

ZMENY VODNEJ BILANCIE NÍŽIN NA SLOVENSKU SPÔSOBENÉ OČAKÁVANÝMI GLOBÁLNYMI ZMENAMI

Viliam Novák, Vlasta Štekauerová

Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied, Bratislava

Predpokladané zmeny klímy sú dôsledkom prirodzených fluktuácií vonkajších podmienok, ktoré ovplyvňujú Zem ako súčasť slnečnej sústavy a aktivít človeka, ktoré sa prejavujú produkciami tzv. radiačne aktívnych plynov (RA) a pevných látok rozptýlených v atmosfére, vo vode a na povrchu súše. Pre zmeny klímy má najväčší význam zmena koncentrácie oxidu uhličitého, nielen preto, že spoluvytvára skleníkový efekt, t.j. odráža dlhovlnné vyžarovanie Zeme späť na jej povrch, ale hlavne preto, lebo zvyšovanie koncentrácie CO₂ spôsobuje zmeny intenzít fotosyntézy porastov (Novák, 1994).

Predpokladané zmeny klímy sa prognózujú pomocou tzv. globálnych cirkulačných modelov (GCM), ktoré umožňujú predpoveď zmien priemerných dlhodobých mesačných teplôt vzduchu (T) a priemerných dlhodobých mesačných zrážkových úhrnov (P) pre situáciu, kedy bude koncentrácia CO₂ dvojnásobná oproti pôvodnému stavu, t.j. pre $6,6 \cdot 10^4 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. Stupeň presnosti prognóz s využitím GCM závisí na štruktúre jednotlivého modelu, skutočnosťou však je, že ani jeden z nich nemôže byť preverený porovnaním výsledku prognózy s prístrojovým meraním.

Relatívne vysoký stupeň vierohodnosti týchto modelov je v tom, že sú založené na poznatkoch z fyziky atmosféry a vyjadrujú dynamiku procesov prenosu hmoty a energie medzi oceánmi, súšou a atmosférou. Preto ako podklad pre výpočty zmien členov rovnice bilancie vody nížin budeme používať výsledky výpočtov pomocou modelov GCM.

ZMENY KLÍMY NÍŽIN

Najdôležitejšie oblasti poľnohospodárskej produkcie na Slovensku sú nížiny - Podunajská nížina a Východoslovenská nížina. Tieto oblasti sa vyznačujú relatívne vysokými teplotami vzduchu a nízkymi úhrnmi zrážok počas vegetačného obdobia, čo vedie k vysokým úhrnom potenciálnej evapotranspirácie E_0 . Zabezpečenosť rastlín vodou je možné charakterizovať pomernou klimatickou evapotranspiráciou $T = E / E_0$ kde E je ročný úhrn evapotranspirácie. Ak $T=1$, vyparujúci povrch má dostatok vody, pre $T=0$ je povrch absolútne suchý. Žitný ostrov je možné charakterizovať súčiniteľom $T < 0,6$, Východoslovenskú nížinu môžeme charakterizovať súčiniteľom $T < 0,7$. Vychádzajúc zo skutočnosti, je možné predpokladať, že závlaha je potrebná pre $T \leq 0,8$, t.zn. že v oboch horeuvedených oblastiach je už teraz doplnková závlaha potrebná. Dá sa očakávať, že ak sa scenáre vypočítané pomocou GCM stanú skutočnosťou. T počas vegetačného obdobia ešte viac poklesne. Práve nížiny sú najcitlivejšími oblasťami SR, na zmeny klímy preto je potrebné odhadnúť veľkosť týchto zmien a pripraviť sa reagovať na tento vývoj.

Cieľom tejto štúdie je orientačný výpočet zmien členov rovníc bilancie vody v nížinných oblastiach Slovenska, s využitím prognóz klímy GCM a empirických závislostí pre určenie ročného úhrnu evapotranspirácie.

METÓDA VÝPOČTU

Rovnica bilancie vody v povodí počas jedného roku v najjednoduchšom tvare je:

$$O = P - E \quad (1)$$

P - ročný úhrn zrážok, mm; O - ročný úhrn "bilančného" odtoku, mm. P, E a O sú priemerné dlhodobé úhrny. Tzv. "bilančný" odtok je objem vody ktorý z povodia odtečie po povrchu, alebo ako podpovrchový odtok do podzemných vôd odkiaľ sa dostane do tokov. Ročný úhrn zrážok P použitý vo výpočtoch je produktom GCM - je teda zadaný pre danú lokalitu.

Ročný úhrn evapotranspirácie je možné určiť z empirickej závislosti $E / E_0 = f(P / E_0)$, ktorú navrhol ešte Oldekop, v r.1911, na základe meraní v povodiach európskej časti Ruska. Použijeme Turcom navrhnutý vzťah:

$$E/E_0 = [1 + (P/E_0)^{-n}]^{-1/n} \quad (2)$$

E_0 - ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie, mm

n - empirický súčiniteľ, pre podmienky SR a ČR má hodnotu $n = 2,5$ (Novák, 1993).

Priemerný dlhodobý ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie E_0 v danej lokalite potrebný pre výpočet je možné určiť z prognózovanej priemernej dlhodobej ročnej teploty vzduchu T_r a z ročného dlhodobého prognózovaného úhrnu zrážok P. Pre určenie priemerných dlhodobých ročných úhrnov potenciálnej evapotranspirácie E_0 je možné využiť empirickú lineárnu závislosť medzi E_0 a priemernou ročnou teplotou vzduchu T_r :

$$E_0 = m \cdot T_r + E_0' \quad (3)$$

Súčiniteľ korelácie závislosti $E_0 = f(T_r)$ je $r = 0,95$, m - sklon priamky, zmena priemerneho dlhodobého ročného úhrnu potenciálnej evapotranspirácie pri zmene priemernej ročnej teploty vzduchu o 1°C ($m = 48 \text{ mm K}^{-1}$),

E_0' - priemerný dlhodobý ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie pri priemernej ročnej teplote vzduchu 0°C . ($E_0' = 224 \text{ mm}$). Údaje platia pre SR.

Po úprave rov.(2) a dosadení do nej rov.(3), dostaneme výslednú rovnicu pre výpočet E:

$$E = [(m \cdot T_r + E_0')^{-n} + P^{-n}]^{-1/n} \quad (4)$$

Po výpočte ročných úhrnov evapotranspirácie sa bilančný odtok vypočíta z rov. (1).

VÝSLEDKY

Pre výpočet členov rovnice bilancie vody boli použité prognózované ročné úhrny zrážok P a priemerné prognózované ročné teploty vzduchu T_r určené pomocou modelov globálnej cirkulácie UKMO (United Kingdom Meteorological Office) a OSU (Oregon State University USA). Podľa Brázdila (1993) a Svobodu (1994) UKMO je možné chápať ako horný odhad rovnovážnych teplotných zmien pre SR a ČR pre $2 \times \text{CO}_2$ a OSU ako možný dolný odhad týchto zmien - s výnimkou letného obdobia. Z GCM sú známe zmeny teplôt u zrážok s plošným rozlíšením po $0,5$ stupňa severnej zemepisnej šírky a stupňa zemepisnej dĺžky. Takto

určené přírůstky boli aplikované na meteorologické stanice ležiace v blízkosti uzlových bodov. Zmeny členov rovnice bilancie vody P,O,E sú vyjadrené zmenami pomerných hodnôt týchto veličín, ktoré sú definované takto:

$$\text{PREL} = \text{PCURR} / \text{PPROG}$$

$$\text{OREL} = \text{OCURR} / \text{OPROG}$$

$$\text{EREL} = \text{ECURR} / \text{EPROG}$$

Výrazy ukončené koncovkou CURR označujú priemerné dlhodobé ročné úhrny príslušnej veličiny, koncovka PROG znamená prognózované hodnoty, pre 2 x CO₂. Výsledky výpočtov sú v tab. 1

ZÁVERY

Z výsledkov výpočtov vyplýva, že:

ročné úhrny **zrážok** sa zvýšia o 6-20 percent na Žitnom ostrove, o 4-20 percent na VSN. Vyššie hodnoty sú vypočítané s použitím údajov získaných z GCM UKMO, nižšie hodnoty z GCM OSU.

ročné úhrny **evapotranspirácie** sa zväčšia 14-29 percent na Žitnom ostrove, o 15-32 percent na VSN.

ročné úhrny bilančného **odtoku** sa podľa oboch modelov GCM znížia až o 43 percent na Žitnom ostrove a o 35 % na VSN.

Ako vyplýva z ročného rozdelenia mesačných úhrnov zrážok pre lokalitu Čierny Váh (Svoboda, 1994), maximálne prírastky zrážkových úhrnov pre 2 x CO₂ pripadajú na zimné mesiace (XI-III), dá sa teda predpokladať, že zvýšený odtok bude predovšetkým v zimných mesiacoch.

Informácie o chode členov rovnice vodnej bilancie počas roka nie je zatiaľ možné získať tu uvedenou metódou. Na to je potrebné používať de@LH 6 terministické simulačné modely, ktoré sú v štádiu rozpracovania.

LITERATÚRA

- BRÁZDIL,R. (1993): Změny klimatu v České a Slovenské republice - konfrontace modelů a pozorování. Meteorolog. zprávy, 46, 101-105.
- NOVÁK,V. (1993): Zmeny vodnej bilancie krajiny v dôsledku globálnych zmien, vypočítané pomocou empirických rovníc. In: Zb. z konf. "Klimatické změny a lesní hospodářství", Brno, VŠZ, 35 - 41.
- NOVÁK,V. (1994): Můžu očekávané globální změny ovlivnit' pol'nohospodářstvo aj pozitivně ? In: Zb. z konferencie "Klimatická změna a zemědělství", Brno, VŠZ.
- SVOBODA,A. (1994): Dopady klimatických zmien na vodné zdroje - aké máme podklady? J.Hydrol. Hydromech., 42, 14-24.

Tab.1.a Očekávané ročné úhrny zrážok P, bilančného odtoku O a evapotranspirácie E pre oblasť Žitného ostrova a Východoslovenskej nížiny vypočítané z údajov modelov GCM UKMO a OSU pre 2 x CO₂.

Tab.1.b Očekávané pomerné hodnoty súčasných a prognózovaných ročných úhrnov zrážok PREL, bilančného odtoku OREL a evapotranspirácie EREL.

Územie	Použitý model GCM	a			b		
		P mm	O mm	E mm	P	O	E
Žitný ostrov	UKMO	678	129	635	0.8	1.43	0.71
	OSU	577	107	524	0.94	1.43	0.86
Východoslov. nížina	UKMO	736	188	667	0.8	1.35	0.68
	OSU	613	182	534	0.957	1.35	0.85

SUMMARY

IMPACT OF CLIMATIC CHANGES UPON WATER BALANCE OF SLOVAK LOWLANDS.

Method is presented to estimate terms of water balance equation of the Slovak lowlands due to possible global changes for 2 x CO₂. Inputs from two general circulation models (UKMO, OSU) - increments of temperature T and precipitation P were used as inputs to estimate annual values of water balance terms. Empirical relations between potential evapotranspiration E₀ of and the mean annual air temperatures T_r as well as empirical relation of the Oldekop's type $E/E_0 = f(P/E_0)$ (P - average annual precipitation, E - average annual evapotranspiration) were used. From the results it follows that annual precipitation totals can rise by 6% - 20%, annual evapotranspiration can rise by 15% - 32% and annual outflow can be lower by 35 - 43 per-cent. Reliability of the results depends mostly on reliability of the GCM outputs.