

## **Hodnotenie oblastí povodí z hľadiska potreby závlah**

Evaluation of catchment areas from the point of view of irrigation demand

*Štefan Reháč, Ľubica Kopčová*

*Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 811 02 Bratislava*

### **Abstrakt**

Nárast priemerných teplôt vzduchu v strednej Európe a klimatické scenáre a výstupy z modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry vyvolávajú požiadavku riešiť problematiku stabilizácie poľnohospodárskej produkcie aj z ohľadu na potravinovú bezpečnosť. Vysoká intenzita poľnohospodárskej výroby v nížinatých oblastiach, ktorá je tu podmienená vysokým slnečným žiarením a prirodzenou úrodnosťou pôdy vyžaduje reguláciu vodného režimu pôdy závlahou, pretože tieto oblasti sú vlhkosťne deficitné počas celého vegetačného obdobia. Vyčlenenie oblasti s potrebnou závlah bolo prevedené na základe vzťahu potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie. Výskyt sucha bol vyhodnotený štatisticky s použitím analýzy výskytu tzv. bez zrážkových dní.

**Kľúčové slová:** Evapotranspirácia, bezzrážkové obdobia, sucho, priestorové vyčlenenie potreby závlah

### **Abstract**

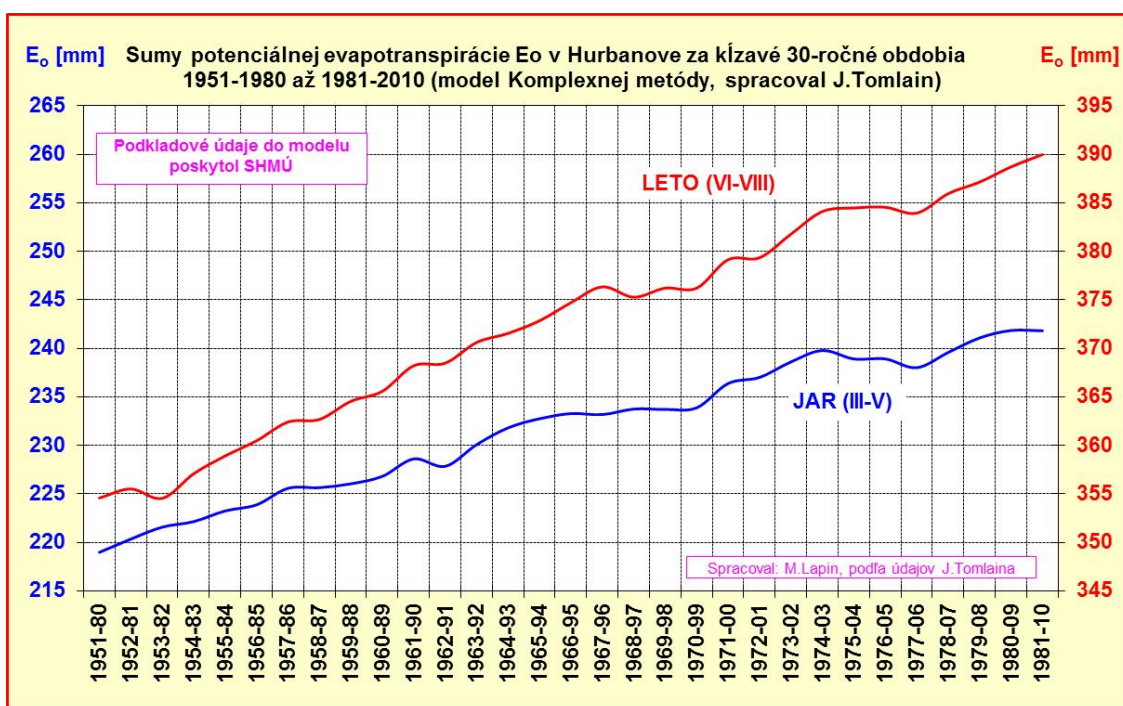
The growth of average air temperature in the Central Europe, as well as climate scenarios and outputs from models of general atmosphere circulation evokes a requirement to solve stabilisation of agricultural production also from the point of view of food security. High intensity of agricultural production in lowland areas which is conditional by high sunlight and natural fertility of soil requires the control of water regime in soil by irrigation, since those areas are moisture deficit during the whole vegetation period. Determination of areas where irrigation is needed was made according to relation of potential and actual evapotranspiration. The occurrence of drought was statistically evaluated with the help of analysis of so called rainless days.

**Key words:** Evapotranspiration, non rain period, drought, space evaluation of irrigation needs

## Úvod

Po roku 1987 sa priemery teploty vzduchu výrazne zvýšili aj v strednej Európe a rekordy najvyššej teploty od začiatku pozorovaní na jednotlivých staniciach sa vyskytujú asi 5-krát častejšie ako rekordy najnižšej teploty.

Ak aplikujeme na prípravu scenárov mimoriadnych epizód počasia výstupy modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry, tak môžeme reálne predpokladať rast mimoriadne vysokých úhrnov zrážok a rast počtu dní so suchom do roku 2100 až o 50% v porovnaní s podobnými mimoriadnymi epizódami v minulosti. Je zrejmé, že problémy so suchom budú významnejšie na juhu Slovenska a problémy s intenzívnymi zrážkami vyvolávajúcimi prívalové povodne predovšetkým v hornatej časti Slovenska.



Obr. 1 Časový priebeh 30-ročných kĺzavých priemerov súm potenciálnej evapotranspirácie  $E_o$  v Hurbanove za ročné obdobia jar (marec až máj) a leto (jún až august) v období 1951-2010, vypočítané podľa modelu Komplexnej metódy (doplnené, detaily sú v Hrvol' et al., 2001).

V dôsledku predpokladaných klimatických zmien dôjde v budúcnosti aj k závažným zmenám v oblasti závlahového hospodárstva. V dôsledku zvyšovania teploty vzduchu, povrchu pôdy a povrchu vodných plôch sa zvýši výpar a poľnohospodárske plodiny začnú trpieť väčším nedostatkom vlhky ako doteraz. Potreba závlah sa postupne stane hlavným faktorom keď už

nie zvyšovania, tak aspoň udržania potrebnej pôdnej úrodnosti. V nížinných oblastiach, z dôvodu predpokladu opakovania suchých vegetačných období s trvalým charakterom, sa pestovanie hlavných plodín nezaobíde bez závlah.

### **Materiál a metódy**

Efektívnosť atmosférických zrážok, ktoré sú prirodzeným zdrojom zásob vody v pôde závisí od ich množstva a rozloženia počas roka ako aj podmienok evapotranspirácie. Viacerí odborníci ukázali, že pri optimálnych podmienkach rastu poľných plodín sa úhrny aktuálnej evapotranspirácie len málo líšia od potenciálnej evapotranspirácie, t.j. maximálne možnej evapotranspirácie v daných klimatických podmienkach, ak povrchová koreňová vrstva pôdy obsahuje dostatok vody pre normálny rast poľných plodín (Rehák 1994; Šútor et al. 2010)

V súlade s metódou, ktorú navrhli M. I. Budyko a L. I. Zubenokova (1961), aktuálna evapotranspirácia  $E$  je daná vzťahom:

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

kde  $E_0$  je potenciálna evapotranspirácia,  $W$  je vlhkosť pôdy za uvažovaný časový interval a  $W_0$  je optimálna vlhkosť pôdy zabezpečujúca normálny rast poľných plodín.

Vychádzajúc z rovnice turbulentného prenosu vodnej pary od vyparujúceho povrchu do atmosféry, pre stanovenie úhrnov potenciálnej evapotranspirácie bol použitý vzťah

$$E_0 = \rho D (q_s - q_2), \quad (2)$$

kde  $\rho$  je hustota vzduchu,  $D$  – integrálny koeficient vonkajšej difúzie (v zime  $D = 0,30 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  a v lete  $D = 0,6 - 0,7 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ),  $q_s$  je merná vlhkosť vzduchu nasýteného vodnou parou pri teplote vyparujúceho sa povrchu a  $q_2$  je merná vlhkosť vzduchu vo výške 2 m nad povrchom (v meteorologickej búde).

Ak údaje o teplote vyparujúceho povrchu chýbajú, potom  $q_s$  sa určuje metódou matematického modelovania z rovnice energetickej bilancie povrchu. Priemernú vlhkosť pôdy

$$W = \frac{W_1 + W_2}{2} \quad (3)$$

určujeme z rovnice vodnej bilancie metódou postupných priblížení ( $W_1$  je vlhkosť pôdy na začiatku a  $W_2$  na konci zvoleného časového intervalu, za ktorý počítame  $W$ ).

Hodnoty optimálnej vlhkosti pôdy ( $W_0$ ) pre najvyššiu jeden meter hrubú vrstvu pôdy sa menia od 100 do 200 mm v závislosti od klimatických pomerov a ročného obdobia. V ročnom chode pozorujeme pokles  $W_0$  od jari k letu a jej rast na jeseň, čo súvisí s vývojom koreňového systému počas roka, ktorým plodiny čerpajú vodu z väčších hĺbok pôdy (Budyko 1974; Budyko, Zubenok 1961).

Z rovnice (1) je zrejmé, že  $W < W_0$  pomer

$$\frac{E}{E_0} = \frac{W}{W_0}$$

t.j.  $\frac{E}{E_0}$  je funkciou vlhkosti pôdy (4)

Relatívna evapotranspirácia  $\frac{E}{E_0}$  a tiež evapotranspiračný deficit ( $E_0 - E$ ) umožňujú kvantifikovať nedostatok vody v pôde pre optimálny rast plodín, t.j. dovoľujú stanoviť množstvo vody potrebnej na závlahy.

Podkladom pre vyhodnotenie relatívnej evapotranspirácie na území Slovenska bol modelový výpočet mesačných úhrnov potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie za vegetačné obdobie na 32 meteorologických staniciach za obdobie 1981 až 2010. Ako doplňujúce údaje boli použité ročné hodnoty  $E/E_0$  za obdobie 1951 až 1980 na 54 staniciach. Výpočet mesačných úhrnov  $E$  a  $E_0$  bol robený aplikáciou metódy založenej na spoločnom riešení rovníc energetickej a vodnej bilancie povrchu. Matematický model bol rozpracovaný na Katedre meteorológie a klimatológie Matematicko-fyzikálnej fakulty UK v Bratislave.

Zvyšovanie rozdielov medzi zrážkovými úhrnmi a úhrnmi potenciálnej evapotranspirácie zvyšuje citlivosť územia na sucho. Pri zložitých pôdnych podmienkach to znamená značnú závislosť zložiek vodnej bilancie územia od prejavov klimatickej zmeny (Šútor et al., 2007). Tvorba sucha je doménou bezzrážkového obdobia. Jeho parametrizácia t.j. frekvencia výskytu

a dĺžka trvania, je kľúčom ku kvantifikácii pôdneho sucha počas hydrologického roka v poľnohospodárskych výrobných oblastiach. Ak sa časový interval medzi zrážkami zvýši na čas, počas ktorého zásoba vody v zóne aerácie pôdy klesne vplyvom evapotranspirácie porastu až na hodnotu odpovedajúcu bodu vädnutia, začína pôdne sucho.

## Výsledky

Posúdením hodnôt ročnej relatívnej evapotranspirácie  $E/E_0$  boli definované oblasti v rámci poľnohospodárskych výrobných oblastí v jednotlivých povodiach Slovenska.

V priemere najmenšie ročné hodnoty  $E/E_0$  za obdobie 1981 až 2010 boli zaznamenané na Podunajskej nížine ( $E/E_0 < 60\%$ , t.j. v našej najteplejšej a na atmosférické zrážky najchudobnejšej oblasti.

Západná časť Záhorskej nížiny, južné Slovensko a južná časť Východoslovenskej nížiny sú v priemere za rok charakterizované relatívnou evapotranspiráciou menšou ako 65 %.

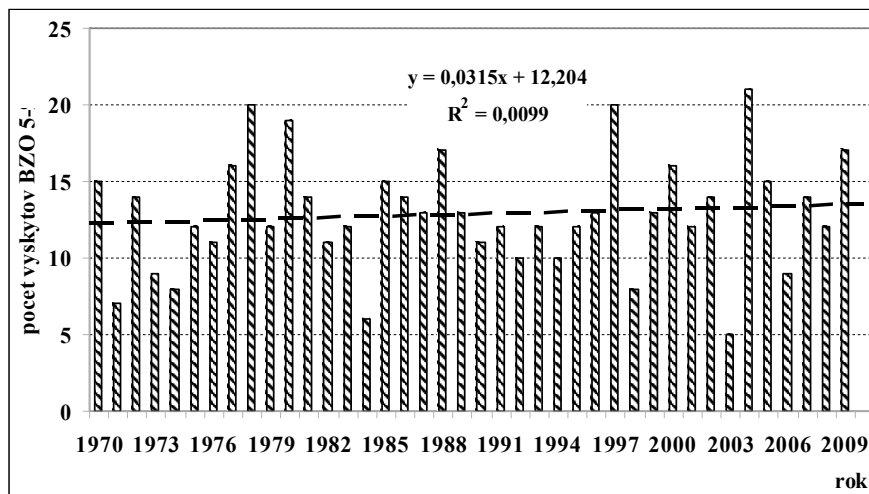
V južnej časti Košickej kotliny, na juhozápadnom Slovensku, na východnej časti Záhorskej nížiny, na Považí južne od Trenčína, na strednom Ponitří, v strednej časti Východoslovenskej nížiny na juh od Michaloviec a v juhovýchodnej časti Zvolenskej kotliny je priemerná ročná hodnota  $E/E_0$  menšia ako 70 %.

Na severe Slovenska a hlavne v horských oblastiach pozorujeme dostatok zrážok počas celého roka, a preto ročné hodnoty relatívnej evapotranspirácie sú tu väčšie ako 90 % .

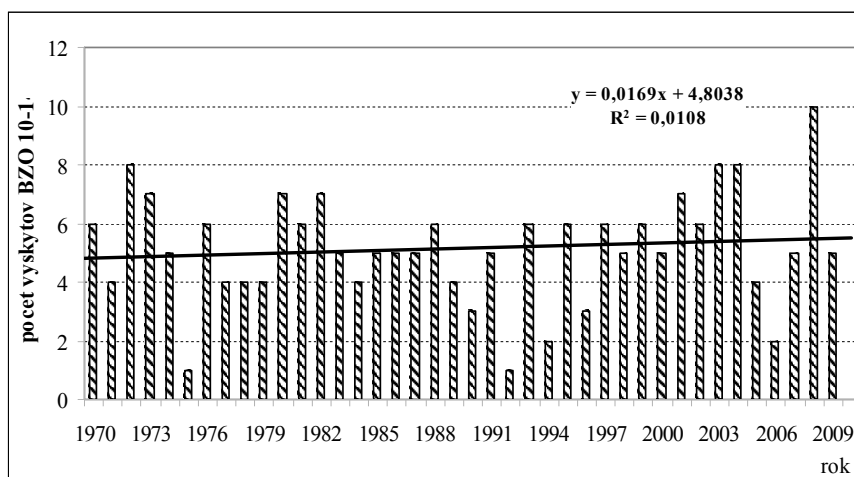
Zo súborov údajov boli spočítané periódy bez zrážok v trvaní 5-9 dní, 10-14 dní, 15-19 dní a viac ako 20 dní (t.j.  $BZO_5$ ,  $BZO_{10}$ ,  $BZO_{15}$  a  $BZO_{20}$ ). Parametrizácia zrážkových úhrnov bola urobená za predpokladu, že 3 mm úhrnná zrážka bola spotrebovaná na intercepciu, teda bezzrážkovým obdobím sa rozumie obdobie bez zrážok s trvaním 5 dní a viac, pokiaľ periódu sucha neprerušia dni so zrážkovými úhrnmi vyššími ako 3 mm.

Tab. 1 Vlhkostné charakteristiky a ich výskyt v rámci geomorfologických jednotiek v oblastiach povodí

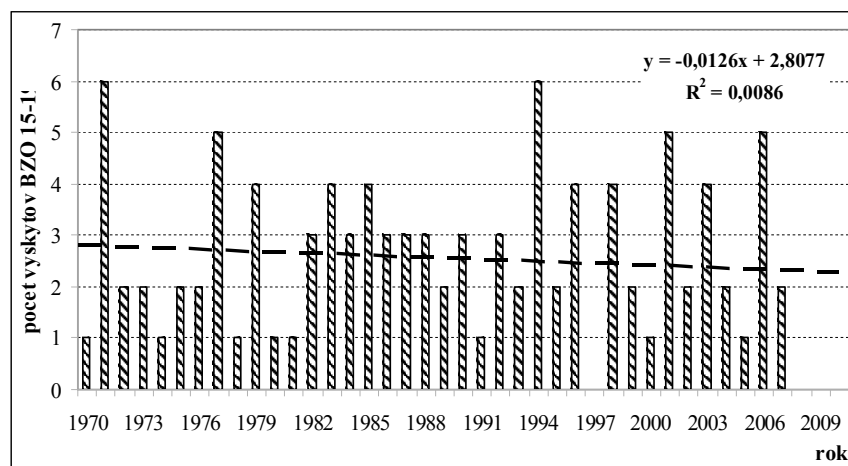
Vlhkostná charakteristika	Oblasť	Typický výskyt
$E / E_0 \leq 60 \%$	suchá	Podunajská nížina (Podunajská rovina, Podunajská pahorkatina)
$60 < E / E_0 \leq 70 \%$	Mierne suchá	Záhorská nížina, Považie južne od Trenčína, stredné Ponitrie, južné Slovensko, Východoslovenská nížina na juh od Michaloviec (Východoslovenská rovina), Lučensko – košická zníženina (Juhoslovenská kotlina, južná časť Košickej kotliny), Fatransko – tatranská oblasť (Hornonitrianska kotlina), Slovenské stredohorie (juhovýchodná časť Zvolenskej kotliny), Slovensko - moravské Karpaty (Myjavská pahorkatina), Podunajská nížina (Podunajská rovina, Podunajská pahorkatina)
$70 < E / E_0 \leq 80\%$	Mierne vlhká	stredné polohy Malých a Bielych Karpát, stredné Považie, horné Ponitrie, stredné Pohronie, údolie riek južného Slovenska, Popradská kotlina, Východoslovenská nížina na juh od spojnice Sabinov – Humenné (Východoslovenská pahorkatina), Lučensko – košická zníženina (Košická kotlina) Nízke Beskydy (Beskydské predhorie), Slovenské Rudohorie (Rožňavská kotlina, Revúcka vrchovina), Slovenské Stredohorie ( Zvolenská kotlina)
$80 < E / E_0 \leq 90 \%$	vlhká	hrebeňová poloha Malých Karpát, Žilinská kotlina, Turiec, Liptovská kotlina, Spišská kotlina, predhoria do nadmorských výšok 670 m
$E / E_0 > 90 \%$	Veľmi vlhká	severná Orava, pohoria nad 670 m nad morom



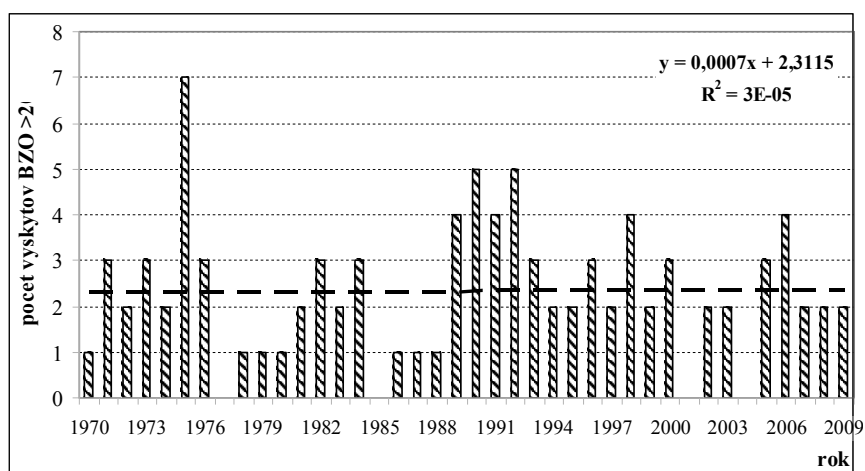
Obr.2 Počet výskytov bezrážkových dní v rozsahu 5 až 9 dní za tridsať ročné obdobie , t.j. roky 1970 až 2009, relevantných k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $E / E_0 \leq 60 \%$  a k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $60 < E / E_0 \leq 70 \%$



Obr.3 Počet výskytov bezrážkových dní v rozsahu 10 až 14 dní za tridsať ročné obdobie, t.j. roky 1970 až 2009, relevantných k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $E / E_0 \leq 60 \%$  a k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $60 < E / E_0 \leq 70 \%$



Obr.4 Počet výskytov bezzrážkových dní v rozsahu 15 až 19 dní za tridsať ročné obdobie, t.j. roky 1970 až 2009, relevantných k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $E / E_0 \leq 60 \%$  a k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $60 < E / E_0 \leq 70 \%$



Obr.5 Počet výskytov bezzrážkových dní v rozsahu nad 20 dní za tridsať ročné obdobie, t.j. roky 1970 až 2009, relevantných k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $E / E_0 \leq 60 \%$  a k oblastiam s vlhkovou charakteristikou  $60 < E / E_0 \leq 70 \%$

Podľa spracovaných výsledkov v oblastiach klasifikovaných ako „suchá“ a „mierne suchá“ (Tab.1), najviac BZO celkovo sa vyskytlo v rokoch 1990 a 1996, najviac BZO nad 20 dní v rokoch 1989 a 1991. Taktiež možno konštatovať, že najväčšia bola suma dní bezzrážkových periód v rokoch 1991 (180 dní) a 1990, najvyššia suma 20 a viac dňových periód bez zrážok sa vyskytla v rokoch 1991 (127 dní) a 1989. Dve najdlhšie periody bez zrážok sa vyskytli v rokoch 1989 a 1991. Prvá v trvaní 40 dní, druhá 44-dňová.



## Diskusia

Oblasť I. Podunajská nížina – Juh je ohraničená izočiарou relatívnej evapotranspirácie 0,6. Je to najsuchšia oblasť na Slovensku s najväčšou intenzitou poľnohospodárskej výroby.

Oblasť II. Podunajská nížina – Sever sa rozprestiera medzi Bratislavou a Šahami na území medzi izočiarami relatívnej evapotranspirácie 0,6 až 0,7. Je to mierne suchá oblasť, v ktorej by mali v budúcnosti prevládať v štruktúre plodín hustosiate obilniny.

Oblasť III. Záhorská nížina predstavuje mierne suchú oblasť ohraničenú izočiарou relatívnej evapotranspirácie 0,7 a hraničnou riekou Morava.

Oblasť IV. Juhoslovenské kotliny je mierne suchá oblasť ohraničená izočiарou relatívnej evapotranspirácie 0,7, od Šiah po Lenártovce a hranicou s Maďarskom.

Oblasť V. Východoslovenská nížina zaberá mierne suchú oblasť ohraničenú izočiарou relatívnej evapotranspirácie 0,7 a hranicami s Maďarskom a Ukrajinou.

Oblasť VI. Košická kotlina tvorí významnú oblasť pre pestovanie ovocia a zeleniny pre mestské obyvateľstvo preto v tejto oblasti je potenciál pre rozvoj závlah –mikrozávlah.

Uvedené nížinné oblasti Slovenska sú charakteristické ročnými zrážkovými úhrnmi nižšími ako sú ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie (ETc).

Oblasti I až VI sú citlivé na výskyt bezzrážkových období, kedy dochádza ku vzniku sucha ohrozujúceho poľnohospodársku produkciu.

Na základe predložených výsledkov možno konštatovať, že v procese retrospektívneho sledovania a hodnotenia BZO má počas vegetačného obdobia na vznik pôdneho sucha v poľnohospodárskych výrobných oblastiach dominantný vplyv výskyt extrémnych bezzrážkových časových períód. **BZO sú významným fenoménom klimatickej zmeny.** Z výsledkov vidieť, že nie je možné nájsť nejaký pravidelný výskyt BZO. Majú stochastický charakter.

## Záver

Vysoká intenzita poľnohospodárskej výroby v nížinných oblastiach, ktorá je tu podmienená vysokým slnečným žiarením, prirodzenou úrodnosťou pôdy však vyžaduje aj tomu zodpovedajúcu úroveň vstupov a ďalších produkčných faktorov (hnojív, pesticídov,

vysokovýkonných osív), V nížinných oblastiach, z dôvodu predpokladu opakovania suchých vegetačných období s trvalým charakterom, sa pestovanie hlavných plodín nezaobíde bez závlah, ktoré spolu s inými opatreniami a závlahovou vodou zaručia optimálny produkčný efekt.

Voda je významným faktorom produkčného procesu, ktorý dokážeme v poľnohospodárskej sústave efektívne regulovať vo výrobných oblastiach, ktoré sú vlhkostne deficitné počas celého vegetačného obdobia. Voda ako bezalternatívny produkčný faktor výrazne ovplyvňuje stabilitu a produkciu agroekosystémov v poľnohospodársky výrobných oblastiach (PVO V Európe s ohľadom na klimaticky vývoj sa závlahy prestávajú posudzovať a navrhovať ako intenzifikačný faktor poľnohospodárskej produkcie, ale ako jej stabilizačný faktor udržateľného rozvoja poľnohospodárstva. Rozšírenie závlahových sústav v oblastiach s vlhkostnou charakteristikou  $E / E_0 \leq 60 \%$  a v oblastiach s vlhkostnou charakteristikou  $60 < E / E_0 \leq 70 \%$  bude v budúcnosti jedným z hlavných adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dôsledkov meniacej sa klímy za podmienky disponibilných zdrojov vody pre závlahy.

## Literatúra

- Budyko, M.I., 1974. Klimat i žizň. Leningrad, Gidrometeoizdat.
- Budyko, M.I., Zubenok, L.I., 1961. Estimation of evaporation from the Earth. Izvestija AN SSR, Ser. Geograf., 6, 3-17. Budyko, M.I. (1974). Climate and life. Leningrad, Gidrometeoizdat.
- Hrvoľ, J., Lapin, M., Tomlain, J., 2001: Changes and variability in solar radiation and evapotranspiration in Slovakia in 1951-2000. Acta Meteorol. Univ. Comen., XXX, 31-58.
- Rehák Š., 1994. Postavenie závlah v ekosystéme poľnohospodársky využívanej krajiny. In: Možnosti zvyšovania účinnosti závlah. Bratislava: VÚZH a VŠP Nitra, s.198-200.
- Šútor, J., M. Gomboš, R. Mati (2007): Pôdne sucho - fenomén klimatickej zmeny. In: .Zb. 7. Konferencie s medzinárodnou účasťou "Vplyv vodohospodárskych stavieb na tvorbu a ochranu životného prostredia (ed. R. Cabadaj).24. - 26. 10. 2007 Podbánske, ISBN 978-80227-2729-7, s.223-234.
- Šútor, J., Rehák Š., Stradiot, P., Kalúz, K., 2010: Threshold value of water storage in soil for disruption of agro-ecosystem (AASPIC).

**Kontakt:**

Doc. RNDr. Štefan Reháč, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5

811 02 Bratislava

Tel: 421 2 59 343 325

Mobil: 0903 997 907