

Satelitné merania slnečného žiarenia a ich využitie pri hodnotení účinnosti fotovoltických zariadení

Peter Kaňák, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, kanak.peter@gmail.com

Abstrakt

Množstvo slnečnej energie, ktoré prichádza zo Slnka cez atmosféru na zemský povrch, závisí od mnohých astronomických a meteorologických faktorov. Pomocou satelitných meraní získavame priebežné informácie o stave a procesoch v atmosfére pre celú zemeguľu, na základe ktorých môžeme pomocou fyzikálnych a matematických výpočtov určiť intenzitu slnečnej energie dopadajúcej na ľubovoľné miesto na zemskom povrchu.

Cieľom našej práce je zmapovať priemernú intenzitu slnečnej energie dopadajúcej na územie Slovenska a poukázať na mesačnú a ročnú variabilitu dopadajúceho slnečného žiarenia na jednotlivé lokality s využitím satelitných údajov. Porovnávame priemerné hodnoty slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch merané pomocou satelitov a pyranometrov, pre vybrané meteorologické stanice SHMÚ, zámerné rozmiestnené tak, aby pokrývali čo najväčšie územie Slovenska. Ďalej porovnávame výkon fotovoltickej elektrárne s nameranými satelitnými údajmi a hodnotíme jej účinnosť. Pripravujeme mapy priemerných mesačných hodnôt slnečného žiarenia zostavené zo satelitných meraní za obdobie rokov 2012 až 2023, ako aj mesačné anomálie, čiže odchýlky od 10-ročných priemerov 2012 až 2021. Pripravili sme automatizované spracovanie mesačných údajov slnečného žiarenia na prevádzkovom satelitnom prijímači systému SHMÚ a tak je databáza v súčasnosti aktualizovaná automaticky.

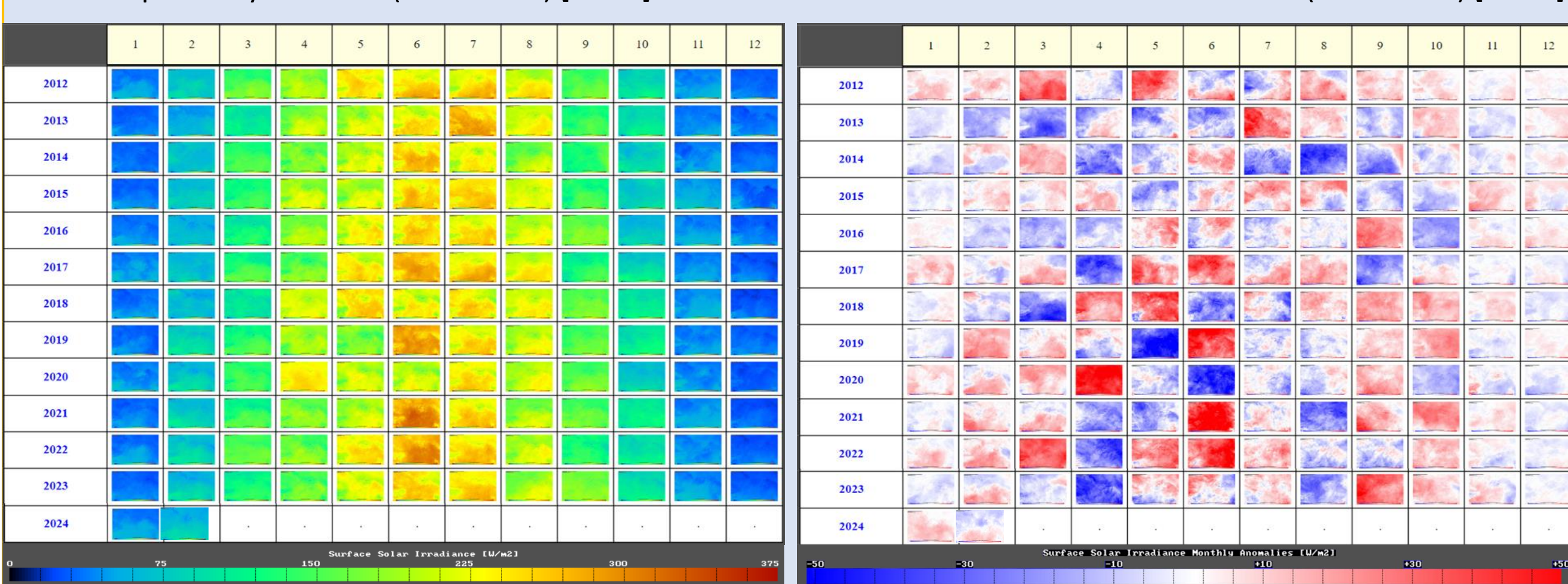
Z porovnania satelitných údajov s pyranometrami ako referenčnými meraniami sme získali vysokú zhodu, najmä pre meteorologické stanice nachádzajúce sa v nížinných oblastiach. Výrazné odchýlky v horských oblastiach súvisia s orografiou terénu, častým výskytom snehovej pokrývky v zime a výskytom konvektívnej oblačnosti v lete. Priemerná účinnosť fotovoltickej elektrárne v skúmaných rokoch 2020 a 2021 bola 14,7 %. Účinnosť v letných mesiacoch bola o niekoľko percent nižšia ako v zime. Pomocou satelitných údajov vieme odhadnúť najvyššiu možnú účinnosť elektrárne, ktorá nám vyšla 19,4 % v prípade, že by boli fotovoltické panely nepretržite smerované kolmo na slnečné lúče. Zároveň však vysvetľujeme, prečo sa takéto schéma inštalácie fotovoltických panelov v praxi nepoužíva.

V ďalšej časti našej štúdie sme uvedené poznatky využili na vyhodnotenie činnosti malej fotovoltickej elektrárne v období od mája 2023, pričom sme sa zaoberali aj rôznymi meteorologickými situáciami, v ktorých sa sledované zariadenie správa z hľadiska účinnosti výroby elektrickej energie odlišne. Na našom posteri predstavíme správanie FV elektrárne pri vysokých teplotách vzduchu a panelov, pri jasnej oblohe, ale aj pri premenlivej oblačnosti a v závislosti od typu vzduchových hmôt určených pomocou satelitných snímk družice Meteosat.

Výsledky analýzy SSI dát pripravované automaticky na prevádzkovom počítači SHMÚ

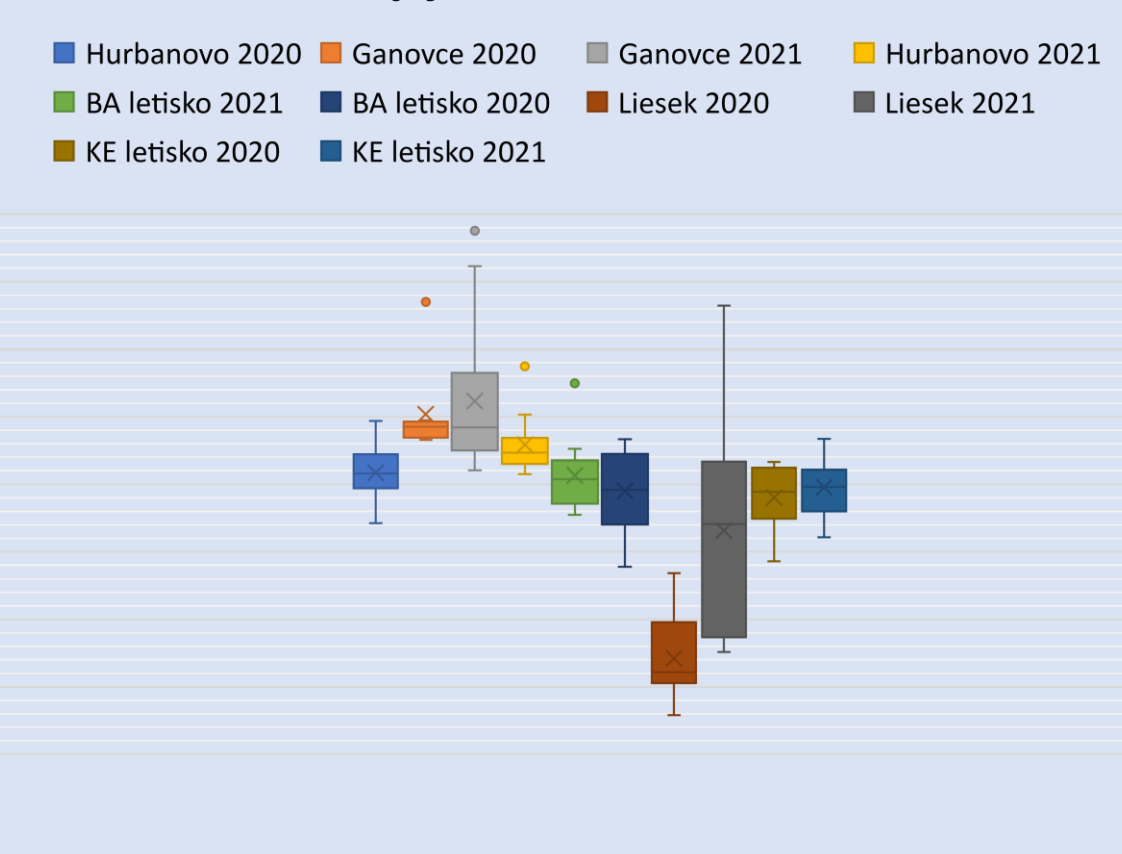
Mesačné priemery insolácie (2012-2024) [Wm^{-2}]

Mesačné absolútne anomálie insolácie (2012-2024) [Wm^{-2}]

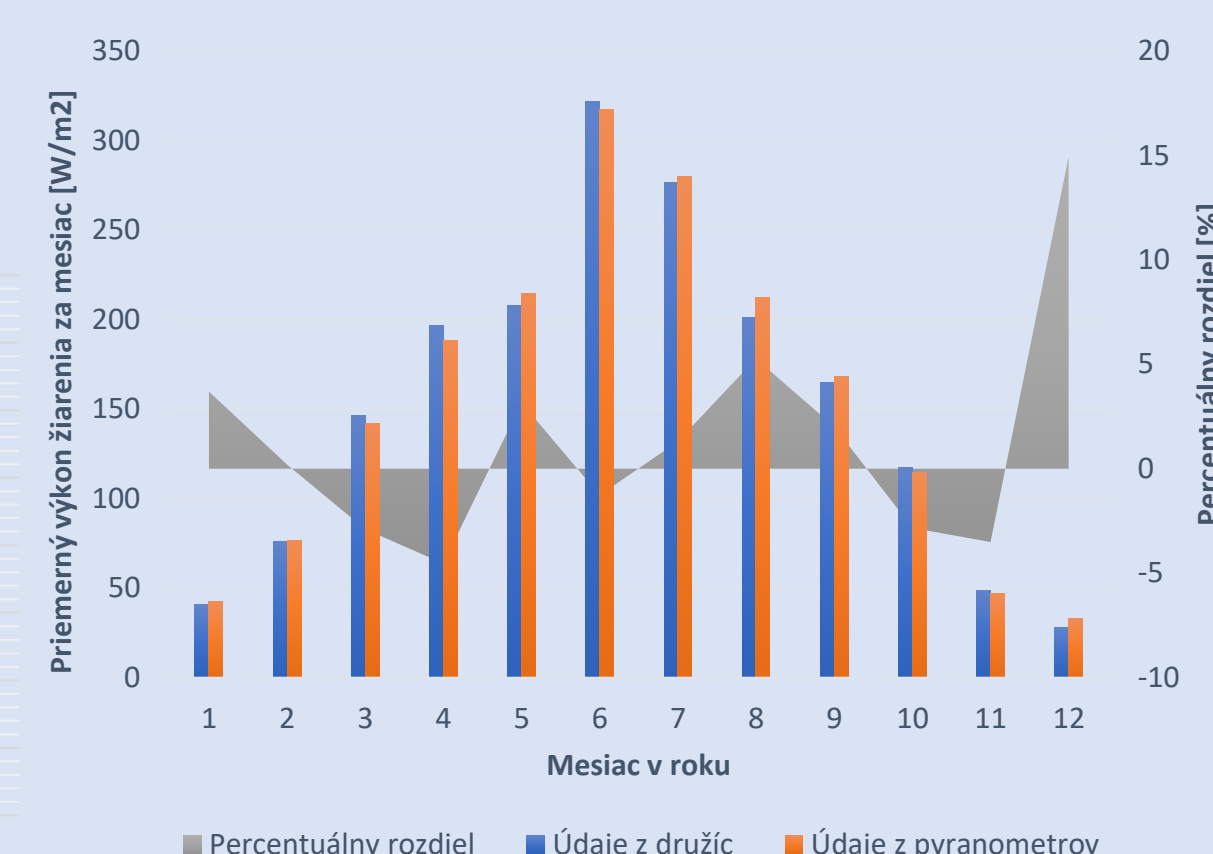


Rozsah relatívnych rozdielov medzi dátami zo satelitov a pyranometrov

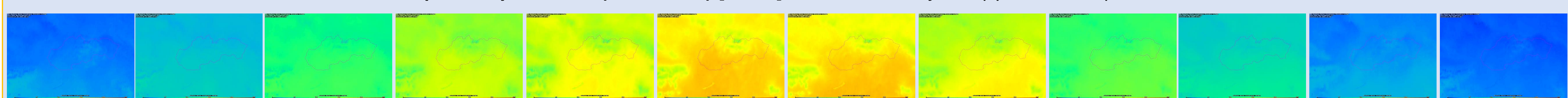
Korelácia 99,5% medzi satelitnými SSI dátami a pyranometrami



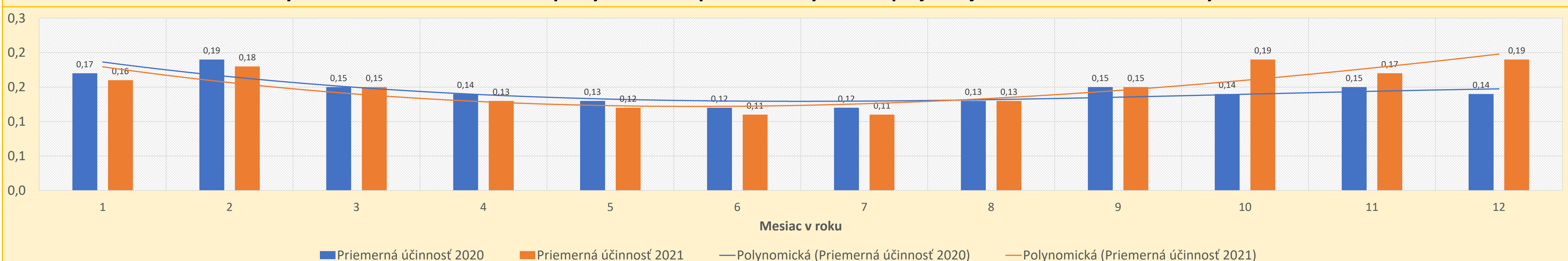
Porovnanie satelitných a staničných údajov z pyranometra Bratislava 2021



10-ročné mesačné priemery insolácie (2012-2021) [Wm^{-2}] územie strednej Európy 1135x780 pixelov, rozlíšenie 1km²



Účinnosť premeny slnečnej energie na elektrickú energiu dosahuje vyššie hodnoty v zimných mesiacoch kvôli nižšiemu odporu FV článkov a orientácii Slnka, ktoré v zimných mesiacoch v našich zemepisných šírkach prechádza výhradne po južnej strane na rozdiel od letných mesiacov.

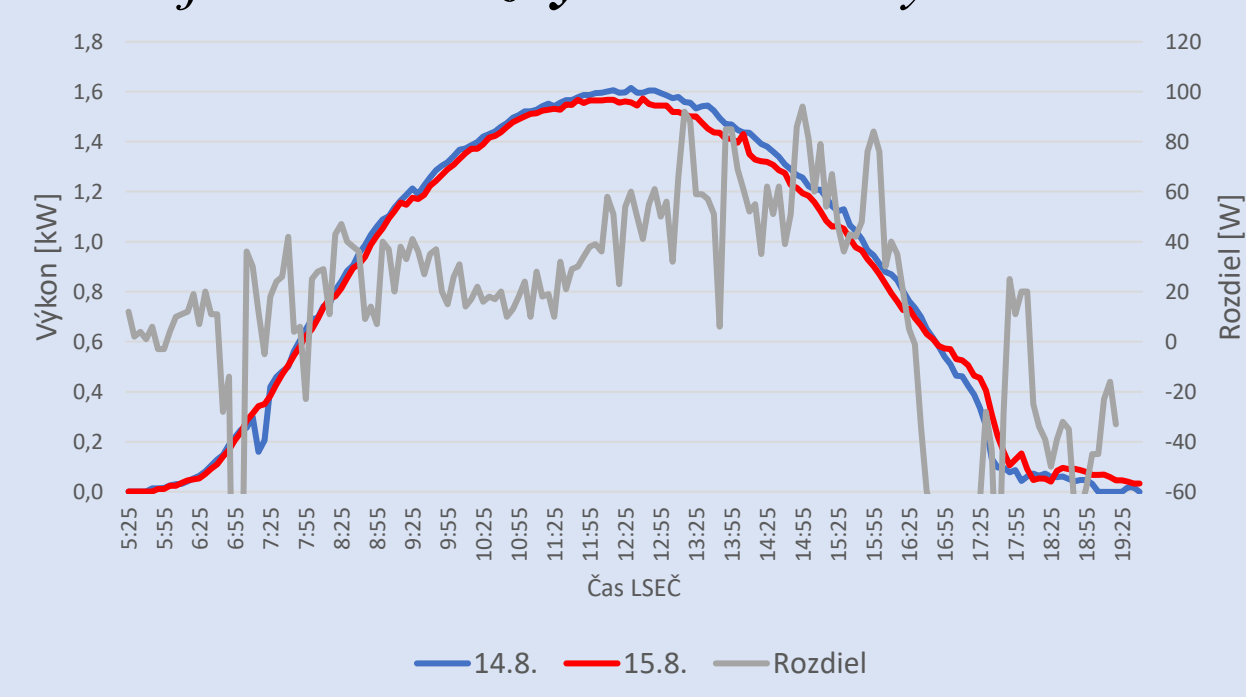


Porovnanie dvoch po sebe nasledujúcich dní s rovnakou dĺžkou dňa a rovnakou teplotou ukázalo, že výkon FVE vzrástol o 2% pri suchej polárnej vzduchovej hmote (modrá farba na obrázku).

Airmass 14.8.2023, 12:00 UTC

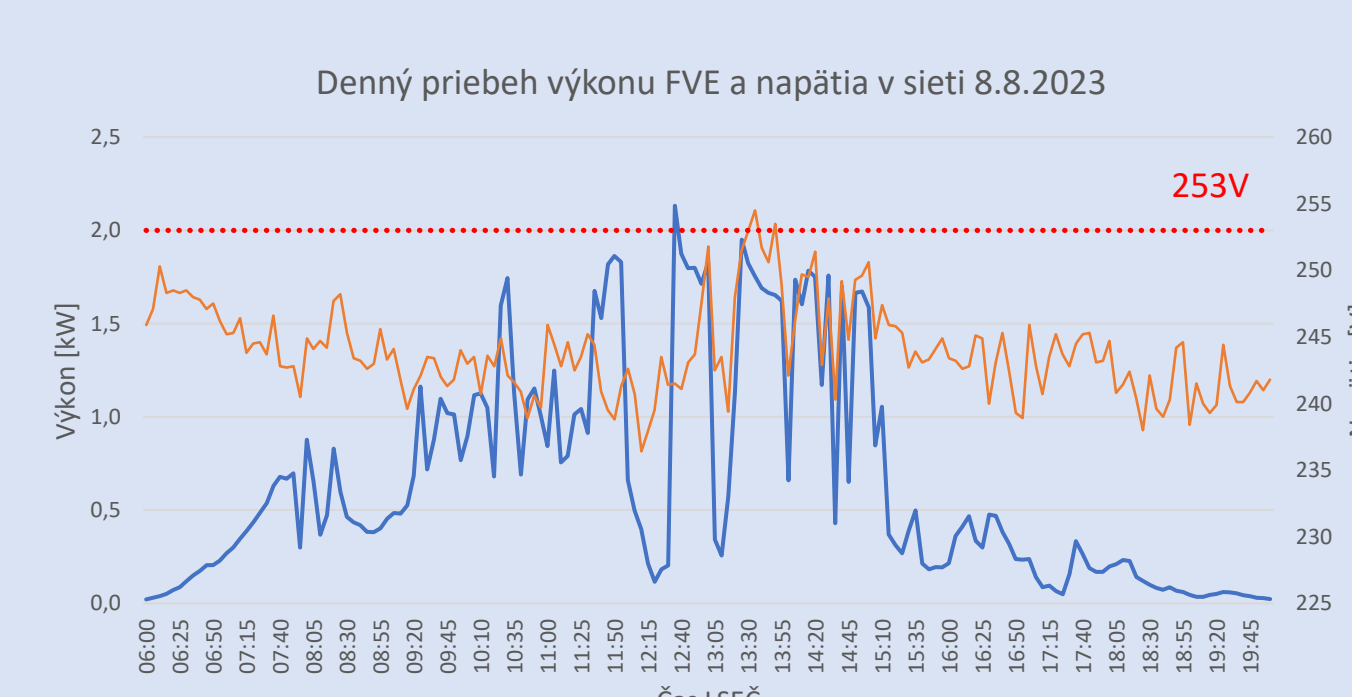
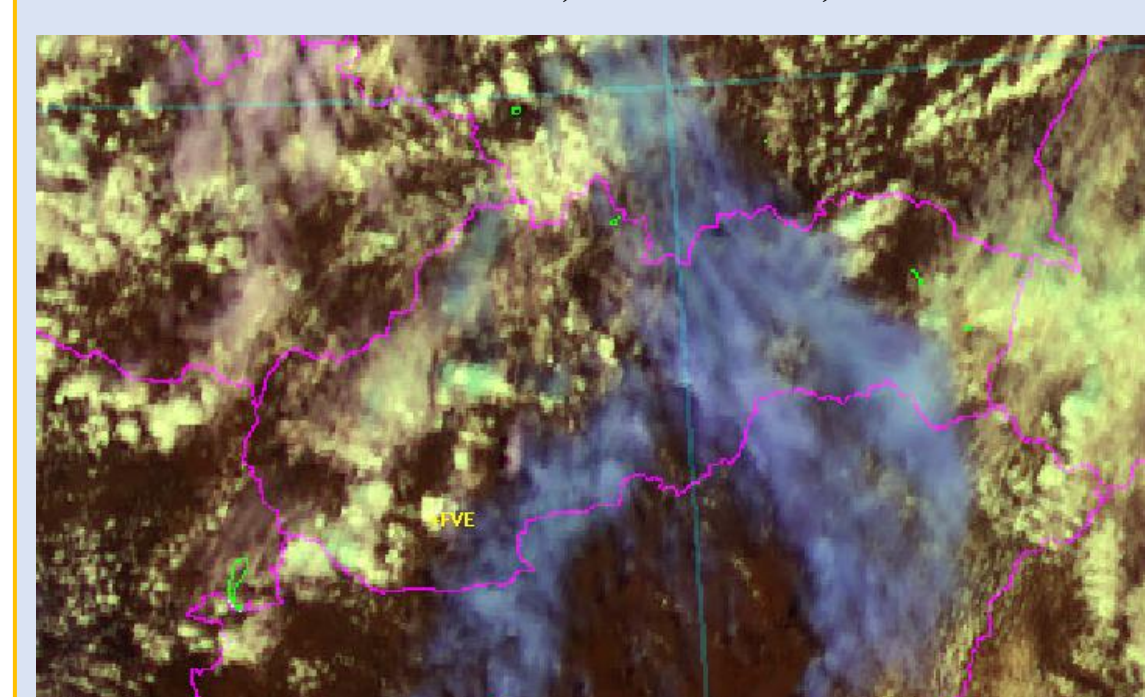


Dvojica dní s rôznymi vzduchovými hmotami



Priebeh výkonu FVE a družicová snímka z daného dňa. Pozorujeme výkyvy vo výkone počas oblačných dní a hladkú výkonovú krivku počas bezoblačných dní.

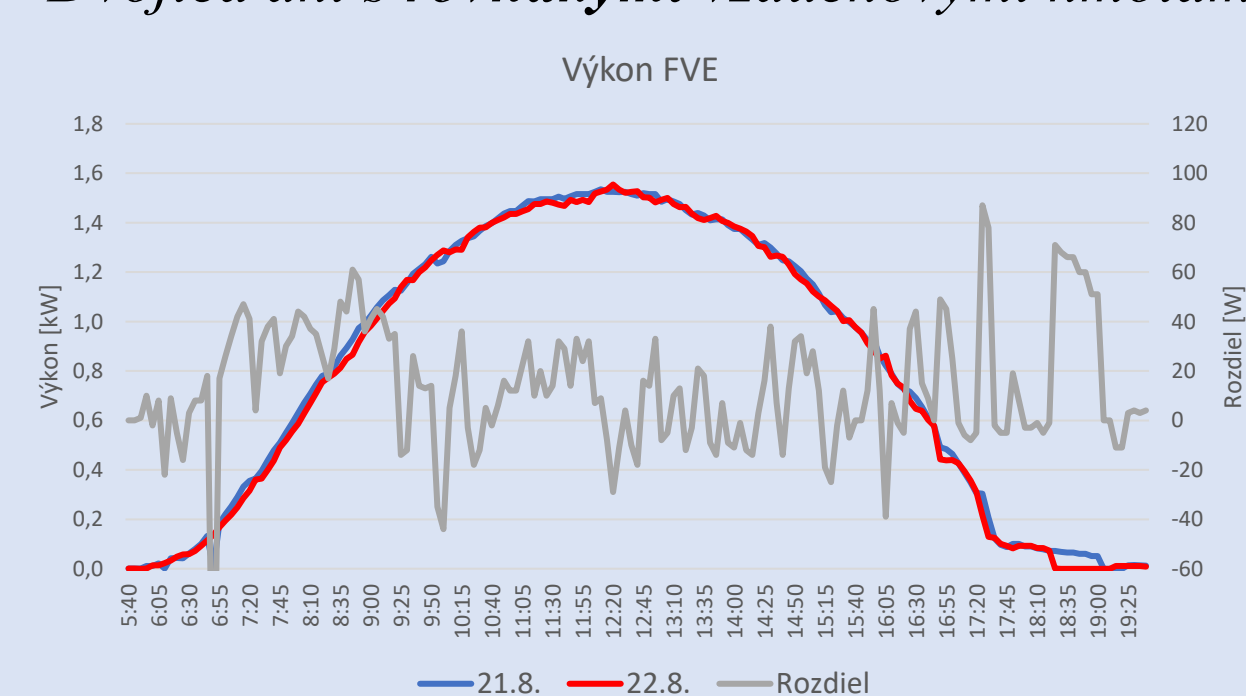
Produkt HRV Near Natural, 12:20 LSEČ, 8.08.2023



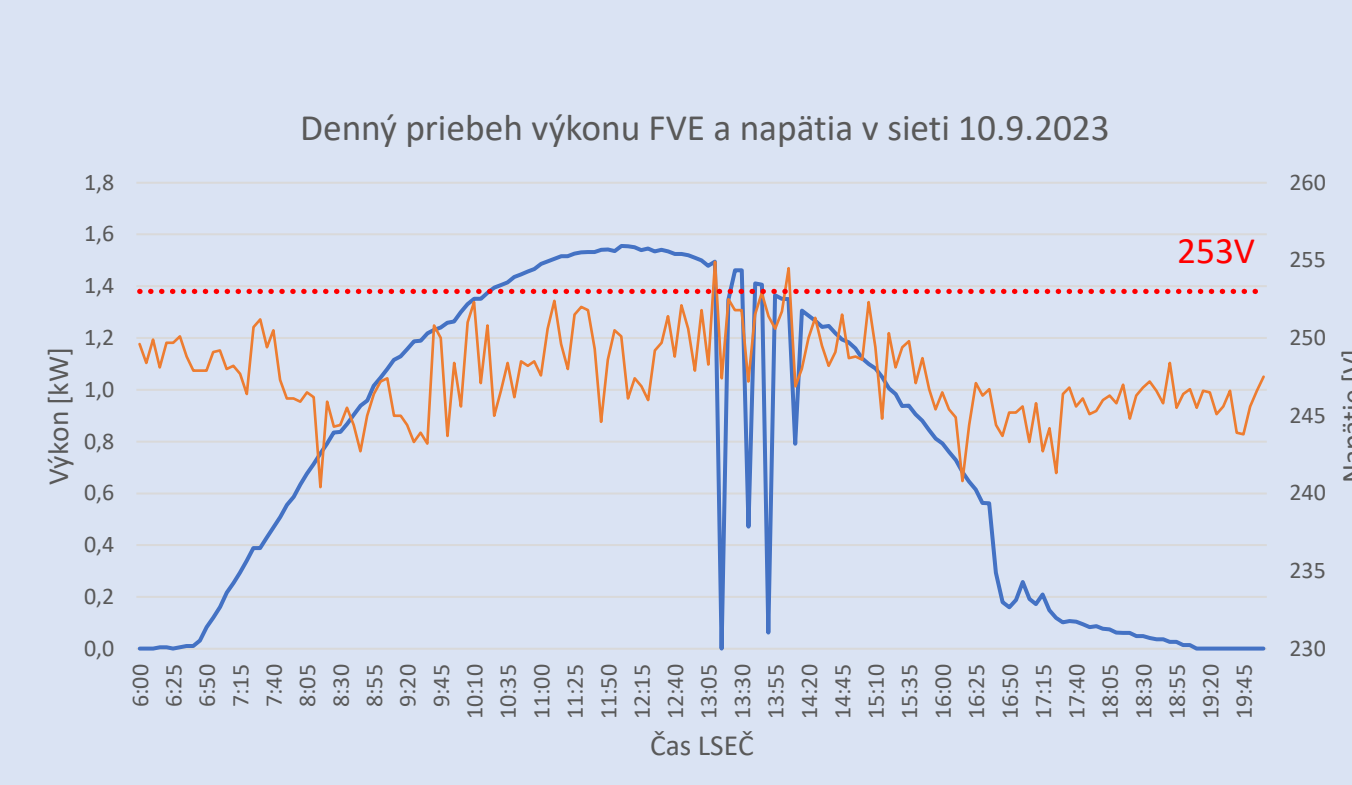
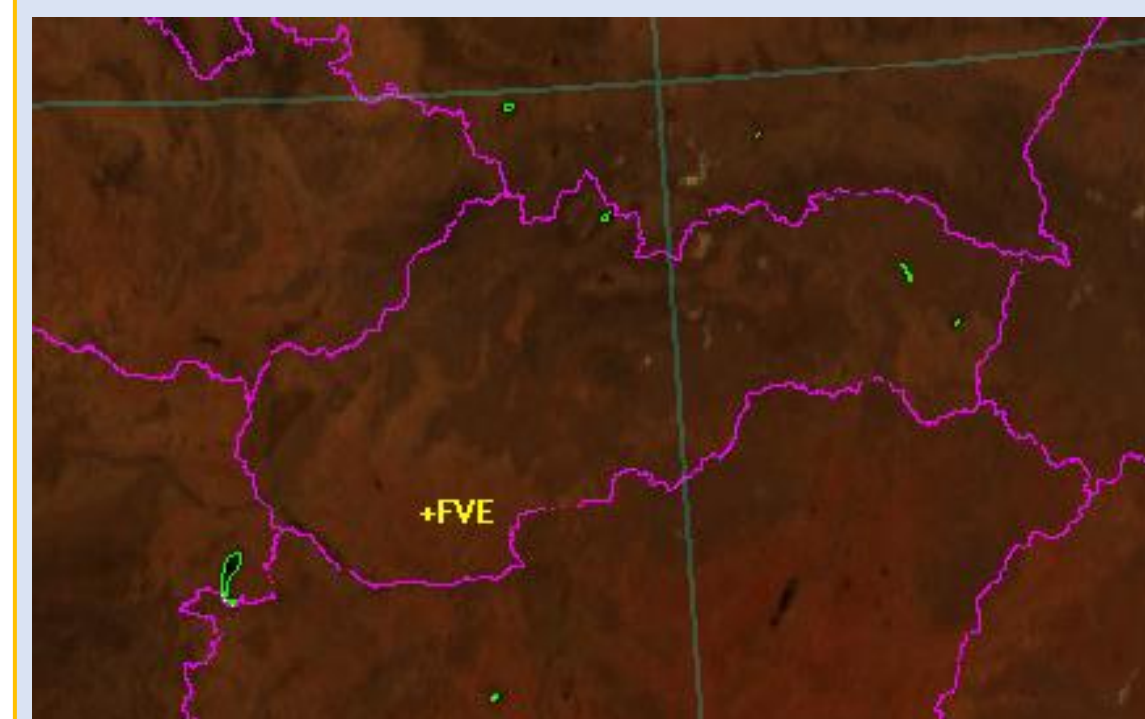
Airmass 15.8.2023, 12:00 UTC



Dvojica dní s rovnakými vzduchovými hmotami



Produkt HRV Near Natural, 13:15 LSEČ, 10.09.2023



O inštaláciu malých fotovoltických elektrární na Slovensku sa zaujíma čoraz viac ľudí a naša štúdia môže pomôcť pri výbere optimálnej inštalácie z hľadiska pomeru ceny a výkonu, ale aj z hľadiska lokality a miestnych klimatických podmienok.