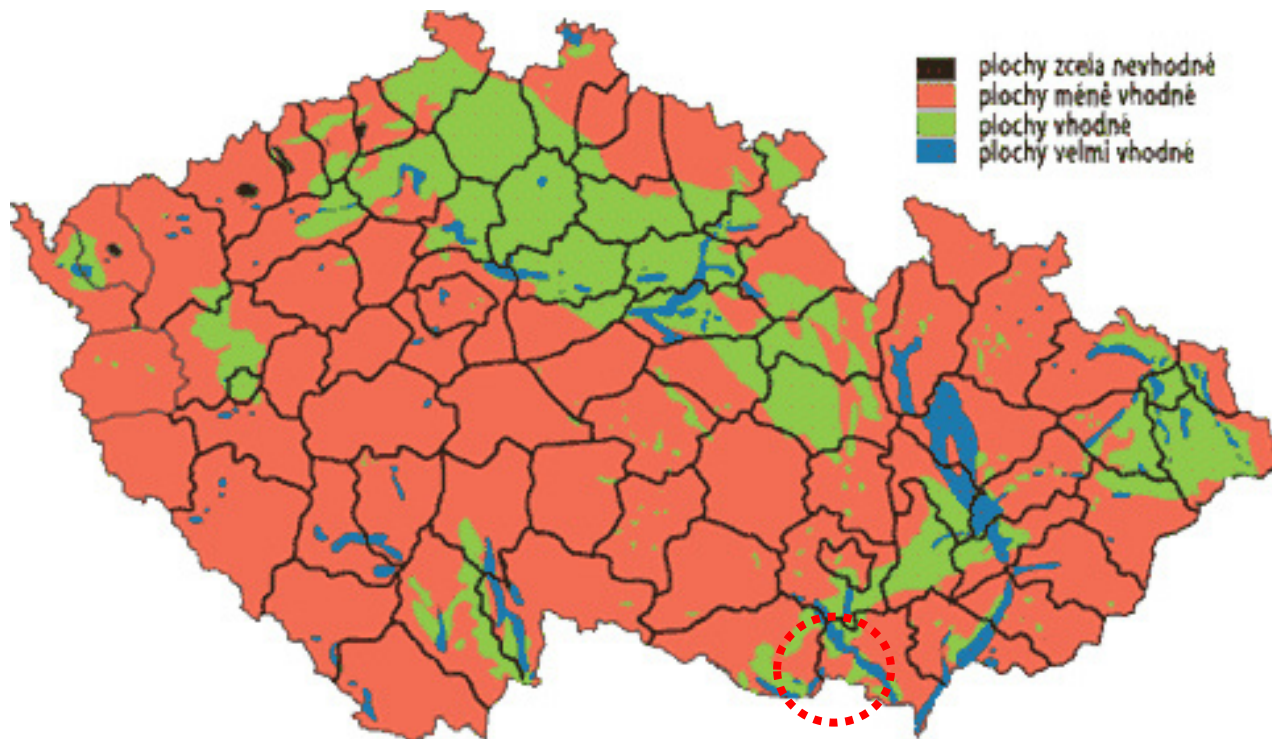
Obrázek 19: Nejvhodnější lokality pro HDR projekty v České republice (Zdroj: ČEZ, 2007 (s. 150))

Je možné konstatovat, že současný odhad možného využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie (3 388 MW) a odběru geotermální energie nízké entalpie (celkem 11 165 MW) tvoří jen cca 0,5% celkové tepelné kapacity hornin a vody na území ČR. Pro detailní výpočty jednotlivých lokalit, kde bude geotermální energie využívána, je nutné vždy udělat na základě budoucího požadavku jak z věcného, tak i časového hlediska rozbor získaných dat, včetně analýzy typu a hloubky struktur.

Dle Blažkové (2010) Česká republika nepatří k zemím, na jejichž území existují významné geotermální systémy. Zcela zde chybějí hydrotermální systémy o vysoké ($>150^{\circ}\text{C}$) a střední teplotě ($90 - 150^{\circ}\text{C}$). Vyskytuje se zde však celá řada tzv. nízkoteplotních zdrojů ($<90^{\circ}\text{C}$). Přesněji termální vody o teplotě $25 - 72^{\circ}\text{C}$, nebo je zde možnost využití horkých suchých hornin. Anomálie tepelného toku jsou registrovány v oblasti „oháreckého riftu“ v západní části české křídové tabule, ale i na severní Moravě v území Ostravsko-karvinské pánve. Na základě dlouhodobých výzkumů byl v České republice teoretický potenciál horkých suchých hornin (HDR). Při úvaze, že bychom blok Českého masivu o mocnosti 4 km ochladili o 1°C , získali bychom teoretický potenciál 500 000 PJ, přičemž roční spotřeba primárních energetických zdrojů v ČR je 1 800 PJ.

Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s. (2020) na základě výzkumných studií uvádí, že na našem území je možné identifikovat minimálně 60 lokalit vhodných pro výrobu elektřiny s celkovým výkonem cca 250 MW a tepla na

vytápění s výkonem cca 2 000 MW, což představuje roční výrobu cca 2 TWh elektřiny a 4 TWh využitého tepla. Jednotlivé zdroje (viz také výše) se tedy značně rozcházejí.



Obrázek 20: Potenciál ploch pro využití geotermální energie (Zdroj: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s. (2020))

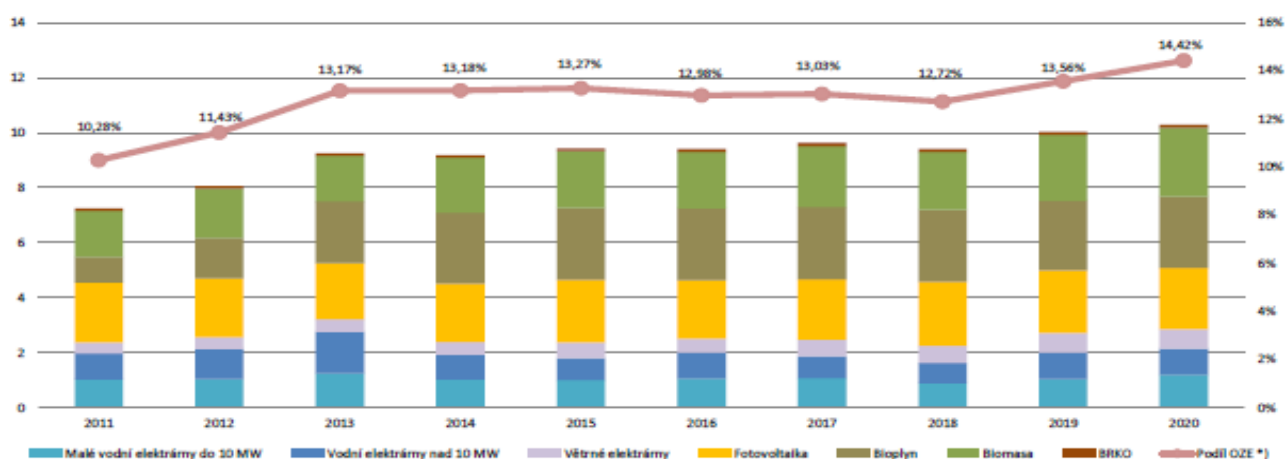
Dle ČEZ (2007) je využití geotermální energie v ČR omezeno na ojedinělé projekty vázané na konkrétní lokalitu. Na základě studie ČEZ (2007) jsou základním ekonomickým omezením tohoto typu projektů náklady spojené s hlubinnými vrtly pro získání geotermální energie a je navrhováno využití především pro využití nízkopotenciálního tepla pro vytápění, výroba elektřiny by měla být pouze doplňkovým využitím. Dle národního energetického mixu (OTE, 2020) je podíl využití geotermální energie v ČR zcela zanedbatelný.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
OZE celkem	10,95%	11,77%	10,11%	7,60%	6,17%	3,90%	6,75%
- Sluneční	2,63%	2,88%	2,77%	2,14%	2,07%	1,66%	2,27%
- Větrné	0,57%	0,71%	0,63%	0,45%	0,22%	0,00%	0,43%
- Vodní	2,56%	2,67%	1,15%	1,43%	0,77%	0,44%	0,65%
- Geotermální	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
- Biomasa	2,19%	2,34%	5,57%	3,58%	3,11%	1,81%	3,40%
- Ostatní	2,99%	3,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fosilní zdroje celkem	52,77%	55,10%	59,53%	57,40%	56,95%	57,01%	52,50%
- Hnědé uhlí	41,27%	42,15%	43,91%	43,77%	44,63%	46,18%	40,00%
- Černé uhlí	5,78%	6,31%	6,97%	5,38%	4,18%	2,84%	2,66%
- Zemní plyn	5,52%	6,41%	8,40%	5,45%	5,80%	7,74%	9,61%
- Ropa a rop. prod.	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,04%	0,15%	0,11%
- Druh. zdroje, ost.	0,14%	0,18%	0,20%	2,73%	2,30%	0,10%	0,12%
Jaderné zdroje celkem	36,28%	33,13%	30,36%	35,01%	36,88%	39,09%	40,75%

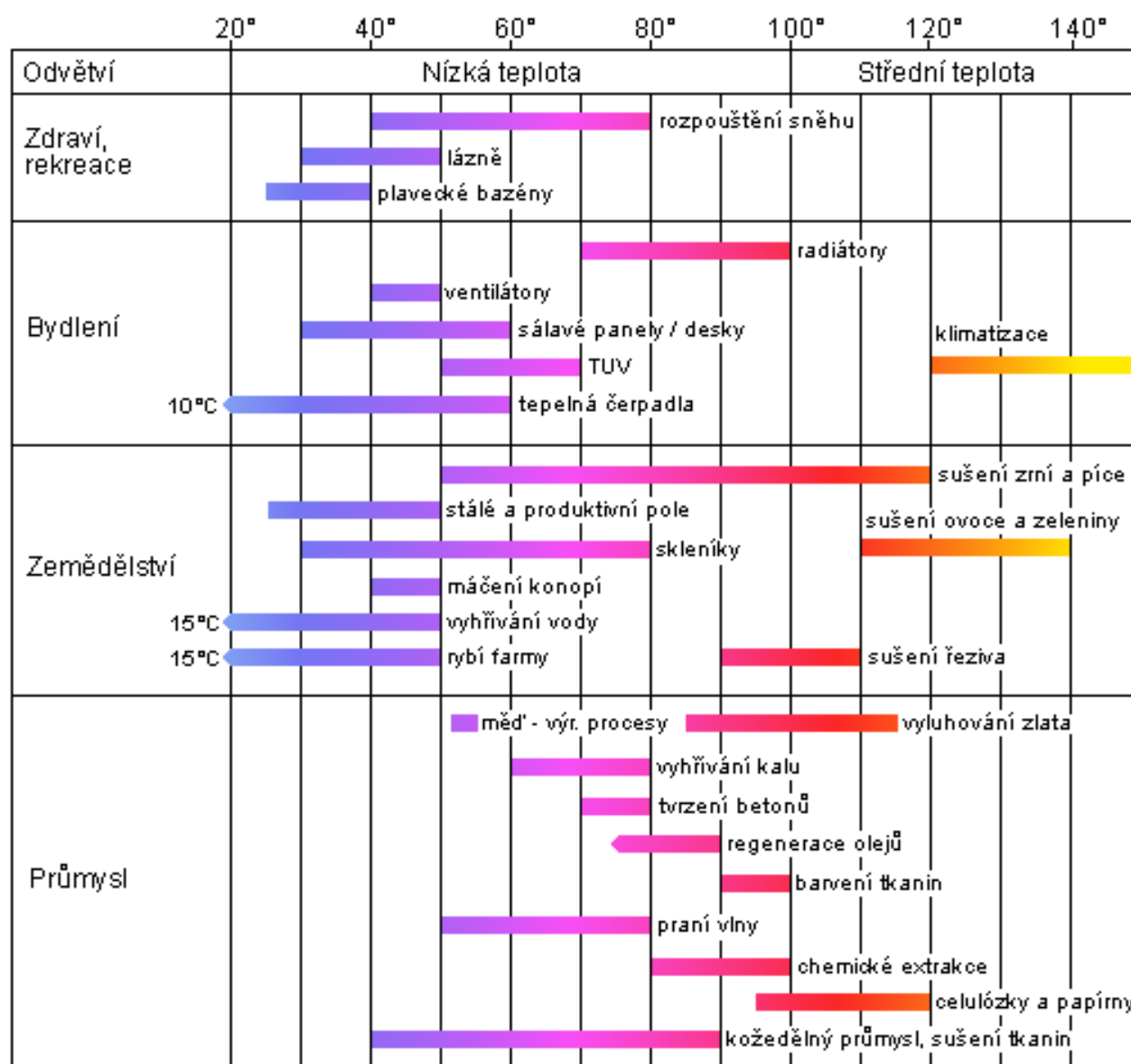
Tabulka 3: Národní energetický mix (Zdroj: OTE, 2021).

Prakticky nulové využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie dokládají i statistiky Energetického regulačního úřadu, který v Energetickém regulačním věstníku (ERÚ, 2020a) uvádí výkupní ceny za výrobu elektrické energie s využitím geotermální energie (3.290 až 3.356 Kč/MWh), výroba elektrické energie z geotermální energie se ale ani neobjevuje v přehledech výroby elektrické energie z OZE.



Obrázek 21: Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na tuzemské brutto spotřebě (TWh) - zdroj: ERÚ, 2021.

Blažková (2010) popisuje i obecné možnosti využití geotermální energie. Využití středně teplých zdrojů geotermální energie (90 - 150°C) je hlavně uplatňováno pro vytápění objektů, v průmyslu a v zemědělství, v balneologii a k rekreaci, viz. Lindalův diagram níže.



Obrázek 22: Využití geotermální energie (Lindalův diagram). Zdroj: Lindal, Baldur, 1973 in Blažková, 2010.

Dle Blažkové (2010) největší geotermální topný systém na světě má Island, dále se zde využívá geotermální teplo pro vytápění skleníků pro pěstování zeleniny, květin ale i jižních plodů, jako jsou pomeranče, citrony, banány apod. Květiny a zelenina se pěstují s využitím zemského tepla i ve střední Itálii a Maďarsku. Blažková (2010) dále uvádí, že nejvhodnější a ekonomicky nejméně náročné jsou struktury hydrotermální, tedy většinou sedimentární synklinální pánve s dobře zvodněnými vrstvami. Taková struktura se nachází například v centrální druhohorní pánvi ve Francii, kde je realizováno již několik set geotermálních vytopen měst, menších aglomerací či průmyslových objektů. Podobná struktura je uváděna z Maďarska, kde je v provozu již několik desítek instalací využívajících teplé podzemní vody s teplotami do 90°C. Středně teplé geotermální zdroje jsou vhodné pro objekty s větší spotřebou tepla. Pokud jako zdroj tepla je uvažována teplá podzemní voda, je nutné velmi pečlivě zpracovat tepelnou a objemovou bilanci zvodně, aby při vracení ochlazené vody do podzemí nedocházelo k jejímu prochlazování. Využití nízkoteplotního geotermálního potenciálu (teploty pod 90°C) je možné prakticky v neomezeném množství, protože je odebíráno zemské teplo, které jinak uniká do atmosféry (Myslík, et al. 2007 in Blažková, 2010). Tento potenciál je dosažitelný v malých hloubkách pod povrchem z podzemní vody anebo mělkými geotermálními vrtly na "suché" zemské teplo, hlubokými jen desítky nebo stovky metrů. V balneologii a k

rekreaci jsou nejvíce využívány teploty mezi 25 - 40°C. Pro vytápění objektů se využívají teploty mezi 40 - 70°C (vše dle Blažková, 2010).

Parametry termální vody v řešeném území jsou definovány např. ve studii proveditelnosti záměru výstavby Sanatoria Pálava (ČSOB Advisory, a.s., 2019), případně také v kapitole 2.1 Parametry termální vody tohoto dokumentu. Teplota vody v řešeném území ve vrtech Pasohlávky 2G (Pa 2G) a Mušov 3G (Mu 3G) činí 36 °C až 43 °C v závislosti na intenzitě čerpání. Tato studie definuje i právní podmínky využití termální vody v řešení vrtech. V rozsáhlé hydrogeologické zřidelní struktuře Pasohlávky – Mušov se nachází dva hydrogeologické vrty, které byly vyhláškami Ministerstva zdravotnictví prohlášeny za přírodní léčivé zdroje. Jedná se o vrty Mušov Mu3G (hloubka vrtu 1455 m) a vrt Pasohlávky Pa2G (hloubka vrtu 1200 m). Hydrogeologická struktura je doplňovaná atmosférickými srážkami a dále je dotována reliktními vodami. Oba přírodní léčivé zdroje disponují celkovým povoleným využitelným množstvím minerální vody 10 l/s v dělení pro oba zdroje shodně 5 l/s. Záměrem Ministerstva zdravotnictví ČR je, aby výtěžek z přírodních léčivých zdrojů byl využíván především k léčebným a dietetickým účelům. Určení pozice struktury termálních vod bylo provedeno na základě intenzivních průzkumů ropných struktur. Vrt Mu3G byl vybudován v roce 1990 a to už cíleně jako hydrogeologický vrt určený k využívání termální vody. V roce 1995 byl vybudován vrt Pa2G, který byl původně určen k re-injektáži geotermálních vod čerpaných z vrtu Mu3G. Vrt Mu3G byl osvědčen vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 290/1998 Sb. ze dne 26. 11. 1998 jako přírodní léčivý zdroj minerální vody. Zdroj Pa2G byl osvědčen o 13 let později v roce 2011 rozhodnutím Ministerstva zdravotnictví č.j. MZDR 38400/2011-4/OZS-ČIL-Pr ze dne 13. 7. 2011. Aktualizované povolení k využívání přírodního léčivého zdroje minerální vody Mušov MU-3G bylo vydáno rozhodnutím Ministerstva zdravotnictví pod č.j. MZDR 11253/2015-3/OZD-ČIL-Pr ze dne 13. 1. 2015. Povolení k využívání přírodního léčivého zdroje minerální vody PA-2G bylo vydáno pod č.j. MZDR 45781/2013-5/OZD-ČIL-Pr. dne 21.3.2014.

S ohledem na výše uvedená omezení tak lze konstatovat, že využití stávajících vrtů (MU-3G a PA-2G) k jiným účelům, než je lázeňská léčebná a rehabilitační péče, je poměrně problematické. Jiné využití tak může být pouze výjimečně se souhlasem Ministerstva zdravotnictví (resp. Českého inspektorátu lázní a zřidel), čistě průmyslové využití (např. vyhřívání skleníků apod.) lze považovat za vyloučené. Výjimkou může být např. využití tepla z odpadní vody využívané pro lázeňské léčebné rehabilitační účely, případně výjimky týkající se stávajícího využití (zejména pro potřeby Aqualandu Moravia případně Termalu Mušov).

5.3. PŘÍPADOVÁ STUDIE GEOTERMÁLNÍ ENERGIE LITOMĚŘICE¹

Jeden z největších projektů připravovaných v České republice na využití geotermální energie je výstavba geotermální teplárny a elektrárny Litoměřice. Projekt je připravovaný účelově založenou společností 1. Geotermální Litoměřice a.s. ve vlastnictví města Litoměřice. Popis projektu vychází ze stavu popsaného ve studii proveditelnosti zpracované společností Quinary Project Management s.r.o. v období 2009 až 2011.

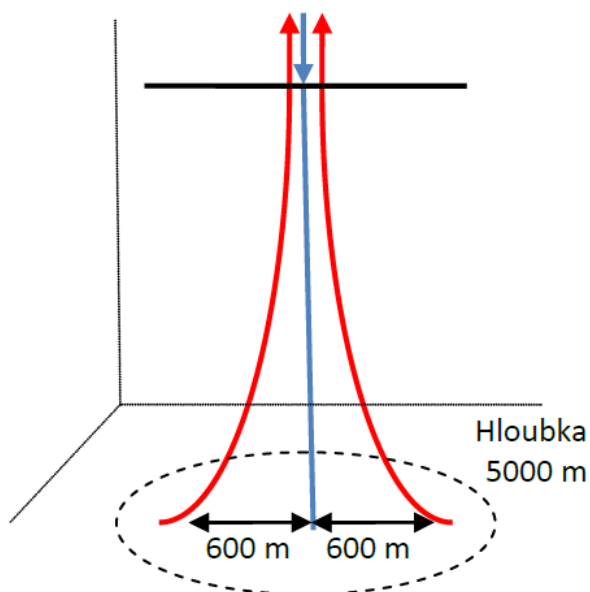
Hlavním účelem projektu je dle studie proveditelnosti nahrazení stávajícího zdroje centrálního zásobování teplem v Litoměřicích – výtopny Kocanda spalující hnědé uhlí – která se nachází na konci doby své životnosti – tak, aby byly zajištěny dodávky tepla pro domácnosti, firmy i veřejné instituce způsobem, který bude dlouhodobě stabilní a příznivý

¹ zpracováno především dle Quinary Project Management, 2011

vůči životnímu prostředí. Stabilita systému zásobování teplem bude spočívat v zajišťování požadovaného množství tepla v časovém horizontu alespoň 25 let za podmínek (cena, kvalita), které jsou konkurenceschopné a sociálně únosné. Při takových podmínkách nebude docházet k přechodu odběratelů na jiné, méně ekologické, druhy vytápění, nýbrž počet odběratelů bude postupně navyšován. Systém zásobování teplem přispěje k rozvoji podnikání a zvýšení regionální konkurenceschopnosti. Cílená cena tepla činí 450 Kč/GJ (cenová úroveň roku 2011 bez DPH). Kapacita výroby tepelné energie bude odpovídat minimálně potřebám odběratelů v současnosti připojených k systému centrálnímu zásobování teplem v Litoměřicích, tj. cca 70 % domácností a 30 % subjektů průmyslové a terciární sféry. Potřeba dodávek tepla pro tyto odběratele je pro rok 2016 předpokládána na úrovni 320 TJ/rok (cca 60 % celkových předpokládaných potřeb tepla pro otop a teplou vodu ve městě). Požadovaný výkon pro zajištění této potřeby dodávek tepla činí alespoň 35 MWt. Výroba tepelné energie může být kombinována s výrobou elektrické energie za předpokladu, že příjem z prodeje elektrické energie bude mít pozitivní dopad na ekonomiku projektu. Kapacita výroby elektrické energie bude navržena v souladu s dostupnou kapacitou distribuční sítě. V případě obnovitelného zdroje energie lze k distribuční síti v dané oblasti podle dostupných informací připojit maximální výkon 7,5 MWe. Řešení projektu má přispět k podstatnému snížení emisí škodlivin, zejména CO₂, CO, SO₂, NO_x, tuhých látek a organických látek – snížení alespoň o 30 % oproti současnému stavu.

Technické a technologické řešení doporučené varianty geotermálního projektu spočívá v získávání tepla ze zemské kůry systémem HDR (hot dry rock – horká suchá skála) a jeho následném využití pro dodávky tepla a výrobu elektrické energie. Systém HDR lze realizovat v pevných horninových vrstvách s teplotou okolo 200 °C, do kterých je vháněna tekutina vhodná pro přenos tepla, která se rozlévá do horninových puklin, ohřívá se zde a vytváří zde umělý rezervoár – výměník tepla. Z rezervoáru se ohřáté medium dostává jímacími vrtly napovrch. Horninové pukliny mohou být přirozené, nebo mohou být vytvořeny uměle hydrodynamickými tlaky vodního média. Projekt tvoří (viz Quinary Project Management, 2011, s. 7):

- 3 nezávislé vrtly, které se budou provádět do předpokládané hloubky 4000 až 5000 m, s průměrem 256 mm. Předpokládá se, že jeden vrt bude vtláčecí (pro vtláčení vody) a dva budou jímací (pro odběr v podzemí ohřáté vody). Rozmístění jednotlivých vrtů bude závislé na zjištěném směru, úklonu a četnosti prasklin a puklin.
- 6 monitorovacích vrtů o různých hloubkách (50 až 2 000 m) pro kontrolu a monitoring geologického prostředí. Tyto vrtly budou v době výstavby využívány pro stanovení aktuálních poměrů v postupně vrtaných vtláčovacích a jímacích vrtech matematickým modelováním v horninovém prostředí. Monitorovací vrtly budou také zajišťovat případný monitoring možného vzniku mikroseizmických aktivit, které mohou nastat až do úplné stabilizace horninového prostředí po naplnění a teplotní stabilizaci geotermálního výměníku. Jeden z monitorovacích vrtů vznikne použitím již zrealizovaného průzkumného vrtu v hloubce 2111 m.
- těleso geotermálního výměníku v hloubce 4000 až 5000 m, vytvářející umělý geotermální zdroj teplé vody s předpokládanou vydatností 100 l/s a teplotou 180 °C na výstupu. Hloubka je závislá na dosažení teploty a požadovaného množství protékající vody (předané energie) puklinovým systémem, čehož bude dosaženo jak přirozenými puklinami, tak i soustavou puklin vytvořených vysokotlakým hydraulickým štěpením hornin, tj. vzniklých uměle vháněním vody do tělesa geotermálního výměníku.
- teplárna s přidruženou výrobou elektřiny – zde budou osazeny výměníky, ve kterých se bude geotermální energie předávat do okruhu turbogenerátoru (ORC systém pro výrobu elektřiny). Za turbogenerátorem bude další výměník předávající tepelnou energii do horkovodního okruhu (CZT). Tepelná energie z vrtů bude činit 42,76 MW. Výkon turbogenerátoru ORC systému 5 MW elektřiny. Nadbytečná energie bude ze zpátečky okruhu mařena v šachtových chladících věžích, zejména v letním období, nebo v budoucnu využita jiným způsobem.
- související infrastruktura – zejména se jedná o připojení na distribuční síť tepla a elektrické energie, vybudování technologického vodovodu pro zásobování projektu vodou z řeky Labe, manipulačních ploch a komunikací a zřízení všech dalších nezbytných přípojek (voda, plyn, elektřina).



Obrázek 23: Schéma geotermálního výměníku



Obrázek 24: Vizualizace nadzemní části

Zdroj: oba obrázky Quinary Project Management s.r.o., 2011.

Předpokládaná realizace projektu byla v letech 2012 až 2015, předpokládaný termín zahájení provozu k 1. 7. 2015. Předpokládaná životnost vrtů je min. 40 let, předpokládaná životnost technologií 15 let, doba hodnocení 25 let (do 31. 12. 2039). Předpokládané náklady stavební části činí 1 590,0 mil. Kč (z toho podzemní výměník 1 306,3 mil. Kč), předpokládané náklady na projektovou přípravu 66,4 mil. Kč. Celkové náklady projektu činily 1 981,6 mil. Kč včetně rezervy ve výši 286,3 mil. Kč (vše v cenách roku 2011). Předpokládané financování projektu zahrnovalo vlastní zdroje v celkové výši do 150,0 mil. Kč, financování z prostředků OP ŽP (dotace až do výše 605,4 mil. Kč), využití úvěru EIB (913,5 mil. Kč) a komerčních úvěrů (308,1 mil. Kč).

Příjmy projektu tvoří příjmy za prodej tepla a příjmy za prodej elektřiny. Vstupní parametry pro kalkulaci příjmů jsou popsány v kapitole Základní předpoklady. Geotermální projekt má ročně dodávat 320 000 GJ tepla za rok při ceně 450,- Kč/GJ bez DPH a 29 542 MWh elektřiny při výkupní ceně 4 500,- Kč/MWh (instalovaný elektrický výkon 5 MWe, roční využití 6 434 h). Provozní výdaje zahrnují zejména běžné opravy a údržbu (cca 2 % stavebních nákladů ročně), nájem pozemků a platby za použití distribuční sítě tepla, osobní náklady (20 zaměstnanců), vodné a stočné včetně použití technologické vody, výdaje na dodávky elektrické energie zvenčí, režie, pojištění a ostatní provozní náklady.

Výsledky finanční analýzy byly velmi příznivé, FRR/C činila 7,1 %², hodnota finanční návratnosti při zohlednění položek financování FRR/K činila velmi příznivých 25,0 %. Současně byla provedena i socioekonomická analýza zohledňující společenské přínosy a náklady projektu s výsledkem ERR ve výši 12,8 % a ekonomickou čistou současnou hodnotou ve výši 1 204,5 mil. Kč. Přepínací hodnota investice (tj. hodnota, při které čistá současná hodnota projektu je nulová) pro míru návratnosti kapitálu činí 141 %.

² tato hodnota indikuje nezávislost projektu na dotačních zdrojích, tato skutečnost nebyla v předložené SP žádným způsobem komentována

I přes příznivé závěry studie proveditelnosti realizace projektu k datu dokončení tohoto dokumentu ani nebyla zahájena. V rámci projektu financovaného z prostředků EU s názvem Modernizace výzkumné infrastruktury RINGEN (Research INfrastructure for Geothermal ENergy) bylo vytvořeno odborné zázemí pro výzkum efektivního využívání hlubinné geotermální energie. Projekt zahrnoval vybudování vysoce specializovaného geotermálního centra v Litoměřicích, kde je soustředěno klíčové vybavení, technologie a zázemí pro výzkumné týmy. Součástí projektu byly i výzkumné aktivity zaměřené na rozvoj a testování metod pro ocenění energetického potenciálu hlubinného tepla, technologií stimulace propustnosti hornin pro tvorbu podzemních geotermálních výměníků a metod pro seismické monitorování (blíže viz výstupy projektu dostupné z: https://rin-gen.cz/cz/vysledky/vystupy-projektu-modernizace-vyzkumne-infrastruktury-ringen-cz.02.1.01-0.0-0.0-16_013-0001792). Nositelem projektu byla Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, projekt byl realizován v letech 2017-2020 s rozpočtem 103 mil. Kč (viz Karlova univerzita, 2018).



Obrázek 25: Výzkumná infrastruktura RINGEN, Litoměřice. Zdroj: Karlova univerzita, 2018.

5.4. FINANČNÍ ANALÝZA MODELOVÉHO PŘÍKLADU VYUŽITÍ TERMÁLNÍ VODY

Pro potřeby ověření možnosti ekonomického využití energetického potenciálu termální vody v řešené lokalitě je analyzován modelový příklad využití termální vody pro wellness aktivity. Hodnocení využívá výhradně energetický potenciál termální vody (komparace s ohříváním vody s využitím zemního plynu), další ekonomické aspekty tohoto řešení (cena vody, obsah solí a dalších látek) nejsou zohledňovány. Předložený příklad nicméně zůstává pouze teoretický z důvodu ochrany stávajících vrtů jako přírodních léčivých zdrojů.

Finanční analýza je připravena v souladu s mezinárodními standardy pro hodnocení investičních projektů připravených Organizací OSN pro průmyslový rozvoj (tzv. metodika UNIDO, viz Investment Project Preparation and Appraisal, United Nations Industrial Development Organization, Vienna, 2005, resp. Behrens, W., Hawranek, P. M.: Manual for the preparation of Industrial Feasibility Studies. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, 1991) a v souladu s metodikami EU závaznými pro hodnocení investičních projektů realizovaných s podporou z prostředků EU v programovacím období 2014-2020 (zejména Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014 – 2020, EK, 12/2014) a v souladu s národními metodikami pro přípravu podnikatelských plánů a hodnocení investičních projektů (Fotr, J., Souček, I.: Podnikatelský záměr a investiční rozhodování. Grada, Praha,

2005.). Cílem finanční analýzy je určit, analyzovat a interpretovat všechny finanční souvislosti projektu, které mohou mít vliv na investiční a finanční rozhodování. Vstupy do finanční analýzy zahrnují investiční výdaje (rozpočet projektu), provozní příjmy a výdaje včetně odhadu jejich budoucího průběhu a předpokládané zdroje financování. V souladu s výše uvedenými metodickými zdroji byla definována následující východiska a parametry pro hodnocení.

Cash-flow projektu – rozdíl mezi výdaji a příjmy projektů v průběhu doby hodnocení. Cash-flow projektu je stanoveno přímou metodou, tzn. jako rozdíl mezi veškerými peněžními příjmy a výdaji projektu na základě přírůstkové metody, tj. porovnání nulové varianty (stav bez projektu) a projektové varianty (stav s projektem). Jako nulová varianta projektu je uvažován ohřev vody zemním plynem.

Doba hodnocení (referenční období) – časový interval pokrývající jednotlivé fáze životního cyklu projektu. Doba hodnocení musí být kratší nebo maximálně shodná s dobou životnosti projektu, tzn. období, po které lze udržet výsledky projektu bez nutnosti vynaložení významných reinvestičních nákladů. Doba hodnocení projektu je stanovena na 20 let. S ohledem na předpokládanou životnost použitých technologií a předpokládanou dobu splácení komerčního úvěru ve scénáři s úvěrovým financováním byla hodnota doporučená dle Guide (EC, 2014, s. 42) pro ostatní sektory ve výši 15 let navýšena na 20 let. Doba hodnocení je v souladu s národní metodikou pro zpracování CBA počítána od prvního roku realizace. Hodnocení je zpracováno v reálných cenách roku 2021.

Zůstatková (zbytková) hodnota – odhadovaná tržní hodnota projektu na konci doby hodnocení. V rámci prezentovaných statických výsledkových ukazatelů projektu nebyla zůstatková hodnota uvažována. V souladu s nařízením Komise (EU) 480/2014 (článek 18) je možné kalkulovat zůstatkovou hodnotu ve výši čisté současné hodnoty peněžních toků ve zbývajících letech životnosti operace (cca 30 let), takto konstruovaná zůstatková hodnota byla zohledněna ve výpočtu dynamických ukazatelů (NPV, NPV/I, IRR).

Doba návratnosti – časový úsek, během kterého dojde k pokrytí investičních nákladů. Doba návratnosti musí být vždy kratší než doba hodnocení. Kalkulace doby návratnosti je založena na výpočtu nediskontovaného cash-flow.

Diskontní sazba – úroková sazba pro budoucí výnosy a zohlednění času při hodnocení projektu. Diskontní sazba vyjadřuje hodnotu ztracené příležitosti (alternativní náklady kapitálu) a bere v úvahu související rizika (např. politická, ekonomická, kurzová). Hodnota diskontní sazby je použita v souladu s Guide (EC, 2014, s. 42) ve výši 4,0 % v reálném vyjádření.

Čistá současná hodnota (dále jen „NPV“) – suma diskontovaných čistých cash-flow projektu po dobu hodnocení projektu. Čistá současná hodnota reprezentuje čistý diskontovaný výnos projektu za sledované období. Čistá současná hodnota je kalkulována k okamžiku hodnocení investičního projektu. Výslednou hodnotu ukazatele je možné interpretovat na základě jeho srovnání s nulovou hodnotou. Investiční projekt je přijatelný v případě, že je jeho NPV > 0 (diskontované peněžní příjmy převyšují kapitálové výdaje).

Vnitřní míra výnosnosti (dále jen „IRR“) – taková úroková míra, při které se současná hodnota příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům (nebo současné hodnotě kapitálových výdajů). Z pohledu ukazatele NPV může být IRR definována jako taková hodnota diskontní sazby, při které se čistá současná hodnota majetku rovná nule. Jediný správný způsob interpretace ukazatele IRR je jeho srovnání s vybranou diskontní sazbou; investice je přijatelná, pokud vnitřní míra výnosnosti převyšuje diskontní sazbu ($IRR > r$). Ukazatel nepodává informaci o návratnosti investice. Hodnota vnitřní

míry výnosnosti převyšující diskontní sazbu pouze prokazuje, že projekt bude přijatelný i v případě růstu časových preferencí (tedy i při použití vyšší diskontní sazby).

Index čisté současné hodnoty (NPV/I) – vyjadřuje velikost čisté současné hodnoty projektu v poměru k objemu investice. Ukazuje, kolik jednotek NPV připadá na jednotku investice. Interpretace ukazatele NPV závisí na významu čisté současné hodnoty. Projekt je přijatelný v případě, že je index NPV pozitivní.

Investiční výdaje jsou stanoveny ve výši 20,0 mil. Kč a zahrnují přípravu projektu, vrt a jeho vystrojení a nezbytné technologie pro využití termální vody. Vícenáklady na provoz technologií pro využití termální vody byly stanoveny ve výši 2,5 % z objemu investice (tj. 0,5 mil. Kč). Předpokládaný denní objem použité vody je 100 m³ (při průběžném čerpání odpovídá cca 1,15 l/s). Hlavní příjmovou položkou projektu jsou úspory proti nulové variantě definované ohřevem vody s využitím zemního plynu. Odhad nákladů na ohřev vody byl kalkulován s využitím výpočtových tabulek dostupných na tzb-info.cz pro průměrnou vstupní teplotu vody 10 °C, cílovou teplotou vody 40 °C a koeficientem energetických ztrát v systému 0,5 (nové rozvody). Celková roční potřeba energie na ohřev teplé vody činí cca 1600 MWh/rok. Při ceně za zemní plyn ve výši 1.300 Kč/MWh (ceny roku 2021) tak činí roční náklady cca 2,08 mil. Kč. Další výdaje (úspory) spojené s použitou vodou nejsou s ohledem na energetické zaměření hodnocení uvažovány, tyto úspory (při srovnání s dodávkou vody z veřejného vodovodu) ale mohou představovat další významnou položku v kalkulaci provozního cash-flow. Současné ale model neuvažuje náklady spojené s úpravou (např. vložkování) nebo likvidací použitých termálních vod, respektive tyto výdaje jsou uvažovány jako shodné s variantou bez projektu (použití vody z veřejného vodovodu).

Realizace projektu je financována s využitím komerčního úvěru ve výši 50 % z objemu investice, roční úrok 4,0 % p.a. (odpovídá sazbě 3M Pribor na začátku listopadu 2021 a marži banky ve výši 1,5 %). Úvěr je splácen anuitně v 15 ročních splátkách.

rok	celkem	0	1	2	3	4	5
investice	20,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstat. hodnota	12,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
náklady fix	9,50	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
potřeba vody (1000 m ³)	693,5	0,00	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50
cena plynu (1 GWh)		0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
plyn (GWh/rok)	30,40	0,00	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
úspora na vodě	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
úspora na topení	39,52	0,00	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
čisté CF	22,84	-20,00	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
přijatý úvěr	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	3,49	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,29
splátka jistiny	10,00	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,61
finanční CF	19,34	-10,90	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
kum. finanční CF	19,34	-10,90	-10,22	-9,54	-8,86	-8,18	-7,50

Tabulka 4: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 0 až 5 (částky v mil. Kč)

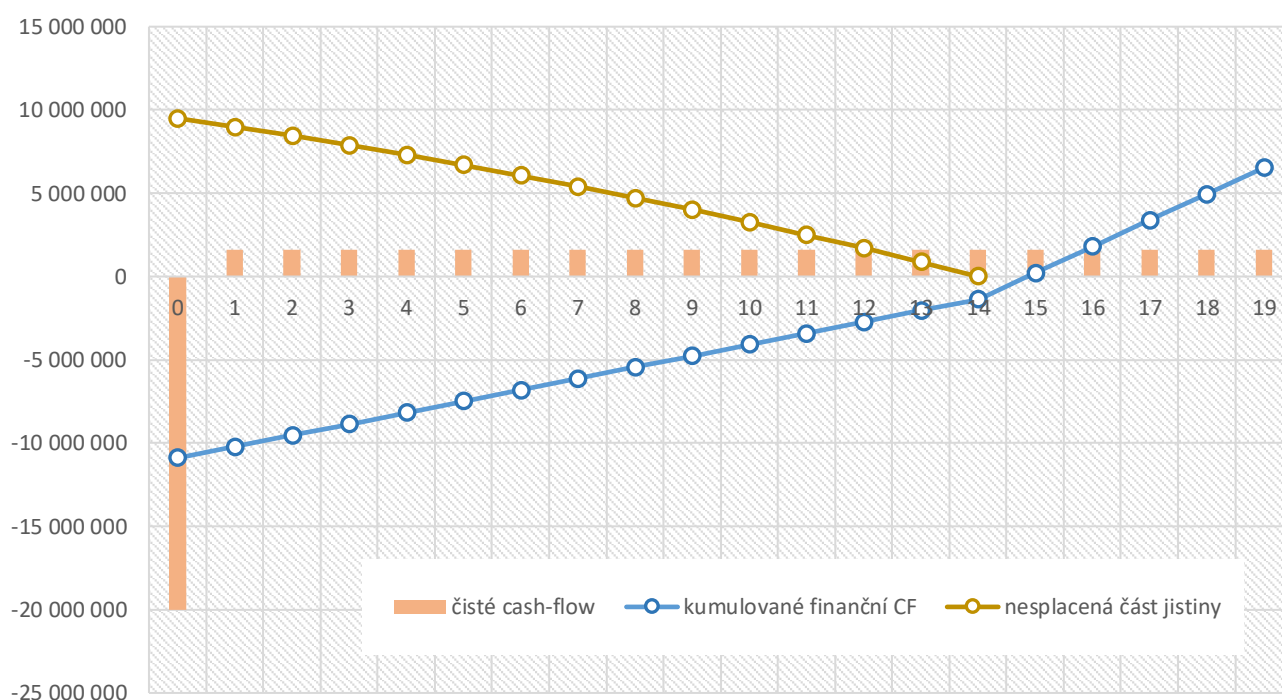
rok	6	7	8	9	10	11	12
investice	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstat. hodnota	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
náklady fix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
potřeba vody (1000 m ³)	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50
cena plynu (1 GWh)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
plyn (GWh/rok)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
úspora na vodě	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
úspora na topení	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
čisté CF	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
přijatý úvěr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,13	0,10
splátka jistiny	0,63	0,66	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80
finanční CF	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
kum. finanční CF	-6,82	-6,14	-5,45	-4,77	-4,09	-3,41	-2,73

Tabulka 5: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 6 až 12 (částky v mil. Kč)

rok	13	14	15	16	17	18	19
investice	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstat. hodnota	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,82
náklady fix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
potřeba vody (1000 m ³)	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50	36,50
cena plynu (1 GWh)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
plyn (GWh/rok)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
úspora na vodě	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
úspora na topení	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
čisté CF	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	14,40
přijatý úvěr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka jistiny	0,83	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
finanční CF	0,68	0,68	1,58	1,58	1,58	1,58	14,40
kum. finanční CF	-2,05	-1,37	0,21	1,79	3,37	4,95	19,34

Tabulka 6: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 13 až 19 (částky v mil. Kč)

Model pro finanční analýzu byl sestaven jako částečně dynamické modelové prostředí, které hledá cesty k finanční proveditelnosti celého projektu. Cash-flow projektu je dostupné v tabulce výše. Pro výpočet byly použity finanční funkce programu EXCEL.



Graf 1: Průběh čistého a finančního cash-flow projektu

Finanční analýza projektu byla v souladu s metodikami EU (Guide 2014) provedena jako hodnocení efektivnosti projektu jako investice (FIRRc, resp. FNPVc) a hodnocení návratnosti vloženého kapitálu (FIRRk, resp. FNPVk).

návratnost investice		návratnost kapitálu	
FNPVc	6,8 mil. Kč	FNPVk	6,4 mil. Kč
FNPVc/I	34,2 %	FNPVk/I	32,2 %
FIRRc	6,9 %	FIRRk	7,9 %
doba návratnosti	14 let	doba návratnosti	16 let

Tabulka 7: Výsledky finanční analýzy energetické využití termální vody

Kladná čistá současná hodnota pro všechny části projektu dokazuje návratnost vložených prostředků v čase. Index rentability (NPV/I) vykazuje velmi dobrou návratnost prostředků, kdy každá vložená jednotka investice se vrátí a přináší s sebou až 34,2 % finančních prostředků vyjádřených jejich současnou hodnotou. Hodnota vnitřního výnosového procenta výrazně přesahuje diskontní sazbu (4 % p.a. v reálném vyjádření) a dokazuje nezávislost projektu na využití veřejných prostředků (dotace). Hodnocení návratnosti kapitálu s využitím úvěrového financování dosažené výsledky mírně zhoršuje, získané výsledky ale plně umožňují realizaci projektu. Průběh čistého a kumulovaného finančního cash-flow je zachycen na grafu výše. Křivka kumulovaného finančního cash-flow protíná nulovou hodnotu na ose (y) na konci patnáctého roku (prostá návratnost kapitálu 16 let).

5.5. SHRnutí

Nízká teplota termální vody v řešené oblasti vytváří potenciál pouze pro přímé využití geotermální energie, například pro využití tepla prostřednictvím tepelných čerpadel, vyhřívání skleníků, vyhřívání plaveckých bazénů nebo wellness aktivit. Využití pro výrobu elektrické energie nelze předpokládat. Energetické využití je ale významně limitováno ochranou stávajících vrtů MU-3G a PA-2G jako přírodních léčivých zdrojů a z toho plynoucích omezení. Případné energetické využití je tak velmi omezené, jakkoli zpracovaná finanční analýza modelového využití energie termální vody pro wellness aktivity prokazuje návratnost vložených prostředků v horizontu 16 let. S ohledem na stávající omezení a situaci v regionu min. v horizontu příštích deseti let významné energetické využití termální vody v řešené oblasti nad rámec stávajících výjimek spíše nelze předpokládat. Tato omezení jsou ale platná výhradně pro českou stranu řešeného území.

6. VYUŽITÍ TERMÁLNÍ VODY PRO LÁZEŇSKÉ ÚČELY

Využití geotermální energie má jednoznačně významný potenciál pro redukci emisí spojených s výrobou elektrické energie a/nebo tepla. Její využití je ale spojeno s celou řadou technických problémů, které v podmínkách ČR brání jejímu významnějšímu rozšíření.

6.1. PARAMETRY TERMÁLNÍ VODY V ŘEŠENÉ OBLASTI³

V řešeném území zahrnujícím hydrogeologickou zřídelní strukturu Pasohlávky – Mušov se nachází dva hydrogeologické vrty, které byly vyhláškami Ministerstva zdravotnictví prohlášeny za přírodní léčivé zdroje. Jedná se o vrty Mušov Mu3G (hloubka vrtu 1 455 m) a vrt Pasohlávky Pa2G (hloubka vrtu 1 200 m). Hydrogeologická struktura je doplňovaná atmosférickými srážkami a dále je dotována reliktními vodami. Oba přírodní léčivé zdroje disponují celkovým povoleným využitelným množstvím minerální vody 10 l/s v dělení pro oba zdroje shodně 5 l/s. Záměrem Ministerstva zdravotnictví ČR je, aby výtěžek z přírodních léčivých zdrojů byl využíván především k léčebným a dietetickým účelům. Zdroj Mu 3G poskytuje ve srovnání s obdobnými zdroji velmi kvalitní sirnou minerální vodu. Připravované projekty by tedy měly zohlednit výjimečnost této minerální vody a zaměřit se na vybudování provozu využívajícího jejích příznivých účinků.

Určení pozice struktury termálních vod bylo provedeno na základě intenzivních průzkumů ropných struktur. Vrt Mu3G byl vybudován v roce 1990 a to už cíleně jako hydrogeologický vrt určený k využívání termální vody. V roce 1995 byl vybudován vrt Pa2G, který byl původně určen k reinjektáži geotermálních vod čerpaných z vrtu Mu3G. Vrt Mu3G byl osvědčen vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 290/1998 Sb. ze dne 26. 11. 1998 jako přírodní léčivý zdroj minerální vody. Zdroj Pa2G byl osvědčen o 13 let později v roce 2011 rozhodnutím Ministerstva zdravotnictví č.j. MZDR 38400/2011-4/OZS-ČIL-Pr ze dne 13.7.2011.

Pokud hodnotíme zdroje po stránce mineralizace, tak podle Vyhlášky č.423/2001 Sb. je voda z vrtu Mu3G řazena do kategorie vod silně mineralizovaných (obsah rozpuštěných látek 1 500 – 5 000mg/l) a voda ze zdroje Pa2G do kategorie vod středně mineralizovaných (obsah rozpuštěných látek 500 –1 500mg/l. Oba zdroje jsou hydrogeochemický typ Na-Cl, v hodnocení převažujících kationtových a aniontových složek vod se koncentrace sodíku pohybuje u Mu3G v rozmezí 651 – 745 mg/l a u vrtu Pa2G v rozmezí 427 – 483 mg/l (kationtová složka) a koncentrace chloridů se pohybuje u Mu3G v rozsahu 1 070 – 1 152 mg/l a v případě Pa2G v rozsahu 595 – 694 mg/l (převažující aniontová složka vod). Celková nižší mineralizace zdroje Pa2G je dána vyšším podílem infiltrujících vod a menším podílem reliktních vod.

Hodnoty pH jsou u obou vrtů vždy zásadité v rozpětí 7,37 až 9,39, přičemž minerální voda z vrtu Pa2G je zásaditější. Oba vrty jsou dle Komplexní laboratoře klasifikovány obdobně s výše uvedenými rozdíly a taktéž jsou podobné úrovně hodnot léčivého prvku sulfanu. Aktualizované povolení k využívání přírodního léčivého zdroje minerální vody Mušov MU-3G bylo vydané rozhodnutím Ministerstva zdravotnictví pod č.j. MZDR 11253/2015-3/OZD-ČIL-Pr ze dne 13. 1. 2015.

³ zpracováno dle KOCHAN envimonitoring (2019) a ČSOB Advisory (2019)

Povolení k využívání přírodního léčivého zdroje minerální vody PA-2G bylo vydáno pod č.j. MZDR 45781/2013-5/OZD-ČIL-Pr. dne 21.3.2014.

Voda čerpaná z vrtu MU 3G je klasifikována jako „přírodní, silně mineralizovaná voda, sírano-chloridového sodného typu, sirmá se zvýšeným obsahem fluoridů a jodidů, termální teplá, hypotonická“. Hlavním léčebným prvkem je sulfan, který je balneologicky nejvýznamnějším komponentem sirných vod.

Úroveň hodnot léčivého prvku je předmětem detailních analýz, které jsou prováděny 1x měsíčně. V roce 2018 byla průměrná hodnota sulfanu 8,56 mg/l, což vysoce překračuje limitní mez pro vody sirné, která je dle Vyhlášky 423/2001 Sb. 2,0 mg/l. Tento vrt patří k mezi nejvyšší zdrojů sirných vod v České republice. U zdroje Pa 2G je dle ročních rozborů za období 2016–2018 hodnota hlavního léčebného prvku nulová. Je to dáno tím, že zdroj je v nepřirozeném tlakovém režimu a není při odběrech čerpán. Není tedy doklad (analýza laboratoře) o hodnotách léčebného prvku ze zdroje Pa 2G.

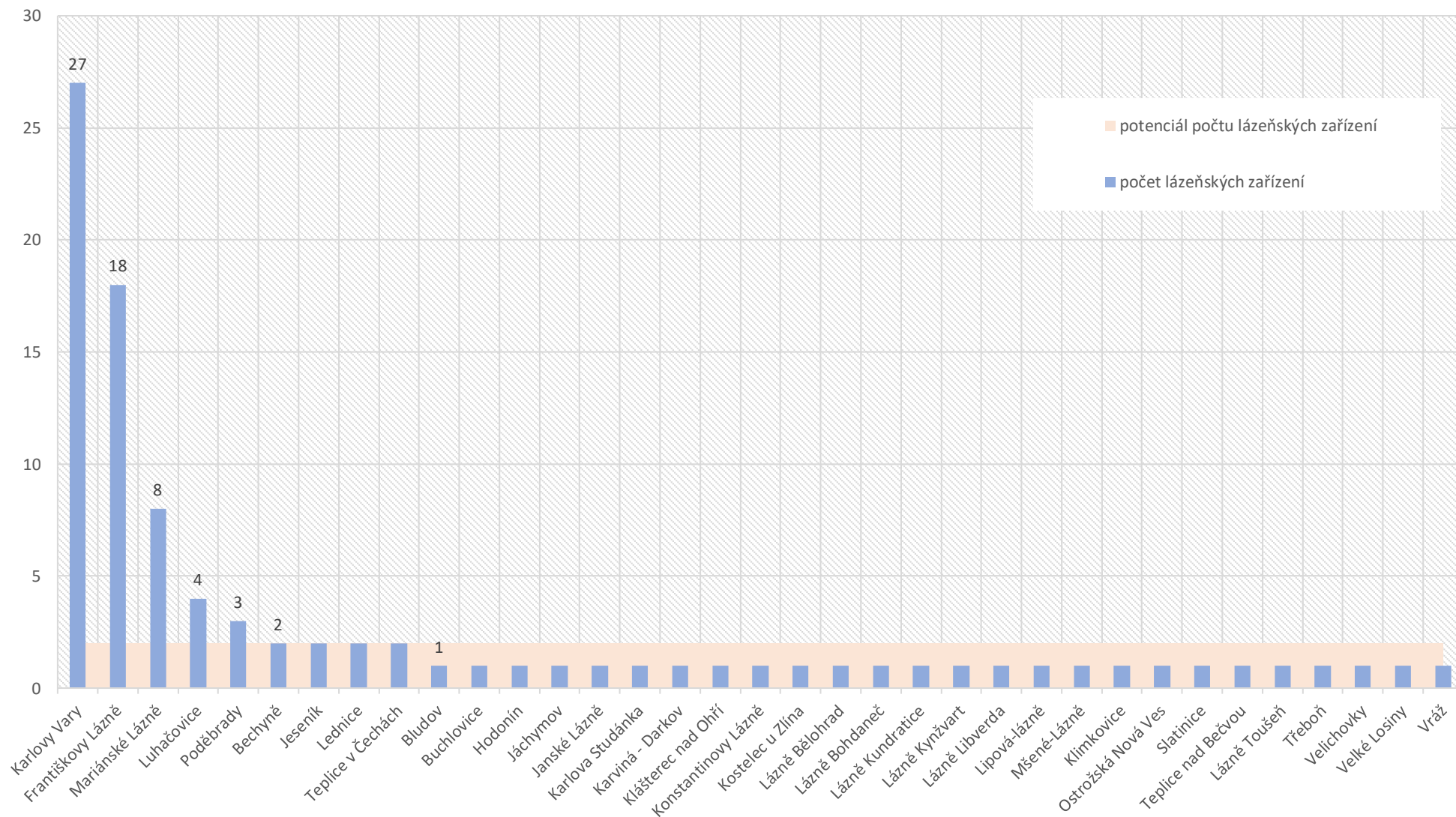
Hlavní složky minerální vody, titrovatelná síra a celkové mineralizace jsou dlouhodobě stabilní a hodnoty odpovídají předcházejícím komplexním analýzám. Porovnání výsledků komplexních analýz a ročních kontrolních rozborů prokazuje stabilitu měřených hodnot také v ročních intervalech. Minerální voda má charakter vod termálních, její teplota v hloubce 30 m pod terénem se standardně pohybuje v rozsahu 36 °C–43 °C, a to v závislosti na intenzitě čerpání zdroje. Minerální voda je výjimečná svojí kvalitou a je plně srovnatelná se zdroji v klasických lázeňských zařízeních. Indikace jsou soustředěny do oblasti neurologických a cévních onemocnění, nemocí pohybového systému (artritidy, degenerativní kloubní onemocnění, artrózy, stavy po úrazech a po operacích) dermatologických onemocnění (atopický ekzém, psoriasis vulgaris, chronické dermatózy) a gynekologických onemocnění.

6.2. FINANČNÍ ANALÝZA LÁZEŇSKÝCH ZAŘÍZENÍ V ČESKÉ REPUBLICE

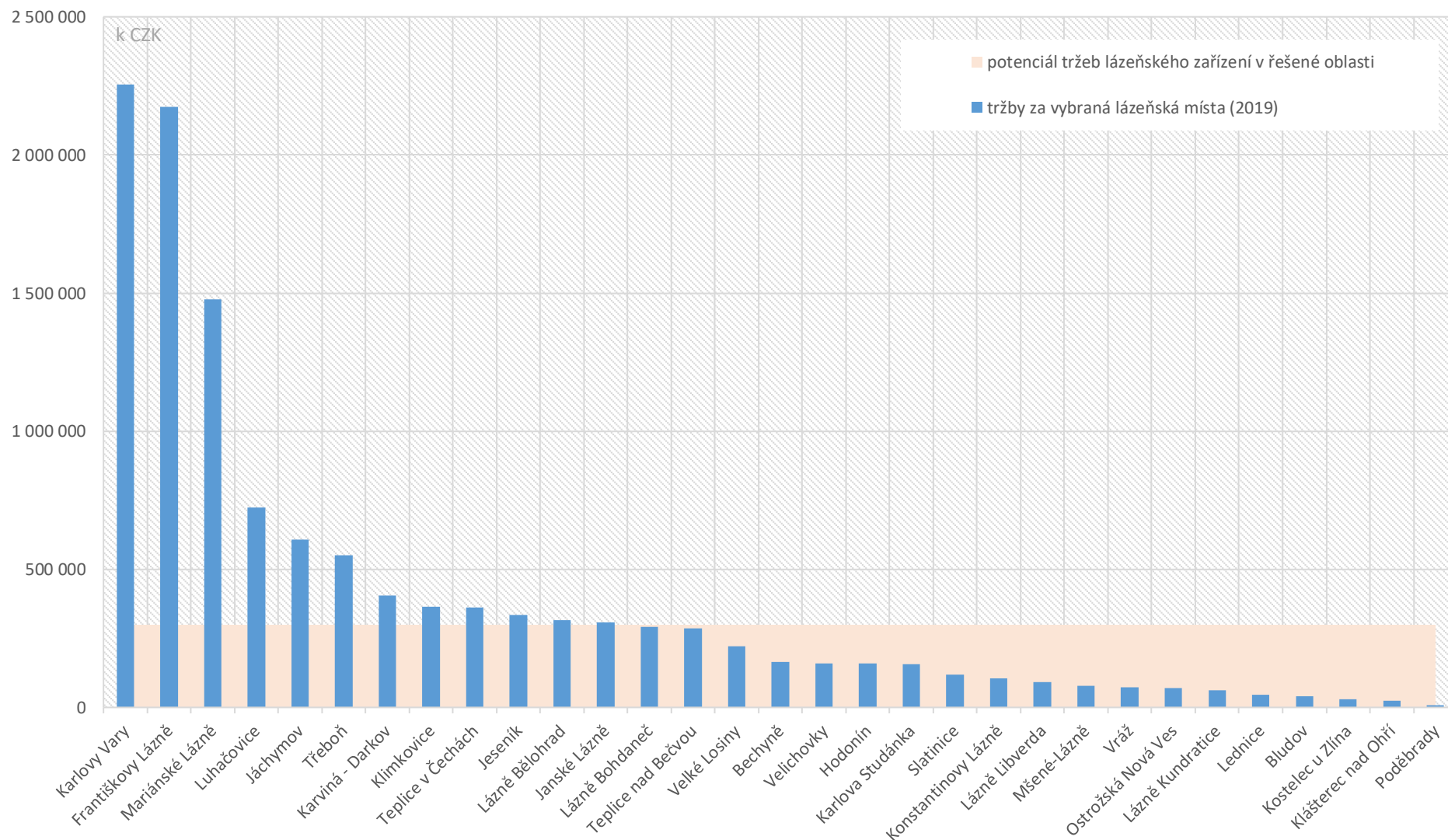
Cílem finanční analýzy lázeňských zařízení je identifikace ekonomického potenciálu pro využití dostupných přírodních léčivých zdrojů pro poskytování lázeňské léčebně rehabilitační péče. Analýza byla provedena za 94 lázeňských zařízení v 38 lázeňských oblastech České republiky. Přehled lázeňských míst vychází z databáze Ministerstva zdravotnictví ČR, lázeňská zařízení jsou definována jako poskytovatelé lázeňské léčebně rehabilitační péče také dle databáze Ministerstva zdravotnictví (Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2021a,b).

Převážná většina lázeňských míst disponuje pouze jediným lázeňským zařízením, které zajišťuje lázeňskou léčebně rehabilitační péči. Výjimkou jsou velká tradiční lázeňská místa s více zařízeními, konkrétně se jedná o Karlovy Vary (27 zařízení), Františkovy Lázně (18 zařízení), Mariánské Lázně (8 zařízení), Luhačovice (4 zařízení) a Poděbrady (3 zařízení). Skupina lázeňských míst zahrnující Bechyni, Jeseník, Lednici a Teplice v Čechách disponuje 2 zařízeními, ve všech ostatních lázeňských místech (26, tj. 68 %) se nachází pouze jediný subjekt poskytující lázeňskou léčebně rehabilitační péči. S ohledem na stávající praxi v lázeňských místech v ČR nelze v řešené oblasti min. v krátkodobém a střednědobém horizontu předpokládat vznik více než 2 zařízení poskytujících lázeňskou léčebně rehabilitační péči.

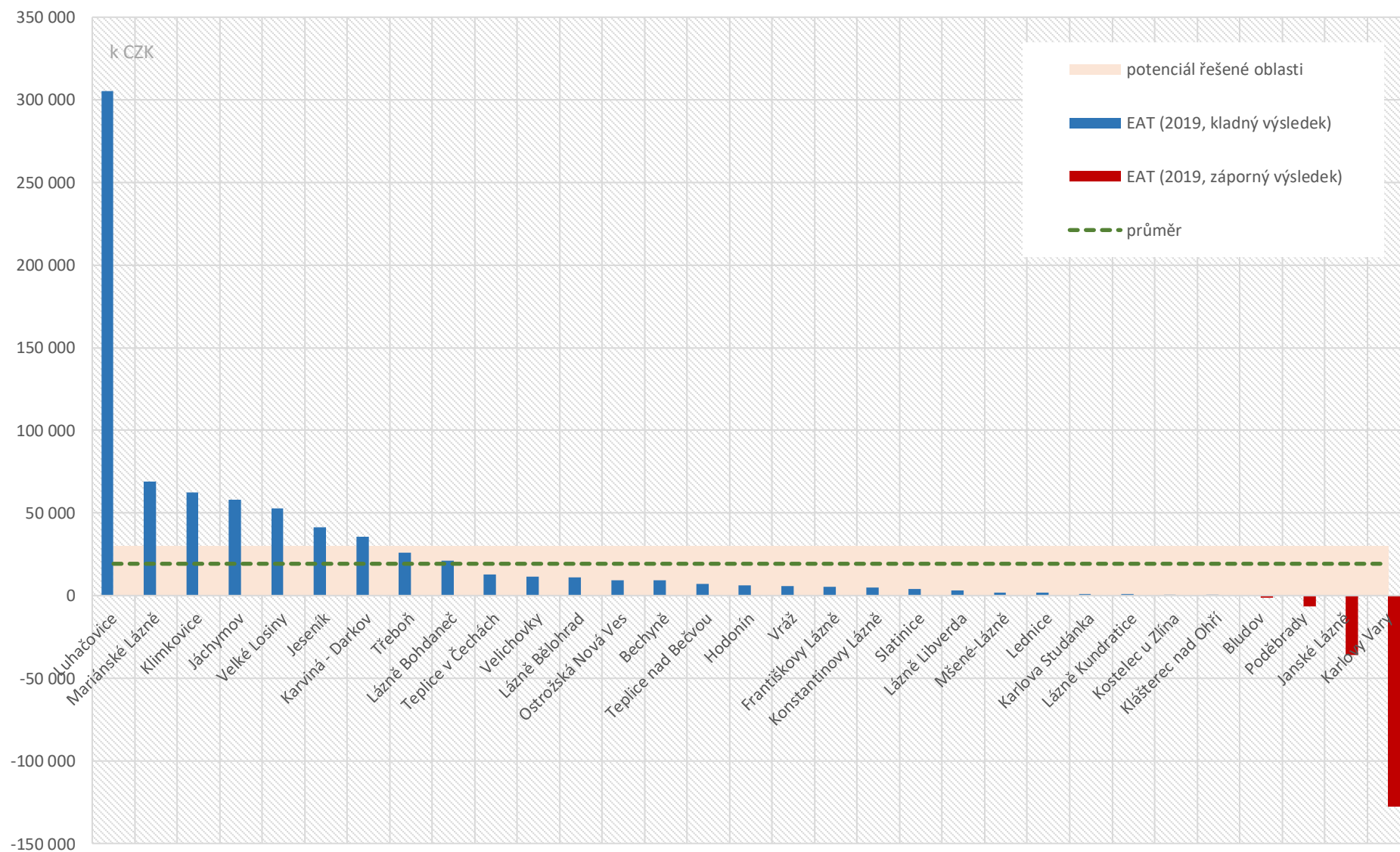
Graf 2: Počet lázeňských zařízení v jednotlivých lázeňských místech



Graf 3: Tržby za vybraná lázeňská zařízení dle lázeňských míst



Graf 4: Hospodářský výsledek za vybraná lázeňská zařízení dle lázeňských míst



Pro jednotlivé poskytovatele lázeňské léčebně rehabilitační péče byla dále prováděna analýza jejich hospodaření. Data byla získána ze Sbírky listin vedené Ministerstvem spravedlnosti České republiky (2021), použita byla zejména data z finančních výkazů (rozvaha a výkaz zisku a ztráty), případně z výročních zpráv. I přes zákonnou povinnost zveřejňovat výsledky hospodaření ve Sbírce listin, podařilo se shromáždit úplná data za rok 2019 a 2020 pouze pro 53 subjektů (tj. 56 % z počtu poskytovatelů lázeňské léčebně rehabilitační péče).

Celkové tržby (definovány jako součet tržeb z prodeje výrobků a služeb a tržeb z prodeje zboží)⁴ hodnocených lázeňských zařízení činily za rok 2019 celkem 12,1 miliardy Kč, dle jednotlivých lázeňských míst nejvyšší tržby byly identifikovány v lázeňských místech Karlovy Vary, Františkovy Lázně a Mariánské Lázně následované s výrazným odstupem Luhačovicemi, Jáchymovem, Třeboní a Darkovem. Naopak nejnižší tržby bylo vykázáno v lázeňské místě Poděbrady. Výše tržeb je do značné míry ovlivněna počtem lázeňských lůžek a lůžek celkem, jejich obložeností (podíl počtu ošetřovacích dní a dní celkem), počtem a strukturou přijatých pacientů (poskytování komplexní nebo příspěvkové lázeňské léčebně rehabilitační péče, domácí samoplátci, zahraniční samoplátci apod.), rozsahem dalších nabízených služeb apod. Přesná predikce potenciálu tržeb v řešené lokalitě je tak velmi obtížný. S ohledem na získaná data za hodnocená místa je ale možné odhadovat maximální limit potenciálních tržeb z provozu lázeňských zařízení v regionu, který odpovídá ročním tržbám ve výši cca 300,0 mil. Kč. Kolem této hranice se pohybují např. Jeseník, Lázně Bělohrad, Janské Lázně, Lázně Bohdaneč nebo Teplice nad Bečvou.

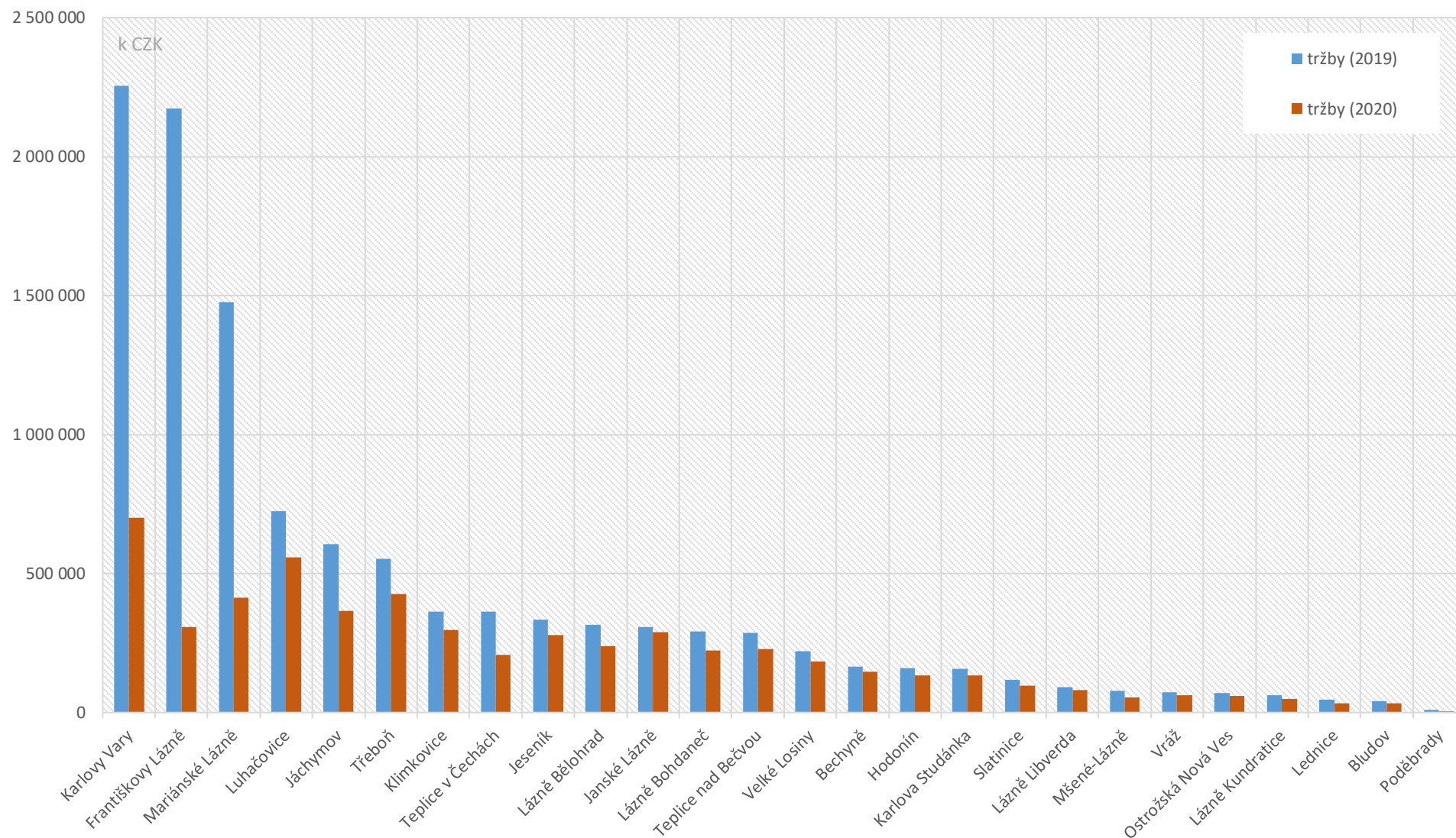
Výrazně odlišné výsledky ale vykazuje rozbor hospodářského výsledku po zdanění za jednotlivá lázeňská místa (EAT). Dosud jednoznačně nejvýznamnější lázeňské místo Karlovy Vary se z prvního místa dostává na zcela poslední s kumulovanou ztrátou v roce 2019 za hodnocená lázeňská zařízení vyšší než 100,0 mil. Kč. Záporné výsledky hospodaření v roce 2019 vykazují také hodnocená zařízení v lázeňských místech Bludov, Poděbrady a Janské Lázně. Naopak výrazně nejvyšší zisk vykazuje lázeňské místo Luhačovice se ziskem po zdanění více než 300,0 mil. Kč. Průměrná hodnota hospodářského výsledku za sledovaná zařízení činila 19,2 mil. Kč. Průměrná ziskovost za hodnocená zařízení kalkulovaná jako podíl provozního výsledku hospodaření a tržeb za prodej zboží a služeb (váženo objemem tržeb) činila v roce 2019 pouhých 5 %, nejlepších výsledků vykazovala zařízení ve Velkých Losínách (32 %) následované Klimkovicemi (21 %) a Luhačovicemi (20 %). Naopak některá lázeňská zařízení zejména v Karlových Varech vykazovaly záporné hodnoty přesahující -100 %. Předpokládaná míra ziskovosti (podíl provozního výsledku hospodaření a tržeb za lázeňské služby) u řádně vedeného lázeňského domu je tak odhadována v rozmezí 10 % až 20 %.

6.3. VLIV PANDEMIE COVID-19 NA HOSPODAŘENÍ LÁZEŇSKÝCH ZAŘÍZENÍ

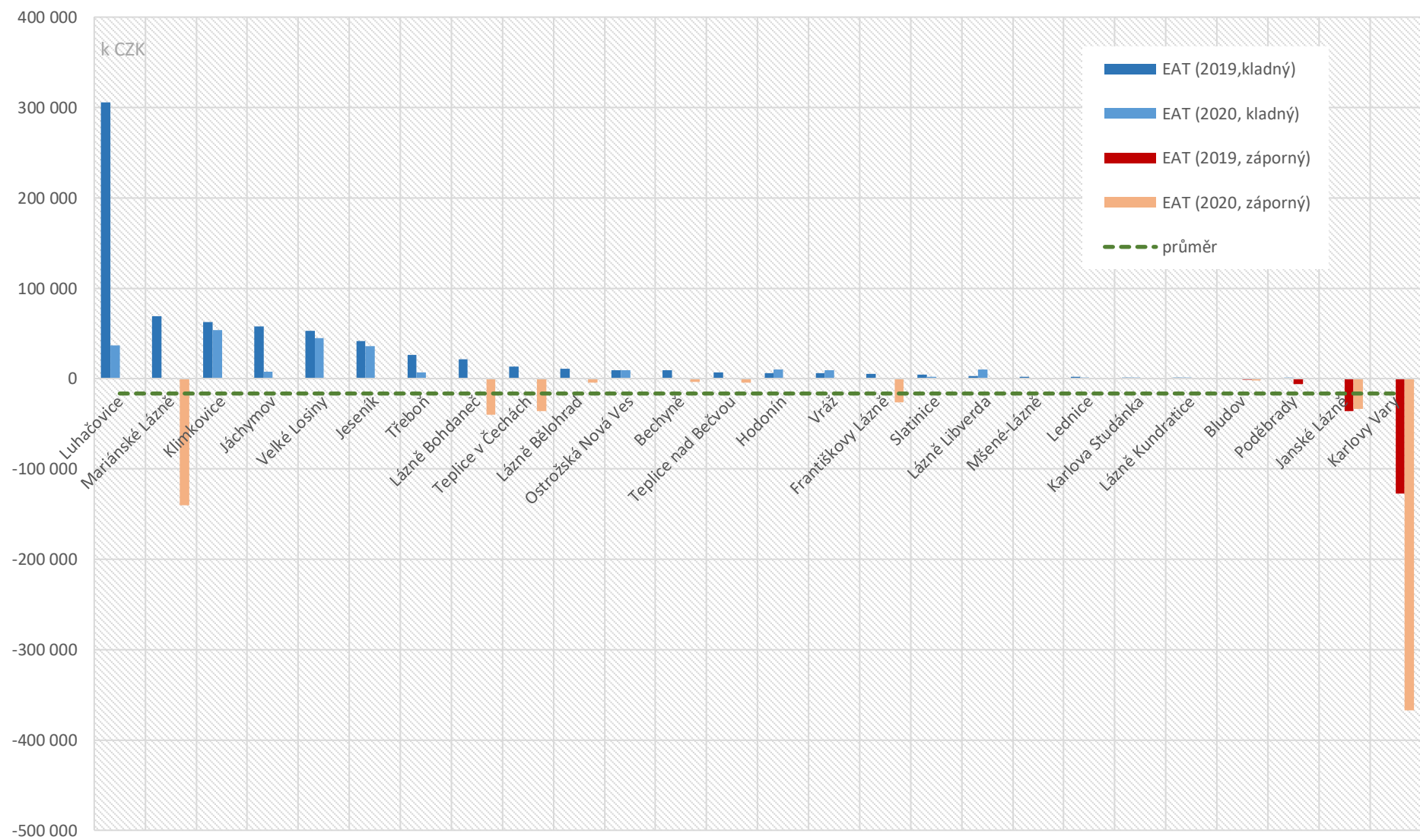
V rámci analýzy hospodaření lázeňských zařízení byla záměrně použita data za rok 2019 z důvodu vlivů omezení spojených s pandemií COVID-19 na hospodaření jednotlivých subjektů v roce 2020 (významná omezení byla uvedena v platnost v březnu 2020).

⁴ výkaz zisku a ztráty, řádek I. a řádek II.

Graf 5: Vliv pandemie COVID-19 na tržby sledovaných lázeňských zařízení dle lázeňských míst



Graf 6: Vliv pandemie COVID-19 na hospodářský výsledek sledovaných lázeňských zařízení dle lázeňských míst



Za celý hodnocený soubor lázeňských zařízení klesly tržby v roce 2020 oproti roku 2019 o více než 54 %. Největší pokles zaznamenala sledovaná lázeňská zařízení ve Františkových lázních (-86 %), následovala zařízení v Mariánských lázních (-72 %) a Karlových Varech (-69 %). Nejmenší pokles tržeb vykázaly menší lázeňská místa zaměřená především na domácí klientelu a pacienty v rámci komplexní nebo příspěvkové lázeňské léčebně rehabilitační péče, jako jsou např. Bechyně (-11 %), Lázně Libverda (-12 %) nebo Ostrožská Nová Ves (-15 %). Absolutně nejnižší propad tržeb ale zaznamenaly Janské Lázně (-6 %).

Podobně negativní dopad se týkal i hospodářského výsledku po zdanění. Kladná suma hospodářského výsledku po zdanění za sledovaná zařízení v roce 2019 (596,6 mil. Kč) se propadla do záporných hodnot (-413,3 mil. Kč). Většinu ze sledovaných lázeňských zařízení se zisk v roce 2020 propadl o desítky až stovky procent, přibližně čtvrtina zařízení vykázala ztrátu (v roce 2019 pouze jednotky zařízení). Drobné zlepšení hospodářského výsledku (řádově v jednotkách statisíců nebo jednotek milionů Kč) vykázala zařízení pouze ve čtyřech lázeňských místech, jednalo se o Vráž, Karlovu Studánku, Hodonín a Lázně Kundratice.

6.4. FINANČNÍ ANALÝZA MODELOVÉHO PŘÍKLADU VÝSTAVBY LÁZEŇSKÉHO ZAŘÍZENÍ

Podobně jako v případě energetického využití termální vody je zpracována modelová finanční analýza výstavba lázeňského zařízení v regionu. Metodické nastavení zůstává shodné (doba hodnocení 20 let, diskontní sazba v reálném vyjádření 4,0 % p.a., použití reálných cen roku 2021). Nulová varianta předpokládá nerealizaci projektu (nulové cash-flow).

Realizace projektu předpokládá výstavbu lázeňského zařízení s kapacitou 100 lázeňských lůžek s investičním objemem 190,0 mil. Kč. Předpokládá cílová obsazenost je 87 % s postupným náběhem v prvních letech provozu. Předpokládaný počet ošetřovacích dní tak činí více než 31 000 ročně. Předpokládané tržby za jeden ošetřovací den jsou uvažovány ve výši 1 900 Kč (kombinace úhrady ze zdravotního pojištění a samoplátců). Provozní výdaje jsou tvořeny zejména osobními výdaji na personál (55 % z předpokládaných ročních tržeb), fixními výdaji na lůžko (65 000 Kč ročně) a variabilními náklady na ošetřovací den (270 Kč na ošetřovací den).

Realizace projektu je obdobně jako v případě využití termální vody pro wellness aktivity financována s využitím komerčního úvěru ve výši 50 % z objemu investice, roční úrok 4,0 % p.a. (odpovídá sazbě 3M Pribor na začátku listopadu 2021 a marži banky ve výši 1,5 %). Úvěr je splácen anuitně v 15 ročních splátkách.

Tabulka 8: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 0 až 5 (částky v mil. Kč)

rok	celkem	0	1	2	3	4	5
investice	190,00	190,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstatková hodnota	97,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
osobní výdaje	627,83	0,00	30,51	33,18	33,18	33,18	33,18

rok	celkem	0	1	2	3	4	5
náklady na lůžko (fix)	123,50	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
náklady na lůžko (var.)	162,21	0,00	7,88	8,57	8,57	8,57	8,57
počet lůžek			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
obložnost			80,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%
počet lůžkodní			29 200	31 755	31 755	31 755	31 755
cena			0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
tržby	1 141,50	0,00	55,48	60,33	60,33	60,33	60,33
čisté CF	135,91	-190,00	10,58	12,08	12,08	12,08	12,08
přijatý úvěr	95,00	95,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	33,17	3,80	3,61	3,41	3,21	2,99	2,77
splátka jistiny	95,00	4,74	4,93	5,13	5,34	5,55	5,77
obsluha dluhu celkem	128,17	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54
finanční CF	102,75	-103,54	2,04	3,53	3,53	3,53	3,53
kum. finanční CF	102,75	-103,54	-101,51	-97,97	-94,44	-90,91	-87,38

Tabulka 9: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 6 až 12 (částky v mil. Kč)

rok	6	7	8	9	10	11	12
investice	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstatková hodnota	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
osobní výdaje	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18
náklady na lůžko (fix)	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
náklady na lůžko (var.)	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57
počet lůžek	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
obložnost	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%
počet lůžkodní	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755
cena	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
tržby	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33
čisté CF	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
přijatý úvěr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	2,54	2,30	2,05	1,79	1,52	1,24	0,95
splátka jistiny	6,00	6,24	6,49	6,75	7,02	7,30	7,60
obsluha dluhu celkem	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54
finanční CF	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53
kum. finanční CF	-83,85	-80,31	-76,78	-73,25	-69,72	-66,18	-62,65

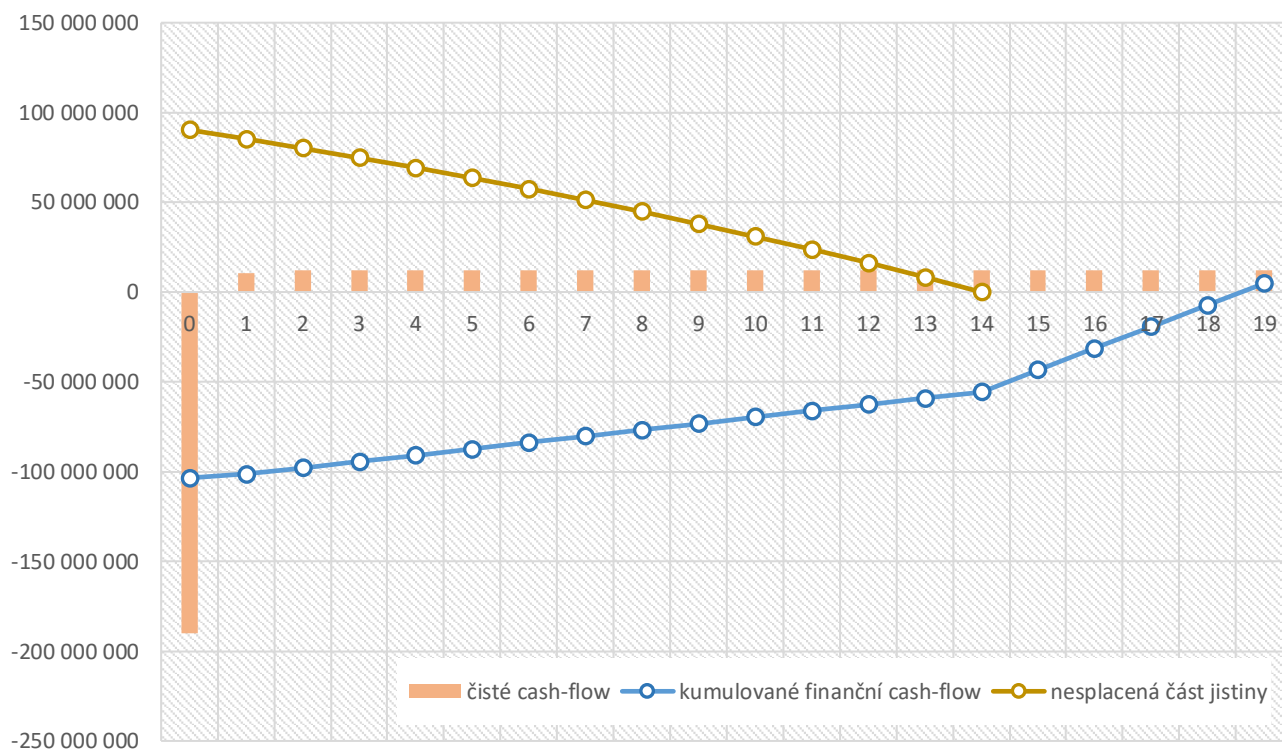
Tabulka 10: Čisté a finanční cash-flow projektu, roky hodnocení 13 až 19 (částky v mil. Kč)

rok	13	14	15	16	17	18	19
investice	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zůstatková hodnota	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,95
osobní výdaje	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18	33,18
náklady na lůžko (fix)	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
náklady na lůžko (var.)	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57
počet lůžek	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
obložnost	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%	87,0%
počet lůžkodní	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755	31 755
cena	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
tržby	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33	60,33
čisté CF	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	110,03
přijatý úvěr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka úroků	0,64	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
splátka jistiny	7,90	8,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
obsluha dluhu celkem	8,54	8,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
finanční CF	3,53	3,53	12,08	12,08	12,08	12,08	110,03
kum. finanční CF	-59,12	-55,59	-43,51	-31,43	-19,36	-7,28	102,75

Model pro finanční analýzu byl sestaven jako částečně dynamické modelové prostředí, které hledá cesty k finanční proveditelnosti celého projektu. Cash-flow projektu je dostupné v tabulce výše. Pro výpočet byly použity finanční funkce programu EXCEL. Finanční analýza projektu byla v souladu s metodikami EU (Guide 2014) provedena jako hodnocení efektivnosti projektu jako investice (FIRR_c, resp. FNPV_c) a hodnocení návratnosti vloženého kapitálu (FIRR_k, resp. FNPV_k).

Tabulka 11: Výsledky finanční analýzy energetické využití termální vody

návratnost investice		návratnost kapitálu	
FNPV _c	13,7 mil. Kč	FNPV _k	9,9 mil. Kč
FNPV _c /I	7,2 %	FNPV _k /I	5,2 %
FIRR _c	4,7 %	FIRR _k	4,7 %
doba návratnosti	20 let	doba návratnosti	20 let



Graf 7: Průběh čistého a finančního cash-flow projektu

Získané výsledky umožňují realizaci projektu (kladná hodnota NPV, vnitřní míra výnosnosti vyšší než použitá diskontní sazba (4 % v reálném vyjádření). Výsledky jsou ale výrazně horší než v případě hodnocení energetického využití termální vody. Čistá současná hodnota kapitálu dosahuje pouhých 9,9 mil. Kč (zhodnocení peněžních prostředků ve srovnání se současným stavem), index rentability kapitálu činí 5,2 % (každá investovaná koruna se vrátí a za celou dobu hodnocení přinese navíc 0,05 Kč), vnitřní míra výnosnosti kapitálu přesahuje diskontní sazbu o pouhých 0,7 procentního bodu. Projekt ale umožňuje plné splacení komerčního úvěru s dobou splacení 15 let a umožňuje návratnost vložených prostředků v horizontu 20 let. Méně lepší výsledky přináší hodnocení efektivnosti projektu jako investice (bez uvažování položek financování), čistá současná hodnota investice činí 13,7 mil. Kč, doba návratnosti ale zůstává shodná na 20 letech.

6.5. PŘIPRAVOVANÉ PROJEKTY V REGIONU

V řešené oblasti v těsné blízkosti vodní nádrže Nové Mlýny na území tzv. lázeňského poloostrova jsou aktuálně připravovány dva významné projekty předpokládající využití termální vody ze stávajících vrtů Mu-3G a Pa-2G.

Prvním projektem je výstavba odborného léčebného ústavu Sanatorium Pálava připravovaný společností Thermal Pasohlávky a.s. Společnost Thermal Pasohlávky a. s. byla založena za účelem vybudování lázeňské a rekreační zóny v obci Pasohlávky, a to především kvůli nedostatečné kapacitě rehabilitačních a doléčovacích zařízení na území Jihomoravského kraje. Společnost Thermal Pasohlávky a.s. se proto rozhodla pro vybudování odborného léčebného ústavu, který bude navíc moci využívat příznivých účinků místního zdroje přírodní léčivé vody. Základem léčebné rehabilitační péče v OLÚ bude individuální přístup ke každému pacientovi, využití přírodního léčebného zdroje i aplikace

nejmodernějších léčebně rehabilitačních metod. Primárním zaměřením ústavu bude léčba nemocí pohybové ústrojí, resp. související rehabilitace. Předpokládaná kapacita OLÚ v oblasti poskytování léčebně rehabilitační péče je 160 lůžek v 1. až 3. NP. Dle cílové obsazenosti ústavu $\approx 86,6\%$ a průměrné doby pobytu ≈ 28 dní by OLÚ mělo být schopno přijmout 4,9 pacienta denně, přičemž odhadovaná poptávka brněnských nemocnic se pohybuje v řádu desítek pacientů denně. Lze tedy očekávat, že plánované zařízení bude dostatečně využíváno a bude přispívat ke zvýšení kvality péče poskytované v rámci JMK, a to především zvýšením efektivnosti činnosti ostatních zdravotnických zařízení, zkrácením dojezdové doby a celkovým zlepšením stavu zdravotní péče v regionu. V 4. NP podlaží objektu je plánováno 54 lůžek (52 standardních lůžek + 2 lůžka VIP) pro lázeňskou léčebně-rehabilitační péči („LLRP“), která bude více využívat výskytu zdroje přírodní léčivé vody.



Obrázek 25: Vizualizace odborného léčebného ústavu Sanatorium Pálava. Zdroj: interní materiály společnosti Thermal Pasohlávky, a.s.

Výstavba projektu je plánována na části pozemků, které vlastní společnost Thermal Pasohlávky, a na kterých již byla zbudována základní technická infrastruktura, zároveň již bylo získáno i územní rozhodnutí. Vlastní zahájení realizace stavby je předpokládáno na jaře 2022. Předpokládané datum zahájení řádného provozu je leden 2024. (zpracováno dle eCBA, 2021 a ČSOB Advisory, 2019).

Dalším projektem plánovaná výstavba projektu Lázeňská a rekreační zóna Pasohlávky s lázeňským zařízením s min. 150 lůžky. Projekt připravuje společnost RiseSun Healthcare & Tourism CZ a.s. Zahájení provozu nejpozději v roce 2027/2028 (mírné zpoždění kvůli COVID-19). Realizace projektu je podmíněna smluvní pokutou definovanou ve smlouvě o prodeji pozemků mezi společnostmi RiseSun Healthcare & Tourism CZ a.s. a společností Thermal Pasohlávky, a.s. z ledna 2019. Lázeňské zařízení musí odpovídat definici přírodních léčebných lázní ve smyslu ustanovení § 25 odst. 1 Lázeňského zákona s ubytovací kapacitou alespoň 150 lůžek, které poskytují komplexní lázeňskou léčebně rehabilitační péči ve smyslu ustanovení § 33 odst. 4 Zákona o veřejném zdravotním pojištění.



Obrázek 26: Vizualizace projektu společnosti RiseSun Healthcare prezentovaná v médiích. Zdroj: Robert Ševčík, Pam-Arch

6.6. SHRnutí

Parametry termální vody ve stávajících vrtech Mu-3G a Pa-2G jsou velmi vhodné k léčebným lázeňským účelům. Oba vrty jsou Ministerstvem zdravotnictví ČR prohlášeny za přírodní léčivé zdroje s povolením čerpání 5 l/s (každý vrt). Na základě výsledků provedené analýzy lázeňských zařízení v České republice lze v řešené lokalitě předpokládat vznik až dvou zařízení poskytujících lázeňskou léčebnou a rehabilitační péči s potenciálem ročních tržeb až 300,0 mil. Kč. Aktuální hrozbou je jednoznačně pandemie COVID-19, která má na hospodaření lázeňských zařízení zcela devastující účinky, propad tržeb za rok 2020 proti roku 2019 činil za sledovaná zařízení více než 50 %. Významná část zařízení (více než jedna čtvrtina) se v roce 2020 také propadla do finanční ztráty. Modelový příklad hodnocení výstavby lázeňského domu přesto dokazuje návratnost vložených prostředků v horizontu 20 let, finanční výsledky takového záměru jsou ale výrazně horší než finanční výsledky využití termální vody pro wellness aktivity. V oblasti lázeňské a zdravotnické péče jsou aktuálně v regionu připravovány dva významné záměry. Prvním je výstavba odborného léčebného ústavu Sanatorium Pálava připravované společností Thermal Pasohlávky, a.s. a výstavba lázeňské a rekreační zóny Pasohlávky min. se 150 lázeňskými lůžky připravované společností RiseSun Healthcare & Tourism CZ a.s. Případná úspěšná realizace těchto projektů bude pravděpodobně udávat směr dalšího ekonomického vývoje ve spojení s využitím termální vody v řešené oblasti.

REFERENCE:

1. Bayerischer Geothermieatlas (2018), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, München
2. Bertani, R. 2016. Geothermal power generation in the world 2010–2014 update report,
3. Blažková, M. 2010. Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří. [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: https://prvnigeotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/metodika_ujep_4.pdf
4. Česká geotermální asociace. 2020. Potenciál geotermální energie na území České republiky. [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <http://www.cgta.eu/2020/12/03/potencial-geotermalni-energie-na-uzemi-ceske-republiky/>
5. ČEZ, a.s.. 2007. OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE a možnosti jejich uplatnění v České republice [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf
6. ČSOB Advisory, a.s. 2019. Aktualizace studie proveditelnosti projektu Odborného léčebného ústavu. Interní materiály společnosti Thermal Pasohlávky, a.s.
7. eCBA s.r.o. 2021. Aktualizace studie proveditelnosti Odborného léčebného ústavu Pasohlávky. Interní materiály společnosti Thermal Pasohlávky, a.s.
8. Expertengruppe „Thermalwasser“ (2012): Grundsatzpapiere zur Thermalwassernutzung im niederbayrisch-oberösterreichischen Molassebecken, im Auftrag der Ständigen Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag
9. Energetický regulační úřad. 2020a. Energetický regulační věstník. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/5890146/ERV5_2020.pdf/45de5af0-5089-46d2-b94a-ffa7c726847d
10. Energetický regulační úřad. 2020b. Statistika. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/statistika>
11. Energetický regulační úřad. 2021. Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2020. [online]. [cit. 2021-09-10]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2021>
12. Evropská komise. 1997. Financial and Economic Analysis of Development Projects Manual. Bruxelles.
13. Evropská komise. 2014. Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014 – 2020. Bruxelles.
14. Expertengruppe „Thermalwasser“ (2012): Grundsatzpapiere zur Thermalwassernutzung im niederbayrisch-oberösterreichischen Molassebecken, im Auftrag der Ständigen Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag
15. Fotr, J., Souček, I. 2005. Podnikatelský záměr a investiční rozhodování. Grada, Praha.
16. Geothermics, Volume 60. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.003>
17. Goldbrunner, J.E. & Kolb, A. (1997): Die Tiefbohrungen in Laa an der Thaya, Exkursionsführer der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, 17, Wien
18. Goldbrunner, J.E. und Götzl, G. (2019): Geothermal Energy Use, Country Update Austria, European Geothermal Congress June 2019, Den Haag

19. Huttner, G. W. 2021. Geotherm Power Generation in the World 2015-2020 Update Report. Proceedings World Geothermal Congress 2020+1. Reykjavik, Iceland. 2021. Dostupné z: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01017.pdf>
20. International Geothermal Association. 2021. Geothermal Power Database. [online]. [cit. 2021-10-10]. Dostupné z: <https://www.geothermal-energy.org/explore/our-databases/geothermal-power-database/#direct-uses-by-country>
21. Janczik et al. (2013): Nutzung tiefer Geothermie, in Kaltschmitt et al.: Erneuerbare Energien, Springer
22. Jordan, H. & Weder, H.J. (1988): Hydrogeologie, Leipzig
23. Karlova univerzita. 2018. RINGEN, výzkumná infrastruktura. [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://ringen.cz/cz/>
24. KOCMAN envimonitoring s.r.o. 2019. Závěrečná zpráva - hodnocení hydrochemických charakteristik Mu3G, Pa2G. Interní materiály společnosti Thermal Pasohlávky, a.s.
25. Lassacher, S. et al. (2018): Nutzung tiefer Geothermie in industriellen Prozessen, Dokumentation Johannes-Kepler-Universität Linz
26. Lund, J.W. and Toth, A.N. (2020): Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Wordlwide Review, Proceedings World Geothermal Congress 2020, Reykjavik. April 26 – May 2, 2020
27. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2019. Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie 2010–2018 (metodika Eurostat – SHARES). [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2019/12/Podil-OZE-na-hrube-konecne-spotrebe-energie-2010-2018_1.pdf
28. Ministerstvo spravedlnosti. 2021. Sbírka listin. [online]. [cit. 2021-12-31]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-šfirma>
29. Ministerstvo zdravotnictví. 2021a. Seznam lázeňských míst v ČR. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/seznam-lazenskych-mist-v-cr/>
30. Ministerstvo zdravotnictví. 2021b. Seznam poskytovatelů lázeňské léčebně rehabilitační péče. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/seznam-poskytovatelu-lazenske-lecebne-rehabilitacni-pece-v-ceske-republice/>
31. Myslil, V. 2011. Využití geotermální energie je na vzestupu. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.energie21.cz/vyuziti-geotermalni-energie-je-na-vzestupu/>
32. Naegler, T. et al. (2015): Quantification of the European industrial heat demand by branch and temperature level, International Journal of Energy Research, Wiley Online Library
33. Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 480/2014 ze dne 3. března 2014, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1303/2013 o společných ustanoveních o Evropském fondu pro regionální rozvoj, Evropském sociálním fondu, Fondu soudržnosti, Evropském zemědělském fondu pro rozvoj venkova a Evropském námořním a rybářském fondu a o obecných ustanoveních o Evropském fondu pro regionální rozvoj, Evropském sociálním fondu, Fondu soudržnosti a Evropském námořním a rybářském fondu.
34. Niederösterreichisches Heilvorkommen und Kurortegesetz 1978: LGBl. 7600-0 (WV), Landesrecht Niederösterreich, Fassung vom 27.01.2020
35. OTE, a.s. 2021. Statistika - Národní energetický mix. [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
36. ÖWAV (Hrsg.) (2010): ÖWAV-Regelblatt 215: Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

37. Popovska, S.: Geothermal Energy direct application in industry in Europe, keine Angaben
38. Quinary Project Management s.r.o. 2011. Geotermální energie Litoměřice. Studie proveditelnosti. Interní materiály společnosti 1. Geotermální Litoměřice, a.s.
39. Stober, I. & Buchner, K. (2014): Geothermie, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg
40. Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s. 2020. Geotermální energie. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/OZE/geoterm.htm>
41. Topinfo s.r.o. 2021. Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody. [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapeni-vetrani-a-pripravu-teple-vody>
42. Umweltministerium Baden-Württemberg (2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden, Stuttgart
43. Van Nguyen, M. et al. (2015): Uses of geothermal energy in food and agriculture – Opportunities for developing countries, FAO, Rome
44. Verband Beratender Ingenieure VBI (2013): Tiefe Geothermie, VBI Leitfaden
45. Wessely, G. et al. (2006): Geologie der österreichischen Bundesländer – Niederösterreich, Geologische Bundesanstalt, Wien

7. PŘÍLOHY:

7.1. PŘÍLOHA 1. PŘÍMÉ VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE DLE JEDNOTLIVÝCH ZEMÍ

Tabulka 13.: Přímé využití geotermální energie dle jednotlivých zemí (data v TJ/rok)

	1995	2000	2005	2010	2015
Albánie			8,5	40,5	107,6
Alžírsko	1.657,0	1.586,0	2.417,0	1.723,1	1.699,7
Argentina		449	609,1	3.906,7	1.000,0
Arménie	1		15	15	22,5
Austrálie		351	2.968,0	235,1	194,4
Belgie	101,6	107	431,2	547	864,4
Bělorusko			13,3	33,8	113,5
Bosna a Hercegovina				255,4	252,3
Brazílie			6.622,4	6.622,4	6.622,4
Bulharsko	778,5	1.637,0	1.671,5	1.370,1	1.224,4
Česká republika		128	1.220,0	922	1.790,0
Čína	16.981,0	37.908,0	45.373,0	75.348,3	174.352,0
Dánsko	45	75	4.360,0	2.500,0	3.755,0
Egypt		15	15	15	88
Ekvádor			102,4	102,4	102,4
El Salvador				40	56
Estonsko				356	356
Etiopie			15	41,6	41,6
Filipíny		25	39,5	39,6	39,6
Finsko		484	1.950,0	8.370,0	18.000,0
Francie	7.350,0	4.895,0	5.195,7	12.929,0	15.867,0
Grónsko					21
Gruzie	7.685,0	6.307,0	6.307,0	659,2	695,2
Guatemala	83	117	52,5	56,5	56,5
Honduras		17	17	45	45
Chile		7	131,1	131,8	186,1
Chorvatsko		555	681,7	468,9	384,5

	1995	2000	2005	2010	2015
Indie		2.517,0	1.606,3	2.545,0	4.302,0
Indonésie		43	42,6	42,6	42,6
Írán			752,3	1.064,2	1.103,1
Irsko			104,1	764	1.240,5
Island	21.158,0	20.170,0	23.813,0	24.361,0	26.717,0
Itálie	3.629,0	3.774,0	7.554,0	9.941,0	8.682,0
Izrael	1.196,0	1.713,0	2.193,0	2.193,0	2.193,0
Japonsko	6.942,0	26.933,0	5.161,1	15.698,0	26.130,1
Jemen		15	15	15	15
Jižní Afrika				114,8	37
Jižní Korea		753	175,2	1.954,7	2.682,7
Jordán		1.540,0	1.540,0	1.540,0	1.540,0
Jugoslávie	2.375,0	2.375,0			
Kanada	47	1.023,0	2.546,0	8.873,0	11.615,0
Karibské ostrovy		1	2,8	2,8	2,8
Keňa		10	79,1	126,6	182,6
Kolumbie		266	287	287	289,9
Kostarika			21	21	21
Litva		599	458	411,5	712,9
Lotyšsko				31,8	31,8
Madagaskar					75,6
Maďarsko	5.861,0	4.086,0	7.939,8	9.767,0	10.268,1
Makedonie	509,6	510	598,6	601,4	601,1
Maroko				79,1	50
Mexiko		3.919,0	1.931,8	4.022,8	4.171,0
Mongolsko			213,2	213,2	340,5
Německo	303	1.568,0	2.909,8	12.764,5	19.531,3
Nepál		22	51,4	73,7	81,1
Nizozemí		57	685	10.699,4	6.426,0
Norsko		32	2.314,0	25.200,0	8.260,0
Nový Zéland	6.614,0	7.081,0	7.086,0	9.552,0	8.621,0
Pákistán					2,5
Papua-Nová Guinea			1	1	1
Peru		49	49	49	61
Polsko	740	275	838,3	1.501,1	2.742,6

	1995	2000	2005	2010	2015
Portugalsko		35	385,3	386,4	478,2
Rakousko	200	1.609,0	352	3.727,7	6.538,0
Rumunsko	2.753,0	2.871,0	2.841,0	1.265,4	1.905,3
Rusko	2.422,0	6.144,0	6.143,5	6.143,5	6.143,5
Řecko	135	385	567,2	937,8	1.326,5
Saudská Arábie					152,9
Slovenská republika	1.808,0	2.118,0	3.034,0	3.067,2	2.469,6
Slovinsko	761	705	712,5	3.067,2	1.137,2
Srbsko			2.375,0	1.410,0	1.802,5
Španělsko			347,2	684	344,9
Švédsko	960	4.128,0	36.000,0	45.301,0	51.920,0
Švýcarsko	3.470,0	2.386,0	4.229,3	7.714,6	11.836,8
Tádžikistán				55,4	55,4
Thajsko		15	28,7	79,1	1.181,2
Tunisko		201	219,1	364	364
Turecko	1.987,0	15.756,0	19.623,1	36.885,9	45.126,0
Ukrajina			118,8	118,8	118,8
USA	13.890,0	20.302,0	31.239,0	56.551,8	75.862,2
Velká Británie		21	45,6	849,7	1.906,5
Venezuela		14	14	14	14
Vietnam			80,5	92,3	92,3
celkem	112.441,0	190.699,0	261.418,0	438.071,0	587.786,4

Zdroj: Bertani, 2016.

7.2. PŘÍLOHA 2. PRODUKCE ELEKTRICKÉ ENERGIE Z GEOTERMÁLNÍCH ZDROJŮ DLE JEDNOTLIVÝCH ZEMÍ

Tabulka 14: Instalovaný elektrický výkon z geotermálních zdrojů (MWe)

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015
Argentina	0,7	0,6	0	0	0	0	0
Austrálie	0	0,2	0,2	0,2	1,1	1	1,1
Rakousko	0	0	0	1	1,4	1,4	1,2
Čína	19,2	28,8	29,2	28	24	27	27
Kostarika	0	55	142,5	163	166	207,1	207
Salvador	95	105	161	151	204	204,4	204
Etiopie	0	0	8,5	7	7,3	8	7,3
Francie	4,2	4,2	4,2	15	16	17	16
Německo	0	0	0	0,2	6,6	11,9	27
Guatemala	0	33,4	33,4	33	52	48	52
Island	44,6	50	170	322	575	664,4	665
Indonésie	144,8	309,8	589,5	797	1.197,0	1.341,0	1.340,0
Itálie	545	631,7	785	790	843	875,5	916
Japonsko	214,6	413,7	546,9	535	536	537	519
Keňa	45	45	45	127	167	248,5	594
Mexiko	700	753	755	953	958	1.017,4	1.017,0
Nový Zéland	283,2	286	437	435	628	842,6	1.005,0
Nikaragua	35	70	70	77	88	149,5	159
Papua N. Guinea	0	0	0	39	56	56	50
Filipíny	891	1.227,0	1.909,0	1.931,0	1.904,0	1.848,0	1.870,0
Portugalsko	3	5	16	16	29	28,5	28
Rumunsko	0	0	0	0	0	0	0,1
Rusko	11	11	23	79	82	81,9	82
Taiwan	0	0	0	0	0	0	0,1
Thajsko	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Turecko	20,6	20,4	20,4	20,4	82	166,6	397
USA	2.774,6	2.816,7	2.228,0	2.544,0	3.093,0	3.389,0	3.450,0
celkem	5.831,8	6.866,8	7.974,1	9.064,1	10.716,7	11.772,0	12.636,1

Zdroj: Bertani, 2016.

7.3. PŘÍLOHA 3. SEZNAM POSKYTOVATELŮ LLRP V ČR DLE JEDNOTLIVÝCH LÁZEŇSKÝCH MÍST

Tabulka 15: Seznam poskytovatelů LLRP v ČR dle jednotlivých lázeňských míst

lázeňské místo	poskytovatel
Bechyně	Lázně Bechyně s.r.o.
Bechyně	Lázně Jupiter Bechyně s.r.o.
Bludov	Státní léčebné lázně Bludov, s.p.
Buchlovice	František Krystýnek
Františkovy Lázně	CPI Hotels, a.s.
Františkovy Lázně	Dušan Uhrin
Františkovy Lázně	FRANCIS PALACE s.r.o.
Františkovy Lázně	Františkovy Lázně AQUAFORUM a.s.
Františkovy Lázně	Františkovy Lázně IMPERIAL a.s.
Františkovy Lázně	Františkovy Lázně SAVOY a.s.
Františkovy Lázně	Hotel Bajkal s.r.o.
Františkovy Lázně	Lázeňské sanatorium Dr. Peták s.r.o.
Františkovy Lázně	Lázeňský dům ERIKA s.r.o.
Františkovy Lázně	Lázeňský hotel PYRAMIDA, a.s.
Františkovy Lázně	Lázně Františkovy Lázně a.s.
Františkovy Lázně	LD PALACE s.r.o.
Františkovy Lázně	MONTI SPA a.s.
Františkovy Lázně	SANATORIUM KLÍMA, s.r.o.
Františkovy Lázně	SPA HOTEL CENTRUM s.r.o.
Františkovy Lázně	Spa hotel Diana s.r.o.
Františkovy Lázně	Vojenská lázeňská a rekreační zařízení
Františkovy Lázně	Zdravotnické zařízení Ministerstva vnitra
Hodonín	Lázně Hodonín, s.r.o.
Jáchymov	Léčebné lázně Jáchymov a. s.
Janské Lázně	Státní léčebné lázně Janské Lázně, s.p.
Jeseník	Priessnitzovy léčebné lázně a.s.
Jeseník	Vojenská lázeňská a rekreační zařízení
Karlova Studánka	Horské lázně Karlova Studánka, s.p.
Karlovy Vary	Alžbětiny Lázně, a.s.
Karlovy Vary	ARISTOKRATY HOTELY s.r.o.
Karlovy Vary	BALNEX 1 a.s.

lázeňské místo	poskytovatel
Karlovy Vary	Bohemia – lázně a. s.
Karlovy Vary	BRISTOL GROUP s.r.o.
Karlovy Vary	EUROSPA, a.s.
Karlovy Vary	FADN, s.r.o.
Karlovy Vary	Hotel ULRIKA, s.r.o.
Karlovy Vary	Imperial Karlovy Vary a.s.
Karlovy Vary	INTER spa service s.r.o.
Karlovy Vary	K.V.P. Gastro a.s.
Karlovy Vary	KARLOVAR 2000, s.r.o.
Karlovy Vary	LD PRAGA, spol. s r.o.
Karlovy Vary	Mignon-II s.r.o.
Karlovy Vary	Nemocnice Na Bulovce
Karlovy Vary	OLYMP INTERNATIONAL s.r.o.
Karlovy Vary	Olympic Palace s.r.o.
Karlovy Vary	Richmond a.s.
Karlovy Vary	Sanatorium Astoria a.s.
Karlovy Vary	Sanatorium Trocnov a.s.
Karlovy Vary	Savoy Westend Hotel s.r.o.
Karlovy Vary	Sárová s.r.o.
Karlovy Vary	THERMAL – F, a.s.
Karlovy Vary	VESK service s.r.o.
Karlovy Vary	Vojenská lázeňská a rekreační zařízení
Karlovy Vary	Windsor Spa Hotel s.r.o.
Karlovy Vary	Zdravotnické zařízení Ministerstva vnitra
Karviná - Darkov	Lázně Darkov a.s.
Kláštepec nad Ohří	ARC – MED s.r.o., Lázeňský dům Evženie
Klimkovice	AquaKlim, s.r.o., Sanatoria Klimkovice
Konstantinovy Lázně	Léčebné lázně Konstantinovy lázně a.s.
Kostelec u Zlína	Lázně Kostelec u Zlína, spol. s r.o.
Lázně Bělohrad	Lázně Bělohrad a.s.
Lázně Bohdaneč	Léčebné lázně Bohdaneč a.s.
Lázně Kunderatice	Lázně Kunderatice a.s.
Lázně Kynžvart	Léčebné lázně Lázně Kynžvart
Lázně Libverda	LÁZNĚ LIBVERDA, a.s.
Lázně Toušeň	Nemocnice Na Bulovce
Lednice	LÁZNĚ LEDNICE, s.r.o.
Lednice	Spa Resort Lednice s.r.o.

lázeňské místo	poskytovatel
Lipová-lázně	Schrothovy léčebné lázně s.r.o.
Luhačovice	INTER ZNOJEMIA Group, a.s.
Luhačovice	KNEBL, spol. s r.o.
Luhačovice	Lázně Luhačovice, a.s.
Luhačovice	Léčebné lázně Luhačovice – Sanatorium MIRAMARE s.r.o.
Mariánské Lázně	CRISTAL PALACE a. s.
Mariánské Lázně	Grand Hotel Marienbad Betriebs s.r.o.
Mariánské Lázně	HOTEL NABOKOV s.r.o.
Mariánské Lázně	Léčebné lázně Mariánské Lázně a. s.
Mariánské Lázně	LS ROYAL Mariánské Lázně a.s.
Mariánské Lázně	OLYMPIA Hotel, s.r.o.
Mariánské Lázně	Reitenberger s.r.o.
Mariánské Lázně	Tailor Hotels s.r.o.
Mšené-lázně	Lázně Mšené, a.s.
Ostrožská Nová Ves	Sirnaté lázně Ostrožská Nová Ves, s.r.o.
Poděbrady	LAPOD s.r.o.
Poděbrady	Lázně FELICITAS s. r. o., Hotel Orfeus
Poděbrady	Lázně Poděbrady a.s.
Slatinice	Lázně Slatinice a.s.
Teplice v Čechách	Lázně Teplice v Čechách a.s.
Teplice v Čechách	Vojenská lázeňská a rekreační zařízení
Teplice nad Bečvou	Lázně Teplice nad Bečvou a.s.
Třeboň	Slatinné lázně Třeboň s.r.o.
Velichovky	Lázně 1897, s.r.o.
Velké Losiny	Lázně Velké Losiny, s.r.o.
Vráž	Lázně Hotel Vráž, s.r.o.

Zdroj: MZ, 2021, a,b.

7.4. PŘÍLOHA 4. FINANČNÍ VÝSLEDKY VYBRANÝCH POSKYTOVATELŮ LLRP V ČR

Tabulka 16: Finanční výsledky vybraných poskytovatelů LLRP (částky v tis. Kč)

		tržby z prodeje výrobků a služeb		tržby z prodeje zboží (VZZ, ř. II)		výsledek hospodaření po zdanění	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
lázeňské zařízení	lázeňské místo						
Alžbětiny Lázně, a.s.	Karlovy Vary	26 053	12 843	0	11	-10 236	-18 822
AquaKlim, s.r.o.	Klimkovice	337 174	280 953	26 245	16 567	62 375	53 691
BALNEX 1 a.s.	Karlovy Vary	114 441	41 012	207	64	-17 236	-15 661
Bohemia – lázně a. s.	Karlovy Vary	170 106	72 509	7 678	3 794	11 324	-11 817
BRISTOL GROUP s.r.o.	Karlovy Vary	285 070	75 874	2 395	867	29	-8 090
EUROSPA, a.s.	Karlovy Vary	47 981	17 712	8	5	-43	-8 533
FADN, s.r.o.	Karlovy Vary	47 170	8 094	175	40	5 049	-4 049
FRANCIS PALACE s.r.o.	Františkovy Lázně	85 962	45 015	0	0	7 655	1 066
Františkovy Lázně AQUAFORUM a.s.	Františkovy Lázně	31 613	20 866	0	0	1 415	-994
Františkovy Lázně IMPERIAL a.s.	Františkovy Lázně	61 911	28 785	206	97	1 767	-11 642
Horské lázně Karlova Studánka, s.p.	Karlova Studánka	149 705	124 439	7 367	9 889	1 067	1 151
Hotel ULRIKA, s.r.o.	Karlovy Vary	37 785	11 801	514	2 390	-38 860	-40 722
Imperial Karlovy Vary a.s.	Karlovy Vary	413 750	170 259	3 240	1 350	-25 938	-96 230
INTER spa service s.r.o.	Karlovy Vary	102 991	32 175	98	75	1 384	-14 221
K.V.P. Gastro a.s.	Karlovy Vary	300 172	90 237	0	0	-8 972	-11 665

lázeňské zařízení	lázeňské místo	tržby z prodeje výrobků a služeb		tržby z prodeje zboží (VZZ, ř. II)		výsledek hospodaření po zdanění	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
KARLOVAR 2000, s.r.o.	Karlovy Vary	13 182		0		-1 083	-1 180
KNEBL, spol. s r.o.	Luhačovice	47 823	42 261	3 712	2 388	9 827	-2 479
LAPOD s.r.o.	Poděbrady	9 041	4 958	0	0	-6 521	1 245
Lázeňský hotel PYRAMIDA, a.s.	Františkovy Lázně	48 195	30 915			-6 518	
Lázně Bečyně s.r.o.	Bečyně	156 353	138 219	7 986	7 237	9 217	-3 822
Lázně Bělohrad a.s.	Lázně Bělohrad	292 418	215 555	24 147	22 120	11 161	-4 887
Lázně Darkov a.s.	Karviná	397 654		8 546		35 506	
Lázně Františkovy Lázně a.s.	Františkovy Lázně	226 004	155 097	277	201	-7 351	-12 773
Lázně Hodonín, s.r.o.	Hodonín	152 819	128 106	5 960	4 174	6 201	9 652
Lázně Hotel Vráž, s.r.o.	Vráž	71 822	60 533	1 030	834	5 872	9 084
Lázně Kostelec u Zlína, spol. s r.o.	Kostelec u Zlína	28 533		0		58	
Lázně Kunderatice a.s.	Lázně Kunderatice	60 603	48 144	2 004	1 378	742	1 124
LÁZNĚ LEDNICE, s.r.o.	Lednice	43 547	31 920	2 509	1 867	1 712	1 220
LÁZNĚ LIBVERDA, a.s.	Lázně Libverda	89 682	78 540	2 682	2 939	2 924	10 138
Lázně Luhačovice, a.s.	Luhačovice	514 326	391 238	27 149	14 335	283 802	23 811
Lázně Mšené, a.s.	Mšené-lázně	73 408	51 093	5 422	3 583	1 932	-803
Lázně Slatinice a.s.	Slatinice	111 054	93 065	7 088	4 548	4 188	2 200
Lázně Teplice nad Bečvou a.s.	Teplice nad Bečvou	271 721	220 772	14 868	6 716	7 129	-4 226
Lázně Teplice v Čechách a.s.	Teplice	359 045	204 117	3 321	2 332	12 939	-36 303

lázeňské zařízení	lázeňské místo	tržby z prodeje výrobků a služeb		tržby z prodeje zboží (VZZ, ř. II)		výsledek hospodaření po zdanění	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
Lázně Velké Losiny, s.r.o.	Velké Losiny	218 904	181 061	1 626	1 326	52 921	44 510
LD PALACE s.r.o.	Františkovy Lázně	57 277	25 766	3	2	-572	-1 613
LD PRAGA, spol. s r.o.	Karlovy Vary	46 764				-1 801	
Léčebné lázně Bohdaneč a.s.	Lázně Bohdaneč	286 782	219 080	5 632	3 907	21 177	-40 478
Léčebné lázně Jáchymov a. s.	Jáchymov	593 918	356 929	12 917	7 403	57 846	7 395
Léčebné lázně Konstantinovy lázně a.s.	Konstantinovy Lázně	102 606		1 352		5 083	
Léčebné lázně Luhačovice – Sanatorium MIRAMARE s.r.o.	Luhačovice	129 668	106 091	921	664	11 799	15 186
Léčebné lázně Mariánské Lázně a. s.	Mariánské Lázně	853 126	331 587	5 280	2 107	53 354	-125 629
LS ROYAL Mariánské Lázně a.s.	Mariánské Lázně	66 968	40 258	329	224	2 413	-2 918
Mignon-II s.r.o.	Karlovy Vary	17 671	7 083	271	69	-26 677	-9 648
OLYMP INTERNATIONAL s.r.o. Interhotel CENTRAL	Karlovy Vary	38 310	9 904	1	3	-5 710	-6 308
OLYMPIA Hotel, s.r.o.	Mariánské Lázně	99 198	37 342	30	5	21 402	-10 362
Olympic Palace s.r.o.	Karlovy Vary	106 380		710		1 687	
Priessnitzovy léčebné lázně a.s.	Jeseník	314 555	262 364	19 292	14 983	41 505	35 641
Reitenberger s.r.o.	Mariánské Lázně	86 859		24		-977	
Richmond a.s.	Karlovy Vary	153 654	60 200	991	284	3 445	-22 466
Sanatorium Astoria a.s.	Karlovy Vary	101 776	41 500	14	4	85	-15 973

		tržby z prodeje výrobků a služeb		tržby z prodeje zboží (VZZ, ř. II)		výsledek hospodaření po zdanění	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
lázeňské zařízení	lázeňské místo						
Sanatorium Trocnov a.s.	Karlovy Vary	56 206	9 384			-2 130	-13 520
Sirnaté lázně Ostrožská Nová Ves, s.r.o.	Ostrožská Nová Ves	69 822	59 367	443	483	9 232	8 826
Slatinné lázně Třeboň s.r.o.	Třeboň	519 922	404 321	32 083	20 737	26 065	6 638
SPA HOTEL CENTRUM s.r.o.	Františkovy Lázně						
Státní léčebné lázně Bludov, s.p.	Bludov	39 762	32 104	1 379	866	-1 386	-2 156
Státní léčebné lázně Janské Lázně, s.p.	Janské Lázně	304 464	285 529	3 868	3 784	-36 096	-34 016
Tailor Hotels s.r.o.	Mariánské Lázně	0	243			0	-1 195
THERMAL – F, a.s.	Karlovy Vary	157 665	30 749	617	239	-13 852	-68 711

Zdroj: data dle Ministerstva spravedlnosti, ČR, 2021 (finanční výkazy jednotlivých subjektů).

7.5. PŘÍLOHA 5: STUDIE

EKONOMICKÉ PROVEDITELNOSTI VÝROBY ENERGIE POMOCÍ TERMÁLNÍ VODY V OBLASTI PROJEKTU HTPO

7.5.1. ÚVOD

Na základě dostupných údajů z projektu HTPO bylo provedeno počáteční posouzení ekonomické životaschopnosti pomocí open source softwaru Geophires v2.0. Výpočet byl proveden pro celou pilotní oblast ve formaci Altenmarkt v Juře. Výsledky se zaměřují na energetický obsah vodonosné vrstvy a náklady na výrobu tepla nebo LCOH - "srovnané náklady na teplo".

7.5.2. SOFTWARE - GEOPHIRES V2.0

GEOPHIRES - GEOTermální energie pro výrobu tepla a elektřiny ("IR") Ekonomicky simulované

GEOPHIRES je softwarový nástroj pro provádění technicko-ekonomických simulací geotermálních zařízení. Nástroj simuluje podzemní zásobník, vrt a povrchové zařízení pomocí integrovaných nebo externích modelů dodaných uživatelem se zadáním definovaného souboru parametrů. Možné konfigurace konečného využití jsou přímo využití tepla (např. pro dálkové vytápění nebo průmyslový proces), elektřina nebo kombinovaná výroba tepla a elektřiny (KVET). Simulace zahrnuje výrobní teplotu v zásobníku a okamžitou výrobu tepla a/nebo elektřiny, a to po celou dobu životnosti zařízení. V kombinaci s korelací investičních nákladů a nákladů na provoz a údržbu používá systém GEOPHIRES modely postupných nákladů k odhadu celkové potřebné investice a nákladů na elektřinu a/nebo teplo.

GEOPHIRES v2.0 je šířen jako open source pod GNU General Public License verze 3.0 (GPLv3), Copyright

(c) 2019 Alliance for Sustainable Energy, LLC. (uživatelská příručka GEOPHIRES, 2019; www.github.com)

Vstupní parametry

Software vyžaduje údaje z následujících skupin dat:

- Technické parametry nadzemního zařízení
- Technické parametry podzemního zařízení
- Investiční náklady
- Provozní náklady
- Parametry simulace

Podrobný seznam požadovaných údajů je shrnut v následující tabulce.

Výstupní parametry

Výstupní parametry se liší v závislosti na zvoleném způsobu využití dotovaného tepla a zahrnují mimo jiné náklady na výrobu elektřiny nebo tepla v rámci projektu, množství ročně vyrobené elektřiny nebo tepla a investiční a provozní náklady potřebné k realizaci projektu.

7.5.3. RÁMCOVÉ PODMÍNKY PRO SIMULACI V OBLASTI PROJEKTU HTPO

Pro simulaci v oblasti projektu byly stanoveny následující obecné podmínky:

- Jako provozní model byla zvolena čistá výroba tepla, náklady na elektřinu pro čerpací energii byly vypočteny na 7 c/kWh (cca 1,75 Kč / kWh)
- Nákladové parametry zahrnují pouze geotermální odběr tepla prostřednictvím dubletu na povrch. Náklady na přípojku do sítě dálkového vytápění nejsou zahrnuty.
- Náklady na vrty byly stanoveny na 2 500 EUR pro vrty do hloubky 2 500 m a na 3 000 EUR pro hlubší vrty; pro všechny ostatní finanční parametry byly použity hodnoty uložené v softwaru.
- Provozní životnost je 40 let za předpokladu, že nedochází ke změně teploty čerpaných vod.
- Použitá voda se znovu vstřikuje při teplotě 40 °C.
- Předpokládalo se, že povrchová teplota je 12 °C a geotermální gradient 27 °C/km.
- Průměr těžebního a injekčního vrtu je 21,6 cm (8,5 palce).
- Rychlost výroby je 50 l/s
- Pro vlastnosti hornin v nádrži byly použity následující hodnoty: Tepelná kapacita 1000 J/kg/K, hustota 2,7 g/cm³, tepelná vodivost 3 W/m/K.

7.5.4. VÝSLEDKY

V případě HTPO se výsledky simulace zaměřily na náklady na výrobu tepla a obsah využitelné energie v oblasti projektu.

Pro výpočet nákladů na výrobu tepla a obsahu využitelné energie byly zohledněny všechny lokality s teplotou termální vody nad 40 °C. Nastavením teploty zpětného vstřikování na 40 °C tak nedochází k tepelným ziskům v oblastech s nízkou teplotou termální vody.

Náklady na výrobu tepla

Výpočet nákladů na výrobu tepla v eurech/MWh dává výsledky v rozmezí od zcela ekonomických 29,5 €/MWh až po zjevně neekonomických 8000 €/MWh. Vysoké náklady jsou způsobeny tím, že kromě specifikace teploty nebyly v softwaru nastaveny žádné limity týkající se hloubky vrtání a tloušťky vodonosné vrstvy. Ani to nemusí být nutně účelné, protože obzvláště mocné zvodnělé vrstvy v menších hloubkách mohou být využívány stejně hospodárně jako mělké, ale velmi hluboké zvodnělé vrstvy. Proto byly pro další zpracování výsledků vyřazeny lokality s náklady na výrobu tepla vyššími než 100 eur/MWh. Obrázek x graficky shrnuje výsledné výsledky nákladů na výrobu tepla. Nejpříznivější náklady na výrobu tepla ve výši 30 EUR/MWh v oblasti projektu jsou v oblasti Laa an der Thaya a na jihovýchodě. Obecně platí, že jižní až východní část Rakouska, včetně obcí Neudorf bei Staatz a Unterstinkenbrunn, má nejnehospodárnější náklady na teplo s LCOE maximálně 35 EUR/MWh. V české části pilotního území představuje ekonomickou oblast pro výrobu tepla pouze nejseverovýchodnější část.

Obsah tepla

Za stejných rámcových podmínek jako u nákladů na výrobu tepla byla vypočtena produkce tepla z vodonosné vrstvy neboli "tepelný obsah" formace Altenmarkt. Výsledky jsou uvedeny v GWh/rok a pohybují se mezi 90 a 10 GWh/rok v celé oblasti projektu. Obsah energie silně koreluje s hloubkou formace a je nejvyšší v jihovýchodní části pilotní oblasti na rakouské straně. V České republice vykazuje nejvyšší hodnoty nejseverovýchodnější část, kde lze získat 40 GWh/rok.

7.5.5. HODNOCENÍ

Srovnání obsahu tepla ve vodonosné vrstvě altenmarktské formace s vypočtenými náklady na výrobu tepla jasně ukazuje, že pro využití termálních vod je rozhodující nejen jejich hloubka, ale také mocnost vodonosné vrstvy. V projektové oblasti se tedy nejekonomičtější oblasti nenacházejí v místech s nejvyšším obsahem tepla, ale poněkud severněji, v menších hloubkách vrtů a dostatečných tloušťkách. Nejnižší náklady na výrobu tepla pro hlubinnou geotermální energii zde činí 29,5 eur za vyrobenou MWh a jsou srovnatelné s vypočtenými náklady pro jiné geotermální projekty. Ty se pohybují mezi 0,01 a 0,06 eur/kWh pro náklady na výrobu tepla bez rozvodu tepla pro geotermální elektrárny (z www.energieatlas.bayer.de - fiktivní příklad nově postavené geotermální elektrárny).

