

Kancelária Národnej rady Slovenskej republiky
Odbor Parlamentný inštitút

Edícia: Informácie

04/2022

Využívanie geotermálnej energie

Vypracovali: Ing. Martina Hogenová,
JUDr. Helena Latáková,
Mgr. Dominika Nováková,
Odbor Parlamentný inštitút

Schválila: PhDr. Natália Petranská Rolková, PhD.,
riaditeľka Odboru Parlamentný inštitút

Bratislava
december 2022

Anotácia:

Materiál poskytuje
prehľad o využívaní
a potenciáli geotermálnej
energie na Slovensku a vo
svete.

Kľúčové slová:

geotermálna energia,
obnoviteľné zdroje
energie, priemysel,
pôdohospodárstvo,
turizmus



Postavenie Odboru Parlamentný inštitút definuje § 144 zákona NR SR č. 350/1996 Z. z. o rokovacom poriadku Národnej rady Slovenskej republiky, podľa ktorého Parlamentný inštitút plní informačné, vzdelávacie a dokumentačné úlohy súvisiace s činnosťou NR SR a jej poslancov. Súčasťou odboru je aj Oddelenie Parlamentná knižnica a Oddelenie Parlamentný archív.

V rámci informačnej činnosti Odbor Parlamentný inštitút vydáva spravidla tieto informačno-analytické materiály:



V oblasti vzdelávania Odbor Parlamentný inštitút zastrešuje úvodné inštruktážne semináre najmä pre novozvolených poslancov, účasť Kancelárie NR SR na parlamentnej rozvojovej spolupráci určenej pre zahraničné parlamenty, stážový program pre študentov vysokých škôl, ako aj ďalšiu vzdelávaciu, prednáškovú a publikačnú činnosť.

Materiál slúži najmä pre poslancov Národnej rady Slovenskej republiky a zamestnancov Kancelárie NR SR a nemôže v plnej miere nahrádzať právne alebo iné odborné poradenstvo v danej oblasti.

Údaje použité v materiáli sú aktuálne k dátumu jeho zverejnenia. Zverejňovanie materiálu je možné iba so súhlasom Odboru Parlamentný inštitút a autorov. Materiál neprešiel jazykovou úpravou.

Všetky iniciatívne materiály PI nájdete na: <https://www.nrsr.sk/web/?sid=nrsr/kancelaria/pi/oa/materialy/pm>



Využívanie geotermálnej energie

Anotácia

Predložený materiál poskytuje prehľad o využívaní a potenciáli geotermálnej energie na Slovensku a vo svete.

Kľúčové slová

geotermálna energia, obnoviteľné zdroje energie, priemysel, pôdohospodárstvo, turizmus

Use of geothermal energy

Annotation

The presented material deals with the ways of use and potential of geothermal energy in Slovakia and worldwide.

Key Words

geothermal energy, renewable energy sources, industry, agriculture, tourism

Obsah

Úvod.....	5
1. Potenciál geotermálnej energie v Slovenskej republike	7
1.1 Využívanie a potenciál geotermálnej energie	8
2. Stav Slovenskej republiky v oblasti geotermálnych zdrojov	12
2.1 Využívanie geotermálnej energie ako zdroja tepla.....	16
2.2 Využívanie geotermálnej energie na rekreačné účely	16
2.3 Využívanie geotermálnej energie na poľnohospodárske účely	17
2.4 Výroba elektriny z geotermálnej energie.....	18
2.5 Využitie v priemysle	19
2.6 Elektromobilita s využívaním geotermálnej energie.....	20
3. Využívanie geotermálnej energie vo svete.....	21
3.1 Výroba elektriny – nepriame použitie	21
3.2 Výroba tepla – priame použitie	26
3.3 Stredná Európa – plytká geotermia a Poľsko 2050	28
3.4 Island	29
Použité zdroje	33

Úvod

Geotermálna energia pochádza z horúceho jadra Zeme, ktoré ma teplotu viac ako 4000 °C. Z dôvodu nevyčerpatelných zásob sa zaraďuje medzi obnoviteľné zdroje energie.¹ Možno ju využiť na vykurovanie, chladenie, výrobu elektriny a uskladňovanie energie s veľkým potenciálom využitia vo vykurovaní budov, v priemysle a v poľnohospodárstve.

Podľa správy Európskej rady pre geotermálnu energiu (EGEC)² o využívaní geotermálnej energie v štátoch EÚ za rok 2021:

- Sektor vykurovania a chladenia predstavoval viac ako polovicu nových zadávaných projektov.
- Predaj geotermálnych tepelných čerpadiel dosiahol rekordnú úroveň rastu: 73 % vo Francúzsku, 59 % v Rakúsku, 59 %, 35 % v Belgicku a 10 % v Nemecku.
- Pokiaľ ide o celkovú kapacitu inštalovaných geotermálnych tepelných čerpadiel, na trhu stále dominovali Nemecko a Švédsko, ktoré predstavujú polovicu inštalovaných geotermálnych tepelných čerpadiel v Európe a takmer polovicu ročného predaja.
- Do prevádzky bolo uvedených 14 nových geotermálnych systémov diaľkového vykurovania a chladenia. Francúzsko a Holandsko uviedli do prevádzky 3 takéto prevádzky. Zvyšných 8 prevádzok bolo uvedených v Nemecku, Fínsku, Poľsku a Švajčiarsku. Vo Fínsku bol uvedený do prevádzky prvý projekt geotermálneho diaľkového chladenia.
- V Holandsku sa začal prieskum vysokoteplotných zdrojov na zásobovanie zariadenia na výrobu papiera. Toto je prvý prípad priemyselnej výroby, ktorá sa obracia na geotermálnu energiu, aby uspokojila svoje potreby procesného tepla. Bolo nainštalovaných 6 nových geotermálnych elektrární, ktoré priniesli celkový inštalovaný výkon 3,4 GWe a vyrobenú 19 TWh.

Geotermálna energia má dve primárne aplikácie: **vykurovanie/chladenie a výrobu elektriny**.³ Na výrobu tepla využíva geotermálnu energiu približne 90 krajín, v prípade výroby elektriny ju využíva približne 29 krajín. Existujú tri hlavné typy geotermálnych energetických systémov:

- priame použitie a systémy diaľkového vykurovania,
- geotermálne elektrárne,
- geotermálne tepelné čerpadlá.

Všeobecný záujem o geotermálnu energiu, ktorá v porovnaní s inými obnoviteľnými zdrojmi energie nadobúda mimoriadny význam vďaka svojim charakteristikám kontinuity

¹ Ministerstvo životného prostredia SR: Geotermálna energia. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/klima/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia/>

² EGEC Geothermal Market Report 2021. Dostupné na: <https://www.egec.org/media-publications/egec-geothermal-market-report-2021/>

³ University of Michigan, Centre for Sustainable Systems: Geothermal Energy Factsheet. Dostupné na: <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/geothermal-energy-factsheet>

a programovateľnosti, nedávno zdôraznila Komisia pre udržateľnú energiu [Európskej hospodárskej komisie EHK OSN](#) v septembri 2016 v špecifikácii jednotného štandardu pre prezentáciu projektov týkajúcich sa geotermálnej ťažby.⁴

Záujem o geotermálnu energiu, v porovnaní s inými alternatívnymi zdrojmi, nadobudol mimoriadny význam vďaka charakteristikám kontinuity a programovateľnosti. Význam zdôraznila Komisia pre udržateľnú energiu Európskej hospodárskej komisie EHK OSN v septembri 2016 v rámci špecifikácii jednotného štandardu pre prezentáciu projektov týkajúcich sa geotermálnej ťažby.

Slovensko má z pohľadu využívania geotermálnej energie veľmi priaznivé podmienky. Vyznačuje sa vhodnou skladbou horninového podlažia a **vyšším tepelným gradientom**, teda stúpaním teploty sa smerom do hĺbky zeme, ktorá u nás dosahuje priemerne 38 °C na kilometer, (celosvetový priemer je asi o 8 °C nižší). V Slovenskej republike je tepelno-energetický potenciál geotermálnych vôd stanovený na 5 558 MWt.⁵

Medzi dôvody, pre ktoré sa u nás geotermálna energia nevyužíva vo väčšom rozsahu, je ich finančná náročnosť a riziko spojené s realizáciou vrtov. Aj napriek podrobnému prieskumu a meraniam v teréne sa totiž až počas realizácie zistí, či má vrt očakávané parametre: *výdatnosť, teplotu a vhodné chemické zloženie geotermálnej vody*. Realizácia vrtov, predstavuje zhruba 50 – 75 % celkového rozpočtu projektu.

Časť Slovenska patrí k oblastiam s **vhodným potenciálom** rozvoja geotermálnej energie:

- **na juhozápade** – Podunajská panva s územím ohraničeným mestami Bratislava, Trnava, Nitra, Štúrovo a Komárno.
- **na východe** – Východoslovenská nížina, najmä v lokalite Ďurkov pri Košiciach, kde realizované vrty dosahujú teplotu vody až 130 °C.

Podľa [štúdie výskumného centra Európskej komisie](#) by geotermálna energia [dokázala na Slovensku postupne úplne nahradiť](#) ťažbu uhlia.⁶

⁴ Governo Italiano: Zonazione geotermica del territorio italiano. Dostupné na: <https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/risorse-geotermiche/zonazione-geotermica-del-territorio-italiano>

⁵ Ministerstvo životného prostredia SR. Geotermálna energia. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/klima/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia/>.

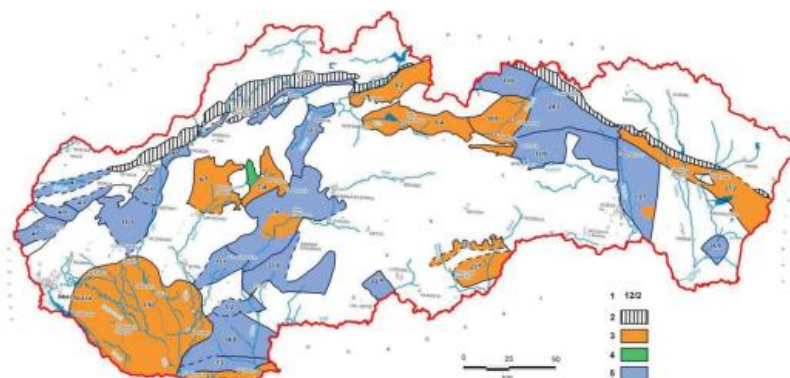
⁶ Využitie geotermálnej energie. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-chutne-paradajky/>

1. Potenciál geotermálnej energie v Slovenskej republike⁷

Oblasti a vrty

Na našom území sa nachádza **31 perspektívnych oblastí s geotermálnymi zdrojmi**. Dosiaľ sa v nich **realizovalo vyše 283 vrtov**.⁸

Obrázok č. 1: *Perspektívne oblasti geotermálnych vôd v Slovenskej republike*



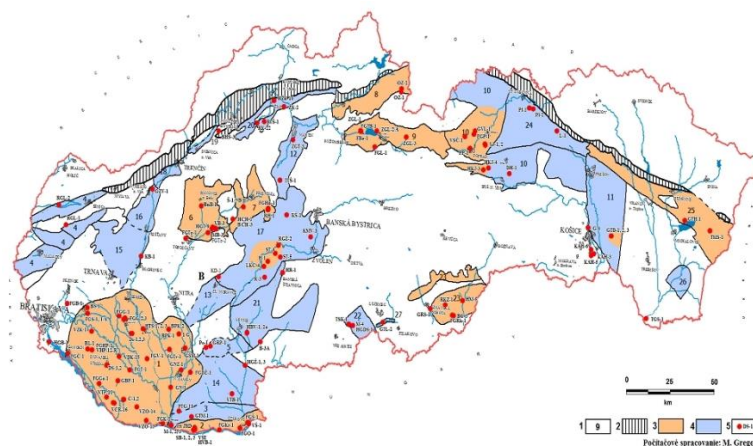
Obr. 1 Stav zhodnotenia vôd perspektívnych oblastí geotermálnych vôd v roku 2011

Legenda:

- 1 – číslo perspektívnej oblasti/počet geotermálnych vrtov
- 2 – bradlové pásmo
- 3 – perspektívne oblasti, v ktorých sa realizovalo hydrogeotermálne zhodnotenie
- 4 – perspektívne oblasti, v ktorých prebieha hydrogeotermálne zhodnotenie
- 5 – perspektívne oblasti, v ktorých sa doteraz nerealizovali hydrogeotermálne zhodnotenie

Zdroj: [Využitie geotermálnej energie na Slovensku](#)

Obrázok č. 2: *Geotermálna energia na Slovensku a realizované vrty.*



Zdroj: [Využitie geotermálnej energie na Slovensku](#)

⁷ EnergiePortal: Regióny Slovenska s najväčším potenciálom rozvoja geotermálnej energie. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/toto-su-regiony-slovenska-s-najvacsim-potencialom-rozvoja-geotermalnej-energie-106923.aspx>.

⁸ Pwenergy: Geotermálna energia. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/geotermalna-energia/>.

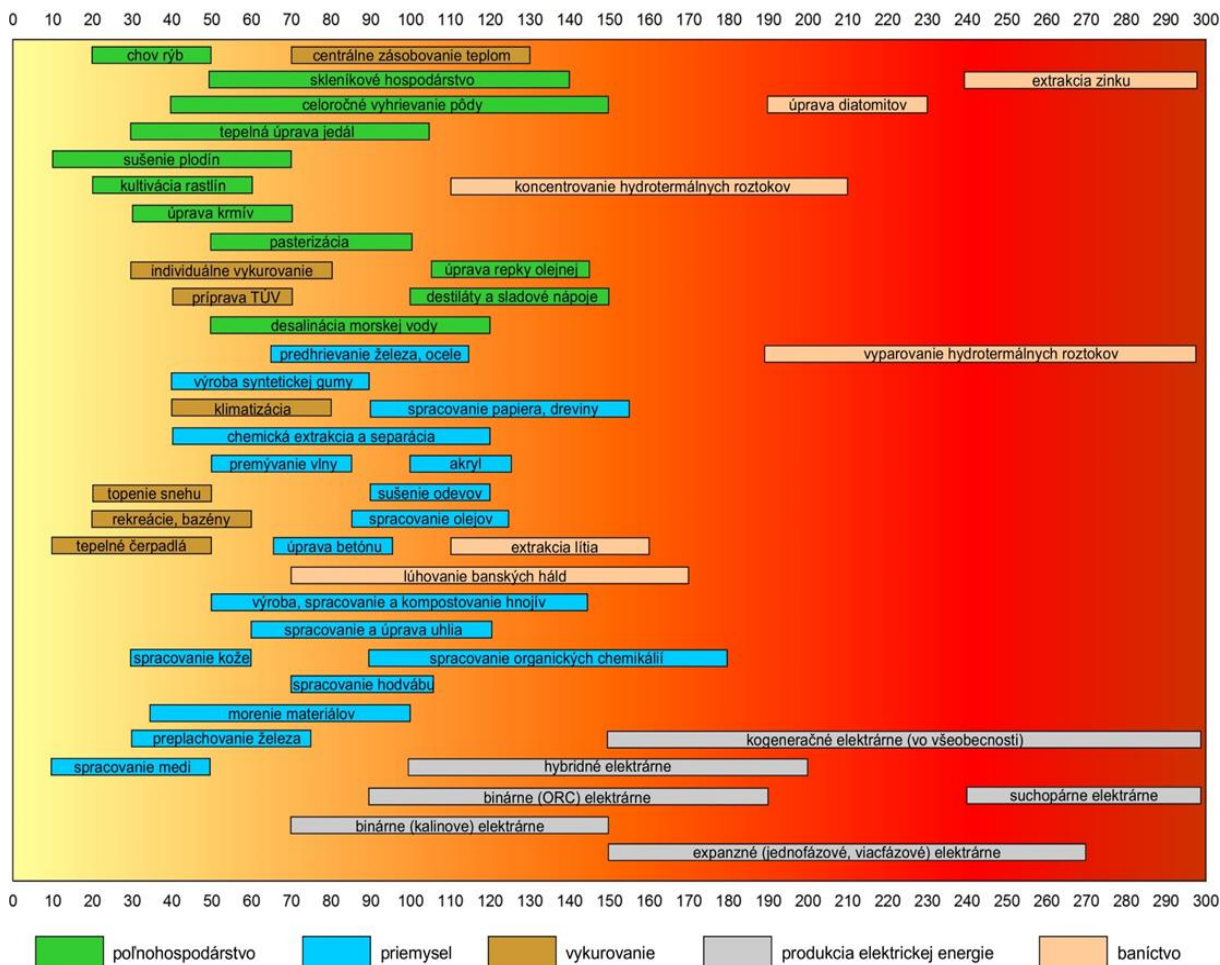
1.1 Využívanie a potenciál geotermálnej energie

Geotermálna energia sa v dôsledku vojny na Ukrajine a nestabilných dodávok palív z Ruska stala v posledných mesiacoch jedným z hlavných riešení závislosti európskych štátov od dovozu ruských energií. Predstavuje totiž stabilný a miestny zdroj obnoviteľnej energie s dobrou dostupnosťou na území celej Európy. Európska komisia počíta v pláne REPowerEU najmä s využívaním takzvanej **plytkej geotermálnej energie** prostredníctvom tepelných čerpadiel. Tie majú nahradiť časť zemného plynu vo vykurovaní domácností.

Okrem vykurovania a chladenia sa môže z geotermálnej energie vyrábať aj elektrická energia. Tá **má na rozdiel od elektriny zo slnka a vetra stály výkon**, a preto neohrozuje stabilitu elektrickej siete, navyše je dostupná 24 hodín denne. Geotermálne elektrárne majú vysoké počiatočné investičné náklady súvisiace s vrtnými a geologickými štúdiami, no po spustení ponúkajú lacný a energeticky efektívny zdroj energie.

Výhody geotermálnych elektrární	Nevýhody geotermálnych elektrární
✓ rýchla návratnosť investícií	- vysoké počiatočné náklady
✓ nižšie emisie – čistá energia	- vizuálne narušenie krajiny
✓ bezpečnosť	- nepríjemný zápach
✓ osamostatnenie sa od iných zdrojov energií	- príliš hlboké vrty
✓ stabilný zdroj (na rozdiel od veternej alebo solárnej energie)	
✓ lokálny zdroj energie	
✓ zvyšuje energetickú bezpečnosť regiónu	
✓ bezpečná prevádzka, môže byť umiestnená v blízkosti poľnohospodárskej produkcie a potravinárskej výroby	
✓ obnoviteľný zdroj energie, prakticky nevyčerpatel'ný	
✓ znižuje zaťaženie cestných komunikácií	
✓ môže byť lacnejším zdrojom ako v prípade fosílnych palív	

Obrázok č. 3: Modifikovaná Lindalova schéma účelov využitia zdrojov geotermálnej energie v závislosti na teplote pri ich produkcii



fondy, ktorého cieľom je podporiť investície zamerané na dosiahnutie klimateckej neutrality v roku 2050.

Najväčšie zastúpenie má na Slovensku v súčasnosti využitie **na rekreačné účely (termálne bazény, kúpele)**, s teplotou vody od 30 – 60 °C. Najväčšie rezorty akvaparkov a rekreačných komplexov vznikli **pod Tatrami**, akvaparky sú však naprieč celým územím Slovenska (*Tatry, Oravy, Liptov, Podunajská nížina, stredné a tiež východné Slovensko*).

Geotermálnu energiu Slovensko využíva aj na **poľnohospodárske účely**. Slovenskí pestovatelia rajčín ju využívajú na ohrev skleníkov⁹. Na Žitnom ostrove [vypestuje spoločnosť GreenCorp 10-tisíc ton paradajok](#) ročne, čo predstavuje polovicu slovenskej produkcie. Geotermálne skleníky sa nachádzajú aj v regiónoch *Hornej Nitry, v Podhájskej, či pri Nových Zámkoch*. Široké využitie geotermálnej energie je aj v potravinárstve, a tiež pri chove rýb.

Produkcia **tepelnej energie** z geotermálnych zdrojov má na Slovensku veľký potenciál, doteraz sa však využíva len ako lokálny zdroj tepla v niektorých mestách – [Veľkom Mederi](#), Galante, Šali a Seredi. Vo výstavbe je [projekt v Kežmarku](#). Do budúcnosti sa pripravujú viaceré projekty, ktoré budú dodávať teplo do domácností (*využitie zdrojov pri Ďurkove, a vrt pri Čížaticiach*). Vykurovanie geotermálnou energiou predstavuje veľký potenciál pri náhrade vykurovania plynom.

Na Slovensku sa zatiaľ **elektrina z geotermálnej energie nevyrába**, aj keď vhodné predpoklady na to sú najmä v Podunajskej nížine, Východoslovenskej nížine a oblasti Pohronia. V blízkej budúcnosti by sa to malo zmeniť, keďže v procese povoľovania sú dva projekty geotermálnych stredísk spoločnosti PW Energy [pri Žiari nad Hronom](#) a [pri Prešove](#).

Slovenská republika má veľký potenciál na **získavanie lítia** z geotermálnych vôd. Pri využívaní lítia na rozvoj elektromobility, je totiž neoddeliteľnou zložkou vysokovýkonných batérií, sa čoraz viac hovorí aj o jeho neekologickej ťažbe. Je totiž neoddeliteľnou zložkou vysokovýkonných batérií. Lítium sa dá získať aj „čistejšie“, a čoraz viac projektov geotermálnych elektrární počíta s technológiami na jeho ťažbu. Práve extrakcia lítia môže pomôcť atraktívniť projekty nových geotermálnych elektrární pri hľadaní investičných partnerov, keďže táto činnosť pridáva k produkcii zelenej energie ďalší potenciálny zdroj príjmov, a teda rýchlejšiu návratnosť investície. Príkladom môže byť voda navrtaná v [Bruchsale \(Nemecko\)](#), ktorá je pomerne bohatá na lítium, s približne 150 mg lítia na liter vody.

Využitie geotermálnej energie má veľkú perspektívu aj v oblasti **priemyslu**, je možné využiť ju na sušenie dreva, výrobu papiera a celulózy a iné. Na Slovensku existuje projekt priemyselnej spoločnosti, ktorá geotermálnu energiu používa pri ohrievaní technickej vody určenej na spracovanie koží.

⁹ Pestovanie v geotermálnych skleníkoch je na Islande rozšírené a vďaka tomu dokáže tento ostrov pokryť až 42 % domácej spotreby zeleniny. Dostupné na: <https://www.visiticeland.com/article/the-greenhouse-revolution-in-iceland>

Tabuľka č. 1: Možnosti využitia geotermálnej energie

Účel	Teplota vody ¹⁰	Príklady projektov
Rekreačné účely <ul style="list-style-type: none"> Termálne kúpaliská Aquaparky Liečivé minerálne vody 	30 – 60 °C	Slovensko, Island
Vykurovanie <ul style="list-style-type: none"> Vykurovanie budov 	20 – 130 °C	Slovensko, Francúzsko, Fínsko, Nemecko
Chladenie <ul style="list-style-type: none"> systém diaľkového chladenia 	45 – 50 °C pri použití čerpadla môže byť nižšia	Spojené arabské emiráty
Poľnohospodárstvo <ul style="list-style-type: none"> Vykurovanie skleníkov (zeleninárstvo, ovocinárstvo, pestovanie kvetov) Rybné hospodárstvo Potravinárstvo (ohrievanie, varenie potravín, pasterizáciu potravín) 	20 – 150 °C+ podľa účelu použitia a potreby čerpadla	Slovensko, Island, Spojené kráľovstvo, Japonsko, Holandsko, USA, Grécko, Turecko
Využitie v priemysle <ul style="list-style-type: none"> Sušenie dreva Sušenie cementu Výroba papiera, celulózy Betónové dielce Farbenie textilu Topenie snehu a ľadu na chodníkoch 	20 – 180 °C	Island
Elektromobilita <ul style="list-style-type: none"> Extrakcia lítia 	100 – 160 °C	Island, USA, Nemecko
Výroba elektriny	70 – 300 °C	USA, Indonézia, Filipíny, Turecko, Nový Zéland, Mexiko, Taliansko, Keňa, Island, Japonsko.

Zdroj: vypracovali autorky podľa zistených informácií

¹⁰ Využitie geotermálnej energie podľa teploty. Dostupné na: <http://gpi.savba.sk/GPIweb/Projects/Thermes/index.php/sk/popularizacia-sk/popularizacia-vyuzitie/item/295-vyuzitie-geotermalnej-energie-podla-teploty>

2. Stav Slovenskej republiky v oblasti geotermálnych zdrojov

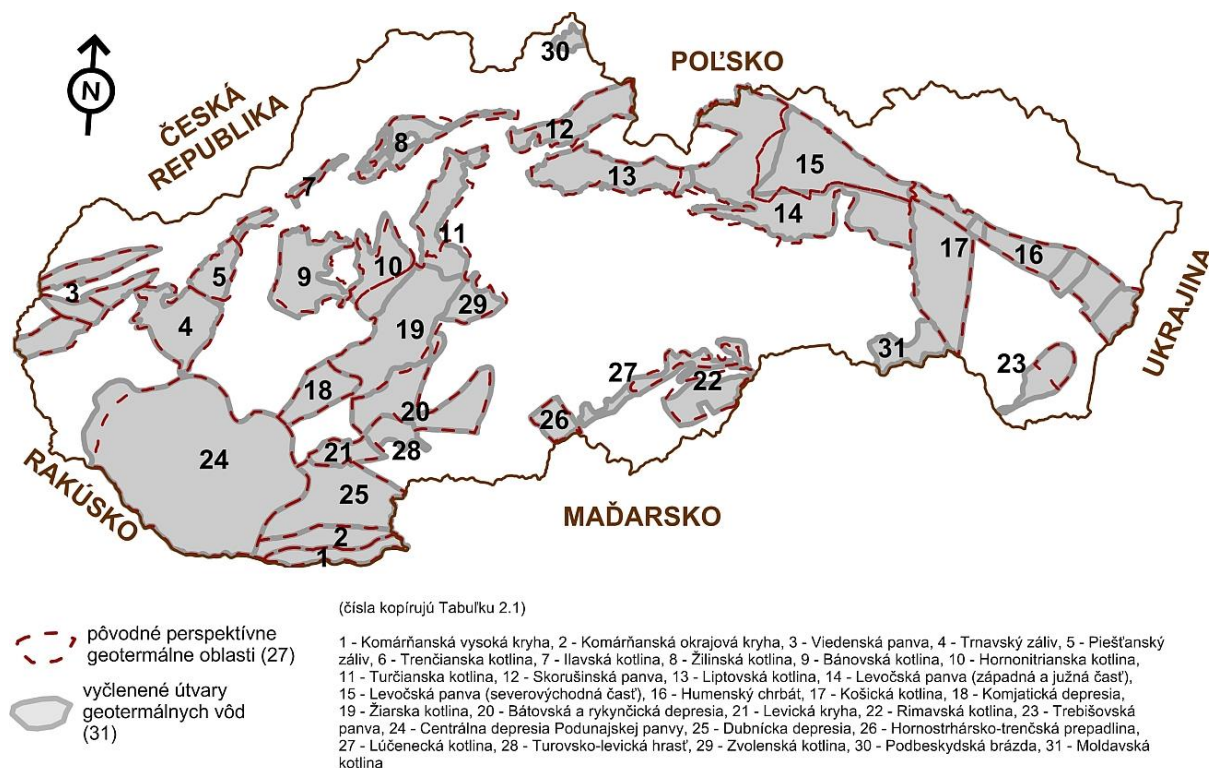
Na našom území sa nachádza **31 perspektívnych oblastí** (Obrázok č. 4) s overenými, alebo predpokladanými zdrojmi geotermálnej energie. Množstvo vrtov (hydrogeotermálnych, hydrogeologických, štruktúrno-geologických, prieskumných na ropu a zemný plyn), ktoré overili prítomnosť geotermálnych vôd presahuje **283**.

Overená teplota zdrojov geotermálnej energie na Slovensku dosahuje na ústí vrtov **20 – 135 °C**. Teploty na prítoku geotermálnych vôd z rezervoáru v hĺbke do vrtov sú zvyčajne o 1 – 15 °C vyššie. Väčšina zdrojov geotermálnej energie má fázový charakter geotermálnej vody. Doteraz najvyššie rezervoárové teploty boli zaznamenané v okolí Čičaroviec, s prítokom **170 °C** (vrt Čičarovce-8) do prieskumného vrtu, avšak zdroj geotermálnej energie nebol overený skúškami. Výnimočne (doteraz len na lokalitách Ďurkov a Čížatice) boli overené geotermálne vody s prítomnosťou tzv. vlhkej pary – na geotermálnu vodu naviazaná (saturovaná) para schopná uvoľnenia pri významnej zmene tlaku, pri priblížení sa atmosférickému tlaku, v porovnaní s rezervoárovými podmienkami. Hlbinné modely však naznačujú, že v mnohých vymedzených oblastiach (napr. Košická kotlina, Trebišovská panva, Žiarska kotlina) môžu rezervoárové teploty presiahnuť 180 – 200 °C. Tieto hĺbky (nad 3 500 – 4 000 m) ale neboli doteraz vrtmi overené.

Tepelno-energetický potenciál zdrojov geotermálnej energie na Slovensku bol dlhodobo udávaný na úrovni **5 538 MWt**, plus **176 MWt** vrtmi overených zásob geotermálnej energie. Systematická rekonštrukcia databázových údajov a zavádzanie inovatívnych modelov odhadu energetického potenciálu v pilotnej fáze indikuje celkový energetický potenciál zdrojov geotermálnej energie na úrovni **6 720 MWt** na obdobie **40 rokov**, respektíve **2 690 MWt** pre na obdobie **100 rokov**, ktoré zodpovedá minimálnej bilančnej dobe produkcie podľa tzv. koncepcie trvalo udržateľného rezervoárového manažmentu, ktorú prijala Svetová geotermálna asociácia (IGA) a pracovná skupina pre geotermálnu energiu Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy (UNFCCC). Pilotné modely prezentované v roku 2020 z tohto množstva udávajú **3 360 MWt** respektíve **1 340 MWt** ako **udržateľný tepelno-energetický potenciál** perspektívnych geotermálnych oblastí. **Tieto energetické bilancie sú aktuálne kalibrované a upresňované v rámci aktivít Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) s plánovaným termínom ukončenia 2023/2024.**

Celkovo 283 vrtmi bolo **overených** takmer **440 MWt** zásob geotermálnej energie. K obdobiu 2020/2021 bolo **aktívnych 122 vrtov**, z čoho 46 vrtov produkuje tzv. termominerálne geotermálne vody v správe Inšpektorátu kúpeľov a žriedel (IKŽ) pri MZ SR. Geotermálna voda je v danom období využívaná na **77 lokalitách**. **Inštalovaný výkon** (tepelný výkon vrtu pri spádovej teplote 15 °C a schválenej výdatnosti geotermálnych vôd) aktívnych vrtov **dosahoval 230 MWt**. **Reálny priemerný výkon vrtov** (tepelný výkon pri reálnej priemernej ročnej výdatnosti na spádovú teplotu 15 °C) bol vypočítaný na úrovni **60 MWt**. Pre roky 2020/2021 dosiahla kumulatívna produkcia geotermálnej energie **471 TWh**, čo zodpovedá kumulatívne množstvu tepla **1 685 TJ**. Celkové nahlásené odbery geotermálnych vôd dosiahli **14 mil. m³**. Priemerný **ročný faktor využitia** zdrojov geotermálnej energie (aktuálna vs. ideálna produkcia geotermálnej energie vrtu) bol vypočítaný na **0,28**, priemerný **ročný faktor kapacity** (aktuálny vs. ideálny tepelný výkon vrtu) dosiahol **0,315**.

Obrázok č. 4: Vyčlenené útvary geotermálnych vôd (perspektívne geotermálne oblasti) na Slovensku k 2020/2021



Zdroj: [Štátny geologický ústav Dionýza Štúra](#), Podklady vyžiadané emailovou komunikáciou

Priložená *Tabuľka 2* udáva prehľad aktuálneho stavu spôsobov/ účelu využitia geotermálnej energie na Slovensku v období 2020/2021. V súčasnosti sú zdroje geotermálnej energie – geotermálne vody, využívané v systémoch tzv. priameho využitia, t. j. v rozdielnych systémoch zásobovania teplom, pričom príkladmi jednotlivých účelov môžu byť:

- systémy centrálného zásobovania teplom: *Veľký Meder, Galanta, Šaľa, Sereď*
- systémy individuálneho vykurovania objektov: *Bešeňová, Dunajská Streda, Veľká Lomnica, Senec, Diakovce*
- skleníkové hospodárstvo a chov rýb: *Vrbov, Zlatná na Ostrove, Zemné, Topoľníky, Horná Potôň*
- rekreačné účely: *Chalmová, Liptovský Trnovec, Oravice, Rapovce, Kaluža*
- balneoterapia: *Trenčianske Teplice, Vyšné Ružbachy, Piešťany, Dudince, Sklené Teplice*

Tabuľka 2: Prehľad účelov a intenzity využitia zdrojov geotermálnej energie na Slovensku k 2020/2021

účel využitia	vrty	lokality	inštalovaný výkon	aktuálny výkon	produkcia tepelnej energie	produkcia tepla
	(-)	(-)	(MWt)	(MWt)	(GWh _{th})	(TJ)
centrálne zásobovanie	5	4	20,6	7,6	64,2	220,5
individuálne vykurovanie	10	10	33,4	9,8	80,2	288,7
poľnohospodárstvo/chov rýb	12	11	41,2	10,1	81,3	292,6
rekreačné účely	49	41	96,5	19,8	158,6	572,1
balneoterapia	46	11	37,7	10,1	86,4	310,2

Zdroj: [Štátny geologický ústav Dionýza Štúra](#), Podklady vyžiadané emailovou komunikáciou

Do roku 2022 sú aktuálne práce pre prieskum a využívanie zdrojov geotermálnej energie realizované napríklad v lokalitách:

- Kežmarok (centrálne zásobovanie teplom) – ukončené vrtné práce, prebiehajúce skúšky a oživovanie vrtu
- Čížatice (bez určenia) – ukončené vrtné práce, plánuje sa projekt reinjektážneho vrtu
- Lovča (produkcia elektrickej energie) – ukončené prieskumné práce, EIA, plánujú sa vrtné práce
- Teriakovce (produkcia elektrickej energie) – ukončená predbežná EIA, plánujú sa prieskumné a vrtné práce
- Liptovský Mikuláš (zásobovanie teplom pre priemyselné využitie a výrobu kože) – prebiehajú vrtné práce
- Ďurkov (centrálne zásobovanie teplom) – skúšky na vrtoch
- Stará Lesná, Lipany, Piešťany, Bardoňovo (individuálne vykurovanie a rekreácie) – povoľovacie procesy.

Doteraz overené zdroje geotermálnej energie sú vhodné pre účely spojené so zásobovaním tepla (systémy priameho využitia). Viaceré perspektívne oblasti (napr. Košická kotlina, Trebišovská panva, Žiarska kotlina, Bátovsko-rykinčická depresia, Trnavský záliv, Levočská panva – SV časť atď.) podľa zostrojených geologických a geotermických modelov poukazujú na možnosť produkcie elektrickej energie (čiže nepriameho využitia zdrojov geotermálnej energie, v takzvaných binárnych systémoch typu ORC alebo Kalina, v ktorých je v okruhu výroby elektrickej energie geotermálna para nahradená zvyčajne organickou pracovnou látkou s nízkym bodom vyparovania, ktorú geotermálna voda prehrieva v na to určených výmenníkoch tepla). To je príklad plánovaných lokalít Lovča a Teriakovce, kde projekt realizuje súkromná spoločnosť PW Energy. Výhodou binárnych systémov sú požiadavky na geotermálne vody s teplotami 75 – 190 °C, v závislosti na požadovanom dizajne a energetickom výkone elektrárne.

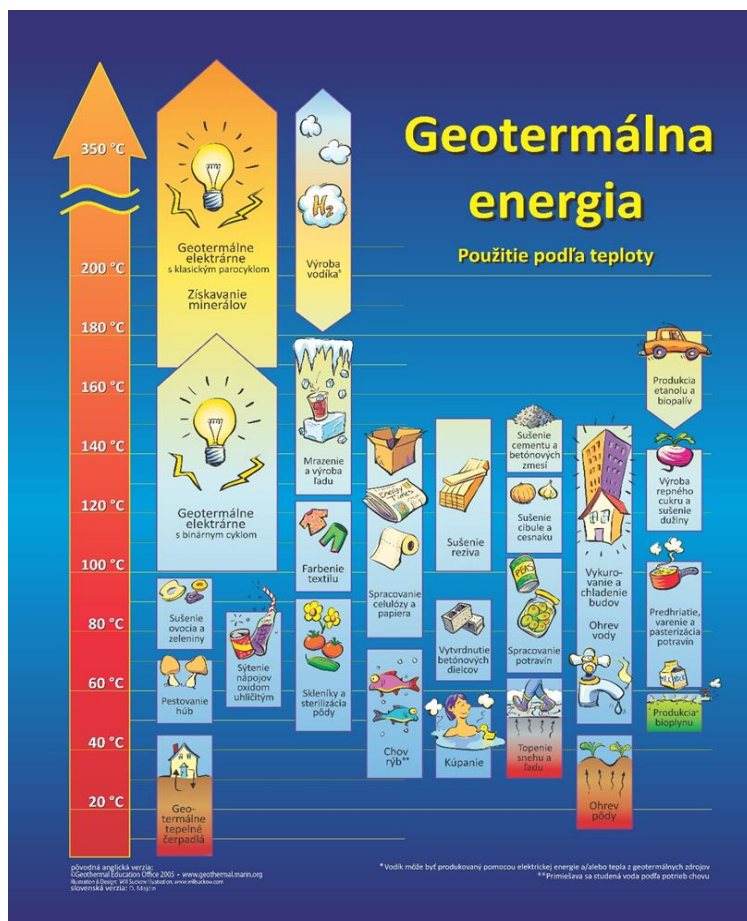
Aktuálny výskum ŠGÚDŠ a modelovanie potenciálu perspektívnych geotermálnych oblastí zároveň poukazuje na široké možnosti tzv. autonómnych binárnych kogeneračných jednotiek. Ide o systémy binárnych elektrární s elektrickým výkonom do 1 – 3 MWe

a súčasným tepelným výkonom do 1 – 5 MWe, ktoré sú vhodné pre komplexné energetické zásobovanie veľkých priemyselných parkov, rekreačných komplexov alebo menších konglomerácií, ako ukazujú príklady zo sveta (Japonsko, Nemecko, Nový Zéland, Funchal/Madeira, Turecko, USA).

Ďalšie spôsoby možného využitia zdrojov geotermálnej energie udáva tzv. Lindalov diagram (Lindalova schéma – Obrázok č. 3), ktorá udáva zvyčajné teplotné rozsahy pre konkrétne účely využitia. Diagram je možné čítať tak, že teploty zdrojov geotermálnych vôd naľavo od daného účelu nie sú dostatočné pre jeho termodynamicky účinné využitie, zatiaľ čo teploty zdrojov geotermálnej energie napravo od daného účelu indikujú termodynamicky účinné využitie z pohľadu „nadmerného“ potenciálu zdroja. To umožňuje kombinovať jednotlivé účely využitia geotermálnej energie v tzv. kaskádových systémoch.

V súčasnej dobe je Lindalova schéma nahradzovaná tzv. mapovaním termodynamickej kvality a termodynamického potenciálu zdrojov geotermálnej energie. Kým vo svete ide o štandardizovanú prax, takéto hodnotenia boli doteraz pre zdroje geotermálnej energie na Slovensku realizované len pilotne.

Obrázok č. 5: Geotermálna energia – Použitie podľa teploty



Zdroj: SAVBA

2.1 Využívanie geotermálnej energie ako zdroja tepla¹¹

Produkcia energie z geotermálnych zdrojov má na Slovensku veľký potenciál, doteraz sa však využíva len ako lokálny zdroj tepla v niektorých mestách – [Veľkom Mederi](#), Galante, Šali a Seredi. Vo výstavbe je [projekt v Kežmarku](#), ktorý financuje súkromný investor Geovrt Kežmarok, a ktorý po dokončení bude zásobovať teplom 1 500 domácností a miestnu školu.

Plánovaným projektom, ktorý niekoľko desiatok rokov plánuje využiť štát sú geotermálne zdroje [pri Ďurkove](#). Rozpočet projektu je aktuálne tvorený sumou 50 miliónov EUR a teplo z neho má dodávať tisícom domácností v Košiciach. Košický samosprávny kraj realizuje prieskumný vrt pri Čižaticiach a na základe zistených parametrov ďalej rozhodne ako vrt využiť. Plánované využite zdroja je na rekreačné účely, výrobu elektriny, tepla a vodíka. Momentálne je projekt pozastavený, keďže [potrebuje získať ďalšie investície](#) na realizáciu reinjektážneho vrtu.

2.2 Využívanie geotermálnej energie na rekreačné účely¹²

Na Slovensku sú dlhodobo najčastejším spôsobom využitia **rekreačné účely**. Na ne totiž postačujú teploty okolo 30 – 40 °C, ktoré sú dostupné v menšej hĺbke, čo podporuje ekonomickosť projektov. Aj pod Tatrami sú však oblasti, kde geotermálna voda využívaná na rekreačné účely presahuje 50 či 60 °C. Na povrch sa dostáva prirodzeným spôsobom – voľným prelivom vďaka prirodzenému tlaku alebo s využitím tepelných čerpadiel. Na Slovensku je registrovaných viac ako 176 geotermálnych vrtov a 82 vrtov s *liečivou vodou*¹³.

Najväčšie rezorty rekreačných komplexov vznikli **pod Tatrami**. V jednom z našich najznámejších akvaparkov v *Bešeňovej* sa teplota vody pohybuje od 27 do 39 °C. Geotermálna voda s teplotou 60,5 °C v lokalite vyviera z hlavného vrtu s hĺbkou 1987 m, čo je zapamätateľné aj preto, že vrt sa realizoval v roku 1987.

Z výborného potenciálu **Liptovskej kotliny** ťaží aj neďaleká *Tatralandia*, ktorá sa takisto spolieha na výdatný zdroj v hĺbke 2 500 metrov s teplotou vody 60 °C na povrchu. Horúca voda má v areáli všestranné využitie – okrem plnenia bazénov slúži aj na vykurovanie budov, prípravu teplej vody, nahrievanie bazénov s pitnou a morskou vodou či vodou pre tobogany. O niečo ďalej na východ sa nachádza stredisko *Aquacity Poprad*, využívajúce vrt napojený na podzemný zdroj termálnej vody v hĺbke 1 200 m. Voda vyviera na povrch s teplotou 49 °C a vyhovujúca je aj výdatnosť zdroja, maximálne až 60 litrov za sekundu.

¹¹ Využívanie geotermálnej energie ako zdroja tepla. Energia zo zeme. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/nezaradene/do-geotermalnej-energie-vstupil-dalsi-velky-hrac-zo-sukromneho-sektora/>.

¹² Energia zo zeme: Využívanie geotermálnej energie na rekreačné účely. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/slovensko/vyuzitie-geotermalnej-energie-na-rekreacne-ucely-u-nas-vedie/>.

¹³ Pojem „liečivá termálna minerálna voda“ definuje zákon, ktorý za vodu s takýmito parametrami označuje minerálnu vodu s obsahom celkovo rozpustených tuhých látok presahujúcich množstvo 1 000 miligramov na liter. Liečivé účinky minerálnych vôd sú širokospektrálne, využívajú sa pri ochoreniach pohybového aparátu, tráviaceho ústrojenstva, ale aj pri neurologických, urologických, gynekologických, dermatologických či onkologických ochoreniach, zápaloch aj chronických ťažkostiach.

V **juhozápadnej časti krajiny**, kde sú v rámci podunajskej panvy – našej najvýznamnejšej geotermálnej oblasti – jedny z najlepších prírodných podmienok a aj najviac vrtov, patrí k najvyhľadávanejším miestam kúpalisko v *Podhájskej*. Komplex má zaujímavú históriu, miestny vrt patrí k najstarším na Slovensku. V obci sa realizoval v roku 1973 v rámci výskumu geologického ústavu. S vodou sa počítalo pri vykurovaní skleníkov. Lokalita neďaleko väčších miest ju však predurčovala aj na rekreáciu. Vrt napokon siahla do hĺbky 1 900 m a priniesol vodu s 80 °C. Pre vyšší obsah jódu má typické hnedé sfarbenie.

Populárnym je aj *Thermal Resort Vadaš v Štúrove*, ktorý ťaží z dvojice geotermálnych vrtov. Mladší z nich z roku 1988 má hĺbku len 125 m, no geotermálna voda z neho dosahuje nadpriemerných 35 – 38 °C. V meste sa aktuálne pripravuje projekt, aby sa geotermálna energia z vrtov využila aj na výrobu tepla pre domácnosti, teda ako zdroj pre centrálnu zásobovanie teplom.

V rámci **Podunajskej nížiny a juhoslovenskej panvy** nájdeme aj ďalšie kúpaliská a akvaparky, ktoré ťažia z výhodných prírodných podmienok a dostupnosti zdrojov – *Vincov les v Sládkovičove*, *Aquapark Senec*, *Thermalpark Dunajská Streda*, *AVA aquapark v Diakovciach* či termálne kúpalisko v *Patinciach*, ktoré má najväčší interiérový bazén.

Aj známe **kúpeľné rezorty na strednom Slovensku** (oblasť stredoslovenských neovulkanitov) sa spoliehajú na geotermálne zdroje. Platí to pre *Turčianske Teplice*, *Dudince*, *Rajecké teplice*, *Kováčovú*, *Sliač* či *Sklené Teplice*. Termálne bazény nájdeme aj na **Orave**, kde návštevníkov víta rezort *Meander Oravice*. Z hĺbky 1 611 metrov tu vyviera prírodná termálna voda s teplotou 58 °C.

Na východe, na brehu Zemplínskej šíravy nájdeme *Thermalpark Širava* situovaný v obci Kaluža na polostrove Medvedia hora. Ide o jeden z mladších rezortov otvorený v roku 2012.

2.3 Využívanie geotermálnej energie na poľnohospodárske účely¹⁴

Veľkí slovenskí **pestovatelia rajčín** sa opierajú aj o geotermálnu energiu. Umožňuje im to vykurovať skleníky lacnejšie než tradičnými palivami a ich pestovanie je oveľa ekologickejšie:

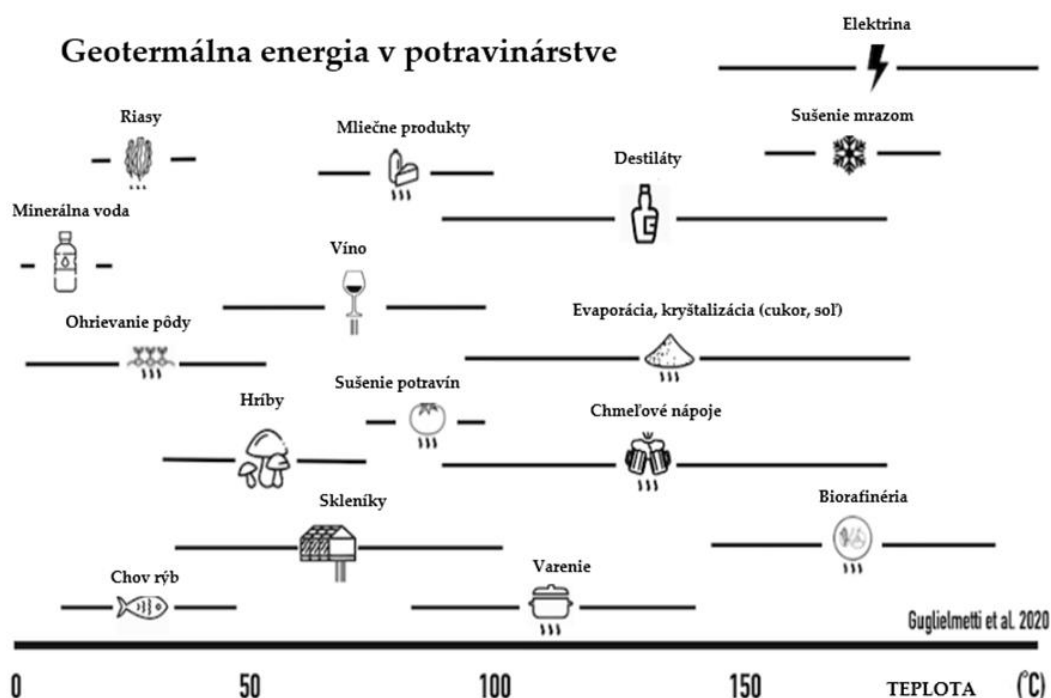
- Najväčším odbytovým združením paradajok na Slovensku je firma [GreenCoop](#) (na Žitnom ostrove), ktorá využíva technológiu vykurovania skleníkov geotermálnou vodou. Technológiu využívania termálnej energie využíva od roku 2006 na základe skúseností z Holandska a z Izraela.
- Druhým najväčším producentom paradajok na Slovensku je združenie [Ovozela](#). Patria sem aj Hornonitrianske bane Prievidza. Baníci sa v rámci [premeny neekologickej ťažby hnedého uhlia](#) stali pestovateľmi paradajok vyživajúcimi geotermálnu energiu. Teplo z baní, ktoré sa postupne zatvárajú, využívajú na vykurovanie skleníkov.

¹⁴ Energia zo zeme: Využívanie geotermálnej energie v poľnohospodárstve. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-chutne-paradajky/>.

- Geotermálna energia sa v niektorých agropodnikoch využíva už dlhé roky. Príkladom je spoločnosť [Oremus farm](#) z obce Podhájska, ktorá stavila na tento zdroj vykurovania už v roku 2005. Okrem rajčín [pestuje v skleníkoch aj gerbery](#), čo z nej robí najväčšieho producenta tohto druhu kvetín na území bývalého Československa.

Teplu z geotermálnej energie je možné využiť **aj v potravinárstve**¹⁵ na ohrievanie, varenie či pasterizáciu potravín.

Obrázok č. 6: Geotermálna energia v potravinárstve – teploty



Zdroj: [ThinkGeoEnergy](#)

2.4 Výroba elektriny z geotermálnej energie¹⁶

Okrem vykurovania a chladenia sa môže z geotermálnej energie **vyrábať aj elektrická energia**. Tá má na rozdiel od elektriny zo slnka a vetra stály výkon, a preto neohrozuje stabilitu

¹⁵ Energia zo zeme: Od výroby elektriny až po pestovanie banánov. Aké sú možnosti využitia geotermálnej energie? Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-vyuzitie/>.

¹⁶ Potenciál geotermálnej energie je u nás nevyužitý, prvé dve elektrárne vzniknú pri Prešove a Žiari. ASB: Potenciál geotermálnej energie je u nás nevyužitý. Dostupné na: <https://www.asb.sk/zelena-obnova/dotacie-novinky/potencial-geotermalnej-energie-je-u-nas-nevyuzity>.

elektrickej siete a je dostupná 24 hodín denne. Geotermálne elektrárne majú vysoké počiatočné investičné náklady súvisiace s vrtnými a geologickými štúdiami, no po spustení ponúkajú lacný a energeticky efektívny zdroj energie.

O rozvoji geotermu sa hovorí čoraz viac aj na Slovensku. Za posledných šesť mesiacov nastal pokrok vo viacerých projektoch, ktoré budú vyrábať nielen teplo, ale aj elektrinu. V rámci čerpania nových eurofondov vláda zrušila jednu z hlavných bariér na využívanie tejto energie. O podporu môžu po novom žiadať aj prieskumné vrty, ktoré sú z investičného hľadiska najrizikovejšou časťou projektu.

Aby bolo možné z geotermálnej energie vyrobiť elektrinu, je potrebné, aby voda mala aspoň 130 až 150 °C, čo nie každý zdroj spĺňa. Podmienky na jej výrobu majú iba niektoré lokality, aj preto sú [vo vývoji technológie](#), ktoré by umožnili elektrinu z geotermálnej energie vyrábať kdekoľvek na svete.

Jednou z najperspektívnejších oblastí na využívanie geotermálnych zdrojov na Slovensku je región v okolí Žiaru nad Hronom. Počíta sa tu postupne s výstavbou troch geotermálnych stredísk, ktoré budú primárne vyrábať elektrinu. Celková predpokladaná inštalovaná kapacita je 20 elektrických megawattov (MWe). Projekt sa pohol vpred uzavretím strategického partnerstva medzi spoločnosťami PW Energy a Stredoslovenská energetika Holding. Prostredníctvom hlbinných geotermálnych vrtov sa bude v lokalite čerpať horúca geotermálna voda s predpokladanou teplotou 130 až 140 °C. Elektrická energia sa bude z geotermálnej vody vyrábať v zariadení na povrchu. Zostatkové teplo bude možné využiť na vykurovanie domácností a budov, ale tiež v priemysle, poľnohospodárstve či na rekreačné účely. So spustením prvej prevádzky sa počíta v roku 2026.¹⁷

2.5 Využitie v priemysle

Využitie geotermálnej energie v priemysle je napríklad na sušenie dreva či cementu, spracovanie celulózy a papiera, vytvrdnutie betónových dielcov alebo na farbenie textilu.

V Slovenskej republike je zámer použiť geotermálnu energiu v liptovskej spoločnosti SlovTan Contract Tannery [pri ohrievaní technickej vody určenej na spracovanie koží](#). Nahradí dva plynové kotly na zemný plyn vďaka čomu ušetrí 2 867 ton oxidu uhličitého ročne.

¹⁷ Euractiv: Geotermálnej energii v Európe aj na Slovensku pomáha energetická kríza. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/linksdossier/geotermalnej-energii-v-europe-aj-na-slovensku-pomaha-energeticka-kriza/>.

2.6 Elektromobilita s využívaním geotermálnej energie¹⁸

Prelomom vo využívaní geotermálnej energie môže byť lítium, ktoré sa vo vysokých koncentráciách objavilo vo viacerých hĺbkových vrtoch. Lítium patrí medzi kritické suroviny, ktoré sú základom pre technológie obnoviteľných zdrojov či digitalizáciu, a je teda predpokladom pre zelenú transformáciu ekonomiky. V súčasnosti je Európska únia do veľkej miery závislá od jeho dovozu z tretích krajín.

Odborníci očakávajú, že dopyt po lítiu bude v nasledujúcich rokoch rásť v dôsledku rozvoja elektromobility. Lítium je totiž kľúčovým komponentom v batériách elektrických automobilov a využíva sa aj v iných obnoviteľných a digitálnych technológiách. Perspektíva ťažby lítia ako vedľajšieho produktu výroby elektriny a tepla z geotermu by pozitívne ovplyvnila ekonomickú návratnosť investícií, a tým prilákala nových investorov.¹⁹

V rámci rozvoja elektromobility a využitia lítia ako zdroja sa čoraz viac hovorí aj o jeho neekologickej ťažbe. Je totiž neoddeliteľnou zložkou vysokovýkonných batérií. Lítium sa dá získať aj „čistejšie“, z geotermálnych vôd, a čoraz viac projektov geotermálnych elektrární počíta s technológiami na jeho ťažbu. Práve extrakcia lítia čistejším spôsobom môže pomôcť zatraktívniť projekty nových geotermálnych elektrární pri hľadaní investičných partnerov. Táto činnosť pridáva k produkcii zelenej energie ďalší potenciálny zdroj príjmov, a teda rýchlejšiu návratnosť investície.

Podľa dostupných informácií je **ťažba lítia z geotermálnych zdrojov možná aj na Slovensku**, vo výpočte krajín s potenciálom na túto činnosť našu krajinu uvádza aj EREC²⁰. Vyrábať lítiové batérie u nás dáva zmysel aj v súvislosti s prítomnosťou automobilového priemyslu. Geotermálna voda – takzvaná soľanka (názov súvisí s vysokým obsahom solí a minerálov v podzemnej vode) – prechádza v pridanom medzikroku dodatočným okruhom, kde prebieha oddelenie lítia vo forme chemickej zlúčeniny. Až potom sa voda (očistená od lítiovej zložky) vracia naspäť do zeme, kde sa opätovne ohrieva v udržateľnom uzatvorenom cykle výroby elektriny.

Toto riešenie, tzv. priama extrakcia lítia (DLE), sa zdá byť najuniverzálnejšie, a preto pribúdajú projekty geotermálnych elektrární, ktoré už pri výstavbe počítajú popri produkcii zelenej energie aj so získavaním lítia.

¹⁸ Energia zo zeme: Lítium do áut či batérií sa ťaží neekologicky. Prelom môže priniesť geotermálna energia. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/litium-do-aut-ci-baterii-sa-tazi-neekologicky-prelom-moze-priniesť-geotermalna-energia/>

¹⁹ Euractiv: Geotermálnej energii v Európe aj na Slovensku pomáha energetická kríza. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/linksdossier/geotermalnej-energii-v-europe-aj-na-slovensku-pomaha-energeticka-kriza/>

²⁰ Lídrmi v ťažbe lítia sú dnes Austrália, USA, Čile, Argentína a Čína. Do Európy sa prakticky všetko lítium dováža, Únia a rozvoj elektromobility sú tak závislé od importu zo zahraničia a premenlivých cien suroviny.

3. Využívanie geotermálnej energie vo svete

3.1 Výroba elektriny – nepriame použitie

Hoci rozvoj geotermálnej energie vyžaduje veľké kapitálové investície, geotermálna energia má nízke prevádzkové náklady. V prípade výroby elektriny geotermálnu energiu využíva približne 29 krajín. Medzi popredné krajiny sa v súčasnosti zaraďujú USA, Indonézia, Filipíny, Turecko, Nový Zéland, Mexiko, Taliansko, Keňa, Island a Japonsko. **Na Slovensku sa geotermálna energia zatiaľ na výrobu elektriny nevyužíva.**

Tabuľka č. 3: Výrobná kapacita krajín

#	Krajina	Kapacita (MWe)
1	Spojené štáty	3 722
2	Indonézia	2 276
3	Filipíny	1 918
4	Turecko	1 710
5	Nový Zéland	1 037
6	Mexiko	963
7	Taliansko	944
8	Keňa	861
9	Island	754
10	Japonsko	603

Zdroj: [ThinkGeoEnergy](#)

Geotermálne elektrárne využívajú tepelnú energiu geotermálnej vody, resp. pary na výrobu elektriny. **Podľa vstupnej teploty a skupenstva geotermálnej vody sa rozlišuje niekoľko druhov geotermálnych elektrární.** Všetky vyrábajú elektrinu pomocou parnej turbíny a elektrického generátora. Existujú 3 hlavné typy²¹ geotermálnych elektrární, ktoré využívajú:

- protitlak, pri ktorom sa para uvoľňuje do atmosféry;
- kondenzáciu, pri ktorej para kondenzuje a vracia sa späť do podložia;
- flash systém, pri ktorom sa para oddeľuje od vody.

Voda sa často čerpá ako para na zemský povrch, aby roztáčala turbíny, ktoré vyrábajú elektrinu, napr.:

- *elektrárne na suchú paru*, ktoré využívajú paru z geotermálnej nádrže a vedú ju priamo cez turbíny, ktoré poháňajú generátory na výrobu elektriny;

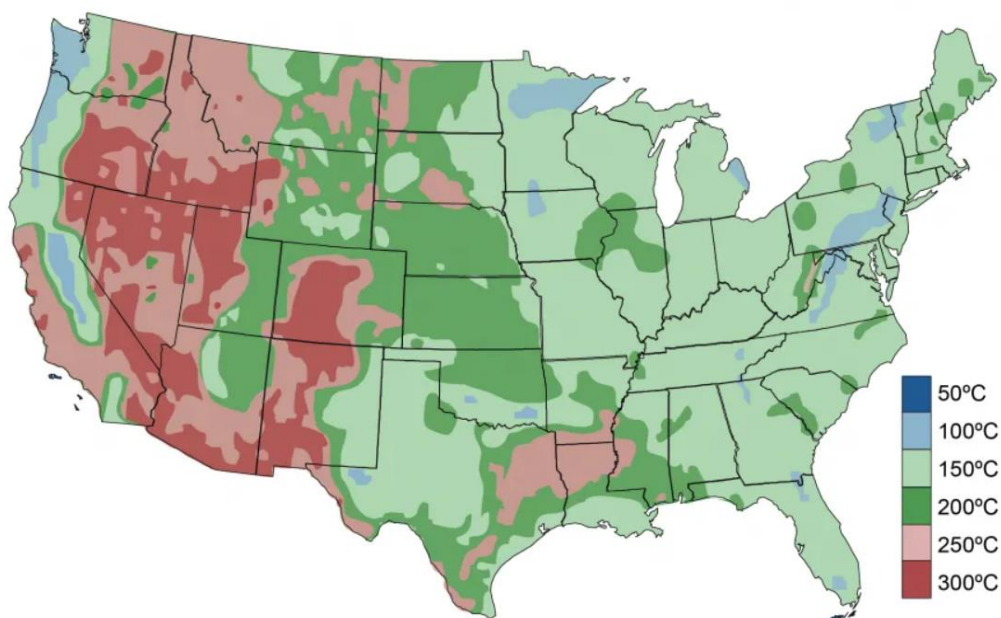
²¹ IrenLuceGas: Centrali geotermiche in Italia: come funziona l'energia geotermica? Dostupné na: <https://www.irenlucegas.it/clienti/approfondimenti/energia-geotermica>

- *zábleskové (flash) parné elektrárne*, ktoré čerpajú horúcu vodu pod vysokým tlakom do povrchovej nádrže pri oveľa nižšom tlaku. Zmena tlaku spôsobí, že voda sa v momente zmení na paru, ktorá sa potom použije na roztočenie turbíny/generátora na výrobu elektriny;
- *elektrárne s binárnym cyklom*, ktoré obsahujú geotermálnu vodu a pracovnú tekutinu, sú obmedzené na samostatné cirkulačné systémy alebo „uzavreté slučky“. Výmenník tepla prenáša teplo z vody na pracovnú tekutinu a vytvorí sa para, ktorá potom poháňa turbínu/generátor na výrobu elektriny.
- *Enhanced Geothermal System (EGS – vylepšený geotermálny systém)* je technológia vo vývoji, ktorá by mohla rozšíriť využitie geotermálnych zdrojov do nových geografických oblastí. EGS vytvára podpovrchový zlomový systém na zvýšenie priepustnosti horniny a umožňuje vstrekovanie teplonosnej tekutiny (zvyčajne vody). Vstrekovaná kvapalina sa ohrieva horninou a vracia sa na povrch, čím sa vytvára elektrina.

USA

USA vedie vo svete v množstve výroby geotermálnej elektriny. V roku 2021 existovali geotermálne elektrárne v 7 štátoch, vyrobili približne 16 miliárd kWh, čo sa rovná približne 0,4 % celkovej produkcie elektrickej energie v USA. Potenciál je však vyšší, podľa ministerstva energetiky viac ako 100 GW geotermálnej elektrickej kapacity, čo by predstavovalo takmer 10 % celkovej produkcie elektrickej energie v USA. Predpokladá sa, že elektrina vyrobená z geotermálnych elektrární vzrastie na 47,7 miliárd kWh v roku 2050.

Obrázok č. 7: Teploty geotermálnych zdrojov v hĺbke 10 km



Zdroj: [University of Michigan](https://www.eon.com/energy/geothermal)

Kapitálové náklady na konvenčné geotermálne elektrárne v USA sú približne 2 500 USD na inštalovaný kW kapacity.

Mnoho spoločností nakupuje obnoviteľnú energiu ako súčasť svojich environmentálnych programov. Microsoft, Google, T-Mobile, Intel a The Procter & Gamble Company boli v apríli 2022 piatimi najväčšími používateľmi obnoviteľnej energie.

Indonézia

Indonézia má potenciál na rozvoj približne 23,36 GW²² geotermálnej energie, nakoľko v súčasnosti tu existuje 63 geotermálnych oblastí. Budovanie elektrární má význam z dôvodu, aby sa podporil cieľ Indonézie stať sa krajinou s čistými emisiami v roku 2060. Úspešne sa však využilo iba 2,29 GW s investičnou hodnotou 0,731 USD. Využitie geotermálnej energie na výrobu elektriny je tak stále veľmi minimálne v porovnaní s inými zdrojmi energie, nižšie ako 10%. Vláda iniciatívu podporuje materiálnou podporou prostredníctvom ministerstva energetiky a nerastných zdrojov a ministerstva financií ako aj viacerých štátnych podnikov, najmä vo východných provinciách Indonézie. Prostredníctvom Všeobecného plánu na poskytovanie elektriny si stanovila cieľ geotermálneho rozvoja 3,3 GW inštalovanej kapacity do roku 2030²³.

Obrázok č. 8: 11 geotermálnych elektrární v Indonézii



Zdroj: [GeoEnergyMarketing](https://www.geoenergymarketing.com/)

²² Institut Teknologi Bandung: Determining Indonesia Geothermal Potential and Its Current Development. Dostupné na: <https://www.itb.ac.id/news/read/58683/home/determining-indonesia-geothermal-potential-and-its-current-development>

²³ ThinGeoEnergy: Indonesia sets 3.3 GW target geothermal installed capacity by 2030. Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/indonesia-sets-3-3-gw-target-geothermal-installed-capacity-by-2030/>

Filipíny

V júni 2018 krajina spustila novú sériu prieskumných vrtov, ktoré sú doplnkom k približne 10 zmluvám s energetickými spoločnosťami o geotermálnom prieskume, a to z dôvodu prepadu v globálnom rebríčku geotermálnych krajín (za Indonéziu). Filipíny majú v súčasnosti [7 geotermálnych oblastí](#), ktoré dodávajú približne 12 % národnej energie.

Filipíny majú dlhodobý plán takmer zdvojnásobiť kapacitu do roku 2040: krátkodobo 183 MW (2016 – 2020), 900 MW v strednodobom horizonte (2021 až 2025) a následne ešte o 288 MW v dlhodobom horizonte (2026 až 2030). Celkový cieľ, ktorý sa má dosiahnuť do roku 2030, je 1 371 MW pridanej kapacity (čo zodpovedá celkovej inštalovanej kapacite približne 3 200 MW). Vďaka tomu by sa Filipíny dostali na úroveň, ktorá sa trochu približuje súčasnej špičke, Spojeným štátom, ktoré majú dnes inštalovaný výkon približne 3 676 MW.²⁴

Napriek potenciálu geotermálnych zdrojov však stále existuje množstvo faktorov, ktoré prispievajú k poklesu investícií: neatraktívny balík stimulov v porovnaní s inými krajinami – privatizovaný energetický sektor, únavné povoľovacie procesy a nedostatok potenciálnych investorov, ktorí sú ochotní podstúpiť aj spojené riziko. Hoci je geotermálna energia teoreticky bezplatná, hľadanie zdroja je nákladnou časťou procesu, pričom prieskumné vrty stoja až 8 miliónov USD na každý bez záruky úspechu. Geotermálna energia by však mohla byť jednou z odpovedí na cieľ Filipín znížiť emisie uhlíka o 70 % do roku 2030.

Turecko

Výroba elektriny z geotermálnej energie sa prvýkrát v Turecku začala v roku 1975 prostredníctvom verejných investícií. Prvá elektráreň postavená súkromným sektorom bola uvedená do prevádzky v roku 2006. Turecko so svojou kapacitou geotermálnej energie 1 613 MW zaradilo na štvrté miesto na svete a prvé v Európe²⁵. Inštalovaný výkon geotermálnej elektriny sa koncom júla 2021 zvýšil na 1650 MW, pričom počet geotermálnych elektrární dosiahol 63.

Geotermálna energia tvorila 1,65 % z celkového inštalovaného výkonu elektriny, ktorý ku koncu júla 2021 predstavoval 98 263 MW. Z celkového počtu 188,8 miliardy kWh elektriny vyrobenej ku koncu júla 2021 tvorili geotermálne elektrárne 3,1 % (5,9 miliardy kWh). Geotermálna energia zohráva dôležitú úlohu pri znižovaní dovozu zemného plynu do krajiny a jej celkového účtu za dovoz energie (úspory viac ako 200 miliónov USD).

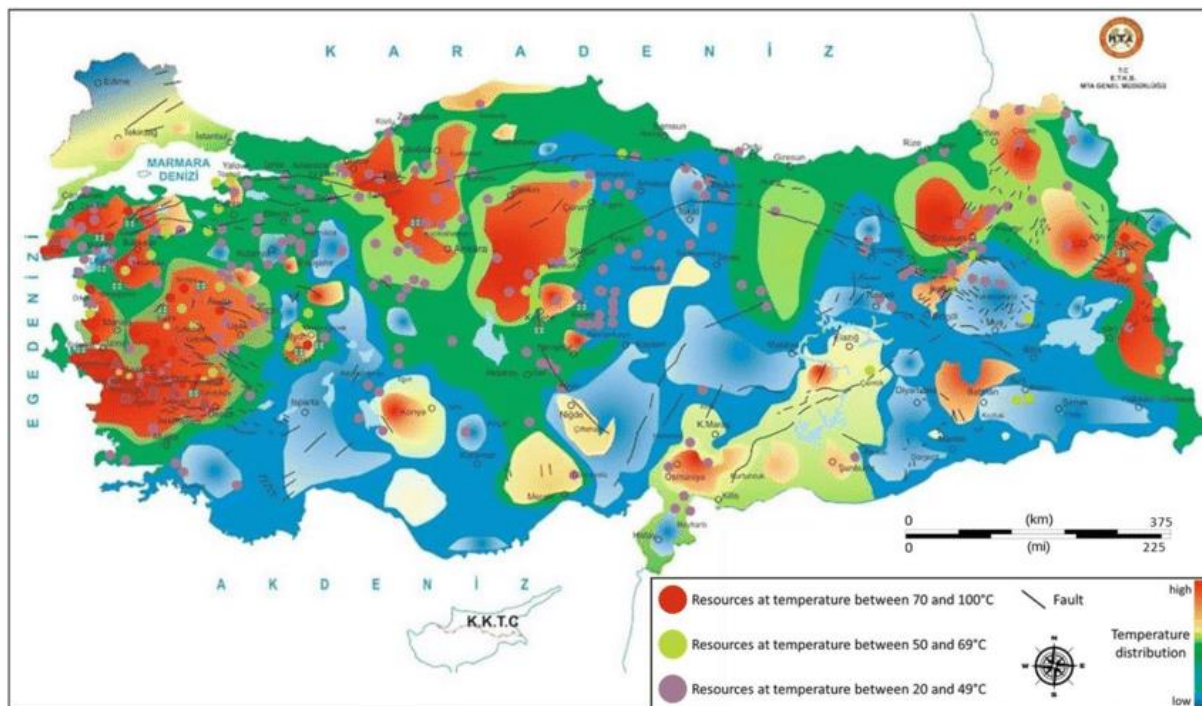
V poslednom desaťročí Turecko **zrealizovalo viac ako 1 000 geotermálnych vrtov v Západnej Anatólii**. Vďaka týmto rozsiahlym skúsenostiam sa geológom podarilo uskutočniť vrty hlboké až 4 500 m v Büyük Menderes Graben, aktívnej riftovej panve v západnom Turecku s veľkým geotermálnym potenciálom, ktorá je dlhá asi 140 km a široká až 14 km.

²⁴ Energy.com: Geothermal in the Philippines—an urgent revamp of targets and development needed. Dostupné na: <https://www.energy.com.ph/2021/09/29/geothermal-in-the-philippines-an-urgent-revamp-of-targets-and-development-needed/>

²⁵ Koniec roka 2020. AA Energy: Turkey accounts for over one tenth of global geothermal capacity. Dostupné na: <https://www.aa.com.tr/en/energy/geothermal-biomass/turkey-accounts-for-over-one-tenth-of-global-geothermal-capacity/33451>

Od prijatia zákona o geotermálnych zdrojoch a prírodných minerálnych vodách v roku 2007 sa geotermálny prieskum zrýchlil. Tento zákon dodal potenciálnym súkromným partnerom potrebnú dôveru k investíciám a odstránil niektoré z ich obáv v súvislosti s legislatívnymi, technickými a administratívnymi prekážkami. Zákon napríklad znížil počet licencií na dve.²⁶

Obrázok č. 9: Teploty geotermálnych zdrojov v Turecku



Zdroj: [Researchgate](#)

Taliansko

V Taliansku sú **najmä dve oblasti** s vysokou geotermálnou energiou a obe sa nachádzajú v Toskánsku : trojuholník Larderello-Travale-Radicondoli a Monte Amiata. V tejto oblasti sa nachádza aj väčšina talianskych geotermálnych elektrární.

Dvanásť projektov čaká na **konečnú autorizáciu** a ďalšie sú uprostred procesu „na kapacitu výroby elektriny nad 700 GWh ročne, čo je desatina podielu novej obnoviteľnej energie, ktorá sa má zaviesť do siete do roku 2030“. Podľa **potenciálu** súčasný podiel výroby geotermálnej energie by mohol byť **desaťnásobný**. Rýchlejší proces využitia geotermálnej energie brzdia nielen **dlhé schvaľovacie postupy** (4 až 8 rokov), ale aj nedostatok stimulov vzhľadom na **vysoké počiatočné náklady**.

V roku 2021 pokrývala elektrina z geotermálnych zdrojov 1,7 % národného dopytu po elektrine.

²⁶ ThinkGeoEnergy: Development of geothermal in Turkey – UNESCO Science Report, Fusun Servin Tut Haklidir. Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/development-of-geothermal-in-turkey-unesco-science-report-fusun-servin-tut-haklidir/>

3.2 Výroba tepla – priame použitie

Takmer 90 štátov v súčasnosti využíva geotermálnu energiu na aplikácie s priamym využitím²⁷. Odhadovaná celková inštalovaná tepelná výrobná kapacita je asi 107 727 MW tepelnej energie. S rastúcim záujmom, ako aj pozornosťou venovanou teplárenstvu a dekarbonizácii energetického sektora, nie je možno prekvapujúce, že sa očakáva, že sektor geotermálneho priemyslu zažije exponenciálny rast.

Na priame použitie možno použiť geotermálne kvapaliny v rozsahu nízkych až stredných teplôt 20 – 120 °C. Nízko až strednoteplotné geotermálne zdroje sa už celé veky využívajú, najmä na kúpanie a na vykurovanie priestorov, poľnohospodárske využitie, ako aj na chladenie. Zásadný rozdiel je v tom, či sa používa vodný geotermálny rezervoár alebo potrubia/vrty na vedenie podpovrchového tepla a vyššie uvedené použitie buď priamo ako teplo, alebo prostredníctvom tepelných čerpadiel.

Tabuľka č. 4: Výrobná kapacita z konca roka 2019 – priame použitie bez tepelných čerpadiel

#	Krajina	MW
1	Čína	14 160
2	Turecko	3 480
3	Japonsko	2 407
4	Island	2 368
5	Maďarsko	952
	Iné krajiny	6 813

Zdroj: [ThinkGeoEnergy](#)

Geotermálne tepelné čerpadlá

Vykurovanie, vetranie a klimatizácia – tepelné čerpadlá sú zariadenia, ktoré slúžia na vykurovanie, ale aj na chladenie budov prenosom tepelnej energie z podpovrchu. Čím vyššia je teplota v zemi, tým menej elektriny je potrebných na zvyšovanie teploty na vykurovanie.

Tepelné čerpadlá so zemným zdrojom

Tepelné čerpadlá zem-voda (tiež označované ako geotermálne tepelné čerpadlo) prenášajú teplo do alebo z podpovrchu, čím využívajú konštantnú teplotu zeme počas ročných období. Tepelné čerpadlo ako také je napojené na zostavu geotermálnej výmeny. Všetky majú spoločné to, že chladivo je vedené cez tie potrubia, ktoré slúžia na prenos tepla nazbieraného z podpovrchu do tepelného čerpadla. V zimnom období môže tepelné čerpadlo využiť odobratú tepelnú energiu na vykurovanie budovy (alebo budov vo väčších priestoroch), alebo v lete na chladenie budovy.

²⁷ Medzinárodná geotermálna asociácia (IGA) definuje priame geotermálne využitie ako využívanie energie zeme (geotermálne teplo) priamo ako teplo namiesto nepriameho využitia tepla na výrobu energie. V geotermálnej literatúre je priame využitie geotermálnej energie definované ako využívanie geotermálnych „zdrojov“ pomocou tepelnej energie alebo tekutiny z geotermálnych zdrojov bez zásahu nejakého média, na rozdiel od jej premeny na iné formy energie, ako je elektrická energia.

Kúrenie

Priame využitie geotermálnej energie na účely vykurovania je najväčšou formou využitia geotermálnej energie:

- **rekreačné účely** – kúpanie a horúce pramene ako sú *Onsens v Japonsku* alebo termálne kúpele siahajúce až do rímskych čias, ale dnes vyhrievanie bazénov a kúpeľov po celom svete,
- **vykurovanie priestorov**, napr. v systémoch diaľkového vykurovania. Najväčšie systémy diaľkového vykurovania pre geotermálnu energiu možno nájsť v *Reykjavíku/Island*, *Paríž/Francúzsko* a v neuveriteľnom náraste geotermálneho diaľkového vykurovania v *Číne*. V Európe vidíme rastúci záujem o využitie geotermálnej energie na dekarbonizáciu trhu s vykurovaním (a chladením – mestá ako *Mníchov* alebo *Helsinki*),
- **vykurovanie skleníkov**, ktoré sa stávajú čoraz dôležitejším prvkom v udržateľnom poľnohospodárstve a potravinárstve (napr. *Holandsko* s veľkým a prosperujúcim sektorom záhradníctva, kde prevádzkovatelia hľadali spôsoby, ako nahradiť zemný plyn pre svoje potreby vykurovania, a začali skúmať geotermálnu energiu; alebo podobne *Grécko*, *Island*, *Turecko*, *USA*).

Chladenie

Geotermálne teplo sa dá použiť aj na chladenie. Pomocou procesu nazývaného absorpcia sa teplo z geotermálneho zdroja využíva ako hnacia energia v tepelnom čerpadle, ktoré potom zabezpečuje chladenie budov alebo dokonca prostredníctvom systémov diaľkového chladenia (napr. *Masdar City v Spojených arabských emirátoch*, kde boli vyvrtané hlboké geotermálne vrty na extrakciu tepla, ktoré sa má použiť v systémoch diaľkového chladenia). Tepelné čerpadlá zem-voda zároveň dokážu získavať tepelnú energiu aj pri nižších teplotách, aby sa mohla použiť priamo na chladenie a väčšie a menšie systémy možno nájsť po celom svete.

Priemyselné využitie geotermálnej energie

Výroba elektriny je bežným „priemyselným“ využitím geotermálnej energie, ale ako je uvedené vyššie, existuje veľa možností priemyselného využitia na činnosti vyžadujúce geotermálnu energiu nižšej až strednej teploty. Príkladmi sú *spracovateľské vykurovanie*, *klimatizácia a vykurovanie priemyselných priestorov*, *spracovanie potravín*, *dehydratácia potravín a rýb*, *spracovanie buničiny a papiera*, *pranie a farbenie textílií*, *chemická výroba a mnohé ďalšie*.

Potravinárstvo

Existuje veľké množstvo ďalších skvelých príkladov využitia geotermálnej energie, napr. pre potravinársky a nápojový priemysel. V *Anglicku*, sa v rámci jedného z geotermálnych komplexov sa geotermálna energia využíva na [výrobu a dozrievanie rumu](#). Pomocou tepla sa nasimuluje tropické prostredie Karibiku, ktoré je potrebné na správne dozretie rumu. Kapacita je 3 600 sudov a rum v nich bude aj vďaka geotermálnemu teplu dozrievať päť až desať rokov.

V *Japonsku* zase energiu zo zeme využívajú pri [výrobe whiskey a jej destilácii](#). Teplota miestneho zdroja je 59,5 stupňa a následne je zohrievaná na 80 stupňov potrebných pre destiláciu. Pre dohrievanie slúži bioplyn, ale vďaka geotermálnemu zdroju sa znižujú výrobné

náklady a znižuje uhlíková stopa výroby. Distilérka v meste Nagata plánuje produkciu 16-tisíc fliaš mesačne, pričom väčšina bude smerovať na export do USA a Európy.

Vo svete sa geotermálna voda po ochladení používa aj na udržiavanie **stabilnej teploty v rybníkoch pri chove rýb**. Jedným z najväčších producentov je *Island*, kde sa nachádza 70 rybných fariem a z nich 15 až 20 využíva geoterm. Celková produkcia v roku 2018 dosiahla 19-tisíc ton rýb. Obrovský **projekt rybej farmy** ohlásila v roku 2021 spoločnosť Samherji fiskeldi. Spolu s energetickou firmou HS Orka, ktorá prevádzkuje geotermálnu elektrárňu v Reykjaness, majú plán vybudovať komplex s produkciou 40-tisíc ton lososov ročne.

Geotermálna energia sa dnes využíva na výrobu soli, pasterizáciu mlieka, výrobu sušeného mlieka, produkciu rias/spirulíny, produkciu zeleniny v skleníkoch, dehydratáciu rýb, varenie piva, výrobu likéru, výrobu kaviáru, chov rýb, výrobu kože produkty starostlivosti a mnoho ďalšieho.

3.3 Stredná Európa – plytká geotermia a Poľsko 2050

Plytká geotermálna energia predstavuje stále viac využívanú, energeticky nezávislú a čistú technológiu na zabezpečenie účinného vykurovania a chladenia nielen na Slovensku, ale aj v celej Európe. Tento zdroj energie je ľahšie dostupný a prispieva tak k decentralizovanému zásobovaniu teplom a chladom. V strednej Európe je teplota hornín v hĺbke 20 metrov pod povrchom obvyčajne okolo 10 °C, pričom s rastúcou hĺbkou každých ďalších 100 metrov zvyšuje teplotu približne o 3 °C. Čo sa týka energetického potenciálu a oblastí, uvedené zobrazuje Obrázok č. 10.²⁸

Obrázok č. 10: Potenciál plytkej geotermálnej energie²⁹



Zdroj: [Portal Geoplasma](https://portal.geoplasma-ce.eu/content/outputs)

²⁸ Energie portál: Posilnenie využívania plytkej geotermálnej energie. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/posilnenie-vyuzivania-plytkej-geotermalnej-energie-pre-ciste-dodavky-tepla-a-chladu-v-mestach-105615.aspx>

²⁹ Viac dokumentácie k technickým požiadavkám a potenciálu tohto typu geotermálnej energie možno nájsť na: <https://portal.geoplasma-ce.eu/content/outputs>

Vzhľadom na geotermálne zdroje **vláda v Poľsku** v posledných rokoch vynaložila značné výdavky, aby identifikovala potenciál geotermálnych zdrojov najmä pre mestá, ktoré by ich mohli využívať primárne na vykurovanie.

Ministerstvo klímy a životného prostredia Poľskej republiky v máji 2022 vypracovalo Viacročný program rozvoja využívania geotermálnych zdrojov. Ide o mapu rozvoja geotermálnej energie v krajine do roku 2040, s perspektívou do roku 2050. Dokument pozostáva z deviatich bodov, zohľadňujúcich potenciál plytkej, nízko-, stredno- a vysokoteplotnej geotermálnej energie, skladovanie energie, minimalizáciu investičného rizika a navrhované legislatívne zmeny. Zahŕňa aj otázky súvisiace s financovaním a koordináciou úloh. Mapa je postavená na troch základných pilieroch: výskum, realizácia a realizácia pilotných inštalácií a implementácií, ako aj vzdelávanie a propagácia.³⁰ Náklady na implementáciu programu do roku 2050 sa odhadujú na viac ako 10 miliárd Eur. Okrem podpory geotermálneho vykurovania však Poľsko ráta s využitím geotermálnej energie aj na výrobu elektrickej energie. Národný fond pre ochranu životného prostredia a vodné hospodárstvo Poľska vyhlásil v jeseni 2022 výzvu na predloženie návrhov na spolufinancovanie hlbinných geotermálnych projektov.³¹

3.4 Island

Island je **priekopníkom** vo využívaní geotermálnej energie na vykurovanie priestorov. Výroba elektriny pomocou geotermálnej energie sa v posledných rokoch výrazne zvýšila. Geotermálne elektrárne v súčasnosti vyrábajú **30 % celkovej produkcie elektriny**.

V priebehu 20. storočia sa Island zmenil z jednej z najchudobnejších krajín Európy, ktorá bola energeticky závislá od rašeliny a dovážaného uhlia, na krajinu s vysokou životnou úrovňou, kde prakticky všetka stacionárna energia pochádza z obnoviteľných zdrojov. V roku 2014 približne 85 % primárnej energie na Islande pochádzalo z domácich obnoviteľných zdrojov. Geotermálne zdroje predstavujú 66 % spotreby primárnej energie Islandu.³²

Komerčná výroba elektrickej energie z geotermálnych zdrojov prebieha na Islande už pol storočia, ale obyvatelia využívajú toto podzemné teplo už od útleho osídlenia – využívajú ho na kúpanie, varenie, vykurovanie priestorov a poľnohospodárske účely. Elektrinu je možné vyrábať spracovaním horúcej vody a pary, ktorá sa vynára spod zemského povrchu, a krajina vybudovala niekoľko geotermálnych elektrární na využitie tohto bohatého zdroja. Podľa vládnych údajov je od roku 2018 celková kapacita geotermálnej energie na výrobu elektriny na Islande 755 megawattov (MW).³³

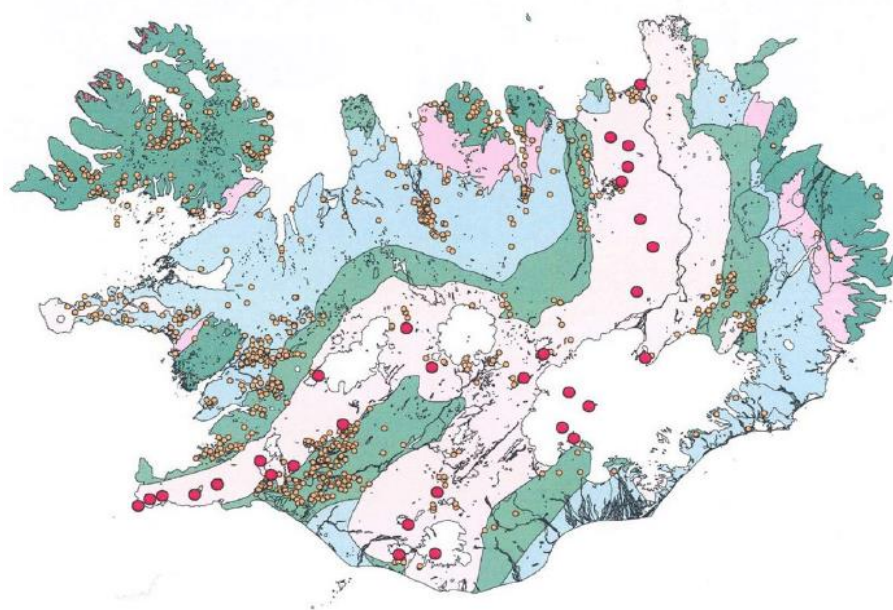
³⁰ Viac informácií dostupných na: GOV.pl: Cestovná mapa geotermálneho rozvoja v Poľsku: <https://www.gov.pl/web/klimat/mapa-drogowa-rozwoju-geotermii-w-polsce>

³¹ Euractiv: Poľsko zafinancuje mestám geotermálne vrty. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/news/polsko-zafinancuje-mestam-geotermalne-vrty/>

³² National Energy Authority: Geothermal. Dostupné na: <https://nea.is/geothermal/>

³³ NS Energy Business: Geotermálne elektrárne na Islande. Dostupné na: <https://www.nsenergybusiness.com/features/geothermal-energy-plants-iceland/>

Obrázok č. 11: Geotermálna mapa Islandu



Vysokoteplotné polia vo vnútri aktívnej sopečnej zóny sú zobrazené ako červené body; horúce a teplé pramene ako žlté body.

Zdroj: [Researchgate](#)

Výroba elektriny – nepriame využitie:

Spoločnosť NS Energy profiluje 6 hlavných geotermálnych elektrární, ktoré v súčasnosti fungujú na Islande³⁴:

▪ **Hellisheiði – 303MW**

Hellisheiði je ôsma najväčšia geotermálna elektráreň na svete a najväčšia na Islande s výrobnou kapacitou 303 MW. Nachádza sa na juhozápade, v blízkosti hlavného mesta Reykjavík, a zachytáva geotermálnu energiu zo sopečného pohoria Hengill. Výroba elektriny sa začala v roku 2006 a bola vyrobená pomocou dvoch turbín s výkonom 45 MW. V rokoch 2007 až 2011 pribudlo ďalších päť turbín. Okrem jednej, ktorou je nízkotlaková turbína Toshiba s výkonom 33 MW, sa elektrina vyrába spoločnosťou Mitsubishi a má kapacitu 45 MW. Zariadenie Hellisheiði tiež poskytuje tepelnú energiu na zásobovanie diaľkového vykurovania v Reykjavíku – s inštalovaným vykurovacím výkonom 133 MW – ako aj elektrinu susedným hliníkovým rafinériám. Vlastní a prevádzkuje ju Orka Náttúrunnar, alebo ON Power – dcérska spoločnosť Orkuveita Reykjavíkur, ktorá je väčšinovým vlastníkom mesta Reykjavík.

▪ **Nesjavellir – 120MW**

Druhá najväčšia islandská geotermálna elektráreň Nesjavellir sa tiež nachádza v sopečnej oblasti Hengill, východne od Reykjavíku. Tepláreň a elektráreň s kombinovaným cyklom má kapacitu na výrobu elektriny 120 MW a rovnako ako Hellisheiði ju vlastní a prevádzkuje spoločnosť ON Power. Má inštalovaný vykurovací výkon 300 MW a dodáva teplú vodu na obsluhu siete diaľkového vykurovania hlavného mesta. Plány na získavanie geotermálnej energie z Nesjavelliru sa začali v roku 1947, hoci výstavba bola odložená až na rok 1987 a elektráreň bola uvedená do prevádzky v roku 1990. Zariadenie pozostáva z 25 vrtov na ťažbu geotermálnych kvapalín s hĺbkou od 1 000 do 2 200 metrov a bolo vyvinuté v troch fázach. Konečná turbínová jednotka s výkonom 30 MW bola uvedená do prevádzky v roku 2005.

³⁴ Tamtiež.

▪ *Reykjanes – 100MW*

Geotermálna elektrárňa Reykjanes, známa aj ako Reykjanesvirkjun, uvedená do prevádzky v roku 2006, sa nachádza na juhozápadnom cípe Islandu. S inštalovaným výkonom 100 MW na výrobu elektriny sa skladá z dvoch 50 MW turbín, ktoré nasávajú paru a soľanku zo zásobníka 290 °C – 320 °C – jedného z najhorúcejších geotermálnych polí v prevádzke. Vlastní a prevádzkuje ju spoločnosť HS Orka, dcérska spoločnosť kanadskej spoločnosti Alterra Power. Reykjanes je otvorená pre verejnosť a ponúka návštevy výstavy Elektrárne Zem, ktorá prezentuje, ako sa geotermálna energia využíva na dodávku vykurovacích a elektrických služieb obyvateľom Islandu.

▪ *Theistareykir – 90MW*

Elektrárňa Theistareykir sa nachádza na severovýchode Islandu a má výrobnú kapacitu 90 MW – odvodenú od dvoch turbín s výkonom 45 MW. Výstavba prvej etapy zariadenia, ktorá pozostáva z jedinej turbíny, sa začala v roku 2015 a bola uvedená do prevádzky v roku 2017, pričom druhá jednotka bola nainštalovaná v nasledujúcom roku. Islandská štátna energetická spoločnosť Landsvirkjun vlastní a prevádzkuje Theistareykir, čo je prvá geotermálna elektrárňa, ktorú organizácia postavila od začiatku do konca. V roku 2019 získal podnik ocenenie Global Project Excellence Award od Medzinárodnej asociácie pre riadenie projektov (IPMA).

▪ *Svartsengi – 75MW*

Geotermálna elektrárňa Svartsengi (alebo "čierna lúka") sa nachádza na geotermálnom poli Svartsengi a je vzdialená asi 4 km severne od rybárskeho mesta Grindavík a 45 km od hlavného mesta Reykjavík. Výstavbu začala v roku 1976 spoločnosť HS Orka a bola to prvá geotermálna elektrárňa na svete, ktorá kombinovala výrobu elektriny a teplej vody na použitie pri vykurovaní domácností – dodávala tepelnú energiu do viac ako 21 000 domácností pozdĺž polostrova Reykjanes. Bola postavená v šiestich fázach, z ktorých každá zahŕňala inštaláciu novej elektrárne – šiesta fáza bola dokončená v roku 2008. Má kapacitu 190MW v tepelnej energii a 75MW v elektrickej energii. Svartsengi je tiež pozoruhodný servisom neďalekého kúpeľného zariadenia Blue Lagoon – najobľúbenejšieho islandského kúpeľného strediska.

▪ *Krafla – 60MW*

Geotermálna elektrárňa Krafla sa nachádza v blízkosti sopky Krafla a jazera Mývatn, na severovýchode Islandu. Má inštalovaný výkon 60 MW, ktorý pozostáva z dvoch turbínových jednotiek s výkonom 30 MW. Bola uvedená do prevádzky začiatkom roku 1977 a v tom čase ju vlastnila islandská vláda – a neskôr ju v roku 1985 kúpila štátom podporovaná spoločnosť Landsvirkjun. Sopečná činnosť v regióne narušila stavebné práce, čo viedlo k výstavbe zariadenia v dvoch fázach, pričom inštalácia druhej turbíny sa začala v roku 1997. Dva 30MW bloky spoločnosti Krafla sú vybavené turbínami s dvojitém tlakovým vstupom a dvojitém prietokom. Vysokotlaková a nízkotlaková para z 18 vrtov poháňa zariadenie.

Výroba tepla – priame využitie

- *rekreačné účely:* na Islande funguje približne 169 stredísk rekreačného kúpania, z ktorých 138 využíva geotermálne teplo, nepočítajúc prírodné horúce pramene ani Modrú lagúnu, prírodné kúpele Mývatn, prírodné kúpele Fontana a geotermálne vyhrievanú pláž Nauthólsvík;

- *vykurovanie domácností*: asi 9 z 10 domácností vykurovaných geotermálnou energiou;
- *chov rýb*: losos je najdôležitejším druhom, ktorý predstavuje asi 70 % produkcie, ale zvýšil sa aj počet sivoňov severných a pstruhov. Sľubné sú pokusy s halibutom a treskou. Geotermálna voda, bežne pri 20-50 °C, sa používa na ohrev sladkej vody vo výmenníkoch tepla, typicky od 5 do 12 °C;
- *skleníky*: skleníková produkcia je rozdelená medzi rôzne druhy zeleniny (paradajky, uhorky, paprika atď.) a kvetov pre domáci trh (ruže, črepníkové rastliny atď.);
- *tepelné čerpadlá*: prijatá legislatíva, ktorá umožňuje užívateľom dotovaného elektrického vykurovania získať príspevok na zlepšenie alebo prestavbu svojho vykurovacieho systému. Príspevok zodpovedá dotáciám počas 8 rokov;
- *priemyselné využitie a potravinárstvo*:
 - sušenie rýb: niekoľko desaťročí sa Island orientuje na vnútorné sušenie solených rýb, hláv tresky, malých rýb, populácií a iných produktov, len ročný export sušených hláv tresky je asi 15 000 ton;
 - výrobca morských rias Thorverk sídliaci v Reykhólare na západnom Islande využíva geotermálne teplo priamo pri výrobe. Spoločnosť zbiera morské riasy nájdené vo vodách Breidafjördur na severozápade Islandu pomocou špeciálne navrhnutých kombajnov. Po vylodení sa morské riasy nasekajú a sušia na pásovej sušičke, ktorá využíva veľké množstvo čistého, suchého vzduchu ohriateho na 85 °C geotermálnou vodou vo výmenníkoch tepla. Zariadenie je v prevádzke od roku 1976;
 - od roku 1986 zariadenie v Hædarendi v Grímsnes na južnom Islande vyrába komerčne kvapalný oxid uhličitý (CO₂) z geotermálnej tekutiny. Teplota geotermálneho poľa Hædarendi je stredná (160 °C) a obsah plynu v kvapaline veľmi vysoký (1,4 % hmotnosti). Zariadenie spotrebuje približne 6 l/s tekutín a ročne vyprodukuje približne 2 000 ton. Produkt sa používa v skleníkoch, na výrobu sýtených nápojov a v iných potravinárskych odvetviach.
 - okrem toho je sušenie krmiva pre domáce zvieratá na Islande novým a rastúcim odvetvím s ročnou produkciou okolo 500 ton.
 - protektorovanie automobilových pneumatík a
 - pranie vlny v Hveragerdi,
 - vytvrdzovanie cementových blokov v Mývatn a
 - pečenie chleba pomocou pary...
- *topenie snehu a ľadu*: geotermálna voda z vykurovania s teplotou približne 35 °C a bežne sa používa na odmravovanie chodníkov a parkovacích miest. V centre Reykjavíku bol nainštalovaný systém na topenie snehu pod chodníkmi a ulicami.

Použité zdroje

1. Ministerstvo životného prostredia SR: Geotermálna energia. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/klima/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia>
2. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Podklady vyžiadané emailovou komunikáciou
3. EGEC Geothermal Market Report 2021. Dostupné na: <https://www.egec.org/media-publications/egec-geothermal-market-report-2021/>
4. University of Michigan, Centre for Sustainable Systems: Geothermal Energy Factsheet. Dostupné na: <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/geothermal-energy-factsheet>
5. Governo Italiano: Zonazione geotermica del territorio italiano. Dostupné na: <https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/risorse-geotermiche/zonazione-geotermica-del-territorio-italiano>
6. Energia zo zeme: Využitie geotermálnej energie. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-chutne-paradajky/>
7. EnergiePortal: Regióny Slovenska s najväčším potenciálom rozvoja geotermálnej energie. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/toto-su-regiony-slovenska-s-najvacsim-potencialom-rozvoja-geotermalnej-energie-106923.aspx>
8. Pwenergy: Geotermálna energia. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/geotermalna-energia>
9. Energie Portal: Regióny Slovenska s najväčším potenciálom rozvoja geotermálnej energie. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/toto-su-regiony-slovenska-s-najvacsim-potencialom-rozvoja-geotermalnej-energie-106923.aspx>
10. Energia zo zeme: Využívanie geotermálnej energie ako zdroja tepla. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/nezaradene/do-geotermalnej-energie-vstupil-dalsi-velky-hrac-zo-sukromneho-sektora/>
11. Energia zo zeme: Od výroby elektriny až po pestovanie banánov. Aké sú možnosti využitia geotermálnej energie? Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-vyuzitie>
12. ASB: Potenciál geotermálnej energie je u nás nevyužitý. Dostupné na: <https://www.asb.sk/zelena-obnova/dotacie-novinky/potencial-geotermalnej-energie-je-u-nas-nevyuzity>
13. Euractiv: Geotermálnej energii v Európe aj na Slovensku pomáha energetická kríza. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/linksdossier/geotermalnej-energii-v-europe-aj-na-slovensku-pomaha-energeticka-kriza/>
14. Energia zo zeme: Lítium do áut či batérií sa ťaží neekologicky. Prelom môže priniesť geotermálna energia. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/litium-do-aut-ci-baterii-sa-tazi-neekologicky-prelom-moze-priniest-geotermalna-energia/>
15. IrenLuceGas: Centrali geotermiche in Italia: come funziona l'energia geotermica? Dostupné na: <https://www.irenlucegas.it/clienti/approfondimenti/energia-geotermica>
16. Institut Teknologi Bandung: Determining Indonesia Geothermal Potential and Its Current Development. Dostupné na: <https://www.itb.ac.id/news/read/58683/home/determining-indonesia-geothermal-potential-and-its-current-development>

17. ThinGeoEnergy: Indonesia sets 3.3 GW target geothermal installed capacity by 2030.
Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/indonesia-sets-3-3-gw-target-geothermal-installed-capacity-by-2030>
18. Energy.com: Geothermal in the Philippines—an urgent revamp of targets and development needed. Dostupné na: <https://www.energy.com.ph/2021/09/29/geothermal-in-the-philippines-an-urgent-revamp-of-targets-and-development-needed>
19. AA Energy: Turkey accounts for over one tenth of global geothermal capacity. Dostupné na: <https://www.aa.com.tr/en/energy/geothermal-biomass/turkey-accounts-for-over-one-tenth-of-global-geothermal-capacity/33451>
20. ThinkGeoEnergy: Development of geothermal in Turkey – UNESCO Science Report, Fusun Servin Tut Haklidir. Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/development-of-geothermal-in-turkey-unesco-science-report-fusun-servin-tut-haklidir/>
21. National Energy Authority: Geothermal. Dostupné na: <https://nea.is/geothermal/>
22. NS Energy Business: Geotermálne elektrárne na Islande. Dostupné na: <https://www.nsenergybusiness.com/features/geothermal-energy-plants-iceland/>
23. PWenergy: Geotermálna energia. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/geotermalna-energia/>
24. Visit Iceland: The greenhouse revolution. Dostupné na: <https://www.visiticeland.com/article/the-greenhouse-revolution-in-iceland>
25. UNECE. Dostupné na: <https://unece.org/>
26. Euractiv: Ak Slovensko nahradí uhlie geotermálnou energiou, ušetrí 27 mld. Eur. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/news/ak-slovensko-nahradi-uhlie-geotermálnou-energiou-usetri-27-miliardy-eur/>
27. PW Energy: Ako využiť potenciál geotermálnej energie na Slovensku. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/2020/12/ako-vyuzit-potencial-geotermálnej-energie-na-slovensku/>
28. Hodemarský, P., Medveď, D.: Využitie geotermálnej energie na Slovensku. Dostupné na: <https://dusan.medved.website.tuke.sk/VEGA/VEGA-1-0372-18/clanky/Medved3.pdf>
29. Energia zo zeme: Ľudí v tomto meste ceny plynu vďaka geotermálnej energii netrápia. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/slovensko/ceny-plynu-velky-meder-geotermalna-energia/>
30. Energia zo zeme: V Kežmarku sú v polovici prác. Ako sa na Slovensku faží geotermálna energia. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/slovensko/geotermalna-energia-v-kezmarku/>
31. Korzar: Sulík a Polaček sa dohodli. Na vrt treba 50 miliónov, teplo sľubujú o päť rokov. Dostupné na: <https://kosice.korzar.sme.sk/c/22773661/sulik-a-polacek-sa-dohodli-na-vrt-treba-50-milionov-teplo-slubuju-o-5-rokov.html>
32. Denník N: Trnka hovorí o akvaparku, ale o arzéne mlčí. Dostupné na: <https://dennikn.sk/2961861/kosicky-zupan-trnka-slubuje-akvapark-vrt-v-cizaticiach-ma-k-nemu-daleko/?ref=inm>
33. GreenCoop. Dostupné na: <https://www.greencoop.co/>
34. Ovozela. Dostupné na: <https://www.ovozela.sk/farmy>
35. Euractiv: Geotermálna energia na hornej Nitre? Šefčovič tvrdí, že sa to dá. Dostupné na: <https://euractiv.sk/section/energetika/news/geotermalna-energia-na-hornej-nitre-sefcovic-tvrdi-ze-sa-da/>
36. Oremusfarm. Dostupné na: <https://oremusfarm.sk/o-nas/>

37. Dobré noviny: Obrazom: V Podhájскеj vypěstujú ročne 4 milióny gerber. Dostupné na: <https://www.dobrenoviny.sk/c/165597/obrazom-v-podhajskej-vypestuju-rocne-4-miliony-gerbier>
38. Denník N: Svet, v ktorom nás moderné technológie zbavia závislosti od plynu a ropy, je blízko. Dostupné na: <https://dennikn.sk/blog/3025980/svet-v-ktorom-nas-moderne-technologie-zbavia-zavislosti-od-plynu-a-ropy-je-blizko/>
39. Energie Portal: Geotermálnu energiu na Liptove využije priemyselná firma. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/geotermalnu-energiu-na-liptove-vyuzije-priemyselna-firma-104013.aspx>
40. EGEC: Brožúra o geotermálnej energii. Dostupné na: https://www.egec.org/wp-content/uploads/2021/02/AC_EGEC_Brochure_3fold-and-pages_FINAL_preview-1.pdf
41. ThinkGeoEnergy: Geothermal energy production and utilisation. Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/geothermal/geothermal-energy-production-utilisation/>
42. GeoEnergy Marketing Services Geothermal Country Overview – Indonesia. Dostupné na: <https://www.geoenergymarketing.com/energy-blog/geothermal-country-overview-indonesia/>
43. Researchgate: Geothermal resources and applications map of Turkey (MTA 2019). Dostupné na: https://www.researchgate.net/figure/Geothermal-resources-and-applications-map-of-Turkey-MTA-2019_fig8_336822024
44. Energia zo zeme: Výroba rumu vďaka geotermálnej energii? Briti predstavili unikátny projekt. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zahranicie/britania-rum-geotermalna-energia/>
45. ThinkGeoEnergy: New whiskey distillery in Japan to use geothermal energy. Dostupné na: <https://www.thinkgeoenergy.com/new-whiskey-distillery-in-japan-to-use-geothermal-energy/>
46. Energia zo zeme: Lososy či krevety z teplej vody. Ako geotermálna energia slúži pri chove rýb. Dostupné na: <https://energiazozeme.sk/zaujímavosti/geotermalna-energia-chov-ryb/>
47. ThinkGeoEnergy: Large-scale salmon farming operations to tap geothermal. Dostupné na: https://www.thinkgeoenergy.com/large-scale-salmon-farming-operations-to-tap-geothermal/?utm_source=linkedin&utm_medium=social&utm_campaign=news
48. Researchgate: Dostupné na: Geothermal map of Iceland. Dostupné na: https://www.researchgate.net/figure/Geothermal-map-of-Iceland-High-temperature-fields-inside-the-active-volcanic-zone-are_fig2_228473661
49. Eurofondy: Operačný program. Dostupné na: <https://www.eurofondy.gov.sk/programove-obdobie-2021-27/operacny-program-slovensko/index.html>
50. Energie Portal: Mníchov chce CZT postavené výlučne na OZE. Dostupné na: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/mnichov-chce-czt-postavene-vylucne-na-oze-klucom-ma-byt-geotermalna-energia-103516.aspx>
51. PWEnergy: Geotermálna elektráreň Žiar. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/projekt/geotermalna-elektraren-ziar/>
52. PWEnergy: Geotermálna elektráreň Prešov. Dostupné na: <https://pwenergy.sk/projekt/geotermalna-elektraren-presov/>
53. SAVBA: Využitie geotermálnej energie podľa teploty. Dostupné na <http://gpi.savba.sk/GPIweb/Projects/Thermes/index.php/sk/popularizacia-sk/popularizacia-vyuzitie/item/295-vyuzitie-geotermalnej-energie-podla-teploty>
54. News from Berkeley Lab. Dostupné na: <https://newscenter.lbl.gov/2021/11/29/sizing-up-the-challenges-in-extracting-lithium-from-geothermal-brine/>