

# Stanovení evapotranspiračních požadavků krajiny na příkladu 3D modelu ČR

Dr. Ing. Jan Pivec<sup>1</sup>, Doc. Ing. Dalibor Moravec<sup>2</sup>, CSc., Ing. Václav Brant, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů

<sup>2</sup>Aretin Geoinformatics s.r.o., Praha

## Úvod

Evapotranspirační nároky vrstvy atmosféry přiléhající zemskému povrchu jsou jedním z nejdůležitějších aspektů vláhových poměrů stanoviště. Voda je limitujícím faktorem ovlivňujícím průběh chemických, fyzikálních a biologických procesů v krajině a v samotných ekosystémech. Vodní bilance stanoviště je dána vzájemnými interakcemi mezi jednotlivými prvky krajinného prostoru a zároveň působí na změnu těchto prvků. Zcela jednoznačně ovlivňuje progresivní a reliktové prvky a v konečné fázi působí i na změny prvků konzervativních. V důsledku ovlivnění konzervativních prvků dochází ke změnám a vzniku nových vlastností krajinného prostoru, tj. jeho struktury a kvalitativní určitosti (Kudrna, 1997). Vzájemné interakce mezi jednotlivými prvky krajinného prostoru vedou ke změnám rovnovážného stavu systémů bez ohledu na jejich hierarchické členění, či strukturu. Vodní bilance stanoviště ovlivňuje stabilitu přirozených a umělých ekosystémů z hlediska jejich struktury a funkce v krajině. Znalost vláhových poměrů stanoviště a principů jejich ovlivňování je základem pro efektivní krajinné plánování, stanovení ekologické stability krajiny a pro zemědělské a nezemědělské využívání krajiny jako přírodního zdroje. Jednou z významných složek ovlivňujících vodní bilanci stanoviště jsou ztráty vody evapotranspirací.

V rámci České republiky byla problematika stanovení potenciální evapotranspirace zpracována v pracích Tomlaina (Tomlain, 1980), který upřesnil stanovení potenciální evapotranspirace na konkrétní podmínky tehdejšího Československa a použil k vyjádření deficitu či přebytku srážek pro jednotlivé měsíce či roky poměr potenciální evapotranspirace a srážek (Epot/R). Dalším příkladem posouzení evaporačních nároků území je práce Kurpelové (Kurpelová a kol., 1975), která využila hydrotermického koeficientu Seljaninova, počítaného jako poměr srážek a výparu pro hlavní vegetační období roku pro normálovou periodu 1931–1960. Přínosem naší práce oproti zmiňovaným je vedle především netradičního přístupu zpracování datového souboru zejména základní posuzovaná plošná i časová jednotka a zavedení kritérií, používaných mezinárodní organizací FAO.

## Materiál a metoda

Cílem práce bylo stanovit hodnoty potenciální evapotranspirace (Epot) a její relace ke srážkám (R) pro území České republiky v 3D modelu s velikostí minimální hodnocené plochy odpovídající 1 ha. Velikost minimální hodnocené plochy byla zvolena z důvodů následného využití dat za účelem srovnání vypočtených dat se skutečnými hodnotami evapotranspirace v libovolném zájmovém území ČR a možného využití stanovených výstupů v dalších odvětvích lidské činnosti. Řešení stanovení evapotranspiračních nároků v krajině je založeno na zpracování třicetileté řady měření 85 klimatologických stanic ČHMÚ v období let 1961–1990, tzv. normálové období, zpracovaných v rámci práce na klimatické regionalizaci České republiky publikovaných Moravcem a Votýpkou (1998 a 2003). Samotnému zpracování dat předcházela zevrubná konverze a strukturalizace dat za účelem snížení přenosu nevěrohodných a nepřesných dat do dalšího technologického postupu. Ze souboru dat byly vyňaty údaje o maximech, minimech a průměrech denních teplot vzduchu, délka slunečního svitu a hodnoty denních úhrnů srážek. Byly vypočteny pro příslušné údaje odpovídající statistické hodnoty (součty, extrémy, směrodatné odchylky, průměry a mediány). Poté byly stanoveny korelace a koeficienty kvadratické regresní funkce, určující odchylky všech mediánů pro jednotlivé stanice metodou nejmenších čtverců, určující těsnost vztahu nezávisle proměnné – nadmořské výšky stanic – a závisle proměnných, vyjádřených mediány srážkových úhrnů a následně potenciální evapotranspirace pro příslušné období. Takto získané hodnoty jednotlivých prvků byly pomocí

prostorové interpolace vypočteny pro 7884495 miliónů bodů pravidelné sítě – gridu – s distancí 100 m (výměra ČR v ha). Poté byla provedena kartografická transformace a výsledná vizualizace v měřítku 1 : 2000000 pomocí geografického informačního systému ARC/INFO na bázi operačního systému UNIX s použitím programování v jazyce C, C++. Plocha území ČR byla pravidelně rozdělena na deset tříd, tedy každá o přibližně desetině plochy ČR, podle námi vypočtených měsíčních hodnot úhrnů Epot [mm], poměrů R/Epot a diferencí R – Epot a dle ročních hodnot Epot, poměrů R/Epot a diferencí R - Epot pro normálovém období (1961 – 1990). Dále byly jednotlivé třídy popsány dle výsušného charakteru pomocí sedmistupňové škály od nejmýsušnější přes výsušnou, mírně výsušnou, optimálně zavlaženou, mírně vlhkou, vlhkou po nejvlhčí. Zpracování datových souborů a následně grafické výstupy byly provedeny na základě metodiky Moravce a Votýpky (2003).

Pro výpočet potenciální evapotranspirace byl použit algoritmus dle metodiky FAO – <http://www.fao.org> (upravený vzorec Penman – Monteith):

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

Kde  $\lambda$  = měrné teplo výparu (2,45 MJ kg<sup>-1</sup>), ET = evapotranspirace (kg den<sup>-1</sup>),  $\Delta$  = sklon křivky závislosti tlaku nasycené páry na teplotě (kPa °C<sup>-1</sup>),  $R_n$  = radiační bilance (MJ), G = tok tepla do půdy (MJ),  $\rho_a$  = hustota vzduchu (kg m<sup>-3</sup>),  $c_p$  = měrné teplo vzduchu (1,013E<sup>-3</sup> MJ kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>),  $e_s$  = tlak nasycené páry (kPa),  $e_a$  = aktuální tlak páry (kPa),  $r_a$  = aerodynamický odpor (s m<sup>-1</sup>),  $r_s$  = stomatární odpor přenosu vodní páry (s m<sup>-1</sup>),  $\gamma$  = psychrometrická konstanta (kPa °C<sup>-1</sup>).

## Výsledky a diskuse

Výsledkem práce jsou datové soubory hodnot Epot (mm), R (mm) a R/Epot pro minimální hodnocenou plochu 1 ha a pro minimální časovou jednotku 1 den za normálové období 1961 – 1990. Dosažené výsledky výpočtů nejlépe prezentují mapy ČR v měřítku 1: 2000000 (obr. 1 a 2). Z mapy poměrů srážek a potenciální evapotranspirace (obr. 2) vyplývají nejmýsušnější oblasti v Podkrušnohoří, středních a východních Čechách a na jižní Moravě o ploše 791210 ha, tedy desetina území republiky, kde výpar převyšuje srážky až o více jak jednu čtvrtinu, poměr R/Epot dosahuje maximálně 0,755. Optimální poměr srážek a výparu od 1,0 do 1,1 reprezentuje plocha kolem 1600000 ha, tedy asi pětina území republiky. Nejvlhčí jsou potom oblasti vrchovin a především pohoří, kde srážky představují více jak 150% potenciálního výparu o ploše stejné jako v případě oblasti nejmýsušnější. Jednotlivé kategorie poměru srážek a výparu včetně plošného zastoupení dokumentuje tabulka 1.

Tabulka 1: Klasifikace tříd dle hodnot R/Epot pro ČR včetně jejich plošného zastoupení v ha.

<b>Třída – charakter:</b>	<b>R/Epot</b>	<b>Plocha (ha)</b>
1 třída – nejmýsušnější	do 0,755	791210
2 třída – výsušná	do 0,850	791602
3 třída – mírně výsušná	do 0,937	784232
4 třída – mírně výsušná	do 1,001	791544
5 třída – optimálně zavlažená	do 1,061	791600
6 třída – optimálně zavlažená	do 1,120	792118
7 třída – mírně vlhká	do 1,203	791490
8 třída – mírně vlhká	do 1,331	786523

9 třída - vlhká	do 1,508	788104
10 třída - nejvlhčí	nad 1,508	776072

Použitá metoda přizpůsobuje škálu sledovaného jevu – poměru srážek a potenciální evapotranspirace – pravidelnému rozčlenění celkové sledované plochy (7884495 ha). Tedy každé z deseti tříd škály poměru R/Epot náleží přibližně jedna desetina povrchu území republiky. Toto členění bylo zvoleno z hlediska zachycení struktury území ČR ve vztahu k poměru srážek a potenciální evapotranspirace. Grafické výstupy lze samozřejmě koncipovat i na základě jiných kritérií, např. členění dle limitních hodnot R/Epot apod., dle potřeb uživatelů výstupů.

Stanovení potenciální evapotranspirace (Epot) a její relace ke srážkám (R) lze považovat za jeden z vhodných způsobů kvantifikace nedostatku disponibilní vody nebo jejího přebytku v ekosystému. Lze ji určit relativně snadněji, než skutečnou evapotranspiraci, jíž je nutno měřit často složitými metodami. Současné hodnocení vztahu mezi výparem a srážkami či stanovení koeficientů zavlažení z agrotechnického hlediska hodnotí dané stanoviště na základě zpracování vstupních dat za hlavní vegetační období. Z hlediska stanovení množství disponibilní vody na stanovišti, např. ve vztahu k předpokládaným požadavkům kulturních rostlin během vegetace a provedení následných prognóz vývoje porostů, je potřebné se podrobně zabývat hodnocením kratších časových úseků v rámci vegetačního období, které však nejsou standardní v rámci meteorologických metod práce.

### **Závěr**

V předkládané práci jsme stanovili hodnoty poměru srážek a potenciální evapotranspirace (vypočtené na základě metodiky FAO (Penman – Monteith), algoritmu Penmanova a Turcova, v předkládané práci neuváděného) v milimetrech za den pro jednotlivé měsíce a celý rok za normálové období let 1961 – 1990. Každé z deseti tříd byla přiřazena výsušná charakteristika dle sedmistupňové škály. Výsledky byly zpracovány do mapové a tabelární podoby a jsou využitelné kupř. pro potřeby agrofytoecologie, hydropedologie a hydrologie včetně posouzení vývoje klimatu na konci minulého století.

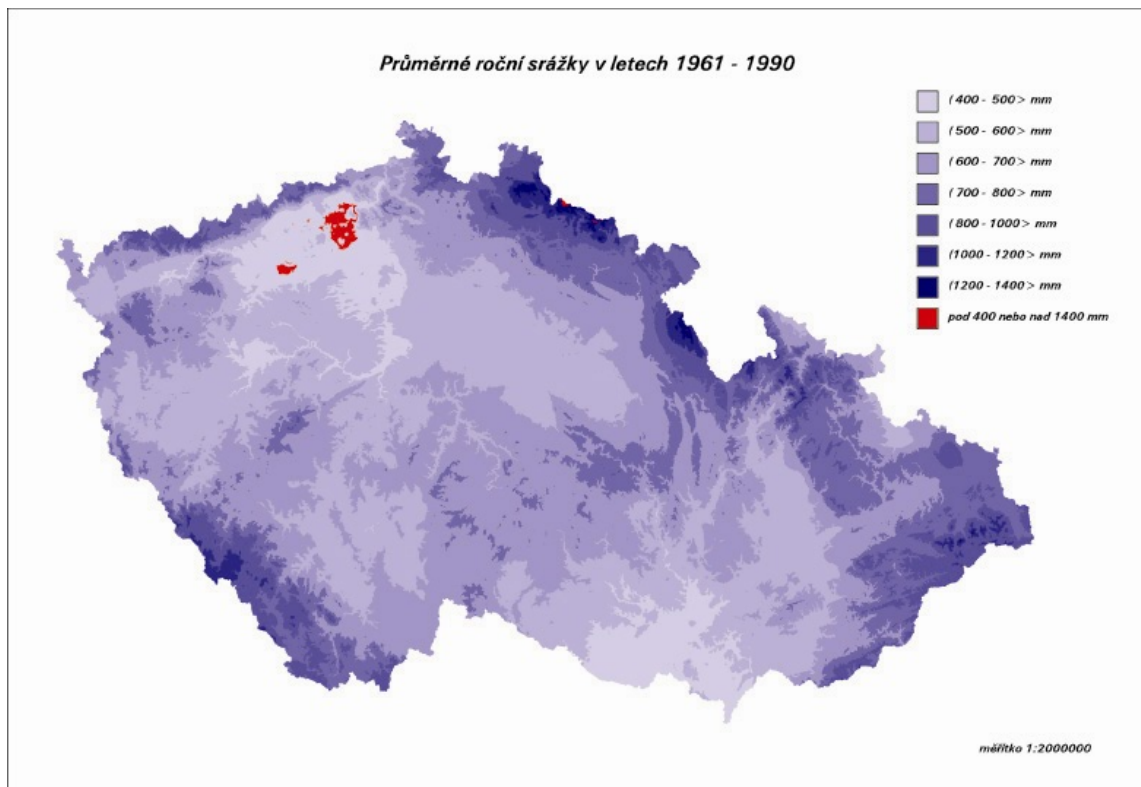
Výše uvedené výsledky mají sloužit pouze k orientačnímu přiblížení práce formou grafických výstupů. Podrobnější výsledky jsou v současné době zpracovávány do recenzované vědecké a knižní publikace.

### **Poděkování**

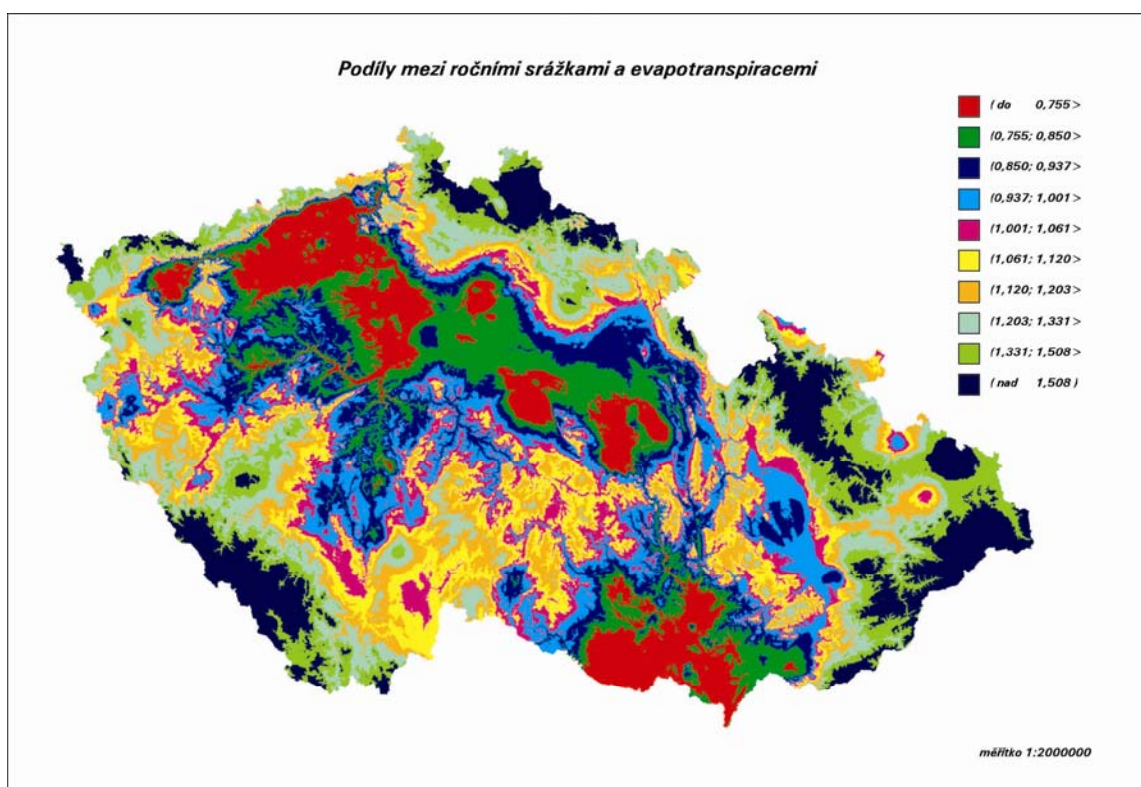
Práce vznikla v rámci projektu MSM 6046070901.

### **Použitá literatura**

- Kudrna K. (1979): Zemědělské soustavy. SZN Praha, druhé vydání, 719 s.
- Kurpelová, M., Coufal, L., Čulík, J. (1975): Agroklimatické podmínky ČSSR. Příroda – Bratislava, 267.
- Moravec, D., Votýpka, J. (1998): Klimatická regionalizace České republiky. Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, vydání 1, 87 s.
- Moravec, D., Votýpka, J. (2003): Regionalized modelling. Karolinum Press – Charles University publishing, 197.
- Tomlain, J. (1980): Výpar z povrchu půdy a jeho rozložení na území ČSSR. Vodohospodářský Časopis, 28(2), 170-205.



Obr. 1: Průměrné roční srážky v letech 1961 – 1990 v 3D modelu na území ČR.



Obr. 2: Podíl mezi ročními srážkami a evapotranspirací v letech 1961 – 1990 v 3D modelu na území ČR.