



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Stavebná fakulta

Meno a priezvisko

Viera Rattayová

Autoreferát dizertačnej práce

**Využitie údajov diaľkového prieskumu Zeme pre odhad zmien
aktuálnej evapotranspirácie na Slovensku**

na získanie akademického titulu:
v doktorandskom študijnom programe:
v študijnom odbore:
Forma štúdia:
Miesto a dátum:

„philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“
krajinnárstvo
poľnohospodárstvo a krajinnárstvo
denná
Bratislava

Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Viera Rattayová
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11,81005 Bratislava

Školiteľ: prof. Ing. Kamila Hlavčová, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11,81005 Bratislava

Konzultant: Mgr. Katarína Mikulová, PhD.
Odbor klimatologická služba
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Oponenti:
.....
.....
.....
.....
.....

Autoreferát bol rozoslaný:

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa:

o..... **h na**

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan fakulty,

Obsah

1. ÚVOD	4
2. Súčasný stav riešenej problematiky	4
2.1 Evapotranspirácia, metódy merania a odhadu hodnôt evapotranspirácie.....	5
2.2 Metódy merania a odhadu hodnôt evapotranspirácie	5
2.3 FAO56 Penmann-Monteithova metóda pre výpočet hodnôt evapotranspirácie	6
2.4 Zdroje údajov využitých v praktickej časti dizertačnej práce	7
2.5 Modelovanie chýbajúcich dát, metódy hodnotenia presnosti a analýza trendov	8
3. Praktická časť dizertačnej práce.....	8
3.1 Výpočet hodnôt referenčnej a porastovej evapotranspirácie	10
3.2 Analýza trendov v ročných a mesačných hodnotách plodinovej evapotranspirácie	14
3.3. Porovnanie presnosti globálnych gridových datasetov aktuálnej evapotranspirácie vo vybraných klimatologických staniach.....	15
3.4 Modifikácia Hargreavesovej metódy na výpočet referenčnej evapotranspirácie pre lokálne podmienky Slovenska.....	17
4. Záver	19
5. Literatúra	20
6. Zoznam publikačnej činnosti a ohlasov	21

1. ÚVOD

Kolobeh vody v prírode je nepretržitý proces výmeny vody medzi zemským povrchom a atmosférou, ku ktorému dochádza pôsobením gravitácie a energetických tokov zo Slnka. Zahŕňa množstvo hydrologických, klimatologických a fyzikálnych procesov, ktoré sú navzájom prepojené a od seba závislé. Cyklus vody v prírode je možné charakterizovať piatimi základnými procesmi- kondenzácia, atmosférické zrážky, infiltrácia, odtok a evapotranspirácia. Zmeny v hydrologickom cykle sú identifikovateľné najmä v posledných dekádach, kedy vplyvom zmeny klímy dochádza k zmenám základných zložiek hydrologického cyklu- zrážok, evapotranspirácie a odtoku a pravidelnému výskytu javov označovaných ako prírodné hrozby.

Medzi tieto javy patria aj opakujúce sa povodne a dlhé obdobia sucha, na ktoré majú vplyv nie len zrážky, ale aj pomer medzi zrážkovou vodou ktorá sa transformuje a prechádza späť do atmosféry vo forme výparu k vode, ktorá z krajiny odtečie vo forme odtoku. Detekcia zmien v hydrologickom cykle je nevyhnutným predpokladom pre predpovedanie vplyvu klimatických zmien (Miralles a kol., 2011).

V posledných dekádach nastal významný rozvoj technológií, ktorý so sebou priniesol nové možnosti získavania, spracovania a modelovania hydrologických a klimatologických údajov. Konvenčné metódy merania meteorologických premenných na klimatologických staniciach poskytujú presné údaje, údržba meracích zariadení a následné spracovanie meraní však vyžaduje čas, materiálne prostriedky a pracovnú silu. Je to dôvod, prečo sú klimatologické merania nevyhnutné pre spoľahlivé výstupy hydrologických modelov často nedostupné. Aj keď je sieť klimatologických staníc na Slovensku relatívne hustá, stále sa existuje množstvo najmä malých povodí, pre ktoré nie sú priame merania dostupné.

Problém tiež predstavujú meteorologické premenné, ktoré sú priestorovo variabilné a ich meranie neprebíha na bežných klimatologických staniciach. Tieto údaje sú často odhadované pomocou jednoduchých empirických modelov a ich presnosť nie je možné validovať, preto sú často dôvodom chýb vo výstupoch hydrologického modelovania. Jednou z týchto veličín je aj evapotranspirácia.

2. Súčasný stav riešenej problematiky

Evapotranspirácia je proces, ktorého priame meranie je veľmi zložitá a vyžaduje špeciálne zariadenia, ktoré nie sú súčasťou bežných klimatologických staníc. V hydrologickej praxi sa preto často odhaduje empirickými vzorcami alebo rovnicou hydrologickej bilancie.

Nakoľko je však evapotranspirácia v priestore variabilná a závisí od množstva meteorologických premenných a taktiež vlastností zemského povrchu, jej bodové merania neposkytujú dostatočné informácie nevyhnutné pre priestorové analýzy. Nové možnosti jej odhadu priniesol diaľkový prieskum zeme, ktorého výstupom sú priestorové rastrové údaje. Modely na výpočet evapotranspirácie založené na vstupných údajoch z diaľkového prieskumu zeme využívajú zložité algoritmy, zohľadňujúce množstvo premenných, čo zabezpečuje lepšiu priestorovú variabilitu výsledných hodnôt evapotranspirácie. Tieto datasety sú často dostupné aj na územiach kde nie sú dostupné priame merania meteorologických premenných. Nespornou výhodou je aj ich priestorový charakter a rôzne časové a priestorové rozlíšenie, ktoré umožňuje realizovať priestorové analýzy v regionálnej aj globálnej mierke. Ich presnosť je však napriek ich dôkladnej validácii priestorovo variabilná a pre ich využiteľnosť vo výskume je nevyhnutná aj predchádzajúca validácia na meraných údajoch.

2.1 Evapotranspirácia, metódy merania a odhadu hodnôt evapotranspirácie

Evapotranspirácia je komplexný proces, ktorý zahŕňa dva základne subprocesy – evaporáciu a transpiráciu. Procesy evaporácie a transpirácie prebiehajú súbežne, preto nie je nevyhnutné ich oddeľovať (Faruk Bin Poyen a Kumar Ghosh, 2016). Evapotranspiráciu je možné rozdeliť na 3 základné koncepty, ktoré opisujú jej hodnotu v súvislosti s meniacimi sa podmienkami – aktuálna evapotranspirácia, referenčná evapotranspirácia a potenciálna evapotranspirácia. Aktuálna evapotranspirácia je hodnota evapotranspirácie na danom mieste, ktorá prebieha za daných meteorologických podmienok a jej hodnota je viazaná na aktuálnu dostupnosť vody. Táto hodnota je však veľmi zložito odhadnuteľná, nakoľko je na jej presný odhad potrebné využívanie špeciálnych zariadení na meranie energetických tokov, ktoré zvyčajne nie sú dostupné.

Hodnota potenciálnej evapotranspirácie predstavuje maximálne možné množstvo vody, ktoré je za daných klimatických podmienok schopné sa transformovať na výpar a prestúpiť z povrchu zeme do atmosféry (dostupnosť vody je neobmedzená). Alternatívnu hodnotu evapotranspirácie, predstavujúcu pomyselný medzistupeň medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou predstavuje referenčná evapotranspirácia. Referenčná evapotranspirácia je potenciálna hodnota evapotranspirácie, odvodená pre referenčný porast s presne špecifikovanými vlastnosťami. Táto premenná vychádza z predpokladu dobre vodou zásobeného porastu, kde dostupnosť vody ale nie je neobmedzená. V našich podmienkach sú pojmy „potenciálna evapotranspirácia“ a „referenčná evapotranspirácia“ často zamieňané, v prevažnej časti výskumov sa pri výpočte potenciálnej evapotranspirácie využívajú metódy na výpočet referenčnej evapotranspirácie. Ako však uvádza množstvo zahraničných autorov, tieto koncepty sa líšia vo svojom vývoji aj v aplikácii (Xiang a kol., 2020). Zároveň boli vypracované viaceré štúdie upozorňujúce na potrebu rozoznávania týchto dvoch pojmov (Irmak a Haman, 1969; Matejka F. a Hurtalová T., 2005; Raza a kol., 2022; Xiang a kol., 2020).

2.2 Metódy merania a odhadu hodnôt evapotranspirácie

Meranie evapotranspirácie je z časového aj finančného hľadiska veľmi náročné, nakoľko sa na tento účel využívajú špeciálne meracie zariadenia, ktoré nie sú bežnou súčasťou klimatologických meracích staníc. Priamy spôsob merania aktuálnej evapotranspirácie sa vykonáva pomocou zariadenia nazývaného lysimeter (prípadne evapotranspirometer). Na území Slovenska sa nachádzajú tri stanice s lysimetrom - Borovec, Petrovec n. Laborcom a Tatranská Javorina. Ich bližší popis je súčasťou príspevku Matušek a kol. (2017). Medzi najrozšírenejšie mikro-klimatologické metódy na odhad hodnôt aktuálnej evapotranspirácie patria Bowenova metóda, metóda Eddy covariance, metóda merania scintillometrom.

Modely na výpočet hodnôt evapotranspirácie sú založené na vzťahu medzi vodnou a energetickou bilanciou. Môžu byť využité na odhad hodnôt evapotranspirácie v rôznom časovom kroku a priestorovej mierke a ich výsledky sú vhodné na hodnotenie zmien vodných zdrojov a ich manažment (Xu a Singh, 2001). Hodnotu aktuálnej evapotranspirácie je možné vypočítať taktiež na základe hodnoty referenčnej evapotranspirácie, ako bolo spomenuté v predchádzajúcej časti dizertačnej práce. Nakoľko je meranie evapotranspirácie veľmi časovo a finančne náročné, bola táto metóda výpočtu hodnôt aktuálnej evapotranspirácie použitá ako validačná v množstve štúdií (Liu a kol., 2017). Kritickým krokom je v tejto metóde výpočet hodnoty referenčnej evapotranspirácie. Penman-Monteithova metóda je celosvetovo uznávaná ako najpresnejšia metóda na výpočet hodnôt referenčnej evapotranspirácie, avšak pre jej výpočet je nevyhnutné získať široké spektrum meteorologických dát, ktoré často nie sú dostupné. V nasledujúcej časti dizertačnej práce sú preto podrobnejšie opísané ďalšie metódy pre odhad hodnôt referenčnej evapotranspirácie.

2.3 FAO56 Penmann-Monteithova metóda pre výpočet hodnôt evapotranspirácie

Penmann-Monteithova metóda (P-M) je jedným z najvyužívanejších modelov na výpočet hodnoty referenčnej evapotranspirácie. P-M metóda je založená na základe princípov aerodynamickej a energetickej bilancie, zohľadňuje všetky faktory ktoré vplývajú na hodnoty referenčnej evapotranspirácie (Zhang a kol., 2018) .

Hlavným predpokladom tejto metódy je referenčný povrch, ktorý svojimi vlastnosťami zodpovedá extenzívne obhospodarovanému trávnatému porastu jednotnej výšky, ktorý kompletne zakrýva povrch pôdy a je dobre zásobený vodou. V metodike FAO56 je tento povrch charakterizovaný ako: hypotetická referenčná plodina s jednotnou výškou 0.12m, fixným povrchovým odporom $70s \cdot m^{-1}$ a albedom 0.23 (Allen a kol., 1998). FAO56 Penmann-Monteithova rovnica má tvar:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{mean} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

kde ET_0 je referenčná evapotranspirácia v $mm \cdot deň^{-1}$; R_n je celková radiácia na povrchu v $MJ \cdot m^{-2} \cdot deň^{-1}$; G je hustota tepelného toku pôdy v $MJ \cdot m^{-2} \cdot deň^{-1}$; T_{mean} je priemerná denná teplota vzduchu v dvoch metroch nad povrchom v $^{\circ}C$; u_2 je rýchlosť vetra v dvoch metroch nad povrchom; e_s je saturovaný tlak vodných pár v kPa; e_a je aktuálny tlak vodných pár v kPa; Δ je sklon krivky saturovaného tlaku vodných pár v $kPa \cdot ^{\circ}C^{-1}$ a γ je psychromatická konštanta .

Hodnota celkovej radiácie R_n na povrchu sa vypočíta ako rozdiel medzi celkovou krátkovlnnou radiáciou R_{ns} a celkovou dlhovoulnnou radiáciou R_{nl} podľa vzťahu:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

Solárna radiácia, ktorá je vstupom pre výpočet celkovej dlhovlnnej radiácie sa podľa metodiky vypočíta pomocou Angstromovej formuly, ktorá vychádza zo vzťahu medzi solárnou a extraterestriálnou radiáciou:

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) \times R_n$$

kde a_s a b_s sú konštanty; N je dĺžka astronomického svitu v h a n je aktuálna dĺžka slnečného svitu v h. Konštanty a_s a b_s je vhodné kalibrovať na základe lokálnych meraní, pretože ich hodnoty sú priestorovo variabilné. V prípade, že merané dáta solárnej radiácie nie sú dostupné, je možné využiť pri výpočtoch hodnoty $a_s=0.25$ a $b_s=0.5$.

Ostatné vzťahy nevyhnutné pre výpočet referenčnej evapotranspirácie sú uvedené v dizertačnej práci a metodike FAO56 (Allen a kol., 1998). Výpočet referenčnej evapotranspirácie sa mierne mení podľa typu dostupných dát a časového kroku, pre ktorý je počítaná.

Ako alternatíva k hodnote aktuálnej evapotranspirácie ET_a sa využíva hodnota porastovej evapotranspirácie ET_c , ktorá sa zakladá na vypočítanej hodnote referenčnej evapotranspirácie ET_0 . Porastová evapotranspirácia je evapotranspirácia porastu, ktorý nie je poškodený, je pestovaný na veľkých plochách pri dosiahnutí optimálnych podmienok pôdnej vlhkosti. Táto hodnota vychádza z rozdielnych vlastností rôznych typov porastov, ktoré ET ovplyvňujú a taktiež rozdielnej aerodynamickej rezistencie porastu. Tieto vlastnosti porastu sú zhrnuté do hodnoty plodinového koeficientu, ktorý sa u rôznych typov plodín/porastu a taktiež fázy rastu líši.

Metóda využívajúca jeden koeficient, ktorá je použitá v tejto práci, využíva koeficient charakterizujúci rozdiel medzi referenčným povrchom a vlastnosťami porastu- plodinový koeficient. Hodnoty koeficientu sú stanovené pre rôzne fázy rastu plodiny individuálne, preto je pri jeho stanovení potrebné vedieť nie-len typ plodiny, ale aj jej výšku, z ktorej je možné odvodiť fázu rastu.

2.4 Zdroje údajov využitých v praktickej časti dizertačnej práce

Meranie meteorologických premenných sa na Slovensku realizuje v sieti meteorologických, klimatologických a zrážkomerných staníc, ktoré sú prevádzkované Slovenským hydrometeorologickým ústavom. Rozsah meraných údajov je však obmedzený prístrojovým vybavením jednotlivých meracích staníc, čo predstavuje problém najmä pri veličinách, ktoré sú charakteristické vysokou priestorovou variabilitou.

V priebehu posledných dekád nastal prudký rozvoj technológií, ktorý so sebou priniesol nové možnosti získavania údajov. Najrozšírenejšou možnosťou získavania geovedných údajov je v súčasnosti diaľkový prieskum zeme. Satelitný diaľkový prieskum zeme poskytuje variabilný zdroj pozorovaní premenných, ktorý dokáže poskytnúť potrebné údaje aj v oblastiach, kde nie sú dostupné priame merania. Množstvo hydrologických, meteorologických a fyzikálnych premenných je možné odvodiť z výstupov satelitných pozorovaní. Táto možnosť je dôležitá najmä pri premenných, ktorých meranie nie je časovo, finančne aj personálne možné zabezpečiť v dostatočnom časovom a priestorovom pokrytí, kvôli náročnosti meraní a taktiež vysokej priestorovej variabilite prvkov. Diaľkovým prieskumom zeme nie je možné spoľahlivo merať všetky premenné. Preto sú okrem datasetov založených prevažne na údajoch z diaľkového prieskumu zeme dostupné aj reanalýzy, ktorých cieľom je doplniť klimatické dáta tam, kde nie sú dostupné, na základe vstupov pochádzajúcich z rôznych zdrojov. Nasledujúce datasety boli použité v rôznych častiach dizertačnej práce.

Model **GLEAM** je založený na Priestley - Taylor algoritme pre výpočet evapotranspirácie, a je navrhnutý tak, že využíva satelitne odvodené pozorovania pre vytvorenie priestorovo koherentného odhadu evapotranspirácie (Miralles a kol., 2011). Hlavnými vstupmi do modelu sú dáta celovej radiácie, zrážok, vlhkosti pôdy, teploty povrchu a vzduchu, optickej hĺbky vegetácie a ekvivalentu hrúbky snehovej pokrývky pochádzajúce zo satelitných meraní z rôznych zdrojov a štatistické dáta o vlastnostiach povrchu a vegetácie. **ERAS** je gridový dataset piatej generácie reanalýzy globálnych klimatologických a meteorologických dát, ktorého producentom je Európske centrum pre strednodobé predpovede počasia (ECMWF). Dataset je dostupný v hodinovom časovom kroku a s priestorovým rozlíšením 0.25°. **MERRA-2** (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) je reanalýza atmosferických dát zo satelitu ERA prevádzkovaným americkou národnou vesmírnou agentúrou. Využíva aktualizovanú verziu pozorovacieho systému zeme- GEOS (Goddard Earth Observing System Data Assimilation System), založenom na nových mikrovlnných snímačoch a hyperspektrálnych infračervených radiačných prístrojoch. **GLASS** (Global Land Surface Satellite) je súbor datasetov 20 produktov založených na rôznych modeloch a vstupoch produkovaných univerzitou v Beijingu. Algoritmy evapotranspiračného modelu sú založené na metóde odhadu parametrov pomocou priemerovania výstupov z rôznych modelov. Vstupmi pre tento model sú výstupy z piatich evapotranspiračných algoritmov - Modis (MOD16), modifikovaný Penman-Monteith algoritmus založený na dátach z diaľkového prieskumu zeme, algoritme založenom na Priestley-Taylor modeli a poloempirický Penmanov evapotranspiračný algoritmus (Liang a kol., 2021). **GLDAS Noah** (NASA Global Land Data Assimilation System Version 2) je model poskytujúci gridové datasety s priestorovým rozlíšením 0.25 x 0.25 stupňa, v rôznom časovom kroku, ktorý obsahuje odhady množstva premenných charakterizujúcich povrch krajiny a energetických tokov. Je založený na výstupoch satelitných meraní aj priamych pozorovaniach, s využitím pokročilých techník modelovania a asimilačných techník (Rodell a kol., 2004). **MODIS** je kľúčový algoritmus spracovávajúci satelitné snímky zo satelitov Aqua a Terra. Modis dataset aktuálnej evapotranspirácie (Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) vo verzii MOD16A2GF je dataset v 8 dňovom časovom kroku a priestorovom rozlíšení 500 metrov. Dataset je založený na vstupoch ktoré sú produktom meracích zariadení umiestnených na Terra satelite, ktorý spravuje NASA. Ústredným algoritmom modelu je Penman-Monteithova rovnica (Mu a kol., 2007), ktorá využíva vstupy denných údajov z reanalýz, spolu s dátami diaľkového prieskumu Zeme z Modisu, ako sú vlastnosti zemského povrchu a vegetácie a albedo (Mu a kol., 2011).

2.5 Modelovanie chýbajúcich dát, metódy hodnotenia presnosti a analýza trendov

Na modelovanie chýbajúcich dát boli využité modely strojového učenia, ktoré boli kalibrované na vstupných staničných hodnotách klimatologických premenných. Modely strojového učenia sú oblasť umelej inteligencie ktorá pracuje na princípe definovania kombinácií vzťahov, resp. vytváraní algoritmov, medzi vstupmi. V dizertačnej práci boli využité tieto tri modely strojového učenia - Random Forest Regressor model, Multiple Linear regression model a Support Vector Machines model.

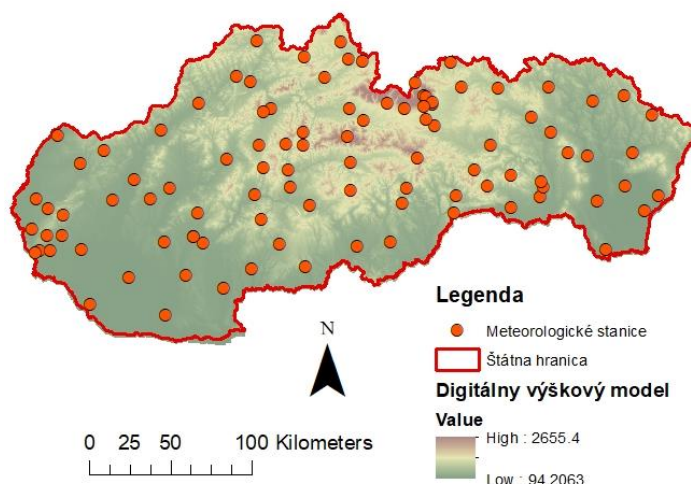
Random Forest Regressor model je model strojového učenia založený na kombinovaní viacnásobných rozhodovacích stromov, ktorých cieľom je dosiahnutie čo najlepšej schopnosti predpovedať dáta. Model vytvára rozhodovacie stromy na základe náhodného výberu dát a premenných a všetky výsledky do výslednej predikcie. **Support Vector Machines model**, ktorý sa využíva najmä na klasifikačné a regresné úlohy, je výkonný pri viacdimeználnych dátach a nelineárnych vzťahoch medzi vstupmi. Často sa používa pri riešení rôznych klimatologických úloh, ktorých podstata spočíva v identifikovaní vzoru- predpoveď extrémnych meteorologických situácii, klimatická klasifikácia, analýze klimatických dát, analýzach zmeny klímy a pri predpovedaní energetických tokov. **Multiple Linear regression model** je štatistický model strojového učenia, ktorý dokáže definovať vzťahy medzi jednou závislou a viacerými nezávislými premennými. Cieľom modelu viacnásobnej lineárnej regresie je definovať čo najpresnejší lineárny vzťah, ktorý minimalizuje súčet štvorcových odchýlok medzi pozorovanými a modelovanými dátami. Jeho výhodou je výrazne lepšia interpretovateľnosť ako pri iných modeloch strojového učenia.

Presnosť modelov bola hodnotená na základe Nash–Sutcliffe efficiency (NSE), Kling–Gupta efficiency (KGE), Pearsonovho korelačného koeficientu (R), systematickej chyby (BIAS), váženej absolútnej percentuálnej odchýlky (WAPE) a strednej kvadratickej chyby (RMSE). Schopnosť modelu odhadovať trendy v meteorologických a hydrologických premenných je významným parametrom pri hodnotení presnosti datasetu. Trendy v časových radoch boli testované Mann-Kendallovým testom trendov a ich sklon bol vypočítaný pomocou Sens slope estimátora.

3. Praktická časť dizertačnej práce

Výskumy zahrnuté v praktickej dizertačnej práci boli realizované pre vybraných 100 meteorologických staníc na území Slovenska (Obr.1). Stanice boli vybrané tak, aby čo najlepšie reprezentovali rozmanité klimatické podmienky Slovenska. Vybrané klimatologické stanice sa nachádzajú v rôznych nadmorských výškach aj rôznych častiach

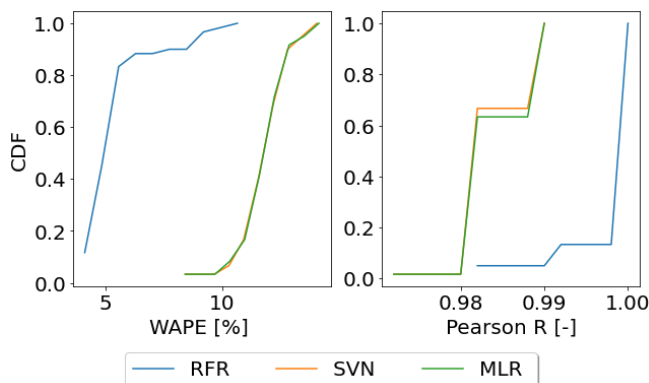
Slovenska. Pre stanice boli spracované denné klimatologické dáta z databázy SHMU pre obdobie 1981-2020 a analyzované bodové hodnoty gridových datasetov.



Obr. 1: Priestorové rozloženie vybraných klimatologických staníc

Penman-Monteithová metóda pre výpočet referenčnej evapotranspirácie podľa FAO56, ktorá je využitá v tejto práci, požaduje veľké množstvo klimatologických vstupov. Niektoré z vyžadovaných vstupných premenných je možné vypočítať pomocou empirických vzťahov z iných klimatologických vstupov. Hlavným problémom výpočtu boli nedostatočne dlhé a nekompletné rady meraní aktuálnej dĺžky slnečného svitu, ktoré sú nevyhnutné pre výpočet hodnôt referenčnej evapotranspirácie. Výpočet hodnôt aktuálnej dĺžky slnečného svitu pomocou empirického vzorca z hodnôt oblačnosti sa ukázal byť nedostatočne presný (WAPE = 117.7%), preto sme zvolili spôsob modelovania chýbajúcich radiačných dát pomocou modelov strojového učenia. Samotnému modelovaniu dát predchádzala analýza presnosti globálnych datasetov celkovej radiácie na povrchu, ktorá ukázala najvyššiu presnosť datasetu MERRA-2.

Presnosť vybraných modelov strojového učenia bola v prvom kroku testovaná na staniciach, ktoré poskytovali dostatočne dlhý časový rad hodnôt celkovej radiácie. Najvyššiu presnosť dosahoval Random Forest Regressor model, ktorý bol trébovaný na dátach z cieľovej stanice (Obr. 2).



Obr. 2: Kumulatívne distribučné funkcie priemerných absolútnych hodnôt WAPE v staniciach a priemernej hodnoty Pearsonovho korelačného koeficientu

V ďalšom kroku sme skúmali využitie modelov strojového učenia pre stanice, kde nie je sú dostupné dáta o dĺžke slnečného svitu potrebné na výpočet celkovej radiácie na povrchu. Modely boli trénované na dátach v príbuznej stanici, ktorá sa klimatickými podmienkami približuje cieľovej stanici. Boli tak vytvorené štyri alternatívy modelov, zahŕňajúce nasledovné skupiny súvisiacich premenných primárne vychádzajúce z:

- Alt.1 - teploty vzduchu (minimálna a maximálna teplota vzduchu v 2m nad povrchom)
- Alt.2 - premenné charakterizujúce dostupnú vodu (úhrn zrážok a vlhkosť vzduchu)
- Alt.3 - teploty vzduchu aj z dostupnej vody (kompletný výber premenných)
- Alt.4 - dáta z MERRA2 datasetu a premenných odvodených od geografickej polohy stanice

Výsledky porovnania výstupov z modelov pre rôzne alternatívy vstupov ukazujú, že najnižšie odchýlky pri všetkých alternatívach vstupov dosahuje Random Forest Regressor model (Tab.1)

Tab. 1: Výsledné ukazovatele presnosti modelov pri využití rôznych alternatív vstupov

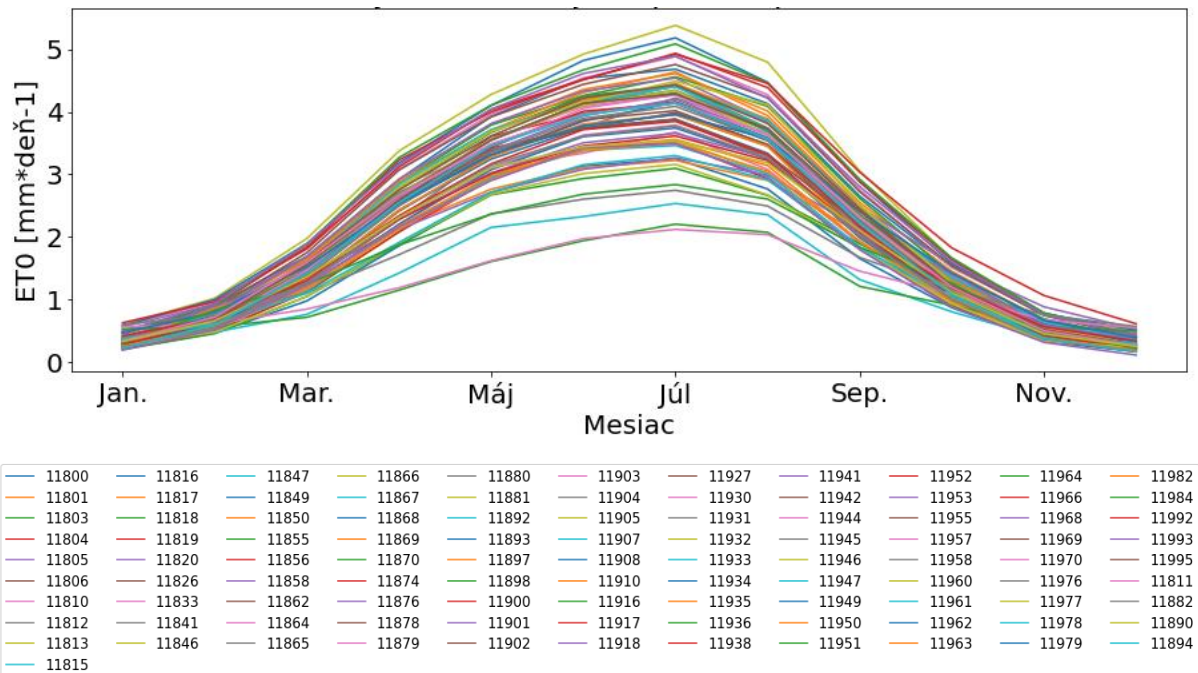
	Alternatíva vstupov	Mean BIAS [%]	Mean Abs. BIAS [%]	Pears. CC	Mean value FAO [$\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$]	Mean value model [$\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$]
SWM	1	6.34	15.44	0.95	6.89	7.33
	2	7.14	15.90	0.95		7.39
	3	6.88	15.56	0.95		7.37
	4	6.78	15.82	0.95		7.36
RFR	1	3.56	12.37	0.97		7.14
	2	1.52	13.22	0.95		7.00
	3	1.64	11.22	0.97		7.01
	4	4.38	14.27	0.95		7.20
MLR	1	5.62	15.06	0.96		7.28
	2	6.38	15.65	0.95		7.34
	3	5.60	15.01	0.96		7.28
	4	6.08	15.60	0.95		7.31

V poslednom kroku tejto časti výskumu sme modelovali chýbajúce dáta celkovej radiácie na povrchu na základe dvoch, hore analyzovaných alternatívach prístupov modelom Random Forest Regressor. Rozdelili sme stanice na dva výbery, podľa množstva dostupných denných dát aktuálnej dĺžky slnečného svitu medzi obdobiami 1981-2020. V staniach, kde chýbalo menej ako 50% dát sme aplikovali metódu modelovania chýbajúcich hodnôt celkovej radiácie pomocou modelu kalibrovaného na klimatologických dátach z cieľovej stanice. V staniach, kde chýbalo viac ako 50% dát aktuálnej dĺžky slnečného svitu, sme dáta modelovali na základe druhej alternatívy, teda chýbajúce radiačné dáta boli modelované pomocou modelu kalibrovanom na stanici, ktorej nadmorská výška je blízka cieľovej stanici.

3.1 Výpočet hodnôt referenčnej a porastovej evapotranspirácie

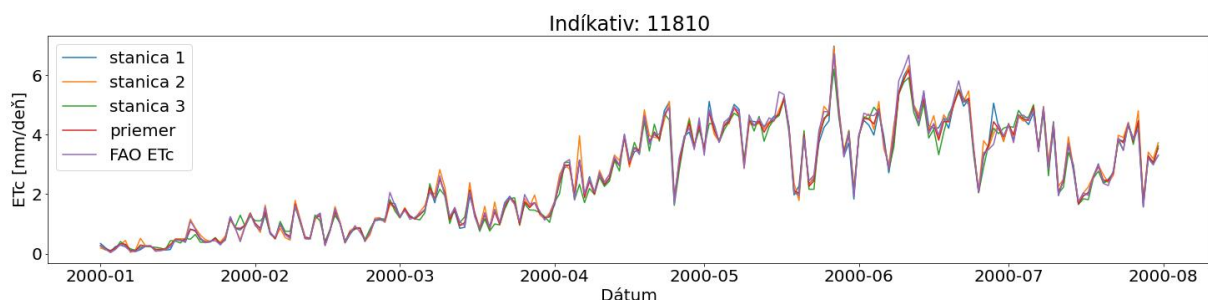
Hodnoty referenčnej evapotranspirácie, ktoré sú nevyhnutné pre výpočet hodnôt porastovej evapotranspirácie, sme počítali pomocou FAO56 Penman-Monteithovej metódy. Pri výpočte sme využili hodnoty celkovej radiácie na zemskom povrchu vypočítané podľa FAO56 metodiky, resp. pomocou modelu strojového učenia namodelované v predchádzajúcom kroku práce. Hodnoty referenčnej a následne aj plodinovej evapotranspirácie boli počítané pre 95 staníc z pôvodného počtu staníc 100. Dôvodom redukcie počtu staníc bola absencia ostatných meteorologických premenných, ktoré sú nevyhnutné pre výpočet evapotranspirácie z hodnôt radiácie. Pre odhad hodnôt porastovej

evapotranspirácie, ktorá je využívaná ako alternatíva k hodnote aktuálnej evapotranspirácie, je potrebné odvodiť koeficienty charakterizujúce pôdne podmienky a vegetáciu vo vybranej lokalite. Pri výpočte sme využili metódu jedného koeficientu, ktorá vyžaduje menšie množstvo vstupných dát. Úlohou plodinového koeficientu pri výpočte plodinovej evapotranspirácie je redukcia hodnôt referenčnej evapotranspirácie pre trávnatý porast v konkrétnej sezóne rastu. Výsledky mesačných hodnôt plodinovej evapotranspirácie sú znázornené na obrázku 3.



Obr. 1: Priebeh dlhodobých priemerných mesačných hodnôt referenčnej evapotranspirácie pre vybrané klimatologické stanice

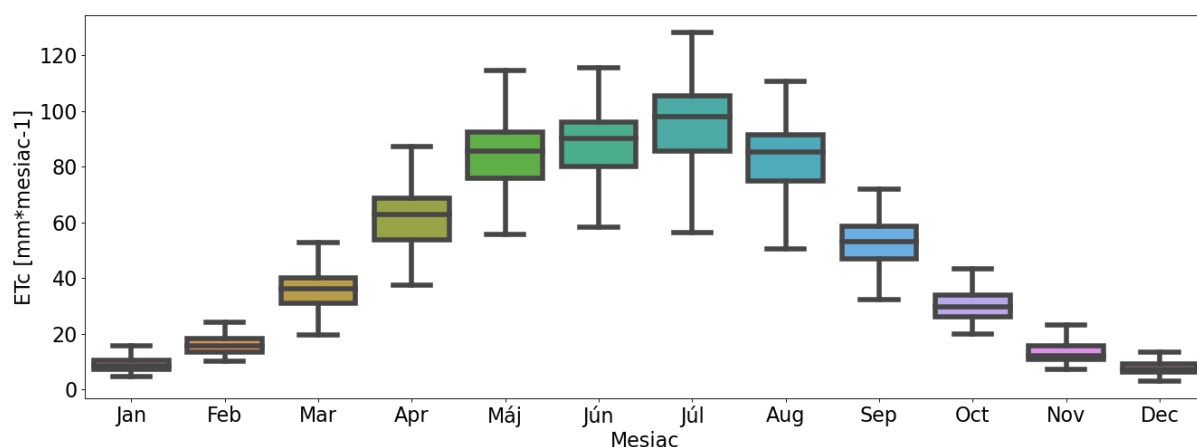
Nakoľko sa v časových radoch vyskytovali dni, kedy nebolo možné vypočítať hodnoty referenčnej evapotranspirácie z dôvodu chýbajúcich klimatologických dát, nebolo by možné určiť trendy ročných hodnôt ani mesačné a ročné hodnoty evapotranspirácie. Preto sme chýbajúce dáta plodinovej evapotranspirácie modelovali s využitím Random Forest Regressor modelu na základe výsledných dát plodinovej evapotranspirácie v najbližších staniách. Podrobný postup je vysvetlený v dizertačnej práci. Výsledky validácie ukazujú, že priemerné modelované hodnoty poskytujú veľmi presné odhady (Obr.4), s váženou priemernou absolútnou odchýlkou WAPE 6.9% pre denné dáta, 3% pre mesačné dáta a 2% pre ročné dáta.



Obr.4: Priebeh denných hodnôt plodinového koeficientu v staniách

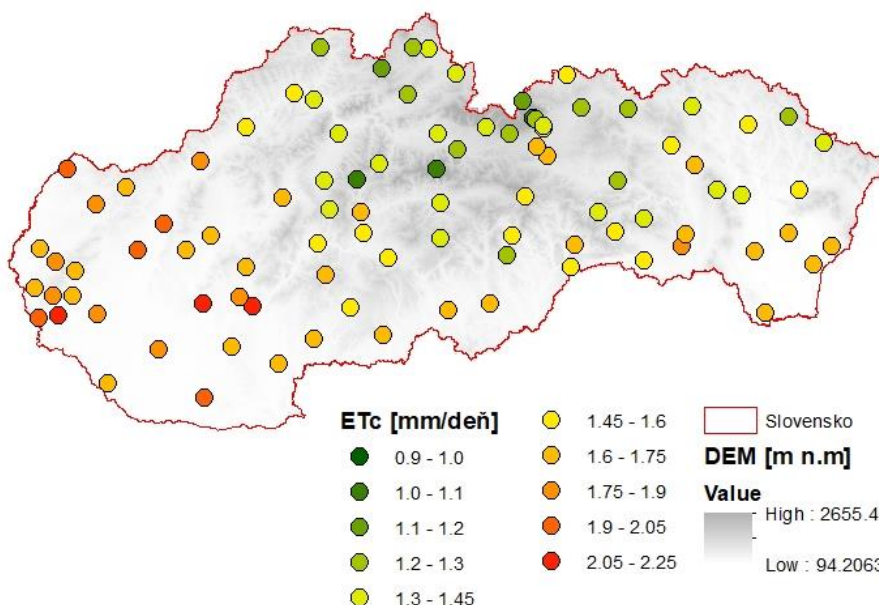
Na základe analýzy vzťahu medzi nadmorskou výškou a priemernou absolútnou odchýlkou v staniách je zrejmé, že s rastúcou nadmorskou výškou rastie aj priemerná absolútna odchýlka. Tento fakt je pravdepodobne zapríčinený malým množstvom meracích staníc vo vyšších nadmorských výškach, čo zapríčiňuje nemožnosť nájsť pre väčšinu staníc s vyššou nadmorskou výškou takú príbuznú stanicu, ktorá sa nachádza v blízkosti a zároveň má podobný klimatický charakter.

Distribúcia priemerných mesačných hodnôt porastovej evapotranspirácie pre jednotlivé stanice v roku ukázala najväčší rozdiel medzi hodnotami v staniách v letných mesiacoch (Obr 5).



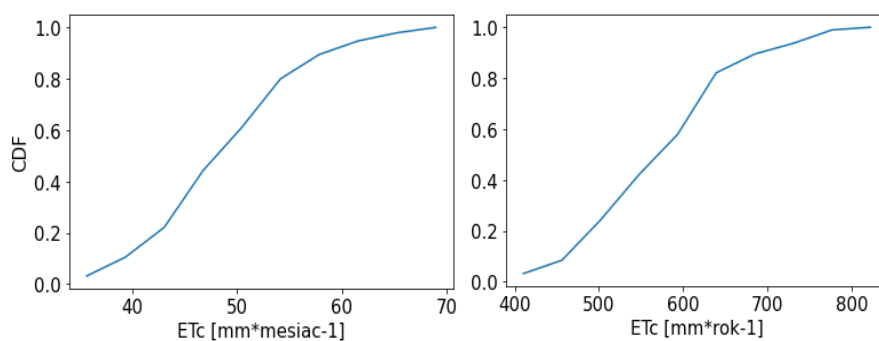
Obr. 5: Variabilita mesačných hodnôt porastovej evapotranspirácie v staniách

Na obrázku 6 sú vidieť dlhodobé priemerné denné teploty v klimatologických staniách. Z výsledkov je zreteľné, že v nížinných oblastiach Slovenska sú priemerné denné hodnoty ET_c vyššie ako v hornatých častiach Slovenska.



Obr. 6: Dlhodobý priemer denných hodnôt ET_c v staniách

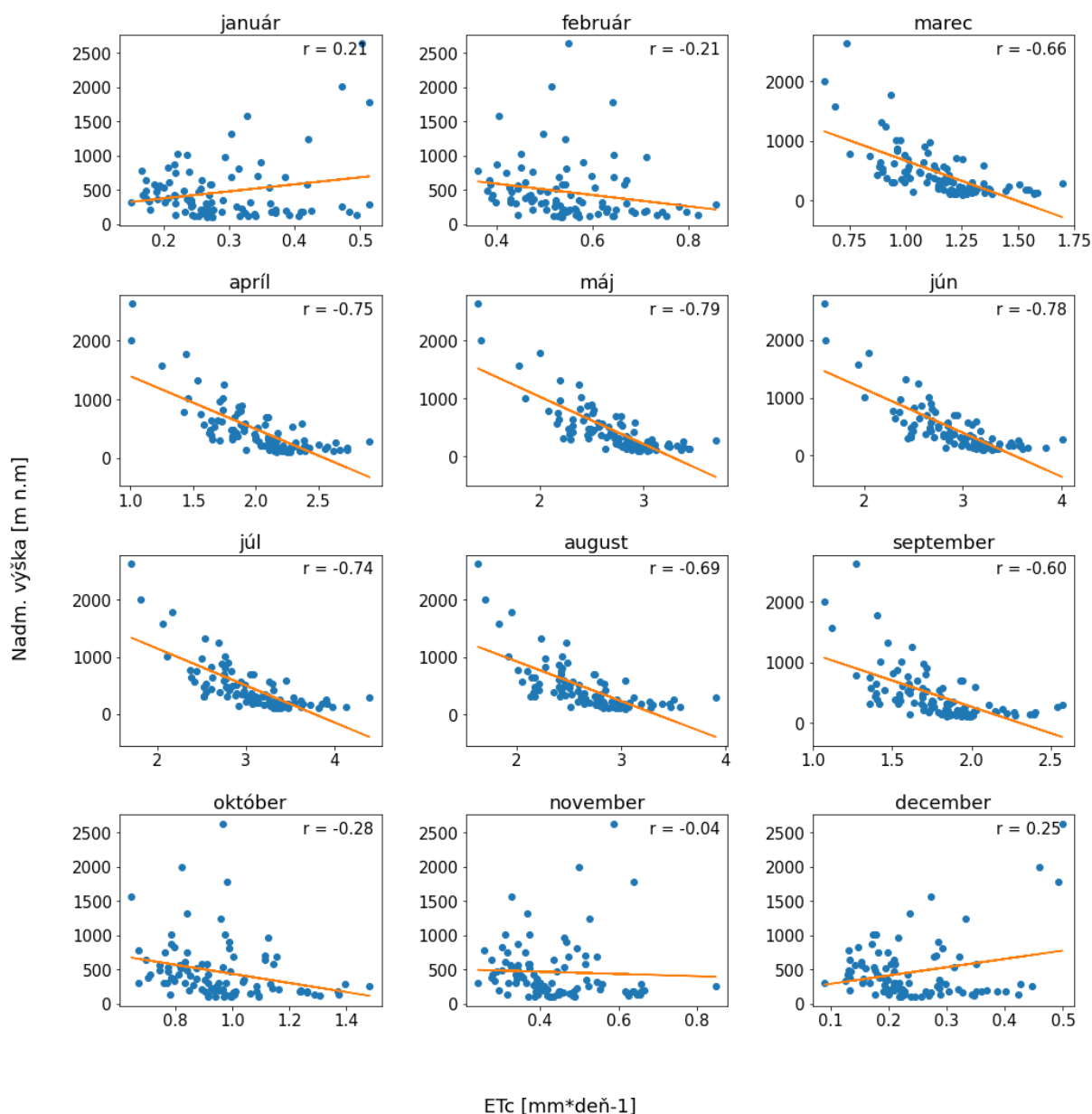
Priestorové distribúcie dlhodobých priemerných denných hodnôt evapotranspirácie v staniach pre jednotlivé mesiace ukázali významný rozdiel vo vzore distribúcie maximálnych a minimálnych hodnôt ET_c počas letných a zimných mesiacov. Počas chladných mesiacov sú rozdiely v hodnotách plodinovej evapotranspirácie minimálne, distribúcia minimálnych a maximálnych hodnôt nevykazuje žiaden priestorový vzor. Z výsledkov tiež vyplýva, že k rastu rozdielu medzi stanicami dochádza od mesiaca máj, najväčší rozptyl hodnôt je v letných mesiacoch jún až august a od mesiaca september sa rozdiely medzi stanicami znova vyrovnávajú. Výrazný rozdiel v priestorovej distribúcii hodnôt ET_c nastáva v mesiacoch júl až august, kedy dochádza v rozdielu medzi evapotranspiráciou v jednotlivých regiónoch Slovenska, prevažne v závislosti od nadmorskej výšky. V zimných mesiacoch môžeme sledovať najmä rozdiel medzi porastovou evapotranspiráciou na východnom, strednom a západnom Slovensku, na strednom Slovensku sú hodnoty referenčnej evapotranspirácie nižšie, čo je spôsobené hornatým charakterom tohto regiónu.



Obr. 7: Kumulatívna distribučná funkcia priemerných mesačných a ročných hodnôt v staniach

Mesačné hodnoty plodinovej evapotranspirácie v staniach sa pohybujú od 1.5 do 175.1 mm/mesiac, s priemerom 48.7 mm/mesiac. Medzi mesačnými hodnotami plodinovej evapotranspirácie v jednotlivých mesiacoch a nadmorskou výškou staníc bola taktiež zaznamenaná významná závislosť. Vyššie hodnoty závislosti sú v mesiacoch marec až september, rovnako ako pri analýze denných hodnôt. Priemerné ročné hodnoty evapotranspirácie v staniach sa pohybujú od 364.5 do 822.6 mm/rok, s priemernou ročnou hodnotou evapotranspirácie 570 mm/rok (Obr. 7).

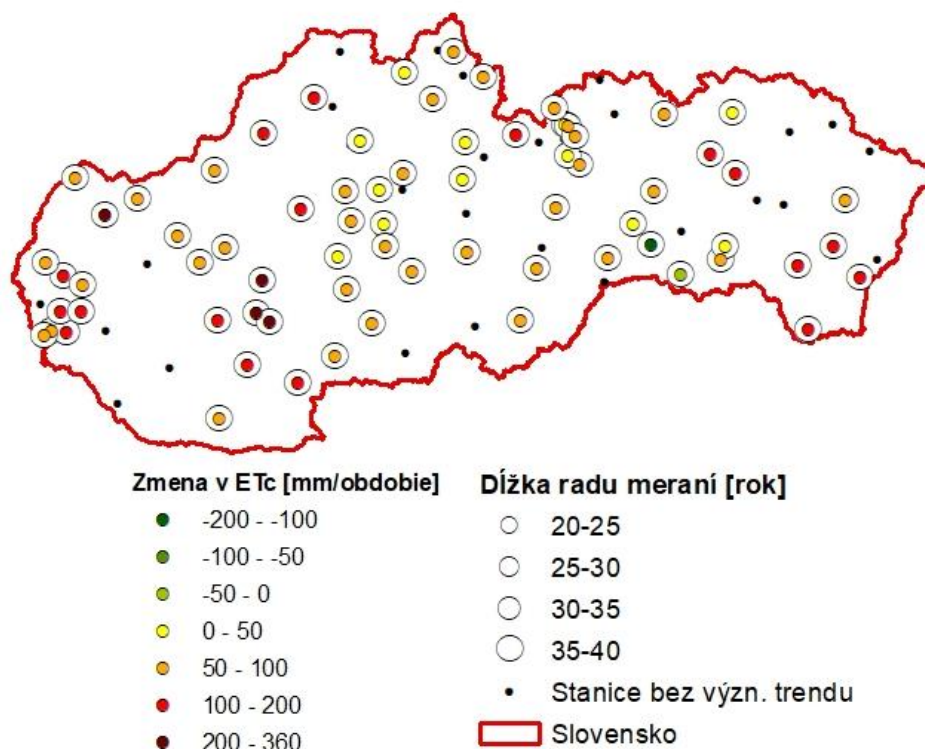
Analýza vzťahu medzi dlhodobými priemernými dennými hodnotami plodinovej evapotranspirácie pre jednotlivé mesiace a nadmorskej výšky staníc vykazuje vysokú negatívnu koreláciu v mesiacoch marec až september. (Obr 8).



Obr. 82: Závislosť medzi dlhodobými priemernými dennými hodnotami plodinovej evapotranspirácie pre jednotlivé mesiace a nadmorskou výškou staníc

3.2 Analýza trendov v ročných a mesačných hodnotách plodinovej evapotranspirácie

Pre vypočítané mesačné a ročné časové rady plodinovej evapotranspirácie v staniciach bola urobená analýza trendov pomocou Mann-Kendallovho testu trendov. Trendy boli testované v 95 klimatologických staniciach (Obr.9). Najväčší nárast ročných hodnôt plodinovej evapotranspirácie bol zaznamenaný v staniciach Mochovce (355.7mm), Senica (265.1mm) Tesárske Mlyňany (231.14mm) a Žikava (227.12mm). Viaceré klimatologické stanice umiestnené vo veľkých mestách majú výrazný rastúci trend ročných hodnôt plodinovej evapotranspirácie. Významný rastúci trend evapotranspirácie bol však zaznamenaný aj v horských oblastiach Slovenska, pričom najvyššie zmeny boli zaznamenané v stanici Podbanské, kde evapotranspirácia narástla za 40 rokov o 134 mm.



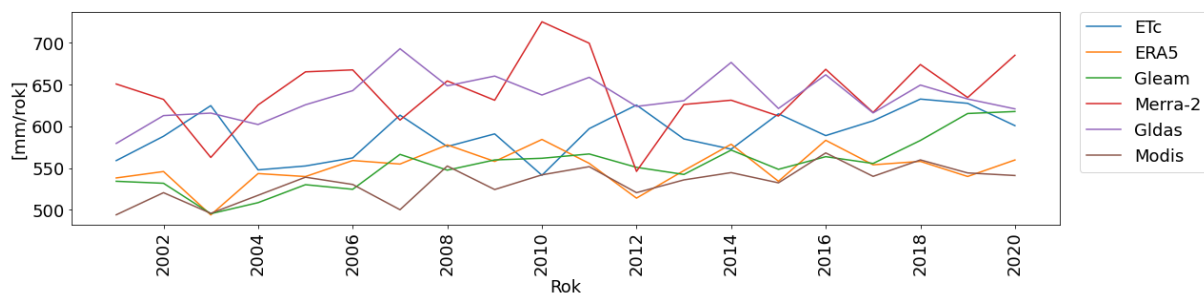
Obr. 9: Magnitúda zmien v plodinovej evapotranspirácii pre vybrané stanice a dĺžka dostupného radu dát, pre ktoré bola trendová analýza realizovaná

Trendy v mesačných hodnotách plodinovej evapotranspirácie boli analyzované tiež individuálne pre každý mesiac. Mesiace s najpočetnejším výskytom staníc s významným trendom v zmene plodinovej evapotranspirácie sú jarný mesiac apríl a letné mesiace jún-august. Október, december a január sú mesiace s najpočetnejším výskytom staníc s klesajúcim trendom ETc, v októbri je však zmena v hodnotách evapotranspirácie najvyššia. K najväčšiemu nárastu plodinovej evapotranspirácie dochádza v mesiacoch apríl a jún-august, kedy sú hodnoty narastajúcej zmeny ETc vysoké vo všetkých oblastiach Slovenska. Najvyššiu zmenu evapotranspirácie sme zaznamenali v letných mesiacoch jún-august.

3.3. Porovnanie presnosti globálnych gridových datasetov aktuálnej evapotranspirácie vo vybraných klimatologických staniciach

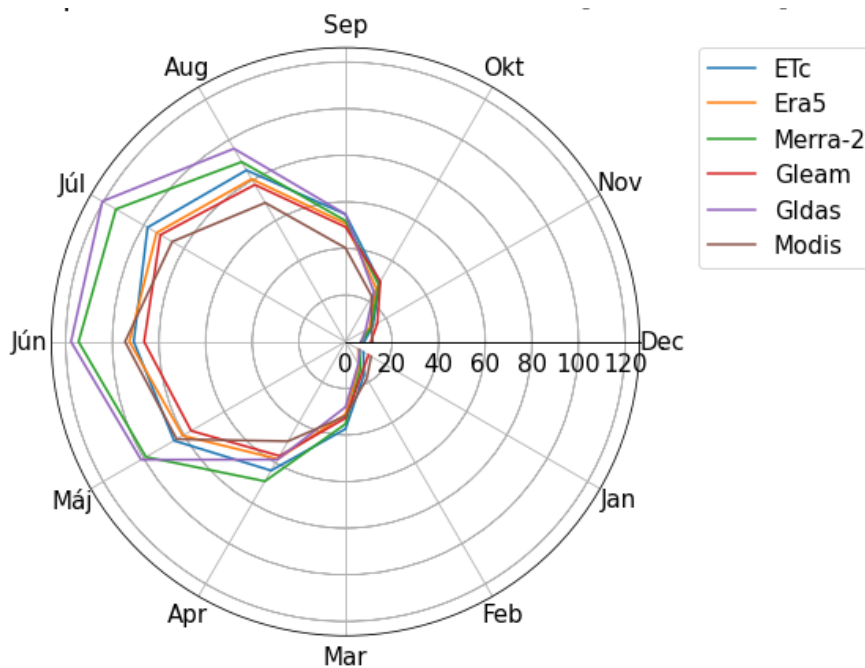
Výber gridových datasetov aktuálnej evapotranspirácie založených na diaľkovom prieskume zeme potrebných pre nasledujúce analýzy bol ovplyvnený najmä vhodným priestorovým pokrytím a dostupnou dĺžkou časového radu. Bolo vybraných 5 datasetov založených na diaľkovom prieskume zeme – Era5, Merra-2, Gleam, Gldas, Modis.

Priebeh staničného priemeru ročných hodnôt evapotranspirácie z rôznych druhov datasetov je znázornený na obrázku 10. Plodinová evapotranspirácia vypočítaná podľa FAO56 metodiky vykazuje rozdielny priebeh priemerných ročných hodnôt evapotranspirácie, ako datasety založené na diaľkovom prieskume zeme. Datasety Era5, Gleam a Modis vykazujú podobné hodnoty priemernej ročnej evapotranspirácie v staniciach, ich priemerné ročné hodnoty sú zároveň nižšie ako hodnoty ostatných datasetov. Dataset Modis poskytuje štatisticky najnižšie hodnoty priemernej ročnej evapotranspirácie zo všetkých skúmaných datasetov.



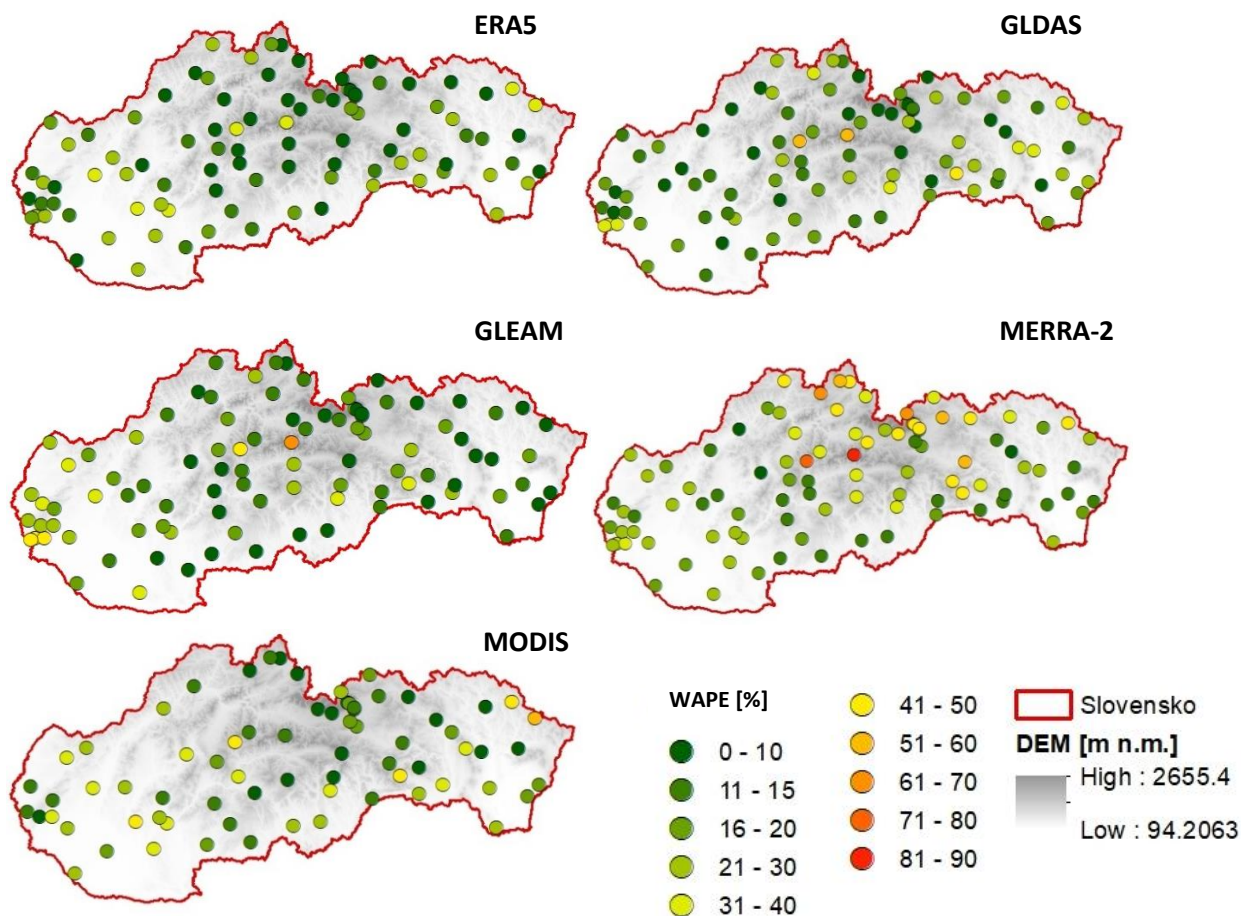
Obr. 10: Priebeh priemerných ročných hodnôt evapotranspirácie vypočítanej z rôznych datasetov

Porovnanie sezónneho priebehu dlhodobých priemerných mesačných hodnôt evapotranspirácie z rôznych datasetov ukazuje, že zatiaľ čo v prípade chladných mesiacov sú rozdiely v schopnosti datasetov odhadnúť evapotranspiráciu veľmi podobné, v prípade letných mesiacov je rozptyl odhadov mesačných hodnôt datasetov výrazný (Obr.11). Aj v tomto prípade je možné identifikovať dve skupiny datasetov s podobnou schopnosťou odhadov, datasety Gldas a Merra-2 predpokladajú dlhodobé priemerné mesačné hodnoty evapotranspirácie nadhodnotenú oproti FAO56 plodinovej evapotranspirácii, zatiaľ čo odhady datasetov ERA5, Gleam a Modis sú blízke hodnotám plodinovej evapotranspirácie.



Obr. 11: Priebeh dlhodobých priemerov mesačných hodnôt evapotranspirácie vypočítanej podľa FAO56 metodiky a z datasetov založených na diaľkovom prieskume zeme

Analýza priestorovej distribúcie WAPE v mesačných hodnotách evapotranspirácie ukázala výrazný rozdiel medzi datasetom Modis a ostatnými datasetmi (Obr. 12). Datasety Era5 a Gleam vykazujú zhodne zvýšené hodnoty priemernej absolútnej odchýlky nížinných oblastiach na západnom a východnom Slovensku a v oblasti Vysokých Tatier. Dataset Era5 zároveň vykazuje obecnú nižšiu presnosť ako dataset Gleam, s výnimkou klimatologických staníc v okolí Bratislavy. Dataset Merra-2 vykazuje vyššie hodnoty priemerných mesačných odchýlok na západnom Slovensku, v horských oblastiach vykazuje relatívne dobrú presnosť odhadu mesačných hodnôt.

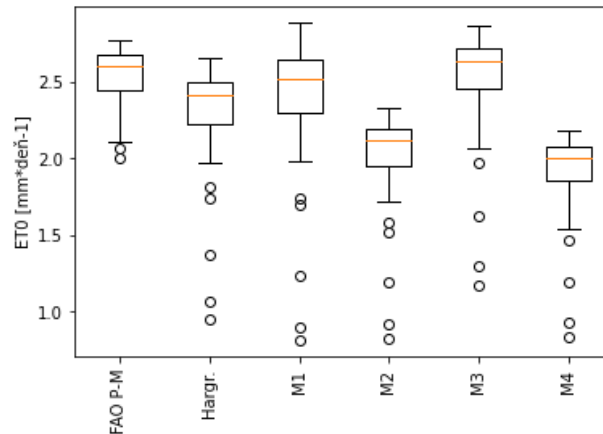


Obr.12: Priestorová distribúcia WAPE v mesačných hodnotách evapotranspirácie pre vybrané datasety založené na diaľkovom prieskume zeme

3.4 Modifikácia Hargreavesovej metódy na výpočet referenčnej evapotranspirácie pre lokálne podmienky Slovenska

Ako alternatívu pre výpočet referenčnej evapotranspirácie v prípade nedostupnosti meteorologických dát odporúča FAO-56 metodológia využitie Hargreavesovej rovnice. Pôvodná formula Hargreavesovej rovnice, ktorá má tvar $ET_0 = 0.0023 \cdot (t_{mean} + 17.8) \cdot (t_{max} - t_{min}) \cdot 0.5 \cdot R_a$, obsahuje tri koeficienty, ktoré slúžia na korekciu hodnôt referenčnej evapotranspirácie pre lokálne podmienky. V poslednej časti výskumu sme sa zaoberali modifikáciou pôvodnej Hargreavesovej metódy pre podmienky Slovenska, na základe hodnôt referenčnej evapotranspirácie vypočítaných pomocou FAO-56 metodiky.

V prvom kroku bola porovnaná presnosť viacerých dostupných modifikácií Hargreavesovho modelu. Presnosť vybraných modifikácií bola porovnaná viacerými ukazovateľmi presnosti. Na základe tejto analýzy bolo zreteľné, že najlepšie výsledky poskytuje metóda navrhnutá Droogersom a Allenom (2002), ktorá poskytla zlepšenie presnosti oproti pôvodným $WAPE=19.1\%$ Hargreavesovej rovnice na $WAPE=18.5\%$. Na grafe (Obr.13) porovnávajúcim distribúciu hodnôt ET_0 vybraných metód je vidieť, že Allenova metóda (M3) poskytuje najvyššiu presnosť zo všetkých porovnávaných metód naprieč celým rozdelením.



Obr.13: Distribučné funkcie porovnávaných metód pre výpočet ET₀

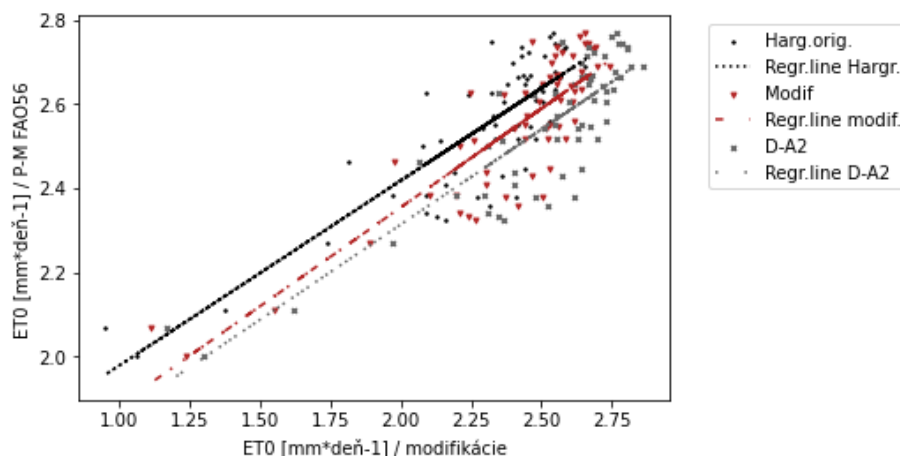
M1(Droogers & Allen, 2002), M2(Berti et al., 2014), M3(Droogers & Allen, 2002), M4(Trajkovic & Kolakovic, 2009)

Optimalizáciu hodnôt koeficientov sme robili pomocou metódy nelineárnej regresie ("curve fitting"). Kalibrácia koeficientov prebiehala postupne, v každej stanici individuálne. V procese kalibrácie koeficientov sa ukázalo, že modifikácia koeficientu k₂ prispieva k zníženiu presnosti metódy. Malé zlepšenie presnosti priniesla len modifikácia koeficientov k₁ a HC, ktorých zníženie hodnoty zlepšilo presnosť modelu o 0.6%. Navrhovaná modifikácia rovnice má tvar:

$$ET_0 = 0.0029 \times 0.408 \times R_{ax} \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - 19.7 \right) \times (T_{max} - T_{min})^{0.4}$$

kde Ra je extraterestriálna radiácia z MJ*m⁻²*deň⁻¹; T_{min} je minimálna teplota vzduchu v °C; T_{max} je maximálna teplota vzduchu v °C.

Navrhovaná modifikácia priniesla relatívne zanedbateľné zlepšenie schopnosti odhadnúť hodnoty ET₀ (Obr.14) v dennom kroku aj v ostatných ukazovateľoch presnosti - hodnota KGE z 0.88[-] na 0.89 [-], BIAS z 0.1% na -0.01%, Pearsonov korelačný koeficient sa nezmenil (0.95[-]).



Obr. 143: Korelácia medzi referenčnými hodnotami ET₀ a výslednými hodnotami ET₀ vybraných metód (Hargreves a Droogers & Allen)

4. Záver

Výskum ukázal, že metódy strojového učenia sú vhodným nástrojom pre modelovanie chýbajúcich klimatologických dát a dokážu dobre definovať zložité vzťahy medzi vstupnými premennými. Využitie ML modelov pre dva účely, dopĺňanie klimatologických dát aj homogenizácia dát, prinieslo v oboch prípadoch dobré výsledky.

Analýza vypočítaných hodnôt plodinovej evapotranspirácie ukázala, že dlhodobé priemerné mesačné hodnoty klesajú so stúpajúcou nadmorskou výškou stanice v teplých mesiacoch od marec až do septembra. Dôvod, prečo nebol zaznamenaný vzťah medzi nadmorskou výškou a hodnotami plodinovej evapotranspirácie v zimných mesiacoch je pravdepodobne fakt, že v zimných mesiacoch sú hodnoty plodinovej evapotranspirácie veľmi nízke a medzi stanicami s rôznymi nadmorskými výškami je minimálny rozdiel v jej hodnote. Magnitúda medzi minimálnou a maximálnou mesačnou hodnotou plodinovej evapotranspirácie v stanici a nadmorskou výškou stanice ukázala vysokú negatívnu koreláciu $R=0.82$. Z výsledku vyplýva, že hodnota referenčnej evapotranspirácie sa počas roka výraznejšie mení pri stanicach s nízkou nadmorskou výškou, čo je ovplyvnené väčšími rozdielmi v radiácii (a teda aj teplote) počas roka.

Výsledky analýzy presnosti datasetov založených na diaľkovom prieskume zeme ukazujú, že najmenšie odchýlky v presnosti odhadu evapotranspirácie poskytujú datasety ERA5, Gleam a Modis v mesačnom kroku a Era5 a Modis v ročnom. Dataset Gldas a Merra-2 majú tendenciu nadhodnocovať priemerné mesačné hodnoty v letných mesiacoch v mesiacoch september-marec sú ich odhady priemerných mesačných hodnôt relatívne presné. Dataset Gleam konštantne nadhodnocuje odhady priemerných mesačných hodnôt vo všetkých mesiacoch, avšak s nie veľkými priemernými odchýlkami. Datasety Modis a Era5 majú tendenciu nadhodnocovať odhady mesačných hodnôt v mesiaci jún, po zvyšok roka sú ich odhady podhodnotené.

5. Literatúra

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., & W, a B. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. *Irrigation and Drainage*. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.12.001>
- Berti, A., Tardivo, G., Chiaudani, A., Rech, F., & Borin, M. (2014). Assessing reference evapotranspiration by the Hargreaves method in north-eastern Italy. *Agricultural Water Management*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.03.015>
- Droogers, P., & Allen, R. G. (2002). Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. *Irrigation and Drainage Systems*, 16(1). <https://doi.org/10.1023/A:1015508322413>
- Faruk Bin Poyen, E., & Kumar Ghosh, A. (2016). Review on Different Evapotranspiration Empirical Equations. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS) Infogain Publication (Infogainpublication.Com)*, 23.
- Irmak, S., & Haman, D. Z. (1969). Evapotranspiration: Potential or Reference? *EDIS*, 2003(14). <https://doi.org/10.32473/edis-ae256-2003>
- Liang, S., Cheng, J., Jia, K., Jiang, B., Liu, Q., Xiao, Z., Yao, Y., Yuan, W., Zhang, X., Zhao, X., & Zhou, J. (2021). The global land surface satellite (GLASS) product suite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(2). <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0341.1>
- Liu, X., Xu, C., Zhong, X., Li, Y., Yuan, X., & Cao, J. (2017). Comparison of 16 models for reference crop evapotranspiration against weighing lysimeter measurement. *Agricultural Water Management*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.01.017>
- Matejka F., Hurtalová T.. (2005). VZŤAH MEDZI POTENCIÁLNOU A REFERENČNOU EVAPOTRAN-SPIRÁCIU. 39–46.
- Matusek, I., Reth, S., Heerdt, C., Hrcckova, K., Gubis, J., & Tall, A. (2017). Review of lysimeter stations in Slovakia. 17. *Gumpensteiner Lysimetertagung: LysimeterForschung-Möglichkeiten Und Grenzen Lysimeter Research - Options and Limits*, 209–2012.
- Miralles, D. G., Holmes, T. R. H., De Jeu, R. A. M., Gash, J. H., Meesters, A. G. C. A., & Dolman, A. J. (2011). Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(2). <https://doi.org/10.5194/hess-15-453-2011>
- Mu, Q., Heinsch, F. A., Zhao, M., & Running, S. W. (2007). Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment*, 111(4). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015>
- Mu, Q., Zhao, M., & Running, S. W. (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 115(8). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019>
- Raza, A., Al-Ansari, N., Hu, Y., Acharki, S., Vishwakarma, D. K., Aghelpour, P., Zubair, M., Wandolo, C. A., & Elbeltagi, A. (2022). Misconceptions of Reference and Potential Evapotranspiration: A PRISMA-Guided Comprehensive Review. In *Hydrology* (Vol. 9, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/hydrology9090153>
- Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C. J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J. K., Walker, J. P., Lohmann, D., & Toll, D. (2004). The Global Land Data Assimilation System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(3). <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>
- Trajkovic, S., & Kolakovic, S. (2009). Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. *Water Resources Management*, 23(14). <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9423-4>
- Xiang, K., Li, Y., Horton, R., & Feng, H. (2020). Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration – a review. In *Agricultural Water Management* (Vol. 232). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106043>
- Xu, C. Y., & Singh, V. P. (2001). Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation. *Hydrological Processes*, 15(2). <https://doi.org/10.1002/hyp.119>
- Zhang, Q., Cui, N., Feng, Y., Gong, D., & Hu, X. (2018). Improvement of Makkink model for reference evapotranspiration estimation using temperature data in Northwest China. *Journal of Hydrology*, 566. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.021>

6. Zoznam publikačnej činnosti a ohlasov

V1 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako celok

- V1_01 KALICZ, Péter (zost.) - HLAVČOVÁ, Kamila (zost.) - KOHNOVÁ, Silvia (zost.) - SZÉLES, Borbála (zost.) - RATTAYOVÁ, Viera (zost.) - GRIBOVSKÝ, Zoltán (zost.). *HydroCarpath 2022. Hydrology of the Carpathian Basin: synthesis of data, driving factors and processes across scales : proceedings of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 24. 11. 2022* [elektronický zdroj]. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2022. USB k3/4úè, 191 s. ISBN 978-963-334-452-1. V databáze: DOI: 10.35511/978-963-334-452-1. Typ výstupu: zborník; Výstup: zahranièný; Kategória publikácie do 2021: FAI

V2 Vedecký výstup publikačnej èinnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka

- V2_01 DANÁČOVÁ, Michaela - VÝLETA, Roman - ŠKRINÁR, Andrej - RATTAYOVÁ, Viera. Case study of integrating erosion control, river restoration and flood protection into spatial planning on a local scale. In *Public recreation and landscape protection - with sense hand in hand? : conference proceedings. 11th-13th May 2020, Køtity*. 1. vyd. Brno : Mendel University in Brno, 2020, S. 90-94. ISSN 2336-6311. ISBN 978-80-7509-715-6. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85087276038. Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_02 NÉMETOVÁ, Zuzana - KOHNOVÁ, Silvia - RATTAYOVÁ, Viera. A methodological procedure for the application and validation of a physically-based erosion model in the Slovak catchment. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 21/2019 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2019, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_03 RATTAYOVÁ, Viera. Vplyv spôsobu využívania územia na erózne procesy. In MATOKOVÁ, Katarína. *Zborník súťažných prác mladých odborníkov 2018 [elektronický zdroj] : Bratislava, 8. november 2018*. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2018, CD-ROM, [12] s. ISBN 978-80-88907-98-5. Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2_04 RATTAYOVÁ, Viera - LABAT, Marija Mihaela [Labat, Marija Mihaela,]. Modeling the effect of land management on runoff and erosion processes. In *HydroCarpath 2018. Catchment Processes in Regional Hydrology: Field Experiments and Modelling in Carpathians Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 12. 11. 2018.* 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2018, S. 34. ISBN 978-963-334-199-5.
Kategória publikácie do 2021: AFK
- V2_05 RATTAYOVÁ, Viera. Analýza neistôt v parametroch CN metódy a ich vplyv na výsledné hodnoty kulminačných prietokov na vybraných povodiach v myjavskom regióne. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 16th 2019, Bratislava.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 176-181. ISBN 978-80-227-4972-5.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_06 RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila - LABAT, Marija Mihaela [Labat, Marija Mihaela,] - KOHNOVÁ, Silvia. Comparison of the curve number method (SCS-CN) modifications and the application of measures for soil erosion reduction and flood protection in small ungauged catchment in the White Carpathian mountains in Slovakia. In *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2019) : proceedings. 9–13 September 2019, Prague, Czech Republic.* 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2019, [10] s., art. no. 012084. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85076593828 ; DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012084.
Kategória publikácie do 2021: AFC
- Ohlasy:
1. [1] RONEÁK, Peter - NÉMETOVÁ, Zuzana - VITKOVÁ, Justína - DANÁÈOVÁ, Michaela - TOKOVÁ, Lucia - AYDIN, Elena - VALENT, Peter - HONEK, David - IGAZ, Dušan. Effects of the application of biochar on the soil erosion of plots of sloping agricultural and with silt loam soil. In: *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2023, vol. 71, iss. 4, pp. 356-368. ISSN 0042-790X., Registrované v: SCOPUS
Ohlas: zahraničný
- V2_07 RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila - VÝLETA, Roman. Effect of a set of soil conservation measures for erosion control - case study of the village of Vrbovce, Slovakia. In *HydroCarpath 2019. Catchment Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modeling in Carpathian Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 14. 11. 2019.* 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2019, S. 40. ISBN 978-963-334-349-4.
Kategória publikácie do 2021: AFG

- V2_08 RATTAYOVÁ, Viera. Base Flow Separation Method in Conditions of the Karst Catchment. In *Abstract book for the 17th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Online, 25-26 October 2021*. Pécs : Pollack Press, 2021, online, [1] s., paper no. 76. ISBN 978-963-429-811-3.
Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_09 RATTAYOVÁ, Viera - GARAJ, Marcel - HLAVČOVÁ, Kamila. Reference evapotranspiration in selected stations of Slovakia. In *HydroCarpath 2022. Hydrology of the Carpathian Basin: synthesis of data, driving factors and processes across scales [elektronický zdroj] : proceedings of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 24. 11. 2022*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2022, USB k3/4úè, s. 120, art. ID: P17. ISBN 978-963-334-452-1.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_10 RATTAYOVÁ, Viera. Časová a priestorová distribúcia hodnôt referenčnej evapotranspirácie nížinných oblastí Slovenska. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 32nd Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 26th 2022, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2022, CD-ROM, s. 197-202. ISBN 978-80-227-5251-0.
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_11 RATTAYOVÁ, Viera - GARAJ, Marcel - HLAVČOVÁ, Kamila - MIKULOVÁ, Katarína. Impact of solar net radiation input data source on accuracy of Penman-Monteith reference evapotranspiration values. In *Managing Water-Energy-Land-Food under Climatic, Environmental and Social Instability [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th World Congress of EWRA on Water Resources and Environment (EWRA 2023). 27 June - 1 July 2023, Thessaloniki, Greece*. 1. vyd. Athens : European Water Resources Association, 2023, USB k3/4úè, s. 265-266. ISBN 978-618-84419-1-0.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_12 RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila - GARAJ, Marcel. Gap-filling of the missing solar radiation data using machine learning models. In *Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system in conditions of the climate variability [elektronický zdroj] : book of abstracts from the 30th Poster day 2023. Bratislava, 8 November 2023*. 1. vyd. Bratislava : Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, 2023, online, s. 35. ISBN 978-80-89139-59-0.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFH

- V2_13 RATTAYOVÁ, Viera - PARAJKA, Juraj - HLAVČOVÁ, Kamila. Changes of the balance evapotranspiration trends in Austria. In *HydroCarpath 2023. Hydrology of the Carpathian Basin: Catchment Experiments and Modeling for Improved Description and Prediction of Hydrological Processes [elektronický zdroj] : proceedings of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 9. 11. 2023*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2023, USB k34úè, s. 43, art. ID P9. ISBN 978-963-334-505-4.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: zahranièný; Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_14 VÝLETA, Roman - HLAVČOVÁ, Kamila - KOHNOVÁ, Silvia - DANÁÈOVÁ, Michaela - VALENT, Peter - SZOLGAY, Ján - RATTAYOVÁ, Viera. Protipovodňová ochrana a prevencia pred eróziou pôdy prírodne významných území: Prípadová štúdia obce Vrbovce. In *Manažment povodí a extrémne hydrologické javy 2019 [elektronický zdroj] : zborník s príspevkami. Vyhne, SR, 8. - 9. 10. 2019*. 1. vyd. Bratislava : Združenie zamestnávate34ov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, 2019, USB k34úè, [8] s. ISBN 978-80-570-1236.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_15 VÝLETA, Roman - RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila - DANÁČOVÁ, Michaela - ŠKRINÁR, Andrej - KOHNOVÁ, Silvia - SZOLGAY, Ján. Integrated methods and a complex solution for flood protection and erosion control – A case study of the village of Vrbovce, Slovakia. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 22/2020 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2020, online, [1] s. ISSN 1607-7962.
Kategória publikácie do 2021: AFG

V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu

- V3_01 GARAJ, Marcel - HOLEC, Juraj - Š• ASTNÝ, Pavel - RATTAYOVÁ, Viera. Changes in the frequency of meteorological phenomena in Slovakia between climatological normal 1961 - 1990 and 1991 - 2020. In *Meteorologický časopis / Meteorological Journal*. Roè. 26, è. 2 (2023), s. 103-110. ISSN 1335-339X.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_02 GOMIS-CEBOLLA, José - RATTAYOVÁ, Viera - SALAZAR-GALÁN, Sergio - FRANCÉS, Félix. Evaluation of ERA5 and ERA5-Land reanalysis precipitation datasets over Spain (1951–2020). In *Atmospheric Research*. No. 284 (2023), online, [18] s., art. no. 106606. ISSN 0169-8095 (2022: 5.500 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.425 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85146049484 ; CC: 000925253900001 ; DOI: 10.1016/j.atmosres.2023.106606.
Typ výstupu: článok; Výstup: zahranièný; Kategória publikácie do 2021: ADC

Ohlasy:

1. [1] TAN, Mou Leong - ARMANUOS, Asaad M. - AHMADIANFAR, Iman - DEMIR, Vahdettin - HEDDAM, Salim - AL-AREEQ, Ahmed M. - ABBA, Sani I. - HALDER, Bijay - CAGAN KILINC, Huseyin - YASEEN, Zaher Mundher. Evaluation of NASA POWER and ERA5-Land for estimating tropical precipitation and temperature extremes. In: *Journal of Hydrology*, 2023, No. 624, art. no. 129940. ISSN 0022-1694., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

2. [1] SHI, Yongming - CHEN, Cheng - CHEN, Jun - MOHAMMADI, Babak - CHERAGHALIZADEH, Majid - ABDALLAH, Mohammed - MERT KATIPOĞLU, Okan - LI, Haotian - DUAN, Zheng. Evaluation of the RF-MEP Method for Merging Multiple Gridded Precipitation Products in the Chongqing City, China. In: *Remote Sensing*, 2023, Vol. 15, no. 17, art. no. 4230., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

3. [1] MINOLA, Lorenzo - ZHANG, Gangfeng - OU, Tinghai - KUKULIES, Julia - CURIO, Julia - GUIJARRO, Jose A. - DENG, Kaiqiang - AZORIN-MOLINA, Cesar - SHEN, Cheng - PEZZOLI, Alessandro - CHEN, Deliang. Climatology of near-surface wind speed from observational, reanalysis and high-resolution regional climate model data over the Tibetan Plateau. In: *Climate Dynamics*, 2023, in press. ISSN 0930-7575., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

4. [1] HAFIZI, Hamed - SORMAN, Ali Arda. Performance assessment of multi-source, satellite-based and reanalysis precipitation products over variable climate of Turkey. In: *Theoretical and Applied Climatology*, 2023, Vol. 153, no. 3-4, pp. 1341-1354. ISSN 0177-798X., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

5. [1] TICHAVSKÝ, Radek. Understanding hydrometeorological triggers of natural hazards through dendrogeomorphology: Methods, limitations, and challenges. In: *Earth-Science Reviews*, 2023, Vol. 244, art. no. 104546. ISSN 0012-8252., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

6. [1] TORRES-VÁZQUEZ, Miguel Ángel - HALIFA-MARÍN, Amar - MONTÁVEZ, Juan Pedro - TURCO, Marco. High resolution monitoring and probabilistic prediction of meteorological drought in a Mediterranean environment. In: *Weather and Climate Extremes*, 2023, Vol. 40, no. 7, art. no. 100558. ISSN 2212-0947., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

7. [2] PAPADOPOULOS-ZACHOS, Alexandros - ANAGNOSTOPOULOU, Christina. The Link of Extreme Precipitation with the Clausius–Clapeyron Relation: The Case Study of Thessaloniki, Greece. In *COMECAP 2023 : Proceedings of the 16th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, 25-29 September 2023, Athens, Greece*. Athens : [s. n.], 2023.

Ohlas: zahraničný

8. [2] LEŠĚŠEN, Igor - BASARIN, Biljana - PODRAŠĚANIN, Zorica - MESAROŠ, Minuèer. Changes in Annual and Seasonal Extreme Precipitation over Southeastern Europe. In *COMECAP 2023 : Proceedings of the 16th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, 25-29 September 2023, Athens, Greece*. Athens : [s. n.], 2023.

Ohlas: zahraničný

9. [2] LESSIG, Christian - LUISE, Ilaria - GONG, Bing - LANGGUTH, Michael - STADTLER, Scarlet - SCHULTZ, Martin. AtmoRep: A stochastic model of atmosphere dynamics using large scale representation learning. In arXiv - CS - Artificial Intelligence. (2023).

Ohlas: zahraničný

10. [1] MO, Chongxun - LEI, Xingbi - MO, Xixi - RUAN, Ruli - TANG, Gang - LI, Lingguang - SUN, Guikai - JIANG, Changhao. Comprehensive evaluation and comparison of ten precipitation products in terms of accuracy and stability over a typical mountain basin, Southwest China. In: Atmospheric Research, 2024, iss. 297, art. no. 107116. ISSN 0169-8095., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

11. [1] CHEN, Haiyan - TUO, Ye - XU, Chong Yu - DISSE, Markus. Compound events of wet and dry extremes: Identification, variations, and risky patterns. In: Science of the Total Environment, 2023, iss. 905, art. no. 167088. ISSN 0048-9697., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

12. [1] SHAHBAZDASHTI, Reza - SHARAFATI, Ahmad - KHEYRURI, Yusef - GHASEMZADEH, Firouz - MOHAJERI, Seyed Hossein. Enhancing the TRMM precipitation product in diverse regions of Iran through an intelligent-based post-processing approach. In: Acta Geophysica, 2024-01-01, pp. ISSN 18956572., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

13. [1] PICART, Tangui - DI LUCA, Alejandro - LAPRISE, René. Uncertainty and outliers in high-resolution gridded precipitation products over eastern North America. In: International Journal of Climatology, 2024-01-01, pp. ISSN 08998418., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

14. [1] DISTEFANO, Pierpaolo - PERES, David J. - PICIULLO, Luca - PALAZZOLO, Nunziarita - SCANDURA, Pietro - CANCELLIERE, Antonino. Hydro-meteorological landslide triggering thresholds based on artificial neural networks using observed precipitation and ERA5-Land soil moisture. In Landslides. Vol. 20, iss. 12 (2023), s. 2725-2739. ISSN 1612-510X (6.700 - 2022). V databáze: CC: 001100719000012 ; DOI: 10.1007/s10346-023-02132-5., Registrované v: WOS

Ohlas: zahraničný

15. [1] ER-RONDI, Mariam - TROIN, Magali - COLY, Sylvain - BUISSON, Emmanuel - SERLET, Laurent - AZZAOU, Nourddine. Evaluation of Five Reanalysis Products over France: Implications for Agro-Climatic Studies. In Applied Sciences. Vol. 14, iss. 3 (2024), art. no. 1204. ISSN 2076-3417 (2.700 - 2022). V databáze: CC: 001159970200001., Registrované v: WOS

Ohlas: zahraničný

V3_03 LABAT, Marija Mihaela [Labat, Marija Mihaela,] - RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila. The impact of changes in land use on reductions in peak floods. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 19, è. 1 (2018), s. 69-77. ISSN 1335-6291 (2018).
Kategória publikácie do 2021: ADF

V3_04 RATTAYOVÁ, Viera - GARAJ, Marcel - HLAVČOVÁ, Kamila. Spatial and temporal variability of Aridity Index in lowland areas of Slovakia. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 23, è. 2 (2022), online, s. 273-281. ISSN 2644-4690 (2022: 0.159 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.31577/ahs-2022-0023.02.0031 ; SCOPUS: 2-s2.0-85143486962.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADN

Ohlasy:

1. [1] RONĚÁK, Peter - NĚMETOVÁ, Zuzana - VITKOVÁ, Justína - DANÁČOVÁ, Michaela - TOKOVÁ, Lucia - AYDIN, Elena - VALENT, Peter - HONEK, David - IGAZ, Dušan. Effects of the application of biochar on the soil erosion of plots of sloping agricultural and with silt loam soil. In: *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2023, vol. 71, iss. 4, pp. 356-368. ISSN 0042-790X., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

2. [1] TARNAWA, Ákos - KASSAI, Katalin M. - KENDE, Zoltán - JOLÁNKAI, Márton. Changes of drought indices in relation with the geographic altitude of the crop site. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, 2023, vol. 24, iss. 2, pp. 182-186. ISSN 2644-4690., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: domáci

V3_05 RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila. Base flow separation method in conditions of the karst catchment. In *Pollack Periodica*. Vol. 18, no. 2 (2023), s. 72-77. ISSN 1788-1994 (2022: 0.298 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1556/606.2023.00538 ; SCOPUS: 2-s2.0-85159893820.
Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADM

O2 Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka

O2_01 KUBÁŇ, Martin - BRZIAK, Adam - RATTAYOVÁ, Viera. Scatterometer soil moisture data for the conceptual rainfall-runoff model. In *Abstracts and Presentation EGU General Assembly 2022 (EGU22) [elektronický zdroj] : EGUsphere - The EGU interactive community platform*. 1. vyd. Göttingen : Copernicus Publications, 2022, online, [1 s.], art. no. EGU22-2283. Dostupné na internete: <<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/EGU22-2283.html>>. V databáze: DOI: 10.5194/egusphere-egu22-2283.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: GHG

O2_02 RATTAYOVÁ, Viera - GARAJ, Marcel - KANDERA, Miroslav - HLAVČOVÁ, Kamila. Evaluation of Hargreaves method for calculation of reference evapotranspiration in selected stations of Slovakia. In *Abstracts and Presentation EGU General Assembly 2023 (EGU23) [elektronický zdroj] : EGUsphere - The EGU interactive community platform*. 1. vyd. Göttingen : Copernicus Publications, 2023, online, [1] s., art. no. EGU23-1712. V databáze:

DOI: 10.5194/egusphere-egu23-1712.

Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: GHG

- O2_03 RATTAYOVÁ, Viera - GARAJ, Marcel - MIKULOVÁ, Katarína - HLAVČOVÁ, Kamila. Modification of the Hargreaves–Samani Model coefficients for selected climatological stations of Slovakia. In *Current problems in hydrology [elektronický zdroj] : Book of Extended Abstracts and Posters from the International Conference Current Problems in Hydrology, organised by the Institute of Hydrology at the occasion of the 70th Anniversary of the establishment of the Institute of Hydrology SAS and 70 years of SAS. Smolenice, Slovak Republic, 27-29 September 2023*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská akadémia vied, 2023, S. 56. ISBN 978-80-89139-56-9.
Typ výstupu: abstrakt z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: BFB

O3 Odborný výstup publikačnej činnosti z časopisu

- O3_01 GARAJ, Marcel - RATTAYOVÁ, Viera - IVAŇÁKOVÁ, Gabriela. Využitie satelitných snímok projektu Copernicus-Sentinel pre hodnotenie dopadov sucha na stav vegetácie na západnom Slovensku v roku 2022. In *APOL Aktuálne problémy v ochrane lesa*. Roč. 4, è. 1 (2023), online, s. 39-44. ISSN 2644-6308.
Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: BDF

XXX Nezaradené

- _01 RATTAYOVÁ, Viera - LIOVÁ, Anna - HLAVČOVÁ, Kamila - SZOLGAY, Ján - VÝLETA, Roman - VALENT, Peter. Design of the characteristics of control flood waves in conditions of changes in a hydrological regime. In *HydroCarpath 2021. Catchment and River Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modeling in Carpathian Basins [elektronický zdroj] : abstracts and posters of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 26. 11. 2021*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2021, USB k34úè, s. 17, article ID: P5. ISBN 978-963-334-414-9.
Kategória publikácie do 2021: AFG

Štatistika: kategória publikačnej činnosti od 2022

V1	Vedecký výstup publikačnej činnosti ako celok	1
V2	Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka	15
V3	Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu	5
O2	Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka	3
O3	Odborný výstup publikačnej činnosti z časopisu	1
XXX	Nezaradené	1
Súčet		26

Štatistika: kategória ohlasov od 2022

1 Citácia v publikácii registrovaná v citačných indexoch			15
	Domáce	1	
	Zahraničné	14	
2 Citácia v publikácii vrátane citácie v publikácii registrovanej v iných databázach okrem citačných indexov			3
	Zahraničné	3	
Súčet			18