

K CHARAKTERISTIKE VLHKOSTNÝCH POMEROV VEGETAČNÝCH STUPŇOV ZÁPADNÝCH KARPÁT – INDEX SUCHA A RELATÍVNA EVAPOTRANSPIRÁCIA

Ján Tomlain, Jaroslav Škvarenina

Abstract

Characteristics of humidity conditions of altitudinal vegetation stages in Western Carpathians - relative evapotranspiration and aridity index

Altitudinal vegetation stage is a climax geobiocoenosis dominating an area by its coverage. This geobiocoenosis is determined by the vegetation, including the substituting geobiocoenosis, modified according to the changes in the macro-climate and mezzo-climate with the changing altitude (Zlatník, 1976). Western Carpathians altitudinal vegetation stages are characterized by their dominant climax tree species as follows: 1st Oak, *Quercus* (*Q*), 2nd Beech-oak, *Fagus-Quercus* (*FQ*), 3rd Oak-beech, *Quercus-Fagus* (*QF*), 4th Beech, *Fagus* (*F*), 5th Fir-beech, *Abies-Fagus* (*AF*), 6th Spruce-fir-beech, *Picea-Abies-Fagus* (*PAF*), 7th Spruce, *Picea* (*P*), 8th Mountain pine, *Mughetum* (*M*), 9th Alpine. Introduction work presents result analysis of the average monthly and annual totals of relative evapotranspiration E/E_o (E_o -potential, E -actual evapotranspiration) and aridity index according to Budyko, which express relationship between energy ability of evapotranspiration (E_o) and total precipitation (P) (for 31 meteorological stations in Slovakia, the climatic stations were classified into the appropriate vegetation stages). The average monthly totals of the air temperature and humidity, cloudiness, number of days with snow cover and precipitation were used as basic material. Relative evapotranspiration E/E_o reaches the least values ($60 < E/E_o \leq 70\%$) in lowest vegetation stages with oak. Vice-versa the highest values were reached in montane and alpine stages ($E/E_o > 90\%$). Aridity index according to Budyko is moving in interval 1,4 – 0,4 (1st Oak to 8th Mountain pine vegetation stages). Relative evapotranspiration and aridity index permit sufficiently to characterize humidity conditions in relevant bigger geobiocenological units and so they can be use in the bioclimatological modelling.

Key words: Altitudinal Vegetation Stages, Aridity index according to Budyko, Relative evapotranspiration

1. Úvod

Prírodné podmienky Slovenska v západnej časti karpatského oblúka sú značne diferencované predovšetkým v dôsledku premenlivej nadmorskej výšky a reliéfu terénu. So stúpajúcou nadmorskou výškou sa podstatne mení radiačná, termická i vodná bilancia krajiny. Na prvoradý význam klímy z hľadiska formovania prirodzenej vegetácie upozorňuje už ZLATNÍK (1959). Opisuje vegetačné stupne (vs), ako základné jednotky pre nepriame vyjadrenie výškovej klímy (vertikálnej stupňovitosti) pomocou vegetácie (biocenóz). Ich rozmanitosť je podmienená klimatickými rozdielmi vplyvom nadmorskej výšky, expozície a reliéfu, ktoré vyplývajú z konfigurácie terénu. Pôsobením týchto

činiteľov vznikli biogeocenózy zoskupené do 9 vegetačných stupňov (RAUŠER a ZLATNÍK 1966).

Sú to vegetačné stupne (vs): 1. dubový (db), 2. bukovo-dubový (bk-db), 3. dubovo-bukový (db-bk), 4. bukový (bk), 5. jedľovo-bukový (jd-bk), 6. smrekovo-bukovo-jedľový (sm-bk-jd), 7. smrekový (sm), 8. kosodrevinový (ks), 9. alpínsky (nelesný vs).

Produkcia rastlinných terestrických ekosystémov pri dostatku tepla, svetla závisí predovšetkým od zásob využiteľnej vody v najvyššom horizonte pôdy. Základnou vlastnosťou pôdy je jej schopnosť zabezpečiť vegetácii dostatok živín a potrebnú vlhkosť počas vegetačného obdobia, t.j. schopnosť pôdy prijať a udržať vodu, ako aj umožniť pohyb vody a živín ku ko-

reňom rastlín. Efektívnosť atmosférických zrážok, ktoré sú prirodzeným zdrojom zásob vody v pôde, je určovaná tak ich množstvom a rozložením počas roka, ako aj energetickými možnosťami evapotranspirácie. Pri optimálnych podmienkach rastlín aktuálna evapotranspirácia (E) sa len málo líši od úhrnov potenciálnej evapotranspirácie (maximálnej možnej evapotranspirácie pri daných meteorologických podmienkach z dostatočne vlhkej povrchovej vrstvy pôdy- E_0) a preto pomer E/E_0 (relatívna evapotranspirácia) umožňuje kvantifikovať nedostatok vody v koreňovej vrstve pôdy pre optimálny rast poľných plodín. Relatívna evapotranspirácia vyjadruje funkcionálne závislosti medzi jednotlivými zložkami rovnice energetickej a vodnej bilancie danej lokality (celkovú bilanciu žiarenia, teplotu a vlhkosť vzduchu, turbulentný stav atmosféry, rozdiel medzi napätím nasýtenej vodnej pary pri teplote vyparujúceho povrchu a aktuálnym napätím vodnej pary vo vzduchu, atmosférické zrážky, zmenu kritickej vlhkosti pôdy počas roka a tok tepla v pôde.

Predložená štúdia nadväzuje na doterajšie naše práce ohľadom fytogeografickej a klimatologickej charakteristiky vegetačných stupňov Slovenska (ŠKVARENINA, TOMLAIN, KRIŽOVÁ 2002, ŠKVARENINA, KRIŽOVÁ, TOMLAIN 2004).

2. Metódy

Modelový výpočet mesačných úhrnov E_0 , E a vlhkosti pôdy (\bar{W}) bol realizovaný spoločným riešením rovníc energetickej a vodnej bilancie povrchovej vrstvy pôdy (BUDYKO 1980). Potenciálna evapotranspirácia bola stanovená rovnicou turbulentného prenosu vodnej pary v atmosfére, teplota vyparujúceho povrchu z rovnice energetickej bilancie a aktuálna evapotranspirácia podľa vzťahu

$$E = E_0 \frac{\bar{W}}{W_0}, \quad (1)$$

kde \bar{W} je priemerná vlhkosť najvyššieho horizontu pôdy (bola stanovená z rovnice vodnej bilancie) a W_0 je kritická vlhkosť pôdy.

Z rovnice (1) je zrejmé, že pri $\bar{W} < W_0$ pomer $\frac{E}{E_0} = \frac{\bar{W}}{W_0}$, t.j. E/E_0 je funkciou

vlhkosti pôdy

Index sucha podľa Budyka (AI_B) sa stanovil: $AI_B = R/L.P$

kde R je radiačná bilancia, L skryté (latentné) teplo potrebné pre výpar a P sú zrážky (BUDYKO 1980, TOMLAIN 1991, ZUBENOK 1976).

Vstupnými údajmi použitého fyzikálno-matematického modelu sú teplota a vlhkosť vzduchu, oblačnosť, atmosférické zrážky a počet dní so snehovou pokrývkou. Hodnoty kritickej vlhkosti pôdy pre 1 m hrubú povrchovú vrstvu pôdy sa v našich klimatických podmienkach menia od 100 do 200 mm. V ročnom chode pozorujeme pokles W_0 od jari k letu a jej rast na jeseň, čo súvisí s rozvojom koreňového systému vegetácie. Počas vegetačného obdobia (apríl až september) hodnoty W_0 sa len málo líšia od optimálnej vlhkosti pôdy, zabezpečujúcej normálny rast rastlín. Vzhľadom na skutočnosť, že v súčasnosti disponujeme len obmedzeným počtom klimatických staníc, zvolili sme metódu reprezentatívnej klimatickej stanice pre daný vegetačný stupeň.

3. Výsledky a diskusia

Zistené výsledky sú spracované v tabuľke 1. Prezentujeme pomer E/E_0 (relatívna evapotranspirácia), rozdiel medzi potenciálnou a skutočnou evapotranspiráciou ($E_0 - E$) a index sucha podľa Budyka .

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty relatívnej evapotranspirácie E/E_0 v %, $(E_0 - E)$ v mm a indexu sucha podľa Budyka za referenčné obdobie 1951-1980 pre vegetačné stupne Slovenska

| Vegetačný stupeň | E/E_0 | $E_0 - E$ | Budykov index AI_B |
|--------------------------------------|---------|-----------|-------------------------|
| 1. vs dubový | 62 | 269 | 1,32 |
| 2. vs bukovo-dubový | 77 | 134 | 0,90 |
| 3. vs dubovo-bukový | 83 | 110 | 0,86 |
| 4. vs bukový | 90 | 38 | 0,80 |
| 5. vs jedľovo-bukový | 97 | 12 | 0,69 |
| 6. vs smrekovo-bukovo-jedľový | 98 | 9 | 0,39 |
| 7. vs smrekový | 98 | 8 | 0,35 |
| 8. vs kosodrevinový & 9. vs alpínsky | 99 | 8 | 0,23 |

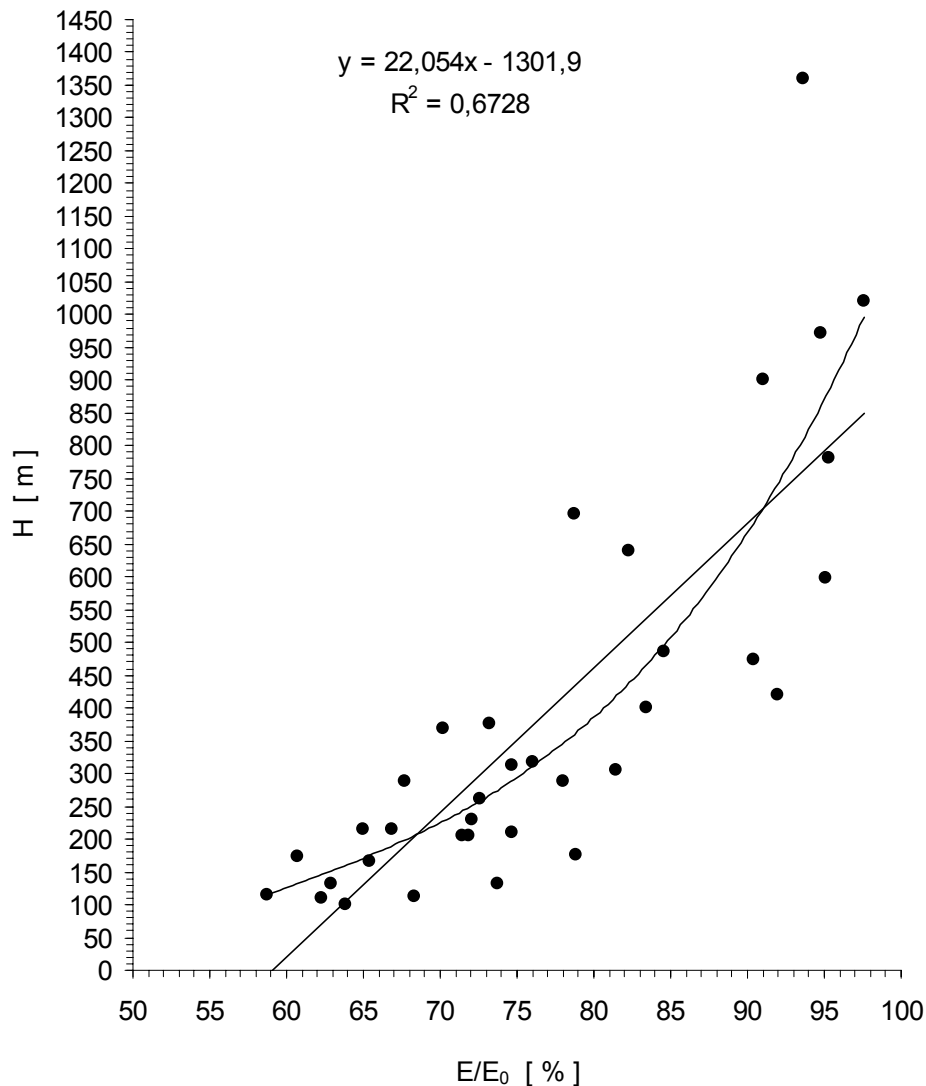
Pomer E/E_0 (relatívna evapotranspirácia)

Relatívna evapotranspirácia je výborný ukazovateľ vlhového zabezpečenia rastlín. Dosahuje v najnižších oblastiach hodnoty okolo 60 %. Smerom k vyšším vegetačným stupňom hodnota tohto pomeru rastie pričom vo 4 vs už dosahuje 90 %. Môžeme povedať že v horských polohách tento ukazovateľ čiastočne stráca na presnosti. Od 5. vs je jeho rozlišovacia schopnosť len minimálna (1 %). Obrázok 1 podáva vzťah relatívnej evapotranspirácie od rastúcej nadmorskej výšky.

Rozdiel medzi potenciálnou a skutočnou evapotranspiráciou ($E_0 - E$)

$E_0 - E$ je vhodnou charakteristikou na ocenenie vlhkosných pomerov pôdy. Na rozdiel od relatívnej evapotranspirácie umožňuje oceniť nedostatok vlhky

v absolútnych jednotkách, čo sa môže prakticky použiť pri všetkých bilančných výpočtoch a modelovaniach v lesných ekosystémoch a krajine. Z tabuľky 1 môžeme vidieť nasledovné fakty: Najväčšie rozdiely parametra ($E_0 - E > 250$ mm) pozorujeme v najnižšom a najsuchšom 1. dubovom vegetačnom stupni, t.j. v oblasti charakterizovanej pomerne vysokými sumami bilancie žiarenia a malými úhrnmi zrážok. Ekologicky práve tieto podmienky viedli k vzniku lesostepných spoločenstiev. Podmienky 1. vs sa neuplatňujú len v nížinách južného a východného Slovenska ale aj na svahoch pahorkatín kde je zvýšený radiačný príkon. S rastúcou výškou hodnota rozdielu pomerne rýchlo klesá, napriek tomu sa rozlišovacia schopnosť indexu dobre uplatňuje až do 6. vegetačného stupňa. V montánných spoločenstvách (7. až 9. vs) Karpát sledujeme už dostatok zrážok, a preto rozdiely medzi potenciálnou a skutočnou evapotranspiráciou sú minimálne.



Obrázok. 1 Lineárna závislosť priemerných ročných hodnôt E/E_0 v % od nadmorskej výšky H v m na staniách Slovenska s trendom 1. a 3. stupňa

Indexu sucha podľa Budyka (AI_B)

Tento index vyjadruje vzťah medzi energetickými možnosťami a zrážkovými vstupmi v uvažovanom vegetačnom stupni. Tento index bol použitý pre hodnotenie bioklimatologických regiónov

v celoplanetárnom merítku. O to väčšie bolo naše prekvapenie, že dokázal veľmi citlivo reagovať aj na výškové zmeny bioklimatologických podmienok na relatívne malom území. BUDYKO (1980) uvádza, že ak je hodnota indexu > 1 územie začína

mať arídny charakter (lesostep, step). Ak je hodnota indexu 0,3 – 1 charakterizuje bióm ako lesný, a ak je hodnota $AI_B < 0,3$ má ekosystém charakter tajgy (tundry).

V princípe tento charakter sa zachováva aj v Karpatском masíve. Teplé lesostepné spoločenstva s dominanciou duba majú hodnotu okolo 1 a sú v zmysle klasifikácie Zlatníka reprezentované 1 resp. sčasti aj druhým vs. Vegetačné stupne do hodnoty 0,3 predstavujú hlavné produkčné pásmo našich lesov, pričom s rastúcou výškou ako aj v spojitosti s rastom zrážok hodnota indexu pomerne rovnomerne klesá. Vegetačné stupne s $AI_B < 0,3$ už majú horský (boreálny charakter) vyznačujúci sa nízkymi teplotami a vysokými hodnotami úhrnov zrážok, tieto spoločenstva v Karpatských horách reprezentujú hlavne smrekové a kosodrevinové vegetačne stupne.

4. Závery

Vegetačný stupeň v zmysle geobotanickej školy profesora Zlatníka, predstavuje plošne prevažujúcu klimaxovú geobiocénózu determinovanú vegetáciou na určitom území, podmienená makroklímou a mezoklímou v podmienkach meniacej sa

nadmorskej výšky. Západokarpatské prírodné pomery vytvorili podmienky pre definovanie deviatich vegetačných stupňov (vs.): 1. dubový, 2. bukovo-dubový, 3. dubovo-bukový, 4. bukový, 5. jedľovo-bukový, 6. smrekovo-bukovo-jedľový, 7. smrekový, 8. kosodrevinový, 9. alpínsky.

Predložená práca prezentuje výsledky analýzy priemerných mesačných a ročných hodnôt relatívnej evapotranspirácie E/E_o (E_o - potenciálna, E - aktuálna evapotranspirácia) a indexu sucha podľa Budyka, ktorý vyjadruje vzťah medzi energetickými možnosťami evapotranspirácie (E_o) a úhrnmi zrážok (P) (na 31 meteorologických stanicích Slovenska, ktoré boli priradené do príslušných vegetačných stupňov). Relatívna evapotranspirácia dosahuje najnižších hodnôt ($60 < E/E_o \leq 70\%$) v najnižších dubových vegetačných stupňoch. Naopak najvyšších hodnôt dosahuje v najvyšších polohách – subalpínske a alpínske vs ($E/E_o > 90\%$). Index sucha podľa Budyka sa pre jednotlivé vs pohybuje v intervale od 1,4 (dúbravy) až po 0,2 (kosodrevinový a alpínsky stupeň). Relatívna evapotranspirácia, a index sucha umožňujú dostatočne charakterizovať vlhkosť pomery príslušnej väčšej geobiocénologickej jednotky a preto môžu byť použité pri bioklimatickom modelovaní.

Pod'akovanie

Autori ďakujú za podporu projektom VEGA MŠ SR No. 1/2382/05, 1/2357/05, 1/3283/06, 1/4393/07 a projektu APVT 18-016902

5. Použitá literatúra

BUDYKO, M. I., 1980: *Klimat v prošlom i budúščem*. Gidrometeoizdat, Leningrad, pp.350
TOMLAIN, J., 1991: *Modelovanie evapotranspirácie z rôznych povrchov na území Slovenska*. [1]. Hydrológia, výskum a prax, Bratislava, pp. 118- 134

TOMLAIN, J., 1996: *Modelové výpočty dôsledkov zmeny klímy na zmeny potenciálnej a aktuálnej evaptranspirácie na Slovensku*. NKP SR, N° 4, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, pp. 45- 74

TOMLAIN, J., 1991: *Charakteristika suchých a vlhkých oblastí Slovenska*. Zborník prác SHMÚ, zv. 33, Bratislava, pp. 173- 183

RAUŠER a ZLATNÍK 1966: Biogeografie (mapa č. 21). In: *Atlas ČSSR*, Praha Kartografický a reprodukční ústav s. 21

ŠKVARENINA, J. – TOMLAIN, J. - KRIŽOVÁ, E. 2002: *Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku*. Meteorol. zpr. – Meteorological Bulletin, Prague, vol. 55, No. 4, p. 103-109

ŠKVARENINA, J. – KRIŽOVÁ, E. TOMLAIN, J. - 2004: *Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages in Slovakia* Ekológia (Bratislava), Vol. 23, Supplement 2/2004: 13-19.

ZLATNÍK, A. 1959: Přehled Slovenských lesů podle skupin lesních typů. *Spisy Vědecké laboratoře biocenologie a typologie lesa LF VŠZ v Brně*, č.3, Brno, 195s

ZUBENOK, L.L., 1976: *Isparenie na kontinentach*. Gidrometeoizdat, Leningrad, pp. 264

Adresy autorov:

Ján Tomlain: Katedra astromómie fyziky Zeme a meteorológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Jaroslav Škvarenina: Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene