

TA ČR project TK05020137 “Vytvoření play-fairway systému pro vyhledávání nízkoteplotních geotermálních systémů v sedimentárních pánvích s aplikací na Vídeňskou pánev “

Závěrečná správa, 31 Marec, 2025

Plánovaný cieľ

Cílem projektu bylo vyvinout návrh play-fairway mapy pro vyhledávání komerčních nízkoteplotních geotermálních systémů v sedimentárních pánvích v prostředí GIS. Cílem bylo parametrizovat vyhledávání systémem faktorů charakterizujících geotermální systém, jeho vydatnost a inženýrsko-geologické charakteristiky, jako produkční index pro specifickou technologii výroby elektřiny, index reinjekce, index vyhodnocující náklady na ochranu přírodního prostředí a index navrácení investic pro danou technologii; následně tyto faktory normalizovat a finálně je kombinovat tak, aby barevně rozlišená play-fairway mapa indikovala oblasti pánve s nejvyšším potenciálem pro komerční využití nízkoteplotních geotermálních systémů, s vysokým potenciálem, s nízkým potenciálem a oblasti, kterým chybí data pro dosáhnutí.

Plánovaný harmonogram prác

Harmonogram projektu byl nastaven na 2 roky. 1. etapa projektu (03/2023–03/2024) zahrnuje realizaci Výsledku 1 (V1). Zahrnuje tvorbu databáze strukturně geologických, litologických, termálních a geochemických dat a jejich mapové vizualizace ze všech dostupných dat o zhruba 400 existujících vrtech. 2. etapa projektu (03/2024–03/2025) zahrnuje realizaci Výsledku 2 (V2) a Výsledku 3 (V3). Realizace Výsledku 2 (V2) pozůstává z parametrizace všech faktorů kontrolujících existenci nízkoteplotních geotermálních systémů, a rizik spjatých s jejich úspěšnou komercializací. Realizace Výsledku 3 (V3) pozůstává z vytvoření play-fairway mapy. Play-fairway mapa je kromě Arc GIS výstupu shrnuta v souhrnné výzkumné zprávě.

Výsledky dosiahnuté od konca roku 2024 do 31. Marca 2025

Výskumný tím pozostávajúci z pracovnej skupiny Technickej Univerzity Ostrava (TUO) a pracovnej skupiny Moravských Naftových Dolov (MND) strávil časový interval Január – Marec 2025 na:

- 1) výpočte parametrov, potrebných pre výrobu play-fairway mapy, a
- 2) výrobe play-fairway mapy.

Indexy a parametre počítané pre potreby vytvorenia play-fairway mapy

Prvý z počítaných parametrov, ktoré boli použité pri tvorbe geotermálnej play-fairway mapy Českej časti Viedenskej panvy, je **Index termoelektrickej produkcie**, reprezentovaný pomerom P/P_r (Soldo and Alimonti, 2015). P je teplotná energia rezervoáru, vypočítaná zo vzorca:

$$P = (\rho_{\text{ropa}} c_p \text{ropa} + \text{WOR} * \rho_{\text{voda}} c_p \text{voda}) Q_t \Delta T / (\text{WOR} + 1),$$

kde ρ je hustota geotermálneho fluida, c_p je špecifické teplo fluida, Q_t je kvantita toku fluida, ΔT je zmena teploty fluida, ktorá sa rovná teplote geotermálneho fluida z prevrtaného rezervoáru vo vrte mínus priemerná ročná teplota zemského povrchu v Českej Republike (9.7 °C v roku 2023 podľa web stránky Statista), a WOR je pomer vody a ropy vo fluide. P_r je referenčná hodnota energie rovná výkonu ORC elektrárničky. Podľa druhu elektrárničky sa pohybuje v rozmedzí 1-5 MW.

Druhý z počítaných parametrov je **Index tepelného toku**, reprezentovaný pomerom q/T (Soldo and Alimonti, 2015). q je rýchlosť prítoku geotermálneho fluida z rezervoáru a T je jeho teplota.

Tretí z počítaných parametrov je **Index teploty na ústí vrtu**, reprezentovaný pomerom $T_i / (2T_{\text{min}})$ (Soldo and Alimonti, 2015), ktorý koreluje teplotu geotermálneho fluida na ústí vrtu s charakteristickou teplotou elektrárničky konvertujúcej teplo rezervoáru na elektrickú energiu.

Štvrtý z počítaných parametrov je **Index korózie**, ktorý je derivovaný z Langelierovho Saturačného Indexu (LSI), definovaného ako (Roberge, 2007):

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s,$$

kde pH je merané pH geotermálneho fluida pritekajúceho do vrtu a pH_s je pH fluida pri saturácii kalcitom alebo CaCO_3 , ktoré sa počíta zo vzťahu:

$$\text{pH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D),$$

kde

$$A = [\text{Log}_{10}(\text{TDS}) - 1] / 10$$

$$B = -13.12 * \text{Log}_{10}(\text{°C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10}[\text{Ca}^{2+} \text{ ako } \text{CaCO}_3] - 4$$

$$D = \text{Log}_{10}[\text{alkalinita ako } \text{CaCO}_3]$$

TDS = celkový rozpustený solidus vo vode.

Výsledky výpočtu boli kategorizované do nasledovných kategórií (Carrier Air Conditioning Company, 1965):

LSI	Indikácia
-2,0<-0,5	Silná korózia
-0,5<0	Jemná korózia
LSI = 0,0	Bez korózie, ale občasné korózne dierkovanie možné
0,0<0,5	Jemná korózia
0,5<2	Žiadna korózia

Piaty z počítaných parametrov je **Index cementácie**, derivovaný z LSI opísaného pri predošlom indexe. Výsledky výpočtu boli kategorizované do nasledovných kategórií (Carrier Air Conditioning Company, 1965):

LSI	Indikácia
-2,0<-0,5	Bez cementácie
-0,5<0	Bez cementácie
LSI = 0,0	Bez cementácie
0,0<0,5	Jemná cementácia
0,5<2	Distinkívna cementácia

Posledný z počítaných parametrov je **Cenový index**, reprezentovaný časom splatenia (1) úvodnej investície do elektrárničky, (2) postavenia a vystrojenia celeho výrobného systému, (3) kumulatívnej ceny každoročnej údržby a (4) kumulatívnej ceny energie minutej na chod systému.

POZNÁMKA:

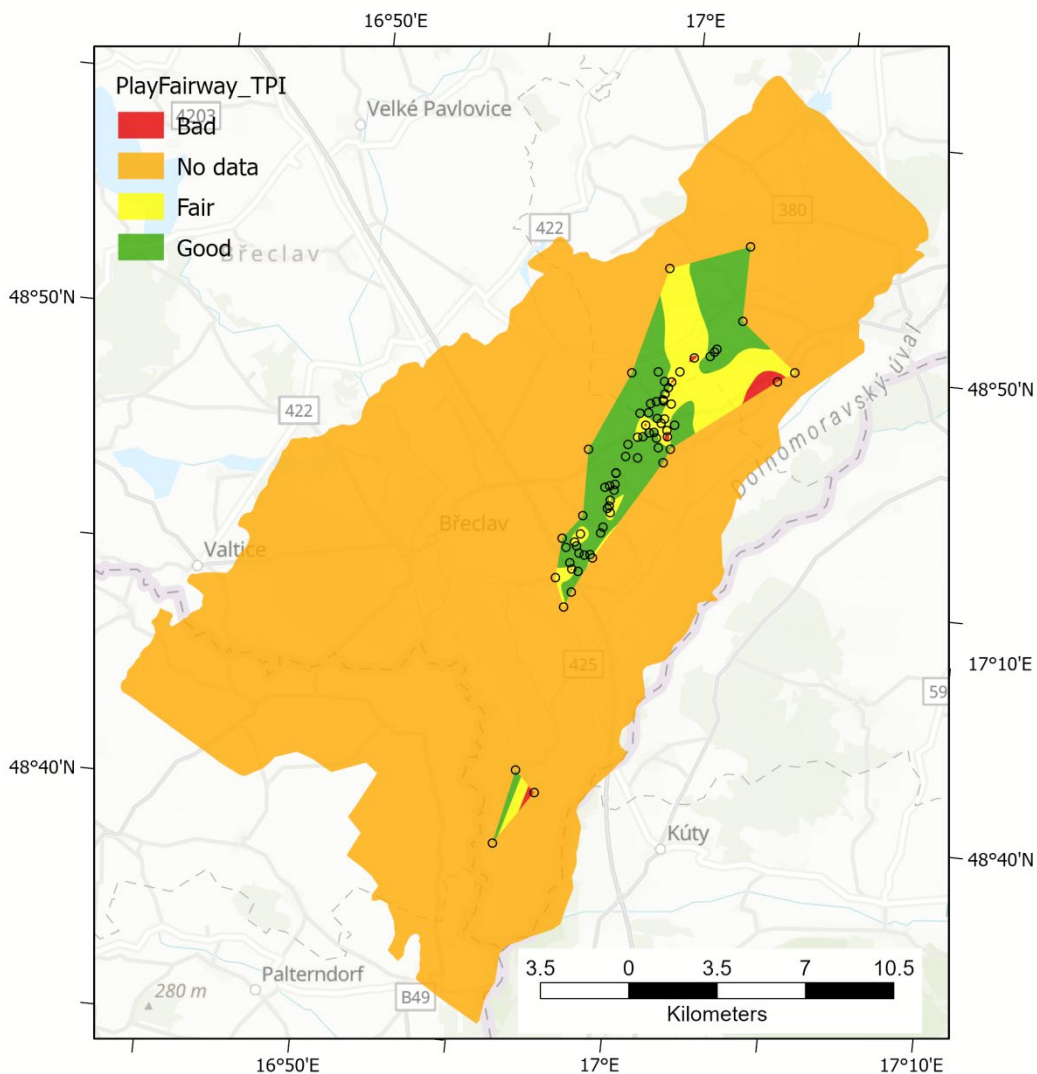
Pôvodne plánovaný **Index produkcie s pomocou pumpovania**, reprezentovaný pomerom E_p/E (Soldo and Alimonti, 2015) nakoniec použitý nebol, lebo jeho impakt na výsledný tvar play-fairway mapy sa do určitej miery prekrýva s Cenovým indexom, čo by malo za následok prílišný kumulatívny impakt týchto dvoch indexov na mapu, a jej potenciálne skreslenie.

Play-fairway mapa

Index termoelektrickej produkcie bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

Range	$P/P_r < 0.1$	$0.1 \leq P/P_r < 0.2$	$0.2 \leq P/P_r < 0.4$	$0.4 \leq P/P_r < 0.6$	$0.6 \leq P/P_r < 1.0$	$P/P_r \geq 1.0$
I_p	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Prvé dva stĺpce zľava reprezentujú kategóriu „poor“, ďalšie dva kategóriu „fair“ a posledné dva stĺpce kategóriu „good“. **Obr. 1** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Indexom termoelektrickej produkcie spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.

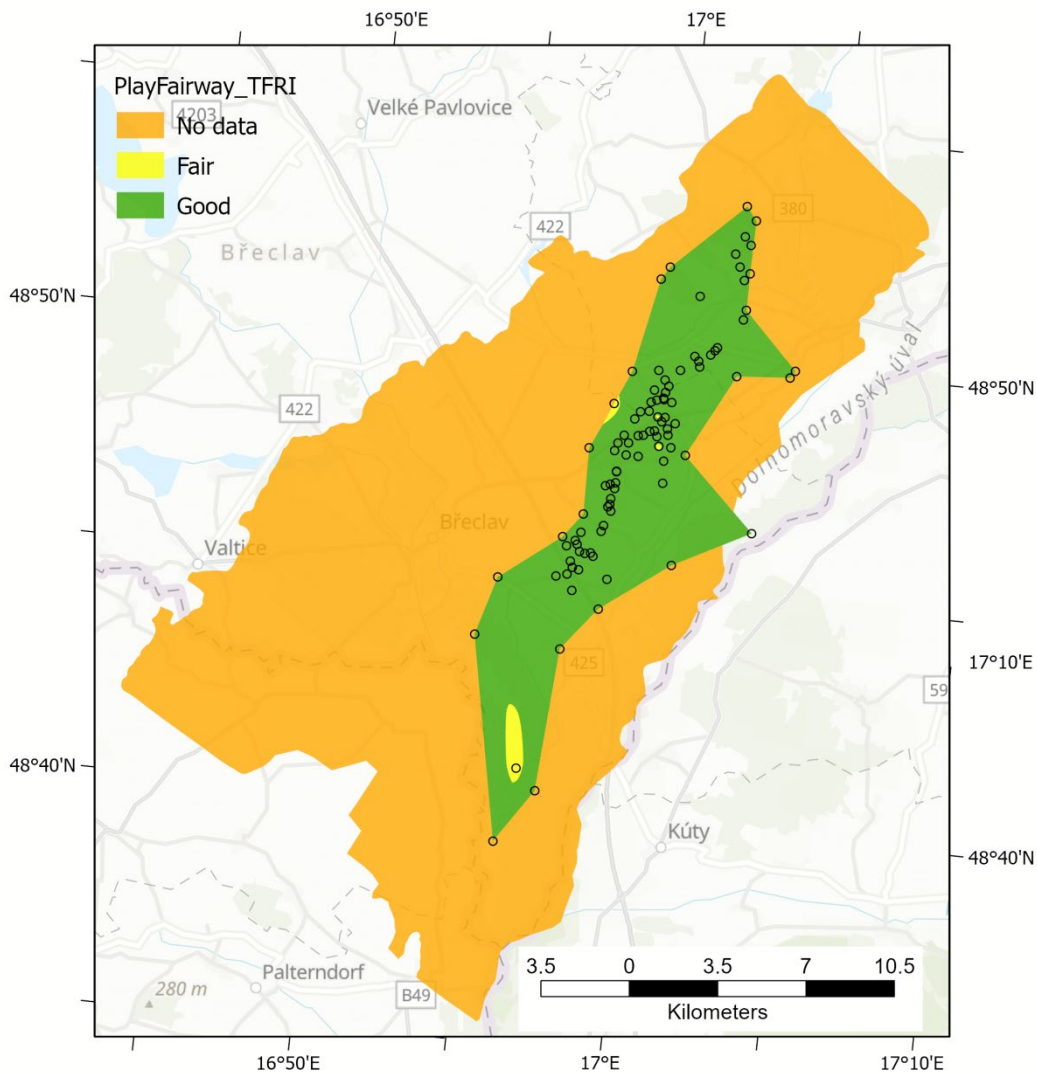


Obr. 1. Mapa Indexu termoelektrickej produkcie pre študované územie.

Index tepelného toku bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

Range	$q/T < 0.055$	$0.055 \leq q/T < 0.125$	$0.125 \leq q/T < 0.55$	$0.55 \leq q/T < 12.5$	$q/T > 12.5$
I_{qT}	1	0.75	0.5	0.25	0

Kategória „good“ zahrnuje prvé dva stĺpce zľava, „fair“ ďalšie dva, „poor“ posledný stĺpec. **Obr. 2** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Indexom tepelného toku spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.

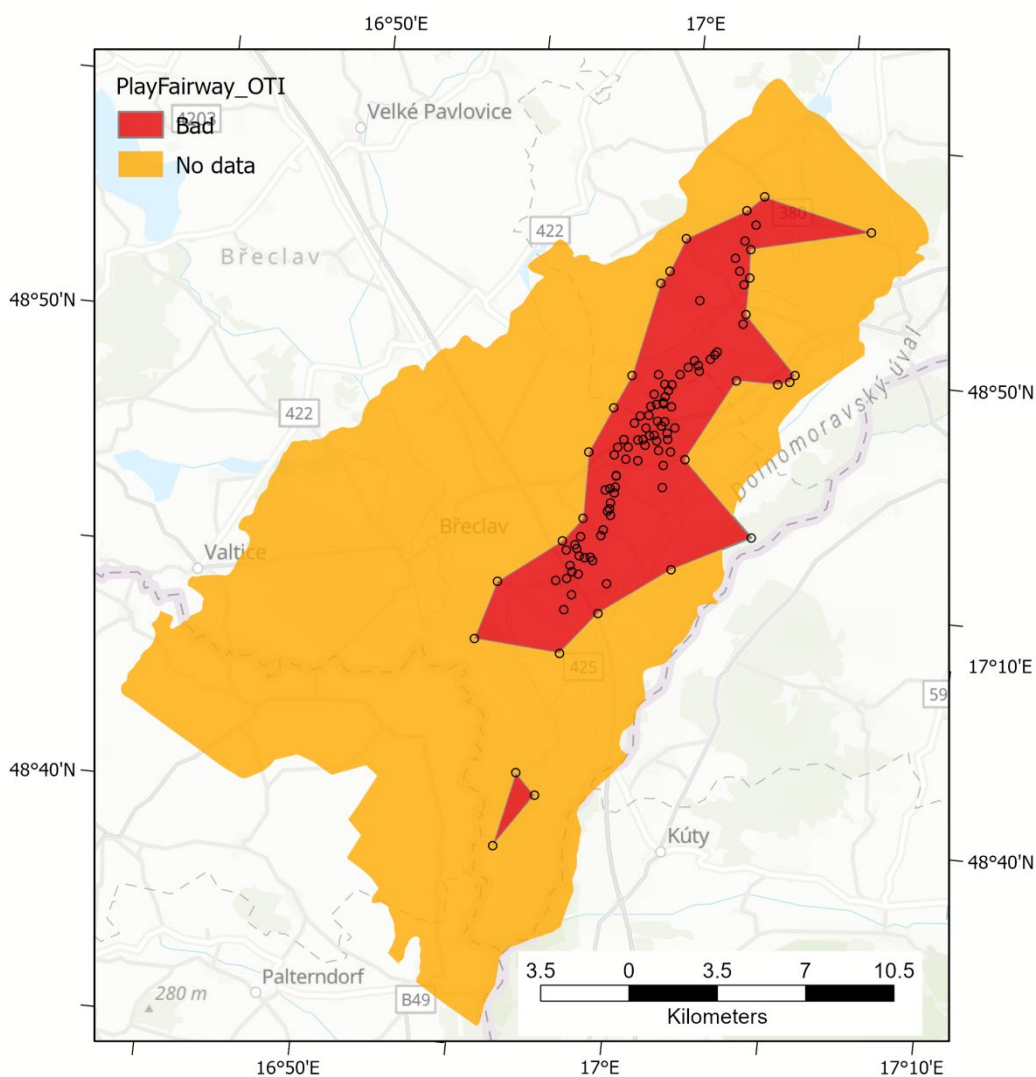


Obr. 2. Mapa Indexu tepelného toku pre študované územie.

Index teploty na ústí vrtu bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

Range	$T_i / (2T_{\min}) < 1$	$T_i / (2T_{\min}) \geq 1$
I_{Textit}	0	1

Kategória „nehodná oblasť“ zahrnuje ľavý stĺpec, „vhodná oblasť“ stĺpec pravý. **Obr. 3** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Indexom teploty na ústí vrtu spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.

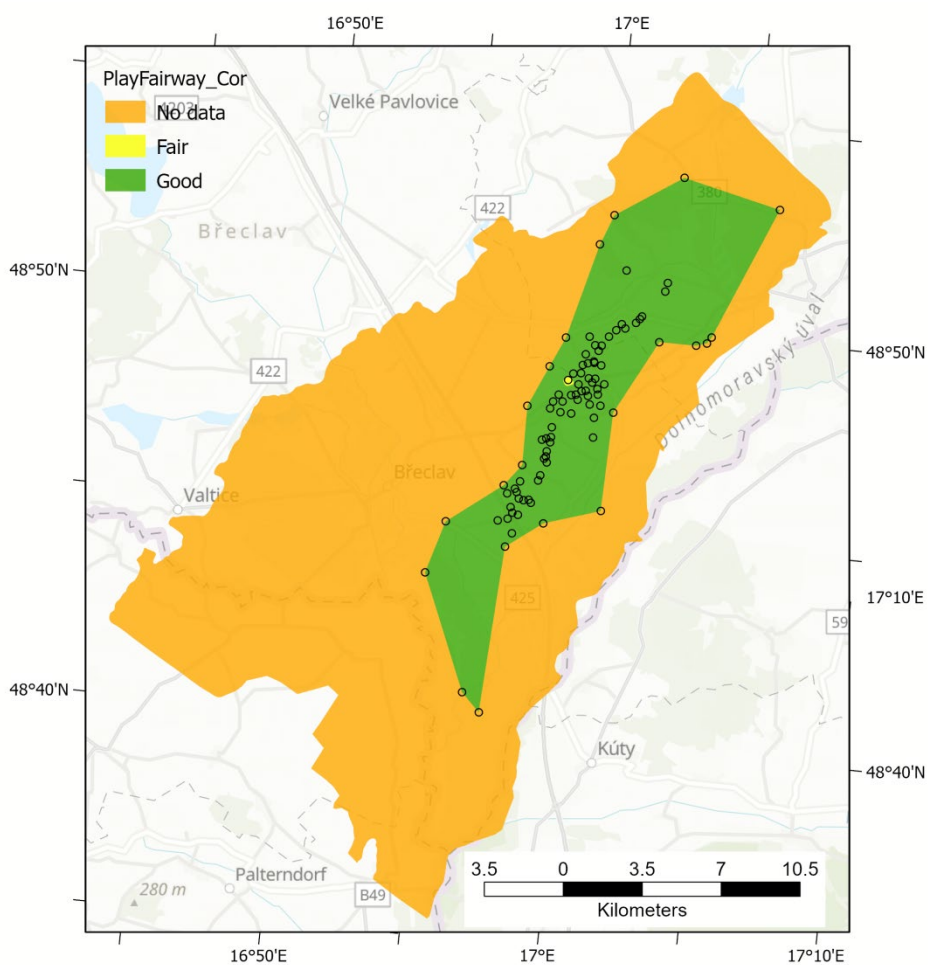


Obr. 3. Mapa Indexu teploty na ústí vrtu pre študované územie.

Index korózie bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

LSI	Indikácia
-2,0<-0,5	Silná korózia
-0,5<0	Jemná korózia
LSI = 0,0	Bez korózie, ale občasné korózne dierkovanie možné
0,0<0,5	Jemná korózia
0,5<2	Žiadna korózia

Kategória „poor“ zahrňuje prvý riadok zhora, „fair“ zahrňuje druhý riadok, „good“ všetky ostatné. **Obr. 4** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Indexom korózie spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.

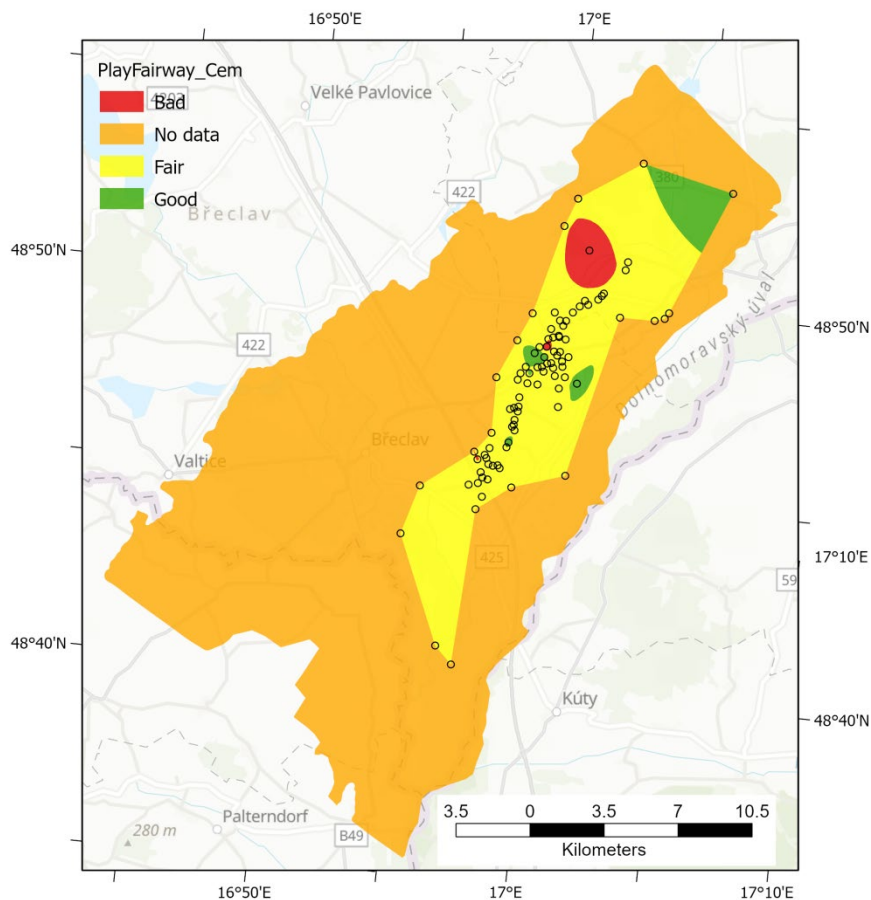


Obr. 4. Mapa Indexu korózie pre študované územie.

Index cementácie bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

LSI	Indikácia
-2,0<-0,5	Bez cementácie
-0,5<0	Bez cementácie
LSI = 0,0	Bez cementácie
0,0<0,5	Jemná cementácia
0,5<2	Distinkívna cementácia

Kategória „poor“ zahrňuje prvý riadok zdoľa, „fair“ zahrňuje druhý riadok, „good“ všetky ostatné. **Obr. 5** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Indexom cementácie spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.

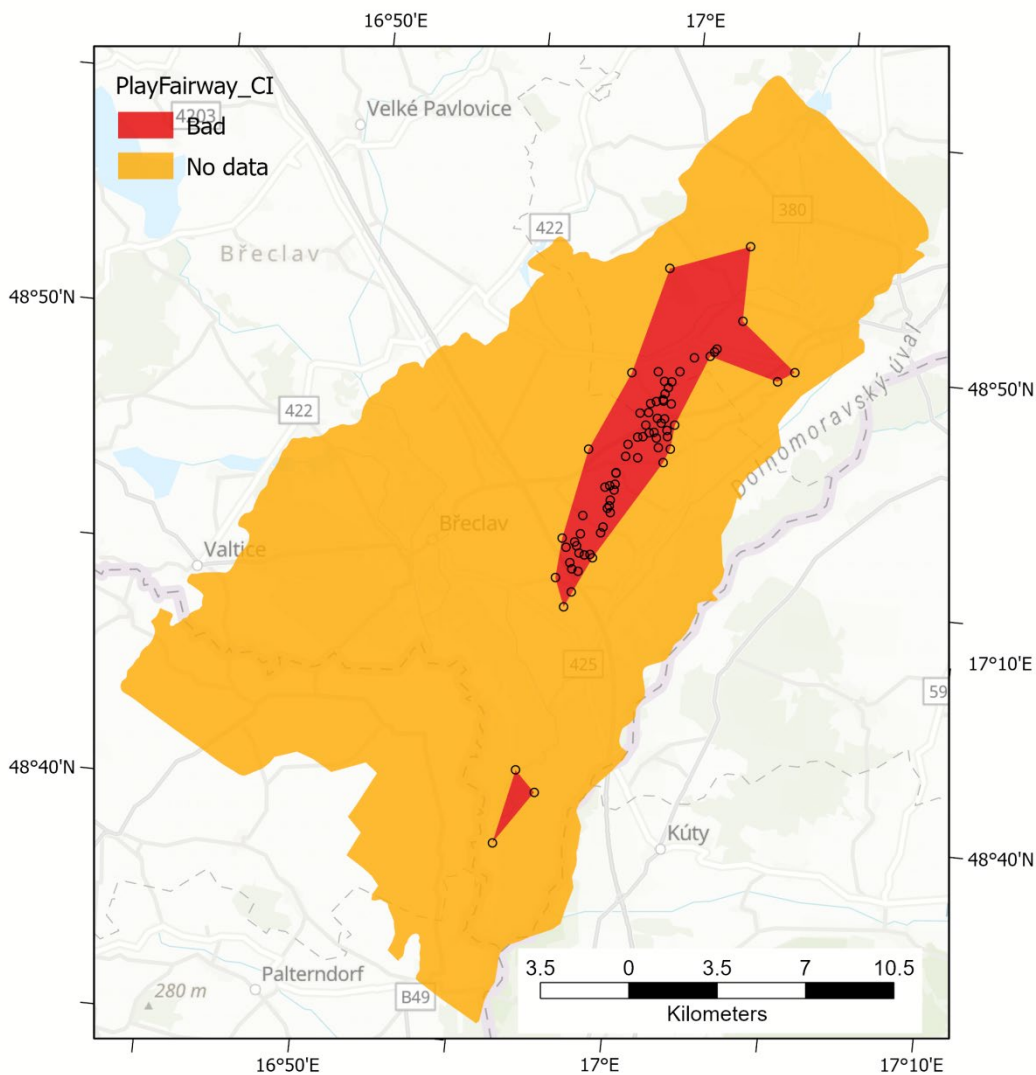


Obr. 5. Mapa Indexu cementácie pre študované územie.

Cenový Index bol pre potreby vytvorenia play-fairway mapy rozkategorizovaný nasledovne:

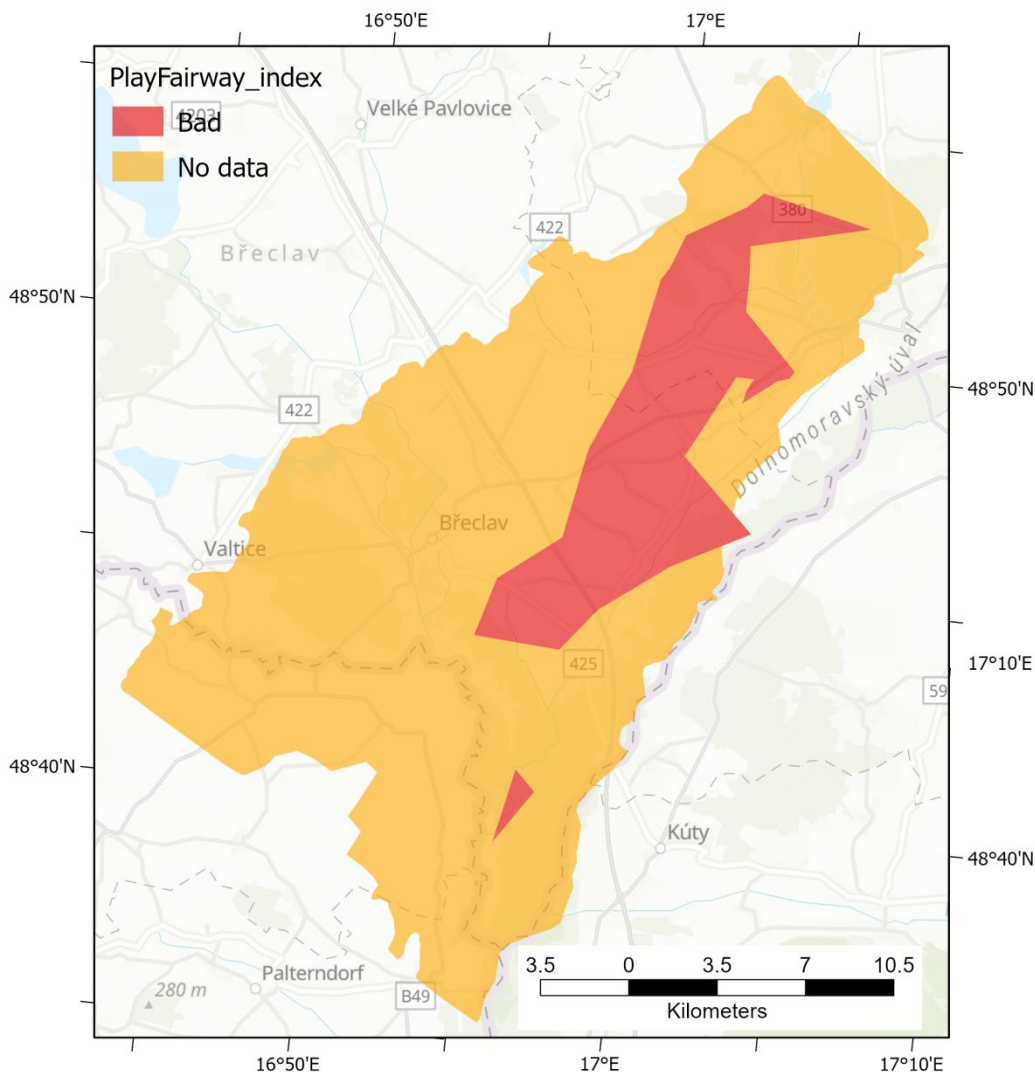
Range	$t_{pb} < 3 \text{ yr}$	$3 \text{ yr} \leq t_{pb} < 4 \text{ yr}$	$4 \text{ yr} \leq t_{pb} < 5 \text{ yr}$	$5 \text{ yr} \leq t_{pb} < 6 \text{ yr}$	$6 \text{ yr} \leq t_{pb} \leq 7 \text{ yr}$	$t_{pb} > 7 \text{ yr}$
I_c	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Kategória „good“ zahrňuje prvé dva stĺpce zľava, „fair“ ďalšie dva, „poor“ posledné dva stĺpce. **Obr. 6** ukazuje študovanú oblasť a jej charakteristiku Cenovým Indexom spolu s lokalizáciou dát použitých na jej vytvorenie a vyznačením územia bez dát.



Obr. 6. Mapa Cenového Indexu pre študované územie.

Uvedených šesť rozkategorizovaných máp jednotlivých indexov bolo po ich vytvorení naukladaných jedna nad druhú v programe ArcGIS Pro, vo formáte grid máp. Výsledný grid vznikol naložením šiestich hodnôt nad sebou s tým, že najmenej výhodná hodnota reprezentuje výsledný nód gridu. Grid z výslednými hodnotami vzniknutými takýmto prienikom bol potom opäť zmenený na mapu polygónov jednotlivých uzemí s rovnakou kategóriou (**Obr. 7**).



Obr. 7. Play-fairway mapa študovaného územia.

Obr. 7 ukazuje, že veľká časť študovaného územia nemá dáta na to, aby sa v tejto časti dalo analyzovať, či niekde existuje geotermálny systém vhodný na výrobu elektriny. V častiach územia pokrytých dátami sa ukazuje, že takáto možnosť tam nie je. Sú vhodné len na ťažbu geotermálneho fluida a jeho priame použitie na vykurovanie, a ďalšie aktivity nevyžadujúce výrobu elektriny. Tento záver je robený pri použití dostupných vrtov bez ich prehĺbenia dosiahnuteľnej hodnoty Indexu teploty na ústí vrtu a Cenového Indexu, ktoré sú hlavným dôvodom toho, že žiadna časť študovaného územia v play-fairway mape neindikuje komerčne úspešnú výrobu elektriny, t.j. neobsahuje dostatočne teplý geotermálny systém, ktorý by utiahol komerčne úspešnú výrobu elektriny.

V prípade záujmu o výrobu elektriny by záujemci museli počítať s business plánom, ktorý by zvládol aj extra investície do prehĺbenia vrtov v najvhodnejších oblastiach alebo mať postavený business plán na priamom využívaní geotermálneho fluida.