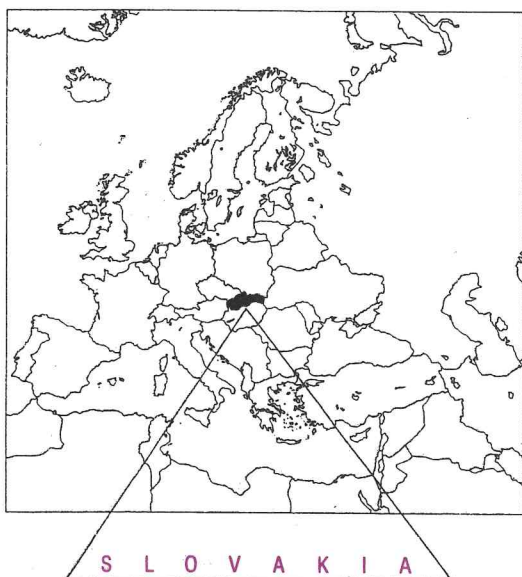


NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM SLOVENSKEJ REPUBLIKY
NATIONAL CLIMATE PROGRAMME OF THE SLOVAK REPUBLIC



NKP
7/97

PRÍSPEVOK KU SCENÁROM KLIMATICKEJ ZMENY NA SLOVENSKU
CONTRIBUTION TO THE CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR SLOVAKIA

- **REGIONÁLNE SCENÁRE VYBRANÝCH TEPLOTNÝCH A ZRÁŽKOVÝCH CHARAKTERISTÍK NA SLOVENSKU**
(Regional Scenarios of Selected Air Temperature and Precipitation Characteristics for Slovakia)
- **VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY ZMIEN SNEHOVEJ POKRÝVKY V OBLASTI NÍZKYCH TATIER V OBDOBÍ 1921 - 1995**
(Selected Snow Cover Characteristics Change in the Low Tatras Region, Slovakia, in 1921 - 1995)
- **MODELOVÝ VÝPOČET DÔSLEDKOV OČAKÁVANEJ ZMENY KLÍMY NA OBSAH VODY V PÔDE NA SLOVENSKU**
(Model Computation of the Climate Change Impacts upon Soil Moisture on the Territory of Slovakia)
- **PREDPOKLADANÉ ZMENY ÚROD OZIMNEJ PŠENICE AKO DÔSLEDOK KLIMATICKEJ ZMENY NA PODUNAJSKEJ NÍŽINE DO ROKU 2075**
(Supposed Changes in Production of Winter Wheat in Consequence of Climate Change in the Danubian Lowland up to the Year 2075)

BRATISLAVA 1997

***NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM
SLOVENSKEJ REPUBLIKY***

***NATIONAL CLIMATE PROGRAMME
OF THE SLOVAK REPUBLIC***

**NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

Zväzok 7

BRATISLAVA 1997

© MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR
SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

SLOVAK MINISTRY OF THE ENVIRONMENT
SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

1997

O B S A H

NIEPLOVÁ, E. - FAŠKO, P. - LAPIN, M.

*REGIONÁLNE SCENÁRE
VYBRANÝCH TEPLOTNÝCH A ZRÁŽKOVÝCH CHARAKTERISTÍK
NA SLOVENSKU*

7

FAŠKO, P. - HANDŽÁK, Š. - LAPIN, M.

*VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY ZMIEN SNEHOVEJ POKRÝVKY
V OBLASTI NÍZKYCH TATIER V OBDOBÍ 1921 - 1995*

46

TOMLAIN, J.

*MODELOVÝ VÝPOČET DÔSLEDKOV
OČAKÁVANEJ ZMENY KLÍMY NA OBSAH VODY V PÔDE
NA SLOVENSKU*

68

ŠÍŠKA, B. - MALIŠ, J.

*PREDPOKLADANÉ ZMENY ÚROD OZIMNEJ PŠENICE
AKO DÔSLEDOK KLIMATICKEJ ZMENY
NA PODUNAJSKEJ NÍŽINE DO ROKU 2075*

84

CONTENTS

NIEPLOVÁ, E. - FAŠKO, P. - LAPIN, M.

REGIONAL SCENARIOS
OF SELECTED AIR TEMPERATURE
AND PRECIPITATION CHARACTERISTICS
FOR SLOVAKIA

7

FAŠKO, P. - HANDŽÁK, Š. - LAPIN, M.

SELECTED SNOW COVER CHARACTERISTICS CHANGE
IN THE LOW TATRAS REGION (SLOVAKIA) IN 1921 - 1995

46

TOMLAIN, J.

MODEL COMPUTATION OF THE CLIMATE CHANGE IMPACTS
UPON SOIL MOISTURE
ON THE TERRITORY OF SLOVAKIA

68

ŠIŠKA, B. - MALIŠ, J.

SUPPOSED CHANGES IN PRODUCTION OF WINTER WHEAT
IN CONSEQUENCE OF CLIMATE CHANGE IN THE DANUBIAN
LOWLAND UP TO THE YEAR 2075

84

**NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**NATIONAL CLIMATE PROGRAMME
OF THE SLOVAK REPUBLIC**

Riešiteľ:	RNDr. Elena Nieplová, CSc. - RNDr. Pavol Faško, CSc. - - RNDr. Milan Lapin, CSc., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava
Lektor:	<i>Prof. RNDr. Ján Tomlain, DrSc., Katedra meteorológie a klimatológie, MFF UK, Bratislava</i>
Riešitelia:	RNDr. Pavol Faško, CSc. - Mgr. Štefan Handžák - - RNDr. Milan Lapin, CSc., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava
Lektor:	<i>Doc. RNDr. Eva Hrouzková, CSc., Katedra meteorológie a klimatológie, MFF UK, Bratislava</i>
Riešiteľ:	Prof. RNDr. Ján Tomlain, DrSc., Katedra meteorológie a klimatológie, MFF UK, Bratislava
Lektor:	<i>RNDr. Ján Hrvol, CSc., Katedra meteorológie a klimatológie, MFF UK, Bratislava</i>
Riešitelia:	RNDr. Bernard Šiška, CSc. - Ing. Ján Mališ, Katedra biometeorológie a hydrológie, FZKI SPU, Nitra
Lektor:	<i>Prof. RNDr. Ján Tomlain, DrSc., Katedra meteorológie a klimatológie, MFF UK, Bratislava</i>
Projekt:	MŽP SR Výskum zmien kvality ovzdušia, klimatické zmeny a narušovanie ochranných vlastností atmosféry - NKP SR
Zadávatel:	Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava

REGIONÁLNE SCENÁRE VYBRANÝCH TEPLOTNÝCH A ZRÁŽKOVÝCH CHARAKTERISTÍK NA SLOVENSKU

*Elena Nieplová, Pavol Faško, Milan Lapin
Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava*

ABSTRACT

Nieplová E., Faško P. and Lapin M., Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, Slovakia: **Regional Scenarios of Selected Air Temperature and Precipitation Characteristics for Slovakia.** Scenarios of changes in beginning, end and duration of periods with the characteristic mean daily air temperatures (T), changes of T sum for period with characteristic mean daily T, changes of precipitation (R) areal distribution in Slovakia in warm half-year (IV-IX), cold half-year (X-III) and year are based on the regional modification of T and R change scenarios for Slovakia presented in 1995 [4, 8]. Basic scenarios for the 1951-1980 period (annual T mean, January and July T means, daily T sum for main growing season (daily $T \geq 10^{\circ}\text{C}$), annual R totals, R totals for warm and cold half-years) were elaborated in the form of maps. Similar elaboration was performed for selected $2\times\text{CO}_2$ scenarios (2075 time frame). According to scenario based on GISS General circulation model (GCM) outputs regional modification for Slovakia, there is supposed an increase of January T mean by app. 6°C and July T mean by 2°C . At long term annual T mean an increase by app. 4°C is projected. These changes are reflected in the scenarios of changes in the duration of seasons with characteristic air temperatures and in the scenarios of daily T sums for growing season and the season with negative daily T means. All scenarios project no occurrence of daily T means $< 0^{\circ}\text{C}$ in south-western Slovakia in averaged T pattern in the 2075 time frame. In case of averaged daily $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ and $T \geq 15^{\circ}\text{C}$ occurrence and duration, such values are projected for the north Slovakian hollows in 2075 as there exist in the Danubian Lowland at present (scenarios GCM GFD3, GCM GISS, dT2, WPGFD3 a SDGFD3 [4, 8]). At precipitation scenarios such changes are projected for the 2075 time frame, that small decrease or no change in the growing season in some parts of Slovakia will occur. This will probably cause negative change of hydrological balance (mainly in southern Slovakia), because of significant rise of mean air temperature.

Description of Tables and Maps:

- Table 1 - Basic scenario for average beginning, end and duration of period with the characteristic mean daily temperature, mean temperature sums
- Tables 2 - 3 - Mean air temperature and mean precipitation change scenarios for Slovakia in time frames 2010, 2030, 2075
- Tables 4 - 7 - Change scenarios of average beginning, end and duration of period with the characteristic mean daily temperature in time frames 2010, 2030, 2075
- Tables 8 - 23 - Mean air temperature sum change scenarios in time frames 2010, 2030, 2075
- Figures 1 - 3 - Maps of areal distribution of annual, January and July air temperature means (in $^{\circ}\text{C}$) in Slovakia calculated for the 1951-1980 period
- Figure 4 - Map of areal distribution of average of daily mean air temperature sums $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ in Slovakia calculated for the 1951-1980 period
- Figures 5 - 7 - Maps of areal distribution of mean annual, warm and cold half year precipitation totals (in mm) in Slovakia calculated for the 1951 - 1980 period
- Figures 8 - 10 - Maps of areal distribution of annual, January and July air temperature means (in $^{\circ}\text{C}$) in Slovakia calculated for the GISS GCM scenario in the 2075 time frame
- Figures 11 - 14 Scenarios of average duration of period with mean daily temperature $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ in time frames 2010, 2030, 2075
- Figure 15 - Map of areal distribution of average of daily mean air temperature sums $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ in Slovakia calculated for the GISS GCM scenario in the 2075 time frame
- Figures 16 - 17 - Maps of areal distribution of mean warm and cold half year precipitation totals (in mm) in Slovakia calculated for CCCM GCM scenario in the 2075 time frame

1. ÚVOD

Okrem základných regionálnych scenárov zmien teploty vzduchu a zrážok sú na odhad dôsledkov klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo, ale aj iné odvetvia, potrebné scenáre ďalších teplotných a zrážkových charakteristík. Napríklad pri hodnotení vplyvov na poľnohospodárstvo sa vychádza z toho, že klimatické podmienky územia a priebeh počasia vplyvajú na rast a vývoj rastlín. Pritom základnými limitujúcimi faktormi sú slnečné žiarenie a voda. Pri hodnotení agroklimatického potenciálu krajiny nie sú vždy k dispozícii merania slnečnej radiácie, preto sa v agrometeorologických štúdiách používajú teplotné charakteristiky, ktoré dobre korelujú s príkonom energie. Pre hodnotenie vzťahu vývoja rastlín a teplotných pomerov sa využívajú teplotné sumy [3]. Každá rastlina vyžaduje určitú špecifickú teplotnú sumu, aby dosiahla určitý stav svojho vývoja. Teplotné podmienky veľkého vegetačného obdobia možno charakterizovať sumou priemerných denných teplôt $\Sigma T \geq 5^\circ\text{C}$ (T je priemerná denná teplota vzduchu), hlavného vegetačného obdobia teplotnou sumou $\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$, vegetačného leta $\Sigma T \geq 15^\circ\text{C}$. Teplotnými sumami tiež možno charakterizovať ročné obdobia, napríklad zimu sumou záporných teplôt $\Sigma T < 0^\circ\text{C}$. Pre hodnotenie vlhkosťných pomerov určitého obdobia, napr. roka, vegetačného obdobia, chladného obdobia, je potrebné poznať úhrny zrážok za toto obdobie. Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku pre časové horizonty 2010, 2030, 2075 sa získali regionálnou modifikáciou výstupov globálnych modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry - GCMs [4]. Tieto scenáre sme využili na prípravu scenárov uvedených teplotných a zrážkových charakteristík.

2. METÓDA A VÝSLEDKY

2.1 Základný scenár

Pri navrhovaní scenárov zmien klimatických charakteristík sa vychádza z hodnôt týchto charakteristík v referenčnom období. Toto obdobie má reprezentovať súčasné klimatické podmienky ("basic scenario"). Pri vypracovaní základných teplotných a zrážkových scenárov sme na základe analýz a v súlade s odporúčaniami Medzivládneho panelu pre klimatické zmeny (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) zvolili obdobie 1951 - 1980 [4]. Základný scenár rozloženia teploty vzduchu bol vypracovaný na základe analýzy údajov 49 meteorologických staníc a vytvorený bol tiež súbor územných mesačných priemerov teploty vzduchu pre Slovensko [4]. Údaje boli doplnené a homogenizované podľa odporúčaných metód [5]. Mapy priestorového rozloženia priemernej ročnej teploty vzduchu, priemernej januárovej a priemernej júlovej teploty vzduchu v období 1951 - 1980 (obr. 1, 2, 3) boli skonštruované na základe uvedených údajov do podkladov v mierke 1:1 000 000, s prihliadnutím na klimatické mapy spracované v [1] pre obdobie 1901 - 1950. Priestorové rozloženie teplotných súm $\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$ v súčasnom období (obdobie 1951 - 1980), ktoré charakterizuje vhodnosť územia pre pestovanie určitých rastlín, je na obr. 4. Okrem toho súčasný stav charakterizujú ďalšie spracované charakteristiky: priemerný začiatok, koniec a trvanie období s charakteristickými teplotami ($T < 0^\circ\text{C}$, $T \geq 5^\circ\text{C}$, $T \geq 10^\circ\text{C}$, $T \geq 15^\circ\text{C}$). Priemerný dátum začiatku a konca období s charakteristickými teplotami bol vypočítaný z teoretickej krivky ročného chodu teploty vzduchu, ktorú sme získali preložením krivky cez hodnoty priemerných mesačných teplôt vzduchu pomocou Lagrangeových polynómov [10]. V tab. 1 je spolu s priemernými sumami charakteristických teplôt pre vybraných 16 staníc uvedený priemerný dátum začiatku, konca a trvania obdobia s charakteristickou teplotou.

Základný scenár pre zrážky predstavuje priestorové rozloženie priemerných ročných úhrnov zrážok, priemerných úhrnov zrážok vo vegetačnom období (IV - IX) a v chladnom polroku (X - III) obdobia 1951 - 1980, obr. 5 až 7. Zrážkové údaje sa použili podobne ako v [9] zo 472 zrážkomerných staníc. Mapy, podobne ako pri teplotných charakteristikách, boli skonštruované s prihliadnutím na mapy spracované v [1] pre obdobie 1901 - 1950.

2.2 Potenciálne zmeny teplotných a zrážkových charakteristík

Scenáre potenciálnych zmien spomínaných teplotných a zrážkových charakteristík podmienených možnou klimatickou zmenou vychádzajú z regionálnych scenárov teploty vzduchu a zrážok na Slovensku [4].

Odhad teplotných charakteristík podľa jednotlivých regionálnych scenárov [4] bol urobený pre 16 vybraných spoľahlivých staníc, pri zrážkových charakteristikách boli analyzované údaje zo všetkých 472 staníc. Prvým krokom bol výpočet mesačných priemerov teploty vzduchu a zrážok podľa jednotlivých scenárov (tab. 2 a 3) pre tri časové horizonty a pre jednotlivé stanice. Priestorové rozloženie priemernej ročnej tep-

loty vzduchu a priemernej teploty typicky letného mesiaca a typicky zimného mesiaca podľa GCM GISS scenára pre časový horizont 2075 sú na obr. 8 - 10. Podľa GCM GISS scenára by v januári mohlo dôjsť k radikálnej zmene teplotných pomerov približne o 6 °C, v júli približne len o 2 °C. Ročný priemer teploty vzduchu by sa podľa tohto scenára mal zvýšiť o 4 °C, čo znamená, že teplotné pomery Podunajskej nížiny by sa mohli o 80 rokov vyskytovať na hornej Orave a okolo Popradu.

V prípade ďalších teplotných charakteristík bol ročný chod teploty vzduchu podľa jednotlivých scenárov aproximovaný pomocou Lagrangeových polynómov [10]. Z teoretickej krivky ročného chodu teploty vzduchu podľa jednotlivých scenárov boli určené teoretické priemerné dátumy začiatku a konca obdobia s charakteristickými priemernými dennými teplotami. Z nich bola stanovená doba trvania obdobia a sumáciou teoretických priemerných denných hodnôt teploty vzduchu medzi hraničnými dátumami bola vypočítaná teoretická priemerná suma teplôt pre jednotlivé charakteristické teploty vzduchu podľa jednotlivých scenárov.

Keďže všetky scenáre zmien teploty vzduchu (tab. 2) predpokladajú zvýšenie teploty vzduchu, všetky scenáre predpokladajú skrátenie obdobia so zápornými dennými priemerami teploty vzduchu (tab. 4 - 7), pokles absolútnej hodnoty súm záporných teplôt a nárast súm kladných charakteristických teplôt. Podľa väčšiny scenárov bude v časovom horizonte 2030 pre nížiny a pahorkatiny západného Slovenska suma záporných teplôt v priemere nulová, v časovom horizonte 2075 všetky scenáre predpokladajú pre túto oblasť v priemere nulové trvanie a priemernú nulovú sumu záporných teplôt (tab. 8 - 23). Nemožno však predpokladať, že by sa v týchto polohách prestali vyskytovať zimy so zápornými dennými priemerami teploty vzduchu. Naopak, ak predpokladáme zväčšenie variability klimatických charakteristík, je jedným z predpokladov striedanie období s miernymi a studenými zimami, prípadne s miernymi a studenými obdobiami počas zím. Zmena variability si však vyžaduje ďalšie podrobnejšie skúmanie. Scenáre GCM GISS, dT2 a SGGFD3 predpokladajú priemerné nulové trvanie záporných teplôt, a teda aj priemernú nulovú sumu týchto teplôt pre všetky polohy Slovenska do nadmorskej výšky 1500 m.

Najväčší nárast teplotných súm $T \geq 5^\circ\text{C}$ vo všetkých časových horizontoch je podľa scenára GCM GFD3: v časovom horizonte 2010 v priemere o 14 % (od 11 do 19 %, v priemere o 390 h, minimálne o 288 h, maximálne o 508 h), v časovom horizonte 2030 v priemere o 24 % (od 19 do 33 %, v priemere o 674 h, minimálne o 534 h, maximálne o 819 h), v časovom horizonte 2075 v priemere o 49 % (od 41 do 68 %, v priemere o 1356 h, minimálne o 1132 h, maximálne o 1568 h). Zmena trvania obdobia s priemernou dennou teplotou vzduchu $T \geq 5^\circ\text{C}$ sa podľa jednotlivých scenárov výrazne nelíši (tab. 4 - 7). Najväčší nárast sa predpokladá podľa scenárov GCM GISS, GSM GFD3, dT2, WPGFD3 a SDGFD3 a predpokladané trvanie podľa uvedených scenárov je prakticky rovnaké.

Najväčšie zmeny mesačných priemerov teploty vzduchu v teplom polroku, ako to dokumentuje obr. 7b v práci [4], sa predpokladá podľa scenára GCM GFD3. Je preto logické očakávať, že najväčšie zmeny pre obdobie $T \geq 10^\circ\text{C}$ budú podľa tohto scenára. Predpokladané trvanie tohto obdobia v troch časových horizontoch sa však podobne, ako pri predchádzajúcom období, pre scenáre GCM GFD3, GCM GISS, dT2, WPGFD3 a SDGFD3 podstatne nelíši (obr. 11 - 14). Teplotné sumy sa pre časový horizont 2010 môžu zmeniť v priemere o 18 % (minimálne o 9 %, maximálne o 32 %), pre horizont 2030 o 31 % v priemere (minimálne o 22 %, maximálne o 56 %) a v horizonte 2075 až priemerne o 62 % (minimálne o 45 %, maximálne o 114 %). Získané výsledky pre scenár GCM GISS pre horizont 2030 sa podstatne nelíšia od publikovaných výsledkov pre ČR [2]. Možné radikálne zmeny v priestorovom rozložení teplotných súm hlavného vegetačného obdobia podľa scenára GCM GISS pre horizont 2075 dokumentuje mapa na obr. 15. Terajšie teplotné pomery Podunajskej nížiny by sa podľa tohto scenára mohli o 80 rokov vyskytovať okolo Popradu a na hornej Orave.

Ešte výraznejšie by sa zmena prejavila v trvaní tzv. vegetačného leta, kde je teraz v Poprade v priemere 51 dní s priemernou dennou teplotou $T \geq 15^\circ\text{C}$ a podľa scenára GCM GFD3 to môže byť okolo roku 2075 až 135 dní, čo je viac, ako je v súčasnosti na juhu Podunajskej nížiny.

Priestorové rozloženie zrážok podľa GCM CCCM scenára pre časový horizont 2075 predstavujú mapy na obr. 13 - 15. Tento model pomerne dobre reprezentuje aj existujúce trendy zrážok aj koreláciu teploty a zrážok [4]. Podľa tohto scenára možno predpokladať pokles množstva zrážok vo vegetačnom období na juhu Slovenska, čo spolu s možnou vyššou teplotou vzduchu môže spôsobiť výraznú zmenu hydrologickej bilancie na juhu Slovenska s poklesom pôdnej vlhkosti a prietokov v riekach v teplom polroku. Veľmi charakteristické je podľa tohto scenára zväčšenie regiónov s nižšími úhrnmi zrážok. Také nízke úhrny zrážok, aké sú v súčasnosti v teplom polroku typické len pre malé územia v okresoch Dunajská Streda, Galanta a

Komárno, by sa mali rozšíriť na celú Podunajskú nížinu a do nižšie položených oblastí na severe Záhoria. Podobné trendy sú viditeľné aj v kotlinách na juhu stredného Slovenska a v nížinách východného Slovenska. Priestorovo menej nápadné, ale zreteľné zmeny, súvisiace s predpokladaným úbytkom zrážok vo vegetačnom období, sú aj na ostatnom území Slovenska.

Priestorovo menej výrazný sa javí očakávaný rast zrážok v chladnom polroku. Ak však berieme do úvahy zákonitosti procesu vzniku zrážok v chladnej polovici roka a prírodné podmienky Slovenska, je logická perspektívne väčšia členitosť poľa zrážok v chladnom polroku.

Vzhľadom na uplatnenie pravidla kompenzácie, ktoré je v meteorológii a v klimatológii veľmi typické, nevykazujú perspektívne ročné úhrny zrážok také závažné tendencie, ako je to v kratších časových úsekoch. Treba zdôrazniť, že scenáre zmien zrážok podľa jednotlivých GCMs nie sú také jednoznačné ako v prípade teploty vzduchu, pre ktorú platí všeobecný vzostup, ktorého tempo je v scenároch jednotlivých GCMs rôzne. Globálne bilancie zrážok za dlhšie časové obdobie pravdepodobne nebudú prekonávať výrazný vývoj kladným alebo záporným smerom. Čo je však veľmi pravdepodobné, pri vzrastajúcej teplote vzduchu sa búrky budú aj v našich zemepisných šírkach vyskytovať pravidelne počas celého roka, pričom by mala narásť intenzita ich prejavov, a tým aj ich ničivé účinky. Bude pravdepodobne narastať početnosť prudkých zvrátov. Napríklad dlhšie suché obdobia budú zrejme náhle striedané obdobiami s dostatkom až s prebytkom zrážok. Ak sa naplnia očakávané predpoklady, budeme musieť asi akceptovať väčšie kontrasty a rýchlejšie tempo nielen v spoločenských štruktúrach, ale aj v prejavoch počasia a v klíme.

3. ZÁVER

Príprava uvedených scenárov teplotných a zrážkových charakteristík je ďalším krokom pri príprave scenárov ocenenia možných dôsledkov zmien klímy na rôzne sociálne a ekonomické sektory. Pri ich výpočtoch sa vychádzalo zo scenárov zmien mesačných priemerov teploty vzduchu a zmien mesačných úhrnov zrážok [4]. Tieto scenáre boli skonštruované v roku 1995. Odhady IPCC v tom čase publikované predpokladali ako najpriateľnejší scenár nárastu globálneho ročného priemeru teploty vzduchu o +2,5 °C pri stave dvojnásobku koncentrácie CO₂ v atmosfére oproti predindustriálnemu obdobiu. Druhá správa IPCC (SAR) znížila túto hodnotu a predpokladá sa, že globálny vzostup teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry dosiahne v ročnom priemere 1 až 3,5 °C, "najlepší odhad" je 2 °C. Posledné odhady IPCC (Tretia správa IPCC - TAR) z roku 1997, ktoré nie sú zatiaľ publikované, znižujú neurčitost' tohto scenára. Z toho vyplýva, že problematika scenárov klimatickej zmeny a scenárov zmien klimatických prvkov je zložitým a neustále sa vyvíjajúcim procesom a dosiahnuté výsledky v určitých fázach je potrebné korigovať podľa najnovších poznatkov. Doposiaľ málo pozornosti bolo venovanej štúdiu a návrhu scenárov zmien variability najdôležitejších klimatických prvkov a variability výskytu extrémnych javov. Práve týmto smerom by sa mal uberať výskum v oblasti možných dôsledkov zmeny klímy na rôzne sektory aj na Slovensku.

LITERATÚRA

- [1] Atlas podněbí Československa. ÚSGK. Praha 1958.
- [2] Dobrovolný, P.: Possible Changes in Agroclimatic Potential of the Czech Republic. In: *Climate Variability and Climate Change Vulnerability and Adaptation. Proceedings of the Regional Workshop, Prague, Czech Republic, September 11 - 15, 1995, Prague 1996*, p. 187 - 192.
- [3] Kurpelová, M.: Agroklimatickogeografické členenie územia ČSSR. In: *Zborník prác hydrometeorologického ústavu v Bratislave*, zv. 11, Alfa, Bratislava 1977, s. 7 - 58.
- [4] Lapin, M., Nieplová, E., Faško, P.: Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku. NKP SR, č.3, SHMÚ, MŽP SR, Bratislava 1995, s.19 - 57.
- [5] Nieplová, E.: Climate Changes and Variability Monitoring and Homogenization of Observation Series in Slovakia. *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace geograficzne, Zeszyt 102 :Proceedings of the Internationale Conference on Climate Dynamics and the Global Change Perspective*, Cracow, 1995. Cracow 1996. pp.123-129.
- [6] Nieplová, E., Faško, P., Lapin, M. (1994): Návrh siete klimatologických a zrážkomerných staníc na monitorovanie zmien klímy SR. NKP SR, zv. 2, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava 1994, s.9-33.
- [7] Nieplová, E., Faško, P., Lapin, M.: Scenáre zmien teplotných a zrážkových charakteristík na Slovensku. (Tabelárne a mapové výsledky pre horizonty 1951 - 1980, 2010, 2030 a 2075.) *Koncept záverečnej správy*, Bratislava 1996.

- [8] Lapin, M. et al.: *Vulnerability and Adaptation Assessment for Slovakia. Slovak Republic's Country Study, Element 2 - Final report.*, Bratislava 1997.
- [9] *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu, zv.14, Alfa*, Bratislava 1978, 415 s.
- [10] Zeman, V., Kravárik, M.: *Výpočet denných teplotných a zrážkových normálov pre účely agrometeorologického spravodajstva. In.: Vzájemné styky meteorologie a zemědělství. ČHMÚ, Praha 1981, s. 217 - 225.*

PodĎakovanie: Autori ďakujú Ing. Jane Marikovičovej za odborné rady a pomoc pri digitalizácii a zostavovaní máp v GIS ArcInfo.

PRÍLOHA

Zoznam obrázkov

- Obr. 1 Ročný priemer teploty vzduchu [° C] na Slovensku, priemer z obdobia 1951 - 1980
- Obr. 2 Priemerná teplota vzduchu v januári [° C] na Slovensku, obdobie 1951 - 1980
- Obr. 3 Priemerná teplota vzduchu v júli [° C], obdobie 1951 - 1980
- Obr. 4 Teplotná suma obdobia s priemernou dennou teplotou vzduchu ≥ 10 °C [° C], priemer za obdobie 1951 - 1980
- Obr. 5 Ročný úhrn zrážok [mm] na Slovensku, priemer za obdobie 1951 - 1980
- Obr. 6 Úhrn zrážok v teplom polroku [mm] (IV - IX) na Slovensku, priemer za obdobie 1951 - 1980
- Obr. 7 Úhrn zrážok v chladnom polroku [mm] (X - III) na Slovensku, priemer za obdobie 1951 - 1980
- Obr. 8 Scenár ročného priemeru teploty vzduchu [° C] na Slovensku vypočítaný podľa GCM GISS scenára zmeny ročného priemeru teploty vzduchu pre časový horizont 2075
- Obr. 9 Scenár priemernej teploty vzduchu v januári [° C] na Slovensku vypočítaný podľa GCM GISS scenára zmeny mesačného priemeru teploty vzduchu pre časový horizont 2075
- Obr.10 Scenár priemernej teploty vzduchu v júli [° C] na Slovensku vypočítaný podľa GCM GISS scenára zmeny mesačného priemeru teploty vzduchu pre časový horizont 2075
- Obr.15 Scenár teplotnej sumy obdobia s priemernou dennou teplotou vzduchu ≥ 10 °C [° C] na Slovensku vypočítaný podľa GCM GISS scenára zmien mesačných priemerov teploty vzduchu pre časový horizont 2075
- Obr.16 Scenár úhrnu zrážok v teplom polroku [mm] na Slovensku vypočítaný podľa GCM CCCM scenára zmien mesačných úhrnov zrážok pre časový horizont 2075
- Obr.17 Scenár úhrnu zrážok v chladnom polroku [mm] na Slovensku vypočítaný podľa GCM CCCM scenára zmien mesačných úhrnov zrážok pre časový horizont 2075

Tab.1 Priemerný dátum začiatku a konca období s priemernými dennými charakteristickými teplotami vzduchu, priemerné trvanie období a priemerné sumy charakteristických teplôt v období 1951 - 1980

T<0 °C	n.v.	začiatok	koniec	trvanie	suma
Somotor	100	13.12.	20.2.	69	-144
Milhostov	104	11.12.	22.2.	73	-162
Hurbanovo	115	23.12.	9.2.	48	-55
Piešťany	165	18.12.	14.2.	58	-73
Kamenica	176	11.12.	24.2.	75	-176
Moldava	210	8.12.	23.2.	77	-182
Bol'kovce	214	9.12.	19.2.	72	-156
Košice	230	8.12.	23.2.	77	-173
Bratislava-Koliba	286	16.12.	16.2.	62	-86
Sliač	313	6.12.	25.2.	81	-212
Plaveč	488	27.11.	14.3.	108	-375
Liptovský Hrádok	640	28.11.	11.3.	103	-324
Poprad	695	25.11.	16.3.	111	-358
Oravská Lesná	780	22.11.	25.3.	123	-451
Telgárt	901	19.11.	22.3.	123	-435
Štrbské Pleso	1354	14.11.	30.3.	136	-488

T=<5 °C	n.v.	začiatok	koniec	trvanie	suma
Somotor	100	21.3.	10.11.	234	3452
Milhostov	104	24.3.	9.11.	230	3229
Hurbanovo	115	17.3.	15.11.	243	3536
Piešťany	165	22.3.	13.11.	236	3286
Kamenica	176	27.3.	10.11.	228	3090
Moldava	210	26.3.	6.11.	225	3164
Bol'kovce	214	23.3.	9.11.	231	3247
Košice	230	27.3.	7.11.	225	3146
Bratislava-Koliba	286	21.3.	10.11.	234	3339
Sliač	313	28.3.	6.11.	223	2962
Plaveč	488	8.4.	28.10.	204	2467
Liptovský Hrádok	640	9.4.	26.10.	200	2419
Poprad	695	12.4.	25.10.	196	2329
Oravská Lesná	780	22.4.	19.10.	180	2050
Telgárt	901	20.4.	21.10.	184	2047
Štrbské Pleso	1354	30.4.	16.10.	169	1668

T=<10 °C	n.v.	začiatok	koniec	trvanie	suma
Somotor	100	21.4.	7.10.	169	2651
Milhostov	104	16.4.	10.10.	177	2919
Hurbanovo	115	13.4.	16.10.	186	3112
Piešťany	165	18.4.	14.10.	179	2863
Kamenica	176	21.4.	7.10.	169	2651
Moldava	210	19.4.	8.10.	172	2768
Bol'kovce	214	18.4.	10.10.	175	2829
Košice	230	20.4.	8.10.	171	2741
Bratislava-Koliba	286	18.4.	16.10.	181	2942
Sliač	313	25.4.	4.10.	162	2506
Plaveč	488	7.5.	27.9.	144	2013
Liptovský Hrádok	640	8.5.	24.9.	139	1963
Poprad	695	12.5.	24.9.	135	1871
Oravská Lesná	780	22.5.	13.9.	114	1492
Telgárt	901	21.5.	16.9.	118	1548
Štrbské Pleso	1354	4.6.	5.9.	93	1107

T=<15 °C	n.v.	začiatok	koniec	trvanie	suma
Somotor	100	14.5.	18.9.	127	2378
Milhostov	104	18.5.	15.9.	120	2204
Hurbanovo	115	14.5.	18.9.	127	2374
Piešťany	165	22.5.	13.9.	114	2051
Kamenica	176	26.5.	7.9.	104	1836
Moldava	210	22.5.	10.9.	111	2002
Bol'kovce	214	21.5.	12.9.	114	2063
Košice	230	24.5.	11.9.	110	1976
Bratislava-Koliba	286	22.5.	18.9.	119	2165
Sliač	313	29.5.	3.9.	97	1687
Plaveč	488	16.6.	18.8.	64	1005
Liptovský Hrádok	640	18.6.	20.8.	63	1003
Poprad	695	27.6.	17.8.	51	800
Oravská Lesná	780			0	0
Telgárt	901			0	0
Štrbské Pleso	1354			0	0

Tab. 2 Modifikované scenáre zmien priemerov teploty vzduchu [°C] pre celé Slovensko v časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1980 [4]

Table 2 Modified scenarios of mean air temperature change in all Slovakia in 2010, 2030 and 2075 time frames (deviations from 1951-1980 means [°C]; CCCM, GISS, GFD3 - based on GCMs; dT1, dT2 - NKP scenarios (1991), WP, SD - annual course according to warm periods or stand. deviation and annual means according to GCMs or for 2 (A) and 3 (B) °C mean annual warming in 2075 time frame)

Scenár / Horizont	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
2010													
CCCM	1.2	1.4	1.4	1.0	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	0.9	1.1
GISS	1.8	1.7	1.6	1.2	1.0	0.8	0.8	0.8	1.2	1.4	1.5	1.6	1.3
GFD3	0.8	1.3	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5	1.3	1.2	1.4
dT 1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.7
dT 2	2.0	1.9	1.6	1.3	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	1.3
2030													
CCCM	2.0	2.4	2.3	1.7	1.5	1.6	1.8	1.7	1.9	1.8	1.4	1.5	1.8
GISS	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.3	1.9	2.4	2.5	2.7	2.1
GFD3	1.4	2.2	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	2.4	2.5	2.2	2.0	2.3
dT 1	1.7	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.1
dT 2	3.3	3.1	2.7	2.2	1.8	1.3	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.1	2.2
2075													
CCCM	3.7	4.5	4.3	3.2	2.9	3.0	3.3	3.2	3.6	3.4	2.7	2.8	3.4
GISS	5.7	5.4	5.0	3.9	3.2	2.6	2.4	2.4	3.6	4.5	4.7	5.1	4.1
GFD3	2.6	4.1	5.1	4.9	4.8	4.5	4.3	4.0	4.6	4.7	4.1	3.8	4.3
dT 1	3.2	3.0	2.5	2.1	1.7	1.3	1.1	1.3	1.7	2.1	2.5	3.0	2.1
dT 2	6.3	5.9	5.1	4.2	3.4	2.5	2.1	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	4.2
2010													
WP CCCM	1.5	1.9	1.7	1.4	1.0	0.7	1.0	1.2	0.9	0.5	0.3	0.8	1.1
WP GFD3	1.9	2.4	2.1	1.8	1.3	0.9	1.3	1.6	1.1	0.6	0.4	1.0	1.4
WP A	0.9	1.1	1.0	0.8	0.6	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2	0.4	0.6
WP B	1.3	1.7	1.5	1.3	0.9	0.6	0.9	1.1	0.8	0.4	0.3	0.7	1.0
2030													
WP CCCM	2.5	3.1	2.8	2.4	1.7	1.1	1.7	2.1	1.5	0.8	0.6	1.3	1.8
WP GFD3	3.2	4.0	3.6	3.0	2.1	1.4	2.1	2.6	1.8	1.0	0.7	1.6	2.3
WP A	1.5	1.8	1.7	1.4	1.0	0.7	1.0	1.2	0.9	0.4	0.3	0.7	1.1
WP B	2.2	2.8	2.5	2.1	1.5	1.0	1.5	1.8	1.3	0.7	0.5	1.1	1.6
2075													
WP CCCM	4.8	6.0	5.4	4.5	3.2	2.1	3.2	3.9	2.8	1.5	1.1	2.4	3.4
WP GFD3	6.1	7.6	6.8	5.7	4.0	2.7	4.0	4.9	3.5	1.8	1.4	3.0	4.3
WP A	2.8	3.5	3.2	2.7	1.9	1.3	1.9	2.3	1.6	0.9	0.6	1.4	2.0
WP B	4.3	5.3	4.7	4.0	2.8	1.9	2.8	3.4	2.4	1.3	1.0	2.1	3.0
2010													
SD CCCM	1.7	1.6	1.4	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.3	1.1
SD GFD3	2.2	2.0	1.7	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	1.2	1.2	1.2	1.6	1.4
SD A	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6
SD B	1.5	1.4	1.2	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	1.1	0.9
2030													
SD CCCM	2.8	2.7	2.3	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6	2.1	1.8
SD GFD3	3.6	3.3	2.9	2.0	1.9	1.6	1.5	1.5	2.0	2.1	2.0	2.7	2.3
SD A	1.7	1.6	1.3	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0	0.9	1.3	1.0
SD B	2.5	2.3	2.0	1.4	1.4	1.1	1.1	1.0	1.4	1.4	1.4	1.9	1.6
2075													
SD CCCM	5.4	5.0	4.3	3.0	2.9	2.4	2.3	2.2	3.0	3.1	3.1	4.1	3.4
SD GFD3	6.8	6.4	5.4	3.8	3.7	3.0	2.9	2.8	3.8	3.9	3.9	5.1	4.3
SD A	3.2	3.0	2.5	1.8	1.7	1.4	1.3	1.3	1.8	1.8	1.8	2.4	2.0
SD B	4.7	4.4	3.8	2.7	2.6	2.1	2.0	2.0	2.6	2.7	2.7	3.6	3.0

Tab. 3 Modifikované scenáre zmien priemerných úhrnov zrážok [%] pre sever (N) a ostatné (S) Slovensko v časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1980 [4]

Table 3 Modified scenarios of precipitation totals change in Slovakia for 2010, 2030 and 2075 time frames (deviations from 1951-1980 means [%]; CCCM, GISS, GFD3 - based on GCMs; S, N - southern, northern Slovakia, WP, SD - temperature according to warm periods analysis or standard deviation and R annual course according to warm periods or correlation analyses, for 2 (A) and 3 (B) °C mean annual warming in 2075 time frame)

Scenár	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Horizont 2010													
CCCM-N	10	5	0	3	-2	0	-4	-4	-4	6	8	11	2
CCCM-S	9	1	5	1	-5	-5	-7	1	-3	3	5	7	0
GISS-N	5	10	9	11	6	2	3	2	-5	8	10	1	5
GISS-S	5	8	8	9	6	2	6	6	-6	9	9	2	5
GFD3-N	-2	14	3	4	2	0	-5	6	11	14	14	0	4
GFD3-S	-3	16	2	3	1	0	-6	12	9	10	14	-1	4
dR N SD A	6	4	1	-1	-2	-3	-6	-5	-5	-1	4	4	-1
dR S SD A	7	5	0	-4	-6	-4	-7	-6	-5	0	3	4	-2
dR N SD B	9	6	1	-2	-3	-5	-9	-8	-8	-1	6	7	-2
dR S SD B	11	7	0	-7	-10	-5	-10	-9	-8	0	4	7	-3
dR WP N A	-1	1	3	4	4	2	-2	-5	-7	-5	-1	-1	-1
dR WP S A	-2	-1	-7	-10	-5	-2	-2	-3	-5	-3	0	-2	-3
dR WP N B	-2	2	4	5	6	3	-3	-8	-10	-7	-2	-1	-1
dR WP S B	-3	-2	-11	-16	-8	-3	-4	-5	-8	-5	0	-3	-5
Horizont 2030													
CCCM-N	17	9	1	5	-3	-1	-6	-7	-7	9	14	18	3
CCCM-S	15	1	8	2	-8	-9	-11	2	-5	6	8	12	0
GISS-N	8	16	14	18	9	4	4	3	-8	13	16	2	8
GISS-S	8	13	14	15	9	4	11	10	-11	15	15	3	9
GFD3-N	-3	23	4	7	4	-1	-8	10	19	24	23	1	7
GFD3-S	-5	26	3	4	2	-1	-10	20	15	17	23	-2	7
dR N SD A	10	6	1	-2	-4	-5	-10	-8	-8	-1	7	7	-2
dR S SD A	12	8	0	-7	-11	-6	-11	-10	-8	0	5	7	-3
dR N SD B	15	9	2	-3	-6	-8	-15	-12	-12	-2	10	11	-3
dR S SD B	18	12	0	-11	-16	-9	-17	-15	-13	0	7	11	-5
dR WP N A	-2	2	5	6	6	3	-3	-9	-11	-8	-2	-1	-1
dR WP S A	-3	-2	-12	-17	-8	-3	-4	-6	-9	-5	0	-3	-6
dR WP N B	-3	3	7	9	9	5	-4	-13	-17	-12	-3	-2	-2
dR WP S B	-5	-4	-18	-26	-12	-5	-6	-9	-13	-8	-1	-5	-9
Horizont 2075													
CCCM-N	32	17	1	10	-6	-1	-12	-13	-13	18	27	35	5
CCCM-S	29	2	15	4	-15	-17	-21	3	-9	11	16	22	0
GISS-N	16	31	27	34	18	7	8	6	-16	25	31	4	14
GISS-S	16	24	26	28	18	7	20	19	-20	28	29	6	16
GFD3-N	-5	44	8	13	7	-1	-16	19	36	45	44	1	14
GFD3-S	-10	50	6	8	3	-1	-19	39	28	33	43	-4	13
dR N SD A	18	11	2	-3	-6	-9	-17	-15	-15	-2	12	13	-3
dR S SD A	21	14	0	-13	-19	-10	-20	-17	-15	0	8	13	-6
dR N SD B	24	15	3	-5	-9	-12	-23	-20	-20	-3	16	18	-4
dR S SD B	28	19	0	-18	-26	-14	-27	-23	-20	0	11	18	-8
dR WP N A	-4	4	9	11	11	6	-5	-15	-20	-14	-3	-2	-2
dR WP S A	-6	-4	-22	-30	-15	-6	-7	-10	-15	-9	-1	-5	-10
dR WP N B	-5	5	12	14	15	8	-7	-21	-27	-20	-4	-3	-3
dR WP S B	-8	-6	-29	-41	-20	-8	-10	-14	-20	-13	-1	-7	-14

Tab. 4 Scenáre dátumu začiatku, konca a trvania období s charakteristickými teplotami v Hurbanove podľa jednotlivých klimatických modelov pre časové horizonty:

2010

2030

2075

CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	1.1.	27.1.	26	<0				<0			
>=5	7.3.	21.11.	259	>=5	28.2.	24.11.	269	>=5	14.2.	2.12.	291
>=10	6.4.	22.10.	199	>=10	2.4.	25.10.	206	>=10	20.3.	2.11.	227
>=15	7.5.	24.9.	140	>=15	3.5.	28.9.	148	>=15	25.4.	7.10.	165

GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie
<0	15.1.	16.1.	1	<0				<0			
>=5	6.3.	25.11.	264	>=5	26.2.	2.12.	279	>=5	4.2.	24.12.	323
>=10	5.4.	24.10.	202	>=10	30.3.	30.10.	214	>=10	16.3.	13.11.	242
>=15	6.5.	25.9.	142	>=15	2.5.	30.9.	151	>=15	20.4.	13.10.	176

GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	1.1.	30.1.	29	<0	6.1.	25.1.	19	<0			
>=5	7.3.	23.11.	261	>=5	28.2.	29.11.	274	>=5	16.2.	13.12.	300
>=10	4.4.	24.10.	203	>=10	29.3.	29.10.	214	>=10	15.3.	10.11.	240
>=15	3.5.	26.9.	146	>=15	27.4.	1.10.	157	>=15	14.4.	14.10.	183

dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie
<0	1.1.	30.1.	29	<0	11.1.	21.1.	10	<0			
>=5	12.3.	21.11.	254	>=5	8.3.	25.11.	262	>=5	26.2.	4.12.	281
>=10	9.4.	20.10.	194	>=10	6.4.	22.10.	199	>=10	31.3.	29.10.	212
>=15	10.5.	21.9.	134	>=15	8.5.	23.9.	138	>=15	1.5.	28.9.	150

dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie
<0				<0				<0			
>=5	6.3.	26.11.	265	>=5	25.2.	6.12.	284	>=5	26.1.	6.1.	345
>=10	5.4.	24.10.	202	>=10	30.3.	30.10.	214	>=10	16.3.	16.11.	245
>=15	6.5.	24.9.	141	>=15	30.4.	28.9.	151	>=15	17.4.	10.10.	176

WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	3.1.	22.1.	19	<0				<0			
>=5	5.3.	18.11.	258	>=5	24.2.	19.11.	268	>=5	2.2.	24.11.	295
>=10	4.4.	18.10.	197	>=10	29.3.	20.10.	205	>=10	14.3.	22.10.	222
>=15	6.5.	22.9.	139	>=15	30.4.	25.9.	148	>=15	15.4.	29.9.	167

WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0				<0				<0			
>=5	1.3.	18.11.	262	>=5	18.2.	21.11.	276	>=5	22.1.	27.11.	309
>=10	1.4.	19.10.	201	>=10	25.3.	21.10.	210	>=10	1.3.	24.10.	237
>=15	4.5.	23.9.	142	>=15	26.4.	26.9.	153	>=15	6.4.	1.10.	178

Tab. 4 -pokračovanie

2010

2030

2075

WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie
<0	28.12.	30.1.	33	<0	3.1.	22.1.	19	<0			
>=5	10.3.	16.11.	251	>=5	5.3.	18.11.	258	>=5	21.2.	20.11.	272
>=10	8.4.	17.10.	192	>=10	4.4.	18.10.	197	>=10	27.3.	20.10.	207
>=15	10.5.	21.9.	134	>=15	6.5.	22.9.	139	>=15	29.4.	25.9.	149

WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie
<0	2.1.	24.1.	22	<0				<0			
>=5	7.3.	17.11.	255	>=5	26.2.	18.11.	265	>=5	8.2.	22.11.	287
>=10	5.4.	18.10.	196	>=10	31.3.	19.10.	202	>=10	19.3.	22.10.	217
>=15	7.5.	22.9.	138	>=15	2.5.	24.9.	145	>=15	19.4.	28.9.	162

SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	10.1.	19.1.	9	<0				<0			
>=5	7.3.	22.11.	260	>=5	28.2.	26.11.	271	>=5	8.2.	12.12.	307
>=10	7.4.	21.10.	197	>=10	2.4.	25.10.	206	>=10	22.3.	2.11.	225
>=15	7.5.	23.9.	139	>=15	3.5.	27.9.	147	>=15	25.4.	5.10.	163

SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0				<0				<0			
>=5	4.3.	24.11.	265	>=5	23.2.	1.12.	281	>=5	1.1.	31.12.	364
>=10	5.4.	23.10.	201	>=10	30.3.	27.10.	211	>=10	12.3.	7.11.	240
>=15	6.5.	24.9.	141	>=15	30.4.	29.9.	152	>=15	21.4.	10.10.	172

SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie
<0	31.12.	30.1.	30	<0	10.1.	19.1.	9	<0			
>=5	12.3.	19.11.	252	>=5	8.3.	22.11.	259	>=5	26.2.	28.11.	275
>=10	10.4.	19.10.	192	>=10	7.4.	21.10.	197	>=10	1.4.	26.10.	208
>=15	10.5.	21.9.	134	>=15	7.5.	23.9.	139	>=15	2.5.	28.9.	149

SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie
<0	6.1.	24.1.	18	<0				<0			
>=5	9.3.	21.11.	257	>=5	2.3.	26.11.	269	>=5	15.2.	8.12.	296
>=10	8.4.	21.10.	196	>=10	3.4.	24.10.	204	>=10	25.3.	31.10.	220
>=15	8.5.	23.9.	138	>=15	4.5.	26.9.	145	>=15	27.4.	3.10.	159

Tab.5 Scenáre dátumu začiatku, konca a trvania období s charakteristickými teplotami v Košiciach podľa jednotlivých klimatických scenárov pre časové horizonty:

2010

2030

2075

CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	14.12.	13.2.	61	<0	19.12.	5.2.	48	<0	6.1.	16.1.	10
>=5	20.3.	12.11.	237	>=5	14.3.	15.11.	246	>=5	26.2.	22.11.	269
>=10	15.4.	15.10.	183	>=10	11.4.	18.10.	190	>=10	31.3.	27.10.	210
>=15	16.5.	18.9.	125	>=15	12.5.	22.9.	133	>=15	3.5.	1.10.	151

GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie
<0	20.12.	10.2.	52	<0	1.1.	29.1.	28	<0			
>=5	19.3.	16.11.	242	>=5	12.3.	21.11.	254	>=5	21.2.	7.12.	289
>=10	14.4.	17.10.	186	>=10	9.4.	22.10.	196	>=10	28.3.	4.11.	221
>=15	16.5.	18.9.	125	>=15	11.5.	23.9.	135	>=15	29.4.	5.10.	159

GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	17.12.	13.2.	58	<0	22.12.	8.2.	48	<0	1.1.	29.1.	28
>=5	19.3.	15.11.	241	>=5	12.3.	19.11.	252	>=5	26.2.	30.11.	277
>=10	12.4.	17.10.	188	>=10	6.4.	22.10.	199	>=10	25.3.	2.11.	222
>=15	12.5.	20.9.	131	>=15	5.5.	25.9.	143	>=15	21.4.	8.10.	170

dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie
<0	15.12.	17.2.	64	<0	20.12.	11.2.	53	<0	3.1.	28.1.	25
>=5	23.3.	11.11.	233	>=5	20.3.	15.11.	240	>=5	13.3.	23.11.	255
>=10	16.4.	12.10.	179	>=10	14.4.	14.10.	183	>=10	8.4.	21.10.	196
>=15	19.5.	14.9.	118	>=15	17.5.	17.9.	123	>=15	11.5.	22.9.	134

dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie
<0	22.12.	9.2.	49	<0	5.1.	26.1.	21	<0			
>=5	19.3.	17.11.	243	>=5	12.3.	23.11.	256	>=5	17.2.	15.12.	301
>=10	13.4.	16.10.	186	>=10	8.4.	21.10.	196	>=10	28.3.	5.11.	222
>=15	16.5.	17.9.	124	>=15	10.5.	22.9.	135	>=15	27.4.	2.10.	158

WPCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	12.12.	9.2.	59	<0	17.12.	30.1.	44	<0			
>=5	18.3.	8.11.	235	>=5	11.3.	9.11.	243	>=5	16.2.	13.11.	270
>=10	12.4.	11.10.	182	>=10	7.4.	13.10.	189	>=10	26.3.	16.10.	204
>=15	16.5.	16.9.	123	>=15	11.5.	19.9.	131	>=15	25.4.	24.9.	152

WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	14.12.	5.2.	53	<0	23.12.	23.1.	31	<0			
>=5	15.3.	9.11.	239	>=5	5.3.	10.11.	250	>=5	4.2.	14.11.	283
>=10	10.4.	12.10.	185	>=10	3.4.	14.10.	194	>=10	18.3.	18.10.	214
>=15	14.5.	18.9.	127	>=15	6.5.	21.9.	138	>=15	16.4.	27.9.	164

Tab. 5 - pokračovanie

2010

2030

2075

WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie
<0	10.12.	15.2.	67	<0	12.12.	9.2.	59	<0	19.12.	27.1.	39
>=5	22.3.	8.11.	231	>=5	18.3.	8.11.	235	>=5	8.3.	10.11.	247
>=10	16.4.	10.10.	177	>=10	12.4.	11.10.	182	>=10	5.4.	14.10.	192
>=15	19.5.	14.9.	118	>=15	16.5.	16.9.	123	>=15	9.5.	20.9.	134

WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie
<0	12.12.	11.2.	61	<0	16.12.	2.2.	48	<0			
>=5	19.3.	8.11.	234	>=5	13.3.	9.11.	241	>=5	22.2.	12.11.	263
>=10	13.4.	11.10.	181	>=10	8.4.	12.10.	187	>=10	29.3.	16.10.	201
>=15	17.5.	15.9.	121	>=15	12.5.	18.9.	129	>=15	29.4.	23.9.	147

SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	17.12.	12.2.	57	<0	27.12.	31.1.	35	<0			
>=5	20.3.	12.11.	237	>=5	14.3.	16.11.	247	>=5	25.2.	26.11.	274
>=10	16.4.	14.10.	181	>=10	12.4.	18.10.	189	>=10	2.4.	25.10.	206
>=15	16.5.	17.9.	124	>=15	12.5.	20.9.	131	>=15	2.5.	28.9.	149

SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	21.12.	7.2.	48	<0	9.1.	18.1.	9	<0			
>=5	18.3.	14.11.	241	>=5	10.3.	19.11.	254	>=5	14.2.	4.12.	293
>=10	14.4.	16.10.	185	>=10	9.4.	20.10.	194	>=10	26.3.	30.10.	218
>=15	15.5.	18.9.	126	>=15	9.5.	23.9.	137	>=15	28.4.	2.10.	157

SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie
<0	13.12.	17.2.	66	<0	17.12.	12.2.	57	<0	31.12.	27.1.	27
>=5	23.3.	10.11.	232	>=5	20.3.	12.11.	237	>=5	13.3.	18.11.	250
>=10	18.4.	12.10.	177	>=10	15.4.	14.10.	182	>=10	10.4.	19.10.	192
>=15	19.5.	14.9.	118	>=15	17.5.	17.9.	123	>=15	11.5.	21.9.	133

SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie
<0	16.12.	12.2.	58	<0	23.12.	3.2.	42	<0			
>=5	21.3.	11.11.	235	>=5	16.3.	15.11.	244	>=5	1.3.	24.11.	268
>=10	16.4.	14.10.	181	>=10	13.4.	17.10.	187	>=10	4.4.	24.10.	203
>=15	17.5.	16.9.	122	>=15	13.5.	20.9.	130	>=15	5.5.	26.9.	144

Tab.6 Scenáre dátumu začiatku, konca a trvania období s charakteristickými teplotami na Sliachi podľa jednotlivých klimatických scenárov pre časové horizonty:

2010

2030

2075

CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	10.12.	15.2.	67	<0	14.12.	7.2.	55	<0	28.12.	22.1.	25
>=5	23.3.	12.11.	234	>=5	18.3.	16.11.	243	>=5	1.3.	22.11.	266
>=10	18.4.	9.10.	174	>=10	13.4.	13.10.	183	>=10	4.4.	23.10.	202
>=15	22.5.	13.9.	114	>=15	17.5.	18.9.	124	>=15	7.5.	27.9.	143

GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie
<0	15.12.	12.2.	59	<0	25.12.	2.2.	39	<0			
>=5	22.3.	16.11.	239	>=5	15.3.	22.11.	252	>=5	24.2.	4.12.	283
>=10	16.4.	11.10.	178	>=10	11.4.	17.10.	189	>=10	30.3.	3.11.	218
>=15	21.5.	13.9.	115	>=15	16.5.	18.9.	125	>=15	3.5.	29.9.	149

GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	13.12.	15.2.	64	<0	18.12.	10.2.	54	<0	29.12.	31.1.	33
>=5	21.3.	15.11.	239	>=5	15.3.	20.11.	250	>=5	28.2.	29.11.	274
>=10	14.4.	11.10.	180	>=10	9.4.	18.10.	192	>=10	28.3.	1.11.	218
>=15	17.5.	15.9.	121	>=15	10.5.	21.9.	134	>=15	24.4.	3.10.	162

dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie
<0	11.12.	19.2.	70	<0	15.12.	14.2.	61	<0	28.12.	31.1.	34
>=5	25.3.	11.11.	231	>=5	23.3.	15.11.	237	>=5	17.3.	23.11.	251
>=10	19.4.	7.10.	171	>=10	16.4.	9.10.	176	>=10	10.4.	15.10.	188
>=15	25.5.	9.9.	107	>=15	22.5.	11.9.	112	>=15	16.5.	17.9.	124

dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie
<0	17.12.	11.2.	56	<0	31.12.	29.1.	29	<0			
>=5	22.3.	17.11.	240	>=5	15.3.	23.11.	253	>=5	20.2.	10.12.	293
>=10	15.4.	11.10.	179	>=10	10.4.	16.10.	189	>=10	30.3.	4.11.	219
>=15	20.5.	12.9.	115	>=15	15.5.	17.9.	125	>=15	1.5.	27.9.	149

WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	9.12.	11.2.	64	<0	12.12.	1.2.	51	<0			
>=5	21.3.	8.11.	232	>=5	15.3.	9.11.	239	>=5	18.2.	12.11.	267
>=10	14.4.	6.10.	175	>=10	9.4.	8.10.	182	>=10	28.3.	12.10.	198
>=15	22.5.	11.9.	112	>=15	16.5.	15.9.	122	>=15	30.4.	21.9.	144

WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	10.12.	6.2.	58	<0	13.12.	26.1.	44	<0			
>=5	19.3.	9.11.	235	>=5	9.3.	11.11.	247	>=5	6.2.	14.11.	281
>=10	12.4.	7.10.	178	>=10	5.4.	9.10.	187	>=10	21.3.	14.10.	207
>=15	19.5.	13.9.	117	>=15	12.5.	17.9.	128	>=15	19.4.	24.9.	158

Tab. 6 - pokračovanie

2010

2030

2075

WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie
<0	7.12.	17.2.	72	<0	9.12.	11.2.	64	<0	13.12.	29.1.	47
>=5	25.3.	7.11.	227	>=5	21.3.	8.11.	232	>=5	12.3.	10.11.	243
>=10	18.4.	5.10.	170	>=10	15.4.	6.10.	174	>=10	8.4.	9.10.	184
>=15	25.5.	9.9.	107	>=15	21.5.	11.9.	113	>=15	14.5.	16.9.	125

WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie
<0	8.12.	13.2.	67	<0	11.12.	4.2.	55	<0	22.12.	11.1.	20
>=5	22.3.	8.11.	231	>=5	17.3.	9.11.	237	>=5	25.2.	12.11.	260
>=10	15.4.	6.10.	174	>=10	11.4.	8.10.	180	>=10	1.4.	11.10.	193
>=15	22.5.	11.9.	112	>=15	17.5.	14.9.	120	>=15	5.5.	20.9.	138

SDCCCM	ZAC.	KON.		SDCCCM	ZAC.	KON.		SDCCCM	ZAC.	KON.	
<0	12.12.	13.2.	63	<0	20.12.	3.2.	45	<0			
>=5	23.3.	12.11.	234	>=5	18.3.	16.11.	243	>=5	28.2.	26.11.	271
>=10	18.4.	8.10.	173	>=10	14.4.	13.10.	182	>=10	5.4.	21.10.	199
>=15	22.5.	12.9.	113	>=15	16.5.	16.9.	123	>=15	6.5.	24.9.	141

SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	15.12.	9.2.	56	<0	28.12.	25.1.	28	<0			
>=5	21.3.	14.11.	238	>=5	14.3.	19.11.	250	>=5	16.2.	2.12.	289
>=10	16.4.	10.10.	177	>=10	12.4.	15.10.	186	>=10	30.3.	28.10.	212
>=15	19.5.	14.9.	118	>=15	13.5.	18.9.	128	>=15	1.5.	28.9.	150

SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie
<0	9.12.	19.2.	72	<0	12.12.	14.2.	64	<0	22.12.	30.1.	39
>=5	26.3.	10.11.	229	>=5	23.3.	12.11.	234	>=5	16.3.	17.11.	246
>=10	20.4.	6.10.	169	>=10	17.4.	8.10.	174	>=10	13.4.	14.10.	184
>=15	24.5.	9.9.	108	>=15	22.5.	12.9.	113	>=15	16.5.	17.9.	124

SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie
<0	12.12.	15.2.	65	<0	17.12.	6.2.	51	<0			
>=5	24.3.	12.11.	233	>=5	20.3.	16.11.	241	>=5	6.3.	23.11.	262
>=10	18.4.	8.10.	173	>=10	15.4.	11.10.	179	>=10	8.4.	20.10.	195
>=15	23.5.	11.9.	111	>=15	18.5.	14.9.	119	>=15	9.5.	22.9.	136

Tab.7 Scenáre dátumu začiatku, konca a trvania období s charakteristickými teplotami v Oravskej Lesnej podľa jednotlivých klimatických scenárov pre časové horizonty:

2010

2030

2075

CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie	CCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	27.11.	15.3.	108	<0	1.12.	7.3.	96	<0	10.12.	14.2.	66
>=5	17.4.	26.10.	192	>=5	12.4.	29.10.	200	>=5	30.3.	7.11.	222
>=10	15.5.	21.9.	129	>=10	11.5.	26.9.	138	>=10	2.5.	9.10.	160
>=15	1.7.	9.8.	39	>=15	21.6.	18.8.	58	>=15	6.6.	31.8.	86

GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie	GISS	začiatok	koniec	trvanie
<0	2.12.	14.3.	102	<0	10.12.	3.3.	83	<0	13.1.	25.1.	12
>=5	15.4.	29.10.	197	>=5	10.4.	4.11.	208	>=5	25.3.	19.11.	239
>=10	14.5.	21.9.	130	>=10	9.5.	28.9.	142	>=10	29.4.	17.10.	171
>=15	6.7.	28.7.	22	>=15	26.6.	11.8.	46	>=15	8.6.	26.8.	79

GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie	GFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	30.11.	14.3.	104	<0	6.12.	5.3.	89	<0	20.12.	17.2.	59
>=5	14.4.	28.10.	197	>=5	8.4.	2.11.	208	>=5	23.3.	15.11.	237
>=10	11.5.	23.9.	135	>=10	5.5.	30.9.	148	>=10	23.4.	18.10.	178
>=15	24.6.	12.8.	49	>=15	12.6.	22.8.	71	>=15	23.5.	9.9.	109

dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie	dT1	začiatok	koniec	trvanie
<0	27.11.	20.3.	113	<0	1.12.	17.3.	106	<0	13.12.	5.3.	82
>=5	19.4.	24.10.	188	>=5	16.4.	27.10.	194	>=5	10.4.	3.11.	207
>=10	18.5.	16.9.	121	>=10	15.5.	19.9.	127	>=10	9.5.	26.9.	140
>=15				>=15	12.7.	22.7.	10	>=15	28.6.	11.8.	44

dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie	dT2	začiatok	koniec	trvanie
<0	4.12.	14.3.	100	<0	14.12.	2.3.	78	<0			
>=5	15.4.	28.10.	196	>=5	9.4.	4.11.	209	>=5	26.3.	23.11.	242
>=10	14.5.	20.9.	129	>=10	9.5.	26.9.	140	>=10	28.4.	14.10.	169
>=15	9.7.	27.7.	18	>=15	28.6.	14.8.	47	>=15	8.6.	27.8.	80

WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie	WPCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	24.11.	13.3.	109	<0	27.11.	1.3.	94	<0	2.12.	29.1.	58
>=5	14.4.	22.10.	191	>=5	8.4.	23.10.	198	>=5	23.3.	27.10.	218
>=10	14.5.	18.9.	127	>=10	9.5.	22.9.	136	>=10	26.4.	27.9.	154
>=15	4.7.	14.8.	41	>=15	27.6.	21.8.	55	>=15	17.6.	30.8.	74

WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie	WPGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	25.11.	9.3.	104	<0	28.11.	21.2.	85	<0	8.12.	9.1.	32
>=5	12.4.	22.10.	193	>=5	3.4.	24.10.	204	>=5	11.3.	28.10.	231
>=10	12.5.	20.9.	131	>=10	6.5.	24.9.	141	>=10	18.4.	1.10.	166
>=15	1.7.	17.8.	47	>=15	24.6.	25.8.	62	>=15	9.6.	5.9.	88

Tab. 7 - pokračovanie

2010

2030

2075

WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie	WPA	začiatok	koniec	trvanie
<0	23.11.	18.3.	115	<0	24.11.	13.3.	109	<0	27.11.	25.2.	90
>=5	18.4.	21.10.	186	>=5	14.4.	22.10.	191	>=5	6.4.	24.10.	201
>=10	19.5.	16.9.	120	>=10	14.5.	18.9.	127	>=10	7.5.	23.9.	139
>=15	13.7.	26.7.	13	>=15	5.7.	13.8.	39	>=15	26.6.	23.8.	58

WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie	WPB	začiatok	koniec	trvanie
<0	24.11.	15.3.	111	<0	26.11.	5.3.	99	<0	30.11.	5.2.	67
>=5	15.4.	22.10.	190	>=5	10.4.	23.10.	196	>=5	28.3.	26.10.	212
>=10	15.5.	17.9.	125	>=10	10.5.	21.9.	134	>=10	30.4.	26.9.	149
>=15	6.7.	12.8.	37	>=15	29.6.	20.8.	52	>=15	18.6.	29.8.	72

SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie	SDCCCM	začiatok	koniec	trvanie
<0	28.11.	15.3.	107	<0	4.12.	7.3.	93	<0	31.12.	3.2.	34
>=5	17.4.	25.10.	191	>=5	13.4.	29.10.	199	>=5	1.4.	8.11.	221
>=10	15.5.	19.9.	127	>=10	11.5.	24.9.	136	>=10	2.5.	6.10.	157
>=15	9.7.	27.7.	18	>=15	28.6.	12.8.	45	>=15	11.6.	23.8.	73

SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie	SDGFD3	začiatok	koniec	trvanie
<0	30.11.	13.3.	103	<0	8.12.	27.2.	81	<0			
>=5	16.4.	27.10.	194	>=5	11.4.	31.10.	203	>=5	23.3.	13.11.	235
>=10	13.5.	22.9.	132	>=10	8.5.	27.9.	142	>=10	29.4.	12.10.	166
>=15	4.7.	3.8.	30	>=15	22.6.	16.8.	55	>=15	2.6.	30.8.	89

SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie	SDA	začiatok	koniec	trvanie
<0	25.11.	20.3.	115	<0	28.11.	16.3.	108	<0	6.12.	4.3.	88
>=5	19.4.	23.10.	187	>=5	17.4.	25.10.	191	>=5	13.4.	30.10.	200
>=10	18.5.	16.9.	121	>=10	15.5.	19.9.	127	>=10	10.5.	25.9.	138
>=15				>=15	9.7.	27.7.	18	>=15	25.6.	13.8.	49

SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie	SDB	začiatok	koniec	trvanie
<0	27.11.	17.3.	110	<0	2.12.	10.3.	98	<0	18.12.	17.2.	61
>=5	18.4.	25.10.	190	>=5	15.4.	28.10.	196	>=5	6.4.	5.11.	213
>=10	16.5.	19.9.	126	>=10	12.5.	22.9.	133	>=10	4.5.	2.10.	151
>=15	8.7.	26.7.	18	>=15	30.6.	8.8.	39	>=15	15.6.	21.8.	67

Tab. 8 Scenáre teplotných súm , Bratislava - Koliba
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-86	3339	2942	2165
CCCM	-18	3716	3286	2532
GISS	-3	3765	3317	2542
GFD3	-28	3846	3427	2691
dT1	-25	3574	3144	2382
dT2	0	3767	3313	2538
WPCCCM	-7	3697	3278	2542
WPGFD3	-1	3785	3359	2607
WPA	-30	3565	3150	2400
WPB	-13	3660	3233	2496
SDCCCM	-4	3690	3254	2507
SDGFD3	0	3778	3324	2578
SDA	-25	3566	3137	2389
SDB	-9	3657	3215	2478

Tab. 9 Scenáre teplotných súm, Boľkovce
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-156	3247	2829	2063
CCCM	-94	3512	3069	2319
GISS	-62	3547	3092	2330
GFD3	-103	3628	3196	2473
dT1	-104	3374	2920	2171
dT2	-52	3554	3093	2330
WPCCCM	-78	3481	3052	2313
WPGFD3	-59	3572	3132	2406
WPA	-113	3361	2931	2192
WPB	-87	3448	3025	2270
SDCCCM	-70	3474	3013	2289
SDGFD3	-45	3553	3099	2377
SDA	-107	3363	2928	2177
SDB	-78	3440	2985	2247

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-86	3339	2942	2165
CCCM	0	3950	3511	2762
GISS	0	4045	3563	2759
GFD3	-12	4158	3733	3008
dT1	-4	3703	3258	2509
dT2	0	4061	3572	2788
WPCCCM	0	3923	3484	2747
WPGFD3	0	4074	3623	2885
WPA	-10	3691	3263	2525
WPB	0	3858	3430	2680
SDCCCM	0	3911	3445	2699
SDGFD3	0	4058	3570	2822
SDA	-4	3686	3252	2519
SDB	0	3833	3377	2644

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-156	3247	2829	2063
CCCM	-54	3715	3283	2536
GISS	-15	3799	3327	2553
GFD3	-73	3934	3512	2778
dT1	-67	3483	3036	2275
dT2	-5	3815	3334	2550
WPCCCM	-35	3699	3260	2518
WPGFD3	-15	3839	3389	2660
WPA	-81	3481	3052	2313
WPB	-45	3631	3201	2461
SDCCCM	-19	3677	3212	2491
SDGFD3	-2	3818	3330	2611
SDA	-70	3474	3013	2289
SDB	-33	3618	3160	2427

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-86	3339	2942	2165
CCCM	0	4500	4026	3279
GISS	0	4761	4190	3383
GFD3	0	4907	4453	3764
dT1	0	4024	3535	2748
dT2	0	4895	4196	3360
WPCCCM	0	4481	3983	3257
WPGFD3	0	4811	4293	3573
WPA	0	3988	3543	2806
WPB	0	4332	3848	3121
SDCCCM	0	4466	3902	3148
SDGFD3	0	4979	4198	3395
SDA	0	3974	3493	2748
SDB	0	4304	3770	3041

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-156	3247	2829	2063
CCCM	-1	4252	3790	3044
GISS	0	4436	3935	3111
GFD3	-25	4638	4219	3518
dT1	-10	3776	3295	2521
dT2	0	4507	3946	3087
WPCCCM	0	4215	3720	3054
WPGFD3	0	4530	4028	3371
WPA	-25	3762	3312	2582
WPB	0	4081	3598	2920
SDCCCM	0	4183	3665	2914
SDGFD3	0	4503	3944	3142
SDA	-10	3739	3264	2543
SDB	0	4046	3549	2795

Tab. 10 Scenáre teplotných súm, Hurbanovo

Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-55	3536	3112	2374
CCCM	-10	3879	3439	2706
GISS	0	3920	3462	2716
GFD3	-17	3992	3562	2853
dT1	-15	3726	3283	2534
dT2	0	3920	3455	2695
WPCCCM	-4	3849	3404	2681
WPGFD3	0	3946	3502	2766
WPA	-19	3712	3276	2550
WPB	-5	3804	3370	2650
SDCCCM	0	3846	3381	2659
SDGFD3	0	3930	3463	2717
SDA	-15	3711	3264	2541
SDB	-3	3805	3354	2632

Tab. 11 Scenáre teplotných súm, Kamenica nad
Cirochou

Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-176	3090	2651	1836
CCCM	-103	3281	2847	2049
GISS	-65	3321	2888	2027
GFD3	-110	3400	2991	2179
dT1	-112	3143	2707	1860
dT2	-55	3320	2881	2008
WPCCCM	-85	3258	2843	2017
WPGFD3	-64	3328	2904	2073
WPA	-120	3144	2733	1884
WPB	-96	3224	2813	1973
SDCCCM	-73	3254	2816	1994
SDGFD3	-51	3321	2872	2058
SDA	-115	3142	2707	1886
SDB	-83	3220	2788	1953

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-55	3536	3112	2374
CCCM	0	4109	3646	2924
GISS	0	4201	3722	2938
GFD3	-6	4314	3870	3158
dT1	0	3860	3395	2632
dT2	0	4229	3717	2932
WPCCCM	0	4077	3619	2911
WPGFD3	0	4243	3762	3051
WPA	-4	3846	3401	2679
WPB	0	4007	3547	2834
SDCCCM	0	4062	3585	2855
SDGFD3	0	4223	3709	2980
SDA	0	3834	3378	2659
SDB	0	4004	3530	2802

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-176	3090	2651	1836
CCCM	-59	3490	3068	2247
GISS	-14	3556	3116	2214
GFD3	-76	3691	3281	2491
dT1	-75	3258	2823	1951
dT2	-7	3565	3111	2223
WPCCCM	-38	3445	3037	2207
WPGFD3	-14	3587	3158	2348
WPA	-85	3247	2747	2080
WPB	-50	3386	2973	2157
SDCCCM	-22	3441	2995	2170
SDGFD3	-3	3569	3101	2300
SDA	-77	3245	2813	1990
SDB	-34	3380	2942	2120

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-55	3536	3112	2374
CCCM	0	4662	4188	3415
GISS	0	4945	4360	3537
GFD3	0	5065	4623	3924
dT1	0	4185	3678	2905
dT2	0	5100	4384	3528
WPCCCM	0	4647	4111	3427
WPGFD3	0	4987	4460	3735
WPA	0	4151	3678	2955
WPB	0	4497	3981	3293
SDCCCM	0	4650	4045	3284
SDGFD3	0	5218	4379	3537
SDA	0	4127	3637	2908
SDB	0	4482	3927	3172

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-176	3090	2651	1836
CCCM	-1	4009	3549	2731
GISS	0	4187	3687	2793
GFD3	-28	4398	3980	3265
dT1	-12	3537	3075	2199
dT2	0	4255	3688	2783
WPCCCM	0	3974	3483	2759
WPGFD3	0	4294	3757	3109
WPA	-26	3509	3083	2260
WPB	0	3830	3364	2589
SDCCCM	0	3930	3416	2621
SDGFD3	0	4246	3677	2883
SDA	-12	3499	3047	2249
SDB	0	3786	3312	2503

Tab. 12 Scenáre teplotných súm, Košice
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-173	3146	2741	1976
CCCM	-94	3445	3043	2321
GISS	-60	3477	3059	2297
GFD3	-107	3560	3166	2456
dT1	-105	3311	2906	2368
dT2	-51	3483	3059	2282
WPCCCM	-81	3414	3020	2281
WPGFD3	-60	3497	3099	2374
WPA	-114	3303	2900	2161
WPB	-91	3386	2993	2241
SDCCCM	-68	3407	2989	2277
SDGFD3	-47	3486	3071	2333
SDA	-108	3296	2887	2148
SDB	-78	3373	2971	2235

Tab. 13 Scenáre teplotných súm, Liptovský Hrádok
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-324	2419	1963	1003
CCCM	-196	2735	2284	1401
GISS	-149	2767	2276	1369
GFD3	-204	2859	2400	1538
dT1	-210	2614	2149	1218
dT2	-137	2768	2287	1366
WPCCCM	-176	2721	2271	1373
WPGFD3	-148	2781	2336	1438
WPA	-227	2604	2154	1247
WPB	-190	2691	2240	1346
SDCCCM	-166	2699	2243	1333
SDGFD3	-131	2772	2308	1410
SDA	-218	2601	2142	1206
SDB	-177	2667	2208	1295

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-173	3146	2741	1976
CCCM	-56	3657	3241	2528
GISS	-12	3714	3283	2520
GFD3	-71	3854	3463	2763
dT1	-70	3420	2997	2247
dT2	-5	3728	3283	2521
WPCCCM	-34	3610	3213	2484
WPGFD3	-11	3758	3349	2648
WPA	-81	3412	3018	2280
WPB	-46	3555	3157	2430
SDCCCM	-18	3601	3171	2445
SDGFD3	0	3736	3294	2585
SDA	-72	3400	2992	2257
SDB	-30	3545	3122	2413

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-324	2419	1963	1003
CCCM	-137	2935	2472	1626
GISS	-70	2979	2495	1562
GFD3	-153	3133	2681	1849
dT1	-160	2720	2241	1310
dT2	-52	2990	2492	1559
WPCCCM	-109	2886	2437	1579
WPGFD3	-71	3009	2570	1726
WPA	-179	2703	2249	1352
WPB	-126	2839	2387	1515
SDCCCM	-85	2881	2402	1511
SDGFD3	-45	2992	2511	1662
SDA	-166	2695	2230	1334
SDB	-109	2828	2356	1469

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-173	3146	2741	1976
CCCM	0	4175	3745	3011
GISS	0	4358	3856	3077
GFD3	-25	4558	4149	3498
dT1	-10	3696	3264	2492
dT2	0	4429	3856	3056
WPCCCM	0	4139	3659	3006
WPGFD3	0	4455	3942	3321
WPA	-24	3683	3283	2556
WPB	0	3997	3553	2876
SDCCCM	0	4087	3590	2883
SDGFD3	0	4409	3861	3107
SDA	-9	3659	3234	2499
SDB	0	3969	3498	2765

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-324	2419	1963	1003
CCCM	-37	3406	2925	2152
GISS	0	3556	3027	2100
GFD3	-71	3793	3360	2588
dT1	-62	2965	2468	1523
dT2	0	3581	3026	2090
WPCCCM	-10	3345	2878	2059
WPGFD3	0	3665	3147	2354
WPA	-91	2943	2497	1625
WPB	-29	3223	2776	1946
SDCCCM	0	3302	2770	1987
SDGFD3	0	3599	3009	2260
SDA	-68	2928	2455	1568
SDB	-2	3193	2684	1864

Tab.14 Scenáře teplotných súm, Milhostov
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-162	3229	2919	2204
CCCM	-97	3534	3139	2410
GISS	-60	3571	3178	2400
GFD3	-106	3656	3275	2545
dT1	-106	3396	3002	2238
dT2	-49	3570	3166	2412
WPCCCM	-80	3503	3118	2386
WPGFD3	-61	3593	3202	2481
WPA	-114	3392	3015	2261
WPB	-90	3473	3097	2354
SDCCCM	-68	3497	3103	2363
SDGFD3	-48	3571	3172	2433
SDA	-107	3385	2999	2248
SDB	-79	3463	3075	2321

Tab.15 Scenáře teplotných súm, Moldava / Bodvou
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-182	3164	2768	2002
CCCM	-109	3451	3048	2308
GISS	-71	3493	3077	2301
GFD3	-117	3579	3186	2461
dT1	-114	3322	2921	2145
dT2	-60	3491	3075	2313
WPCCCM	-91	3424	3025	2284
WPGFD3	-71	3503	3109	2393
WPA	-127	3313	2926	2176
WPB	-102	3396	2995	2253
SDCCCM	-77	3424	3006	2278
SDGFD3	-56	3489	3072	2349
SDA	-120	3312	2902	2163
SDB	-89	3392	2990	2238

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-162	3229	2919	2204
CCCM	-55	3743	3359	2617
GISS	-12	3818	3413	2631
GFD3	-75	3943	3575	2872
dT1	-68	3516	3115	2351
dT2	-5	3819	3391	2638
WPCCCM	-36	3701	3315	2606
WPGFD3	-13	3852	3435	2752
WPA	-82	3500	3115	2382
WPB	-49	3646	3258	2537
SDCCCM	-20	3689	3276	2535
SDGFD3	-1	3820	3396	2686
SDA	-72	3494	3100	2360
SDB	-30	3634	3227	2501

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-182	3164	2768	2002
CCCM	-65	3670	3256	2544
GISS	-18	3734	3313	2540
GFD3	-84	3870	3481	2769
dT1	-79	3428	3012	2235
dT2	-10	3738	3295	2520
WPCCCM	-45	3629	3223	2504
WPGFD3	-19	3771	3357	2667
WPA	-91	3417	3025	2284
WPB	-56	3570	3174	2433
SDCCCM	-26	3604	3184	2477
SDGFD3	-5	3733	3291	2581
SDA	-82	3407	2997	2258
SDB	-38	3554	3125	2400

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-162	3229	2919	2204
CCCM	-1	4271	3842	3126
GISS	0	4446	3976	3211
GFD3	-25	4650	4249	3622
dT1	-9	3789	3366	2600
dT2	0	4504	3964	3215
WPCCCM	0	4241	3755	3170
WPGFD3	0	4554	4024	3456
WPA	-26	3774	3375	2694
WPB	0	4103	3650	3036
SDCCCM	0	4183	3705	2994
SDGFD3	0	4516	3961	3238
SDA	-10	3759	3343	2619
SDB	0	4061	3600	2889

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-182	3164	2768	2002
CCCM	-3	4181	3741	3031
GISS	0	4354	3872	3083
GFD3	-31	4564	4156	3505
dT1	-15	3704	3269	2495
dT2	0	4418	3871	3072
WPCCCM	0	4143	3669	3042
WPGFD3	0	4462	3963	3344
WPA	-32	3681	3278	2573
WPB	0	4019	3564	2914
SDCCCM	0	4104	3616	2887
SDGFD3	0	4410	3878	3126
SDA	-15	3671	3242	2534
SDB	0	3976	3503	2798

Tab.16 Scenáre teplotných súm, Oravská Lesná
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-451	2050	1492	0
CCCM	-309	2233	1759	612
GISS	-256	2253	1747	348
GFD3	-312	2338	1867	774
dT1	-339	2112	1607	0
dT2	-238	2247	1738	286
WPCCCM	-289	2212	1733	641
WPGFD3	-247	2272	1806	745
WPA	-348	2115	1634	210
WPB	-303	2188	1700	578
SDCCCM	-273	2190	1707	286
SDGFD3	-232	2254	1786	471
SDA	-343	2104	1606	0
SDB	-295	2172	1691	286

Tab.17 Scenáre teplotných súm, Piešťany
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-73	3286	2863	2051
CCCM	-22	3582	3126	2352
GISS	-2	3628	3159	2346
GFD3	-32	3707	3269	2507
dT1	-25	3443	2988	2175
dT2	-1	3631	3166	2329
WPCCCM	-10	3555	3118	2334
WPGFD3	-2	3642	3186	2410
WPA	-34	3427	2989	2191
WPB	-16	3522	3076	2289
SDCCCM	-7	3553	3086	2312
SDGFD3	0	3636	3170	2399
SDA	-30	3431	2980	2182
SDB	-12	3518	3047	2284

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-451	2050	1492	0
CCCM	-225	2413	1943	931
GISS	-148	2441	1946	725
GFD3	-238	2584	2129	1158
dT1	-269	2207	1700	165
dT2	-123	2442	1920	734
WPCCCM	-192	2372	1907	887
WPGFD3	-144	2485	2016	1020
WPA	-289	2209	1730	612
WPB	-221	2328	1866	832
SDCCCM	-173	2343	1867	707
SDGFD3	-114	2436	1976	872
SDA	-277	2190	1707	286
SDB	-202	2298	1818	612

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-73	3286	2863	2051
CCCM	-2	3816	3365	2580
GISS	0	3895	3409	2588
GFD3	-15	4024	3581	2819
dT1	-7	3561	3107	2282
dT2	0	3924	3418	2585
WPCCCM	0	3779	3310	2533
WPGFD3	0	3933	3450	2686
WPA	-13	3547	3113	2315
WPB	0	3717	3255	2481
SDCCCM	0	3771	3285	2500
SDGFD3	0	3923	3409	2638
SDA	-7	3553	3086	2312
SDB	0	3699	3219	2445

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-451	2050	1492	0
CCCM	-88	2845	2393	1463
GISS	0	2954	2456	1295
GFD3	-123	3222	2785	1915
dT1	-134	2421	1915	688
dT2	0	2957	2415	1297
WPCCCM	-52	2775	2299	1279
WPGFD3	-8	3030	2550	1557
WPA	-168	2424	1965	946
WPB	-77	2665	2193	1218
SDCCCM	-6	2719	2253	1190
SDGFD3	0	2953	2455	1478
SDA	-145	2383	1911	775
SDB	-34	2611	2150	1081

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-73	3286	2863	2051
CCCM	0	4359	3870	3084
GISS	0	4597	4043	3184
GFD3	0	4752	4316	3593
dT1	0	3879	3382	2544
dT2	0	4741	4057	3158
WPCCCM	0	4345	3811	3062
WPGFD3	0	4687	4136	3393
WPA	0	3847	3381	2608
WPB	0	4198	3680	2930
SDCCCM	0	4313	3747	2955
SDGFD3	0	4777	4036	3210
SDA	0	3835	3336	2563
SDB	0	4158	3627	2836

Tab.18 Scenáre teplotných súm, Plaveč
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-375	2467	2013	1005
CCCM	-263	2739	2309	1377
GISS	-211	2765	2314	1316
GFD3	-264	2854	2433	1499
dT1	-278	2612	2146	1178
dT2	-193	2761	2308	1313
WPCCCM	-240	2722	2282	1334
WPGFD3	-208	2779	2350	1417
WPA	-292	2609	2158	1213
WPB	-255	2689	2240	1294
SDCCCM	-227	2695	2255	1295
SDGFD3	-191	2767	2340	1371
SDA	-284	2609	2159	1216
SDB	-242	2671	2231	1275

Tab.19 Scenáre teplotných súm, Poprad
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-358	2329	1871	800
CCCM	-236	2568	2116	1194
GISS	-185	2614	2147	1164
GFD3	-240	2702	2266	1343
dT1	-258	2465	2000	1002
dT2	-171	2614	2146	1160
WPCCCM	-219	2568	2127	1180
WPGFD3	-186	2639	2189	1264
WPA	-270	2468	2019	1031
WPB	-231	2545	2092	1143
SDCCCM	-203	2551	2093	1143
SDGFD3	-167	2612	2168	1218
SDA	-264	2457	2007	1019
SDB	-218	2523	2071	1110

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-375	2467	2013	1005
CCCM	-194	2928	2509	1605
GISS	-121	2966	2534	1526
GFD3	-206	3118	2721	1842
dT1	-223	2710	2245	1275
dT2	-100	2971	2529	1538
WPCCCM	-164	2887	2475	1543
WPGFD3	-120	2999	2590	1683
WPA	-240	2710	2276	1331
WPB	-184	2834	2409	1462
SDCCCM	-140	2867	2435	1487
SDGFD3	-93	2971	2553	1620
SDA	-230	2695	2255	1295
SDB	-161	2818	2389	1430

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-358	2329	1871	800
CCCM	-171	2780	2340	1447
GISS	-98	2825	2355	1369
GFD3	-179	2963	2534	1678
dT1	-201	2564	2097	1124
dT2	-74	2821	2345	1345
WPCCCM	-141	2738	2294	1355
WPGFD3	-96	2853	2409	1495
WPA	-219	2565	2114	1165
WPB	-161	2684	2246	1307
SDCCCM	-117	2717	2280	1331
SDGFD3	-68	2820	2384	1445
SDA	-209	2548	2099	1112
SDB	-138	2666	2226	1261

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-375	2467	2013	1005
CCCM	-78	3369	2954	2155
GISS	-1	3499	3048	2102
GFD3	-112	3755	3373	2606
dT1	-111	2942	2505	1502
dT2	0	3521	3050	2081
WPCCCM	-44	3320	2917	2035
WPGFD3	-5	3618	3165	2343
WPA	-144	2935	2523	1604
WPB	-68	3196	2801	1920
SDCCCM	-10	3263	2820	1976
SDGFD3	0	3525	3040	2264
SDA	-118	2916	2481	1544
SDB	-30	3155	2730	1836

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-358	2329	1871	800
CCCM	-52	3220	2785	1971
GISS	0	3350	2863	1919
GFD3	-87	3607	3192	2427
dT1	-87	2793	2327	1345
dT2	0	3365	2846	1876
WPCCCM	-24	3162	2734	1868
WPGFD3	-1	3460	2984	2150
WPA	-119	2792	2356	1431
WPB	-47	3040	2612	1740
SDCCCM	0	3107	2651	1808
SDGFD3	0	3369	2860	2057
SDA	-94	2758	2319	1372
SDB	-8	2999	2545	1672

Tab.20 Scenáre teplotných súm, Sliach
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-212	2962	2506	1687
CCCM	-122	3260	2812	2057
GISS	-85	3298	2840	2049
GFD3	-132	3383	2943	2203
dT1	-133	3129	2686	1883
dT2	-72	3301	2848	2046
WPCCCM	-108	3236	2816	2022
WPGFD3	-86	3316	2893	2125
WPA	-144	3121	2698	1903
WPB	-118	3207	2788	2010
SDCCCM	-93	3226	2769	2013
SDGFD3	-69	3304	2852	2114
SDA	-137	3120	2673	1905
SDB	-104	3196	2752	1972

Tab. 21 Scenáre teplotných súm, Somotor
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-144	3452	3064	2378
CCCM	-77	3719	3325	2623
GISS	-44	3754	3346	2633
GFD3	-88	3840	3455	2767
dT1	-85	3578	3183	2471
dT2	-36	3760	3356	2647
WPCCCM	-61	3693	3300	2636
WPGFD3	-43	3781	3397	2713
WPA	-93	3574	3195	2507
WPB	-70	3657	3280	2592
SDCCCM	-50	3686	3279	2578
SDGFD3	-33	3770	3356	2671
SDA	-88	3562	3173	2474
SDB	-61	3651	3252	2568

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-212	2962	2506	1687
CCCM	-75	3470	3023	2287
GISS	-26	3542	3070	2269
GFD3	-93	3675	3243	2519
dT1	-90	3247	2792	1986
dT2	-15	3547	3066	2264
WPCCCM	-57	3418	3000	2244
WPGFD3	-31	3570	3136	2390
WPA	-108	3232	2804	2036
WPB	-70	3366	2949	2194
SDCCCM	-35	3414	2962	2226
SDGFD3	-7	3543	3065	2341
SDA	-94	3225	2779	2013
SDB	-50	3357	2896	2142

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-144	3452	3064	2378
CCCM	-40	3940	3543	2856
GISS	-5	4009	3589	2851
GFD3	-60	4139	3760	3087
dT1	-53	3705	3297	2599
dT2	-1	4021	3587	2848
WPCCCM	-21	3899	3505	2843
WPGFD3	-3	4052	3646	2984
WPA	-62	3688	3295	2617
WPB	-31	3839	3452	2789
SDCCCM	-9	3895	3476	2794
SDGFD3	0	4028	3588	2903
SDA	-55	3683	3268	2579
SDB	-18	3822	3407	2720

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-212	2962	2506	1687
CCCM	-8	3982	3509	2774
GISS	0	4147	3664	2807
GFD3	-37	4365	3946	3249
dT1	-18	3515	3041	2238
dT2	0	4209	3669	2799
WPCCCM	0	3948	3453	2771
WPGFD3	0	4266	3720	3109
WPA	-44	3491	3061	2316
WPB	0	3804	3324	2629
SDCCCM	0	3895	3365	2647
SDGFD3	0	4210	3645	2880
SDA	-20	3466	3006	2255
SDB	0	3763	3267	2534

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq 5$	$\Sigma T \geq 10$	$\Sigma T \geq 15$
1951-1980	-144	3452	3064	2378
CCCM	0	4462	4029	3341
GISS	0	4655	4178	3430
GFD3	-16	4855	4443	3815
dT1	-3	3995	3562	2839
dT2	0	4735	4171	3422
WPCCCM	0	4426	3957	3345
WPGFD3	0	4735	4254	3636
WPA	-12	3968	3553	2903
WPB	0	4293	3848	3224
SDCCCM	0	4391	3907	3197
SDGFD3	0	4728	4167	3445
SDA	-3	3945	3511	2841
SDB	0	4256	3789	3093

Tab. 22 Scenáre teplotných súm, Štrbské Pleso
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-488	1668	1107	0
CCCM	-339	1886	1349	0
GISS	-281	1890	1326	0
GFD3	-334	1981	1465	0
dT1	-372	1766	1192	0
dT2	-260	1879	1314	0
WPCCCM	-314	1858	1323	0
WPGFD3	-270	1917	1382	0
WPA	-388	1770	1223	0
WPB	-335	1823	1279	0
SDCCCM	-304	1843	1301	0
SDGFD3	-253	1901	1352	0
SDA	-381	1767	1209	0
SDB	-324	1825	1280	0

Tab. 23 Scenáre teplotných súm, Telgárt
Časový horizont 2010

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-435	2047	1548	0
CCCM	-307	2239	1770	594
GISS	-253	2256	1765	301
GFD3	-312	2347	1875	741
dT1	-338	2117	1620	0
dT2	-234	2252	1753	195
WPCCCM	-290	2222	1741	610
WPGFD3	-251	2288	1815	728
WPA	-355	2124	1651	45
WPB	-307	2198	1717	547
SDCCCM	-274	2201	1728	195
SDGFD3	-233	2269	1787	453
SDA	-343	2116	1628	0
SDB	-297	2172	1695	0

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-488	1668	1107	0
CCCM	-244	2035	1545	0
GISS	-156	2057	1510	0
GFD3	-249	2214	1732	0
dT1	-292	1839	1270	0
dT2	-127	2049	1481	0
WPCCCM	-211	2001	1472	0
WPGFD3	-152	2104	1591	212
WPA	-320	1855	1313	0
WPB	-241	1959	1423	0
SDCCCM	-185	1980	1445	0
SDGFD3	-122	2066	1556	0
SDA	-304	1843	1301	0
SDB	-224	1942	1408	0

Časový horizont 2030

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-435	2047	1548	0
CCCM	-226	2415	1952	912
GISS	-143	2439	1946	707
GFD3	-234	2591	2152	1154
dT1	-266	2207	1706	0
dT2	-118	2440	1930	687
WPCCCM	-197	2378	1913	870
WPGFD3	-148	2494	2035	1003
WPA	-293	2219	1729	610
WPB	-223	2342	1862	815
SDCCCM	-172	2347	1879	674
SDGFD3	-109	2445	2004	838
SDA	-276	2202	1728	195
SDB	-198	2311	1837	579

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-488	1668	1107	0
CCCM	-82	2412	1964	823
GISS	0	2505	2007	0
GFD3	-115	2799	2369	1308
dT1	-140	2031	1465	0
dT2	0	2520	1959	135
WPCCCM	-54	2383	1868	783
WPGFD3	-15	2608	2098	1013
WPA	-182	2051	1540	135
WPB	-82	2280	1778	657
SDCCCM	0	2292	1824	0
SDGFD3	0	2491	2050	623
SDA	-156	2015	1502	0
SDB	-30	2205	1721	0

Časový horizont 2075

	$\Sigma T < 0$	$\Sigma T \geq -5$	$\Sigma T \geq -10$	$\Sigma T \geq -15$
1951-1980	-435	2047	1548	0
CCCM	-88	2826	2385	1454
GISS	0	2930	2450	1272
GFD3	-116	3200	2790	1921
dT1	-127	2416	1911	655
dT2	0	2936	2437	1280
WPCCCM	-62	2778	2324	1292
WPGFD3	-23	3038	2574	1524
WPA	-174	2437	1974	944
WPB	-86	2667	2215	1187
SDCCCM	-4	2709	2265	1170
SDGFD3	0	2930	2477	1457
SDA	-141	2393	1927	723
SDB	-34	2612	2157	1062

Fig.1 AREAL DISTRIBUTION OF ANNUAL AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

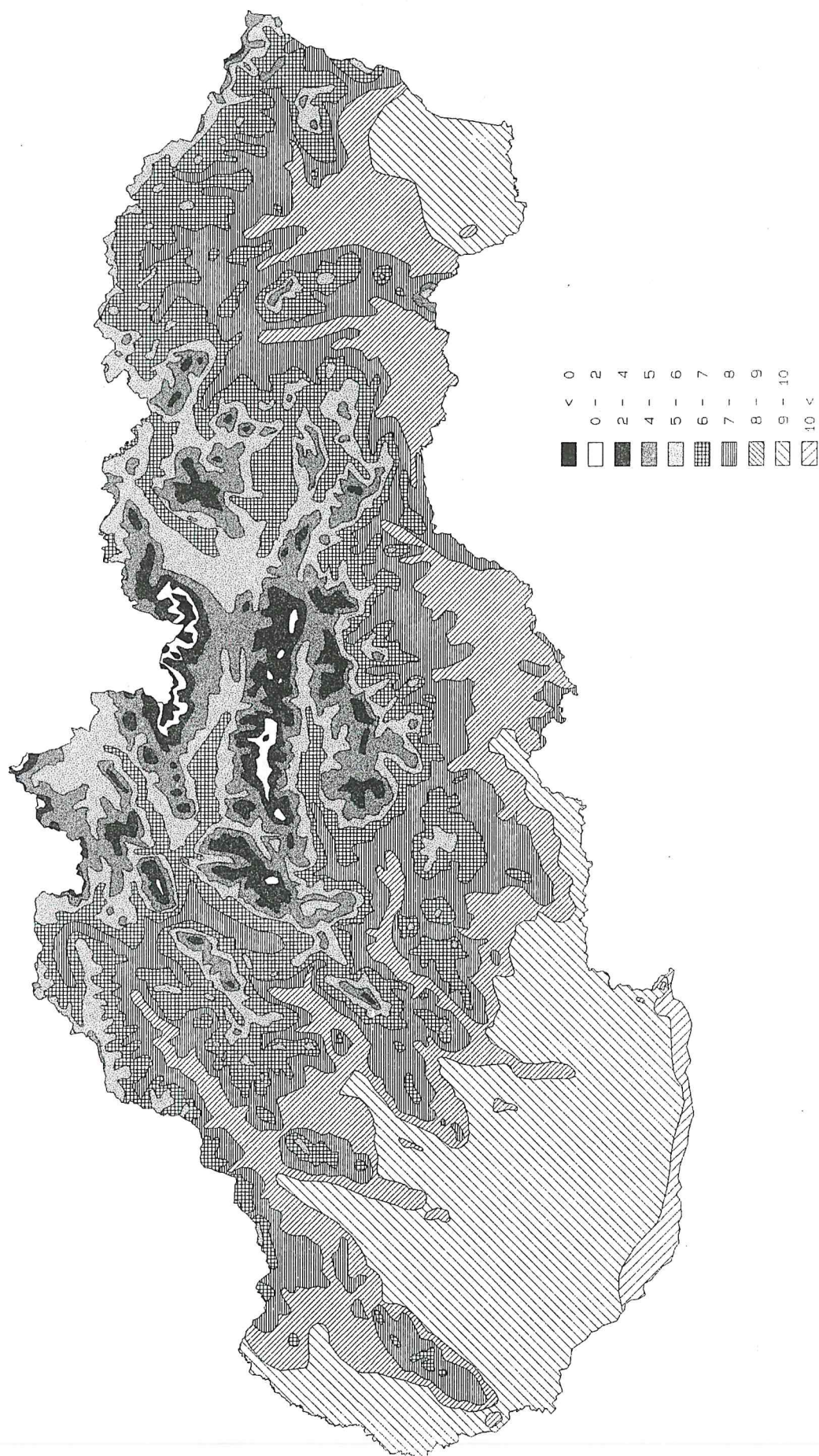


Fig.2 AREAL DISTRIBUTION OF JANUARY AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

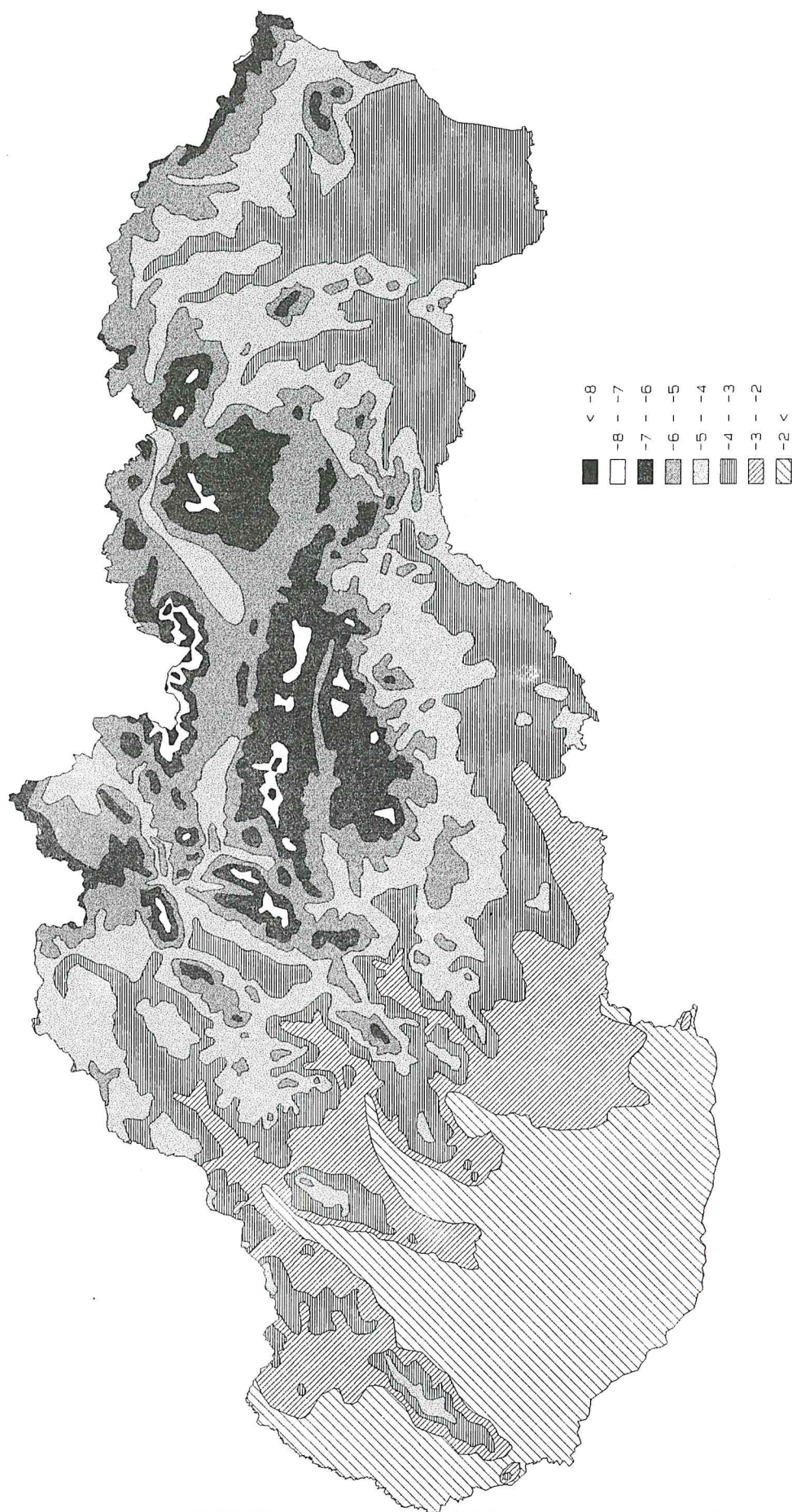


Fig.3 AREAL DISTRIBUTION OF JULY AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

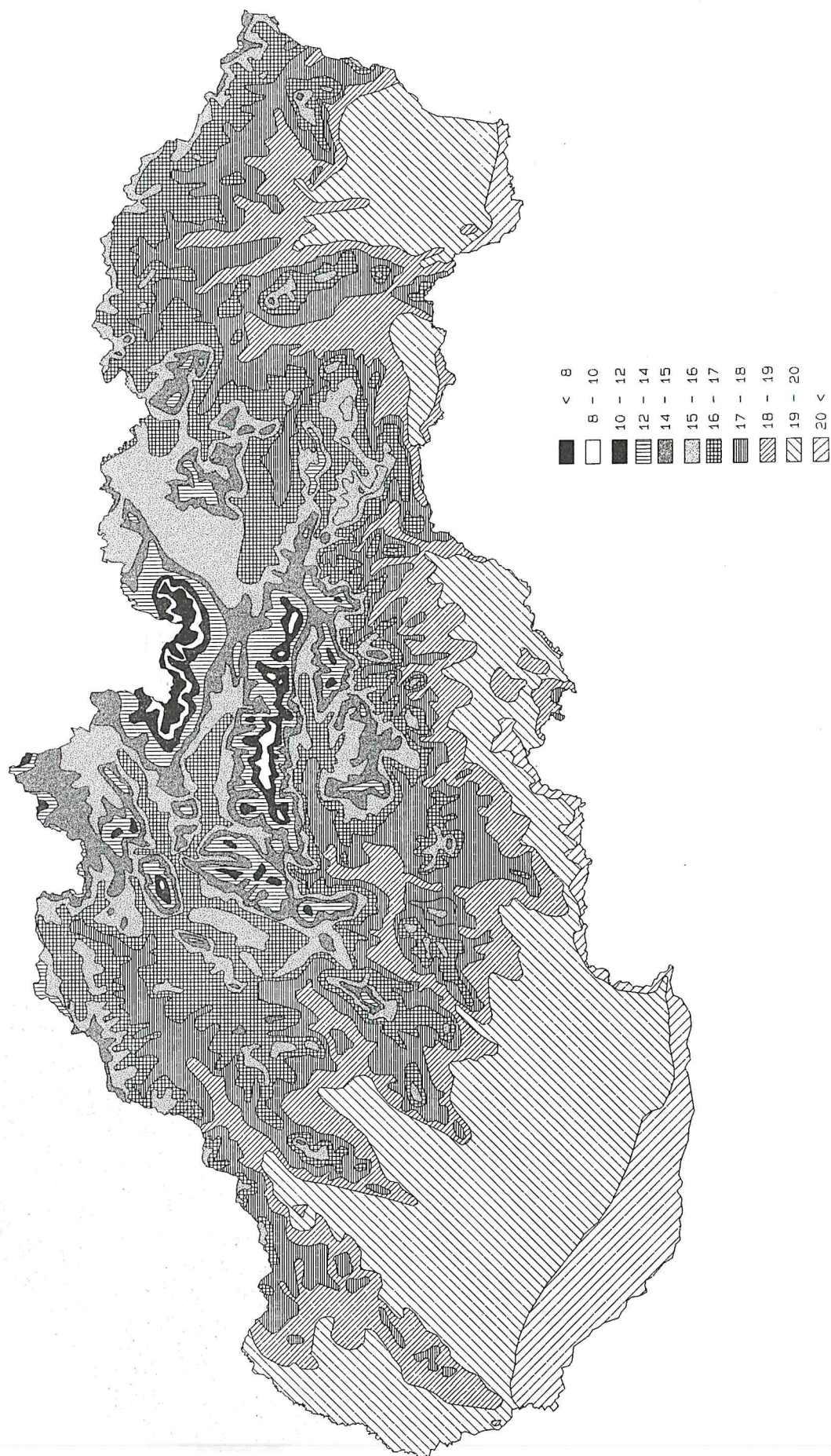


Fig.4 AREAL DISTRIBUTION OF AVERAGE OF DAILY MEAN AIR TEMPERATURE SUMS ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

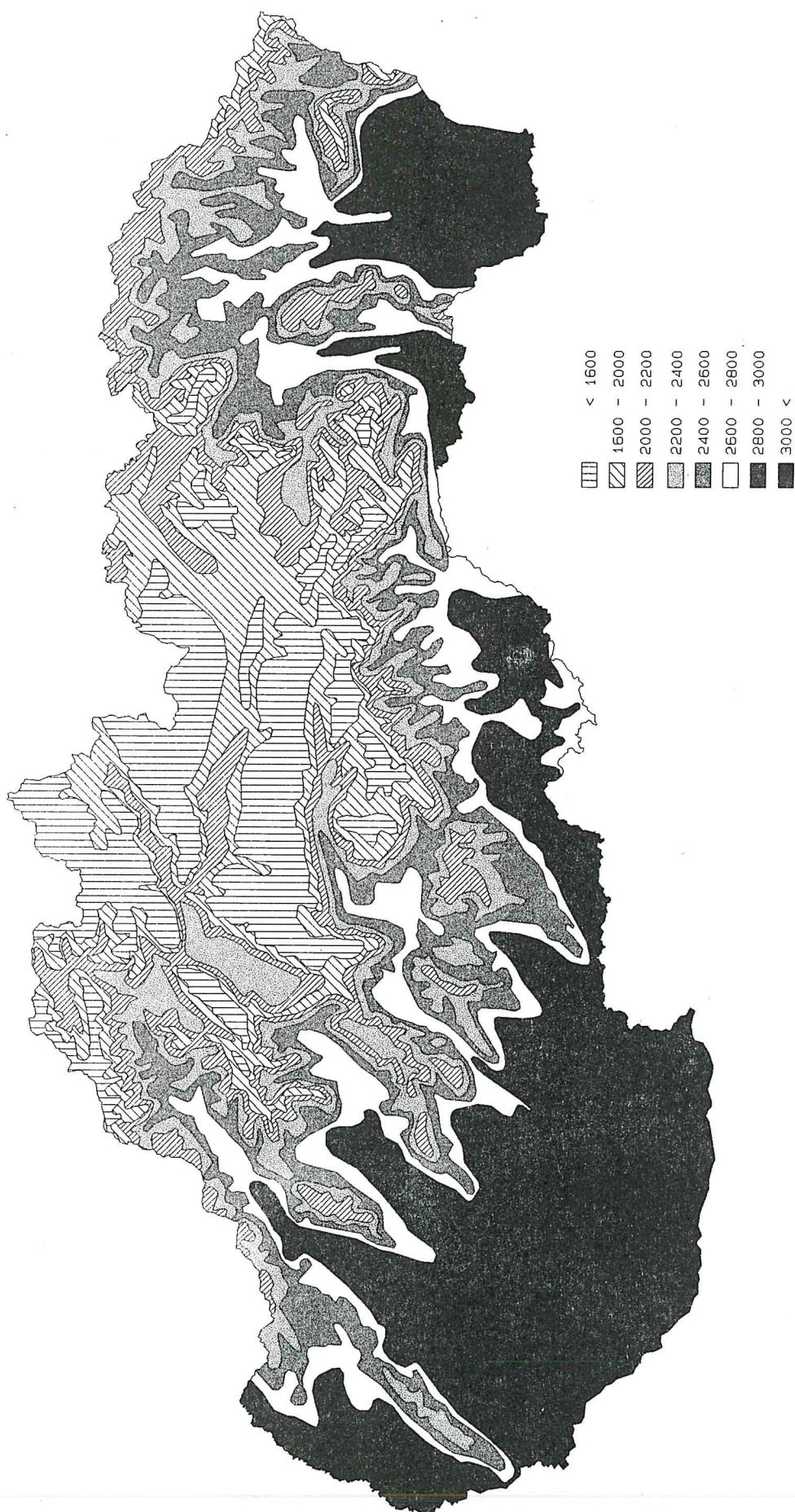


Fig.5 AREAL DISTRIBUTION OF MEAN ANNUAL PRECIPITATION TOTALS (in mm)
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

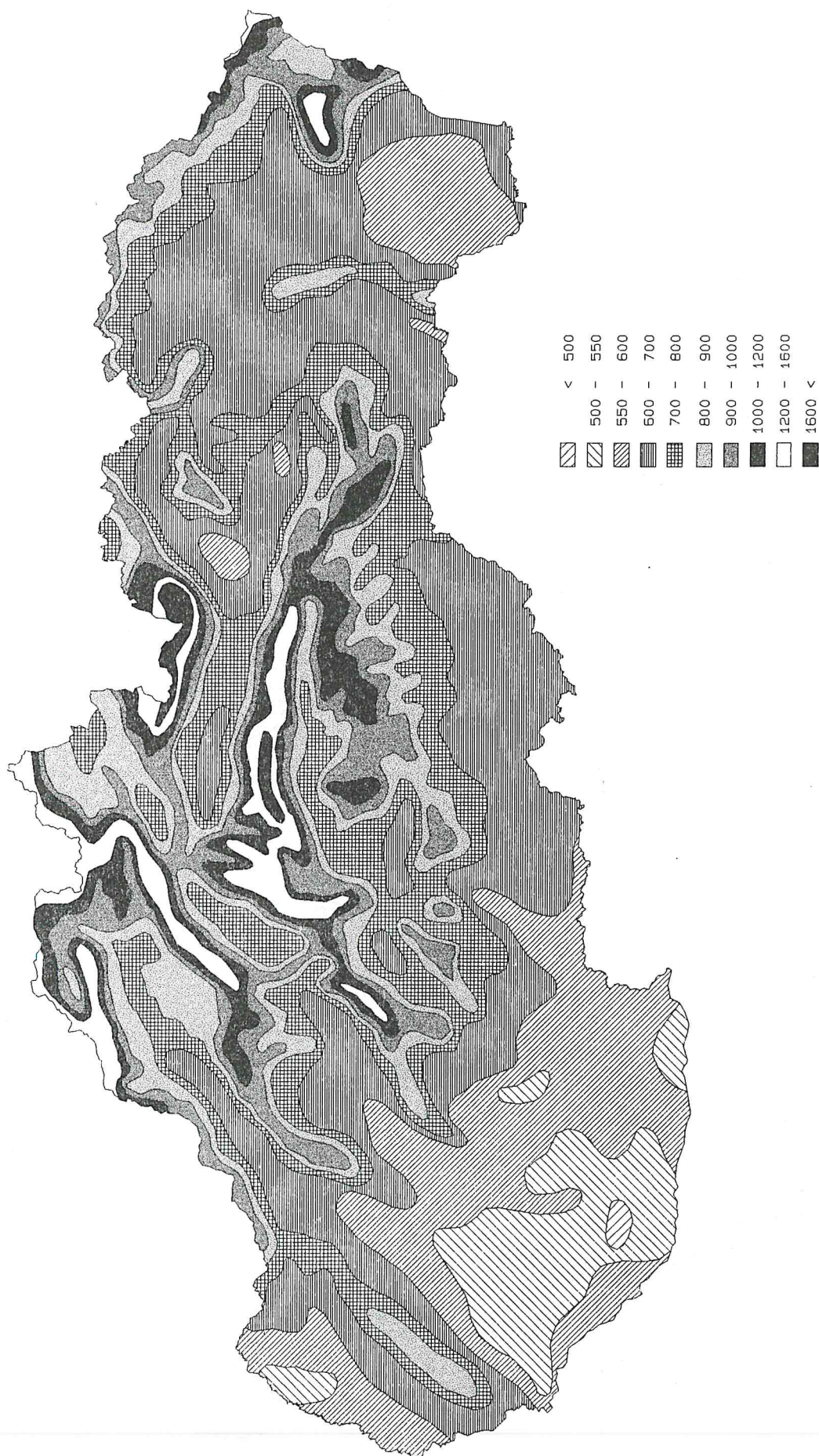


Fig.6 AREAL DISTRIBUTION OF MEAN IV - IX PRECIPITATION TOTALS (in mm) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

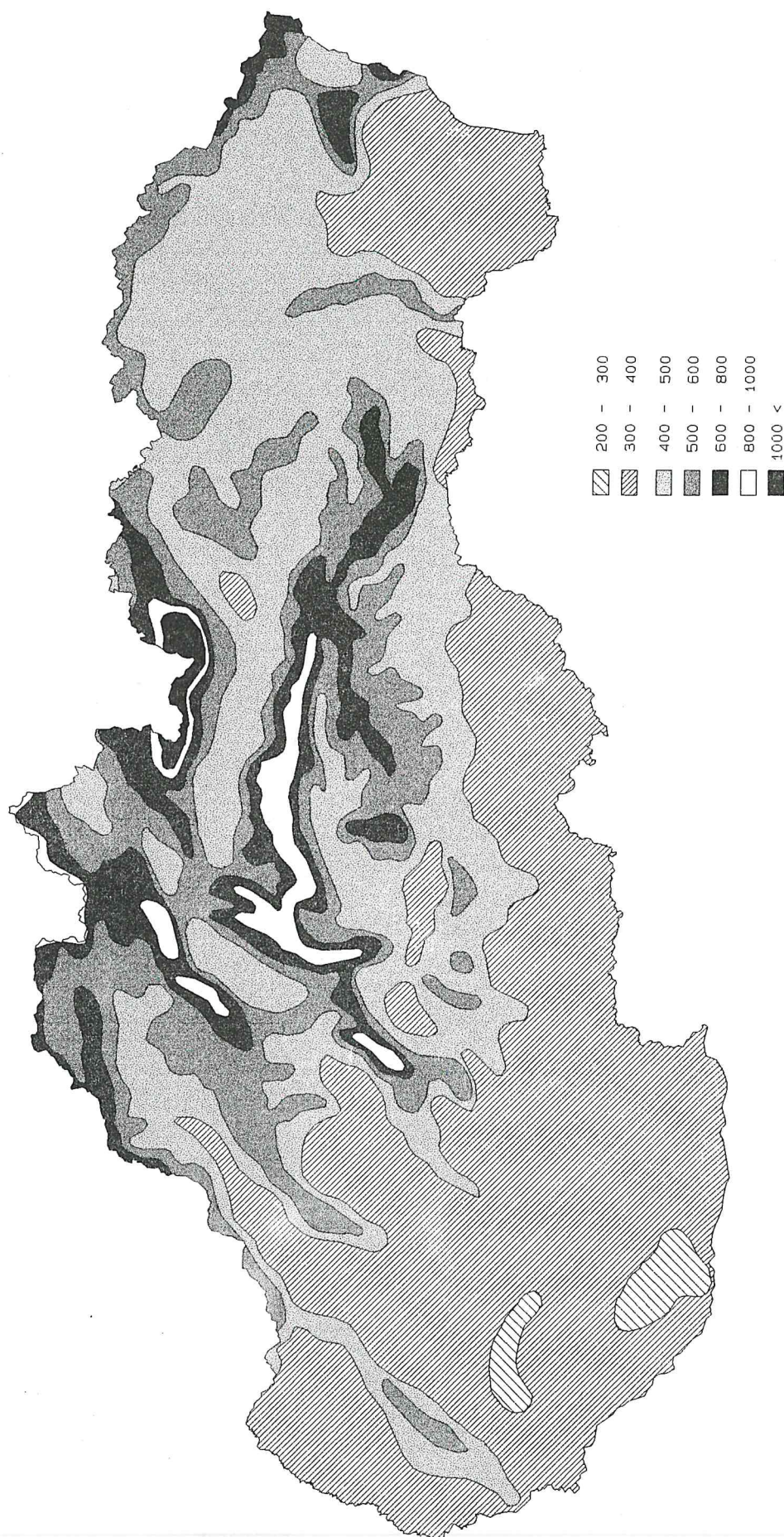


Fig.7 AREAL DISTRIBUTION OF MEAN X - III PRECIPITATION TOTALS (in mm) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE 1951 - 1980 PERIOD

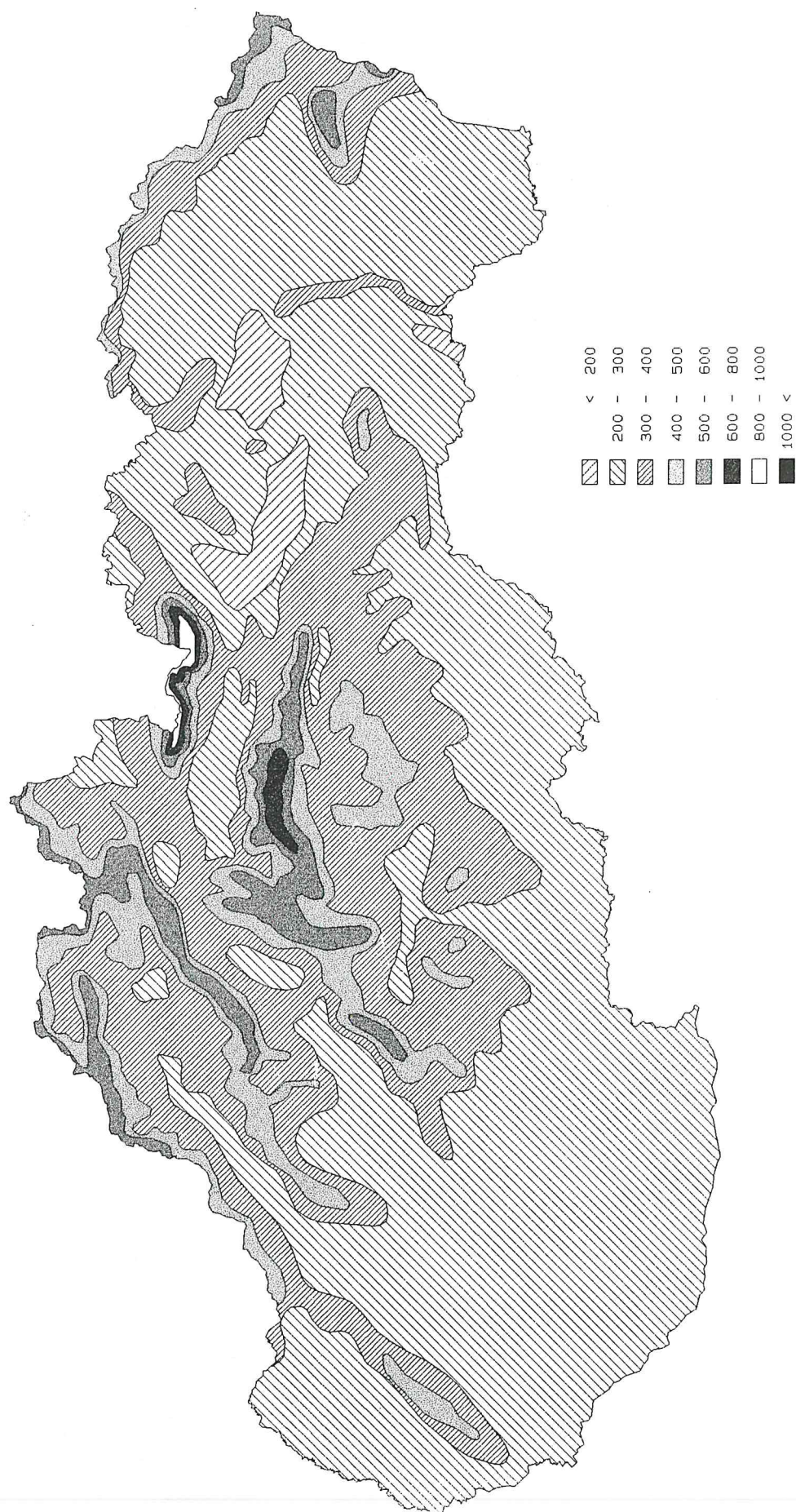


Fig.8 AREAL DISTRIBUTION OF ANNUAL AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE GISS GCM SCENARIO (2075 TIME FRAME)

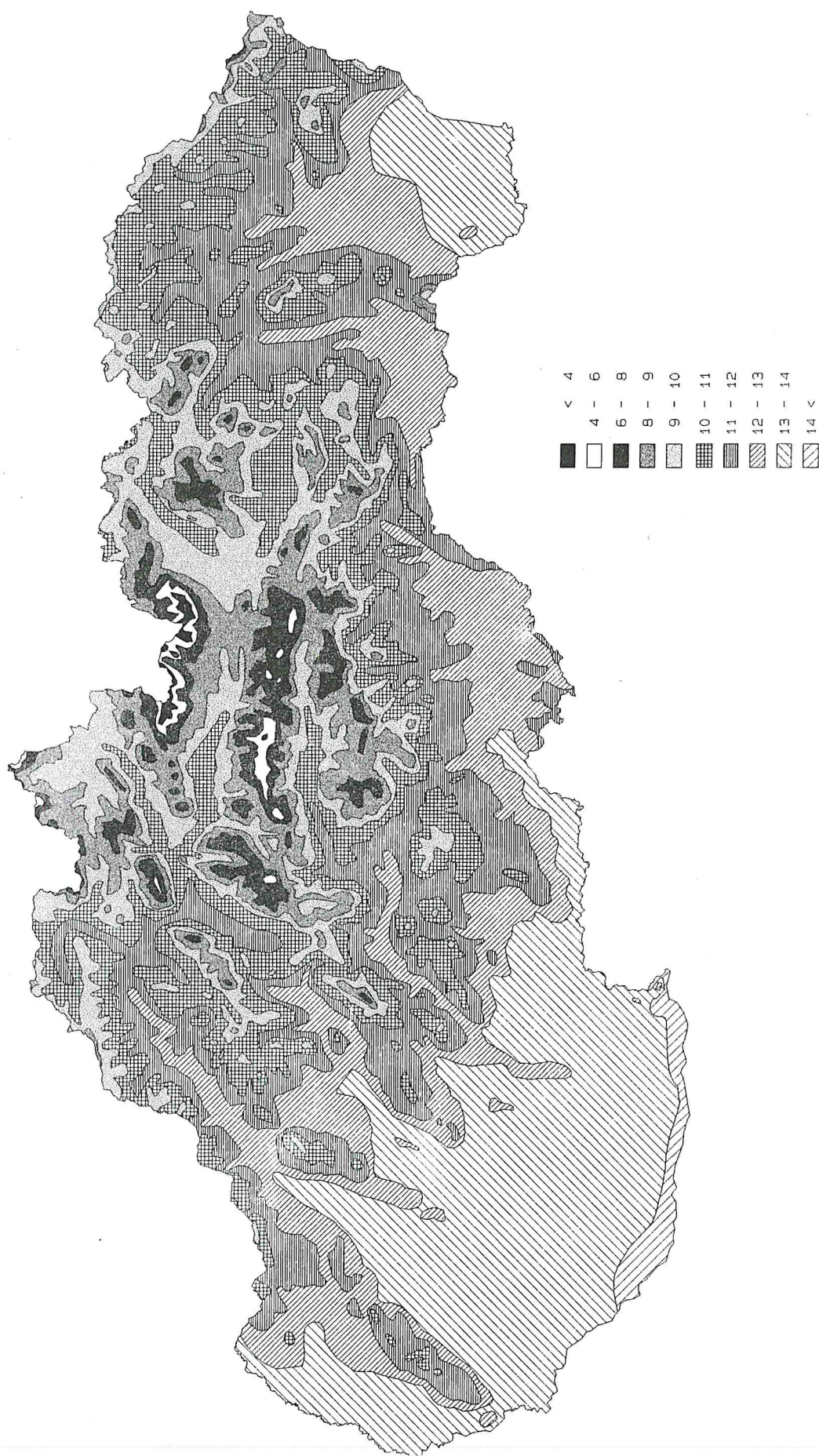


Fig.9 AREAL DISTRIBUTION OF JANUARY AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE GISS GCM SCENARIO (2075 TIME FRAME)

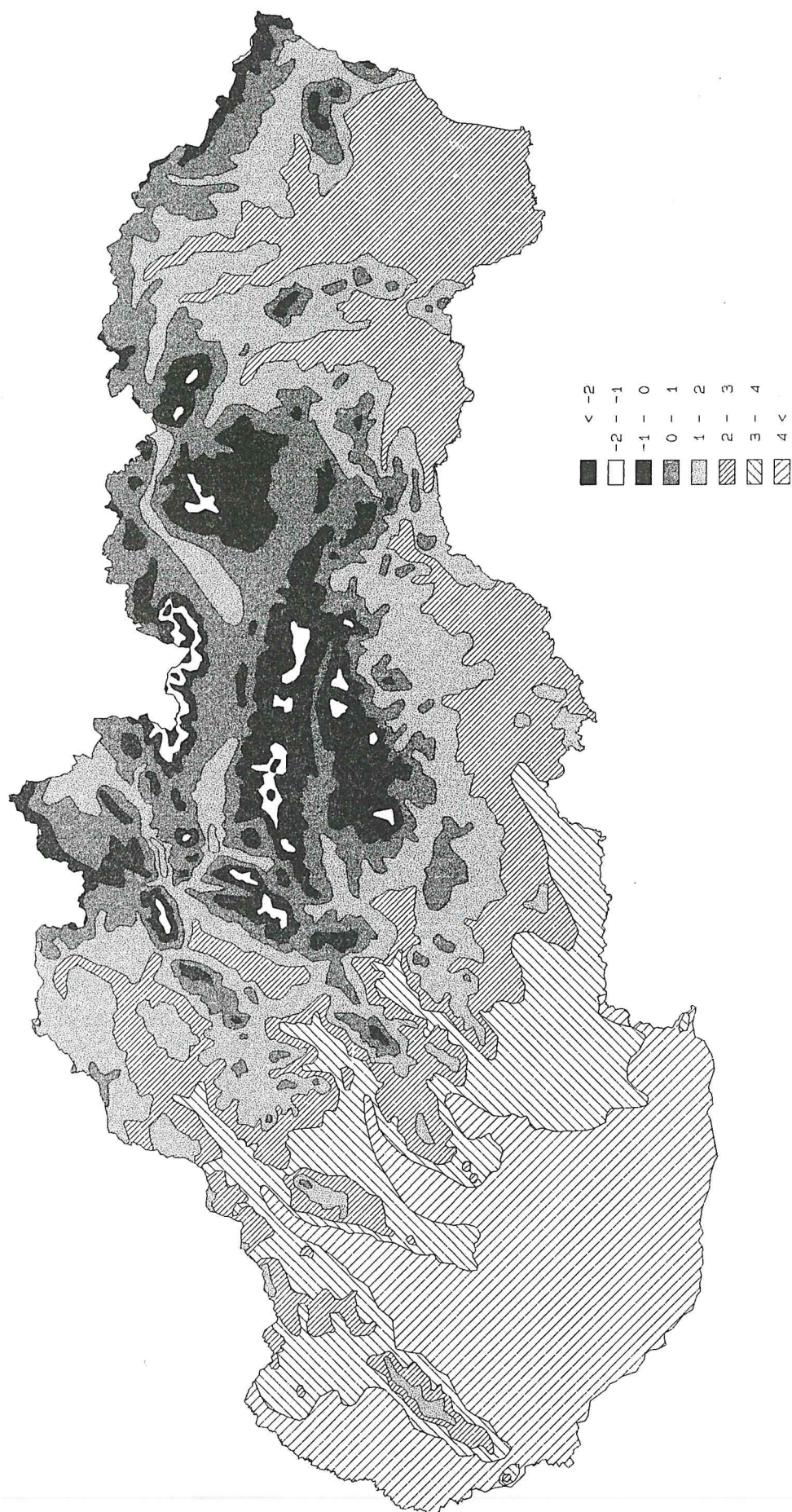
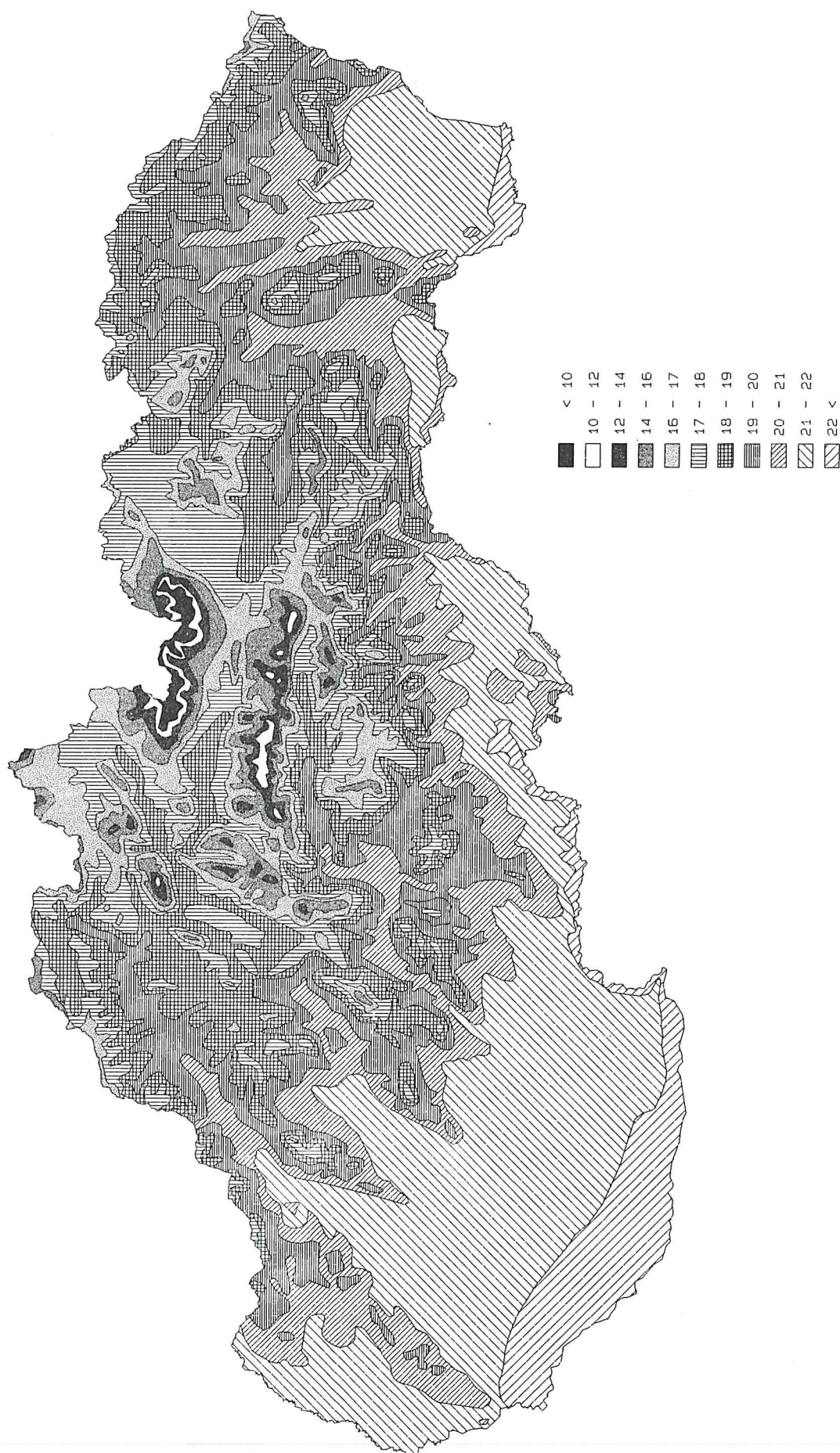
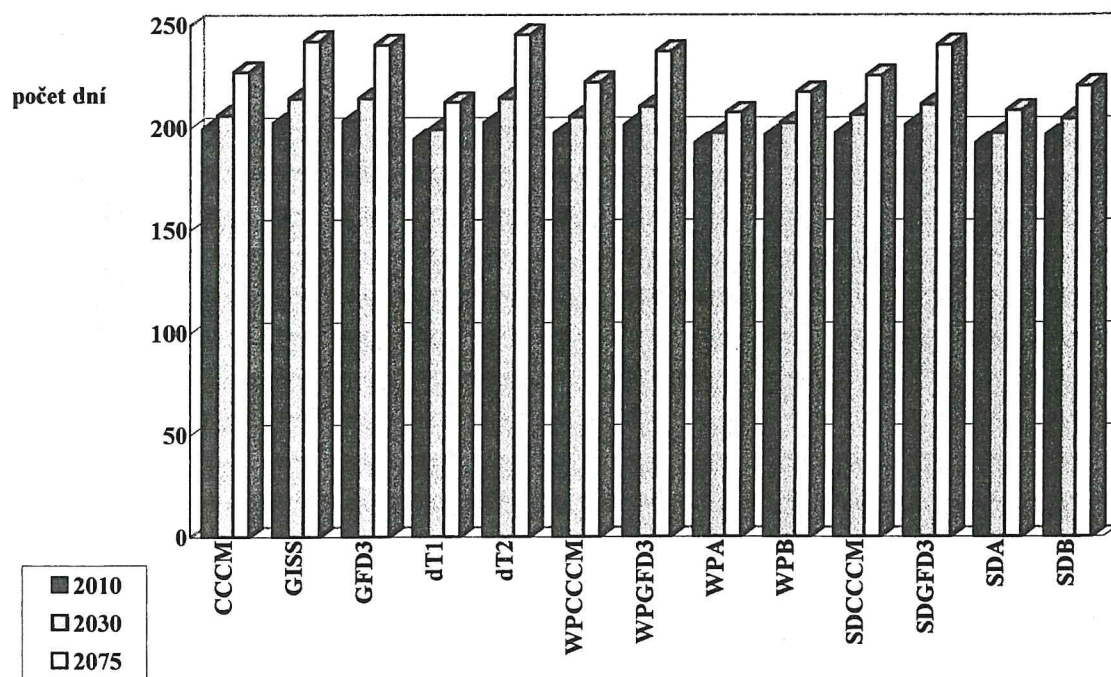


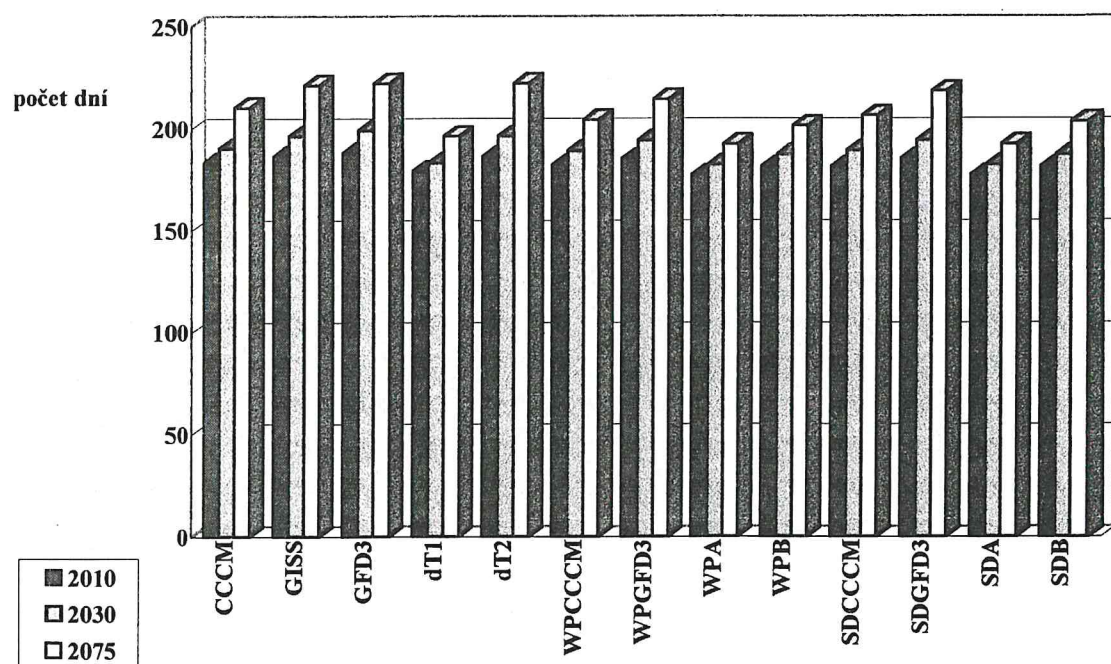
Fig. 10 AREAL DISTRIBUTION OF JULY AIR TEMPERATURE MEANS (in °C) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE GISS GCM SCENARIO (2075 TIME FRAME)



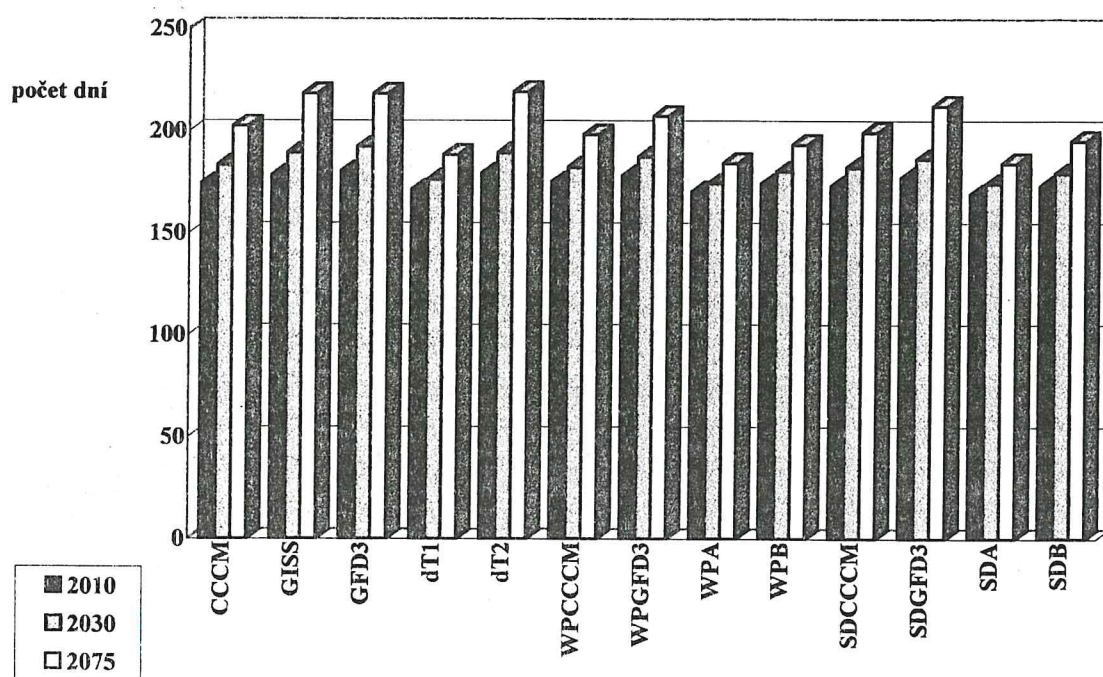
Obr. 11
Hurbanovo - Trvanie obdobia s priemernou dennou teplotou $T \geq 10^{\circ}\text{C}$



Obr. 12
Košice - Trvanie obdobia s priemernou dennou teplotou $T \geq 10^{\circ}\text{C}$



Obr. 13

Sliach - Trvanie obdobia s priemernou dennou teplotou $T \geq 10^\circ\text{C}$ 

Obr. 14

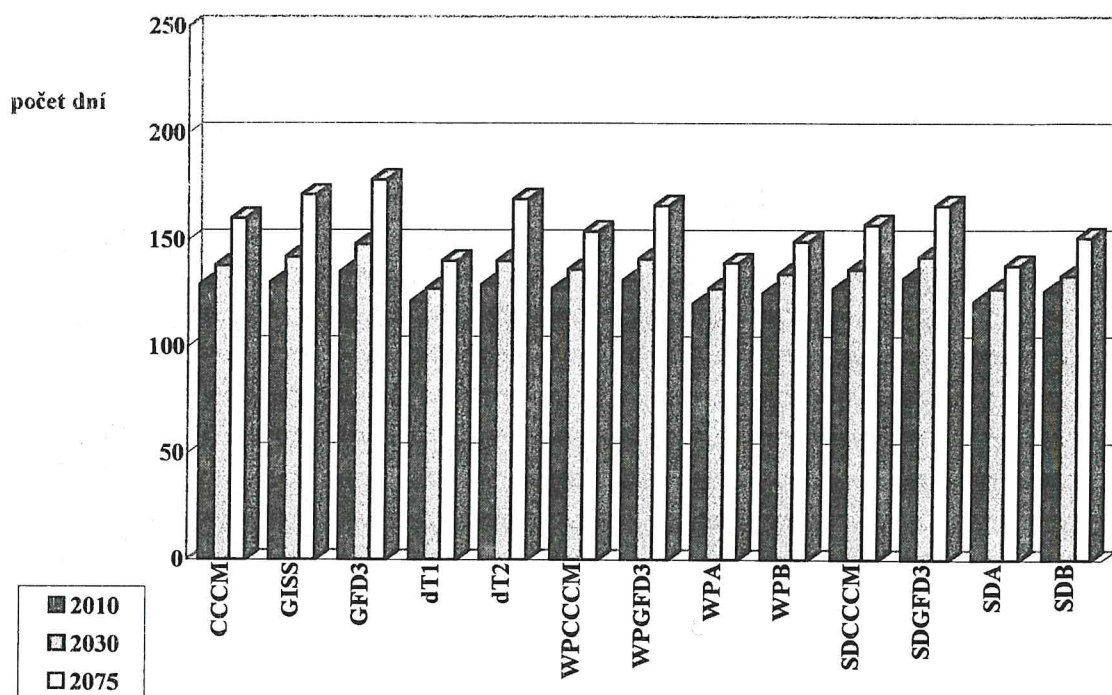
Oravská Lesná - Trvanie obdobia s priemernou dennou teplotou $T \geq 10^\circ\text{C}$ 

Fig.15 AREAL DISTRIBUTION OF AVERAGE OF DAILY MEAN AIR TEMPERATURE SUMS ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE GISS GCM SCENARIO (2075 TIME FRAME)

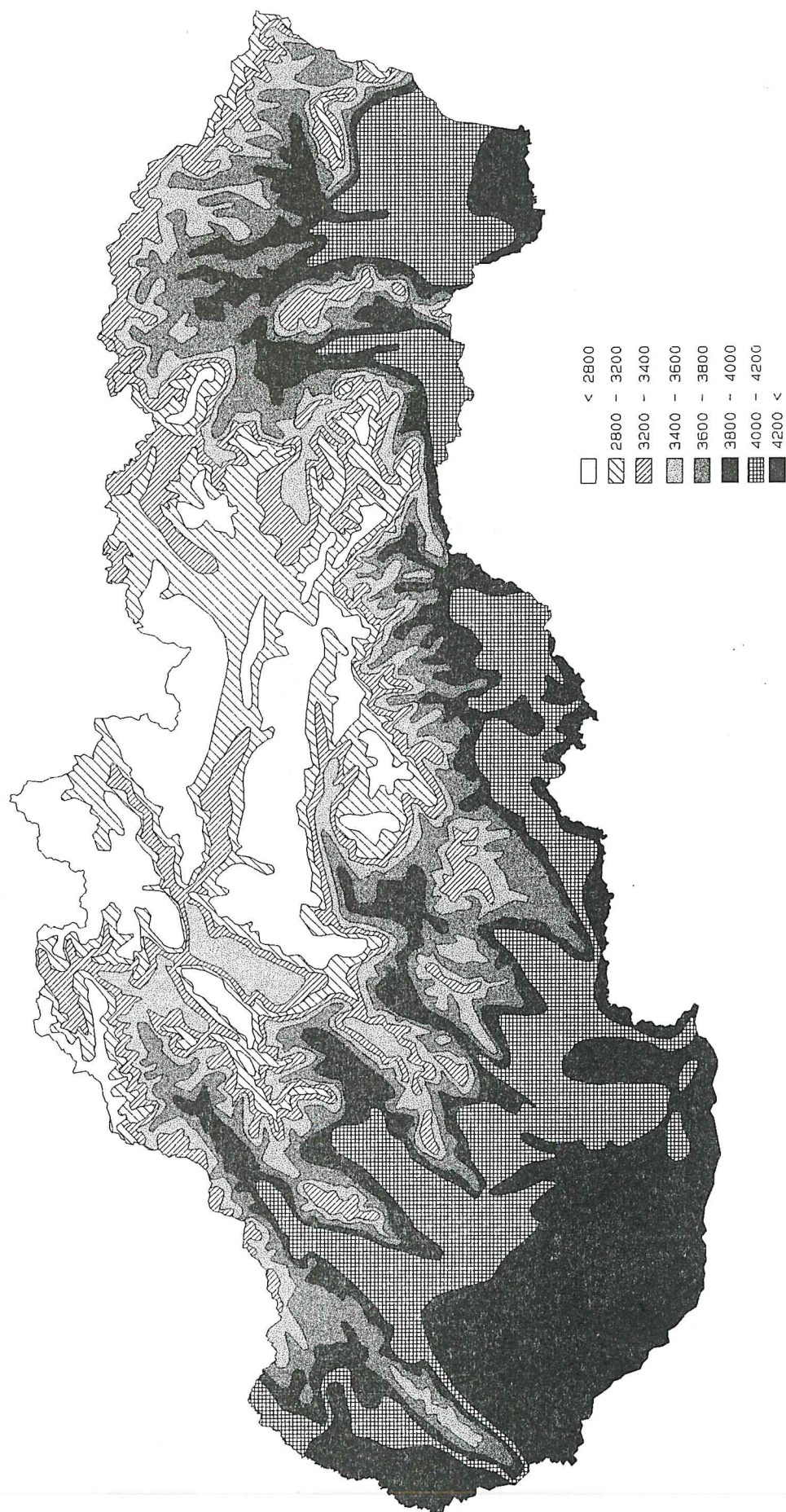


Fig.16 AREAL DISTRIBUTION OF MEAN IV - IX PRECIPITATION TOTALS (in mm) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE CCCM SCENÁRIO (2075 TIME FRAME)

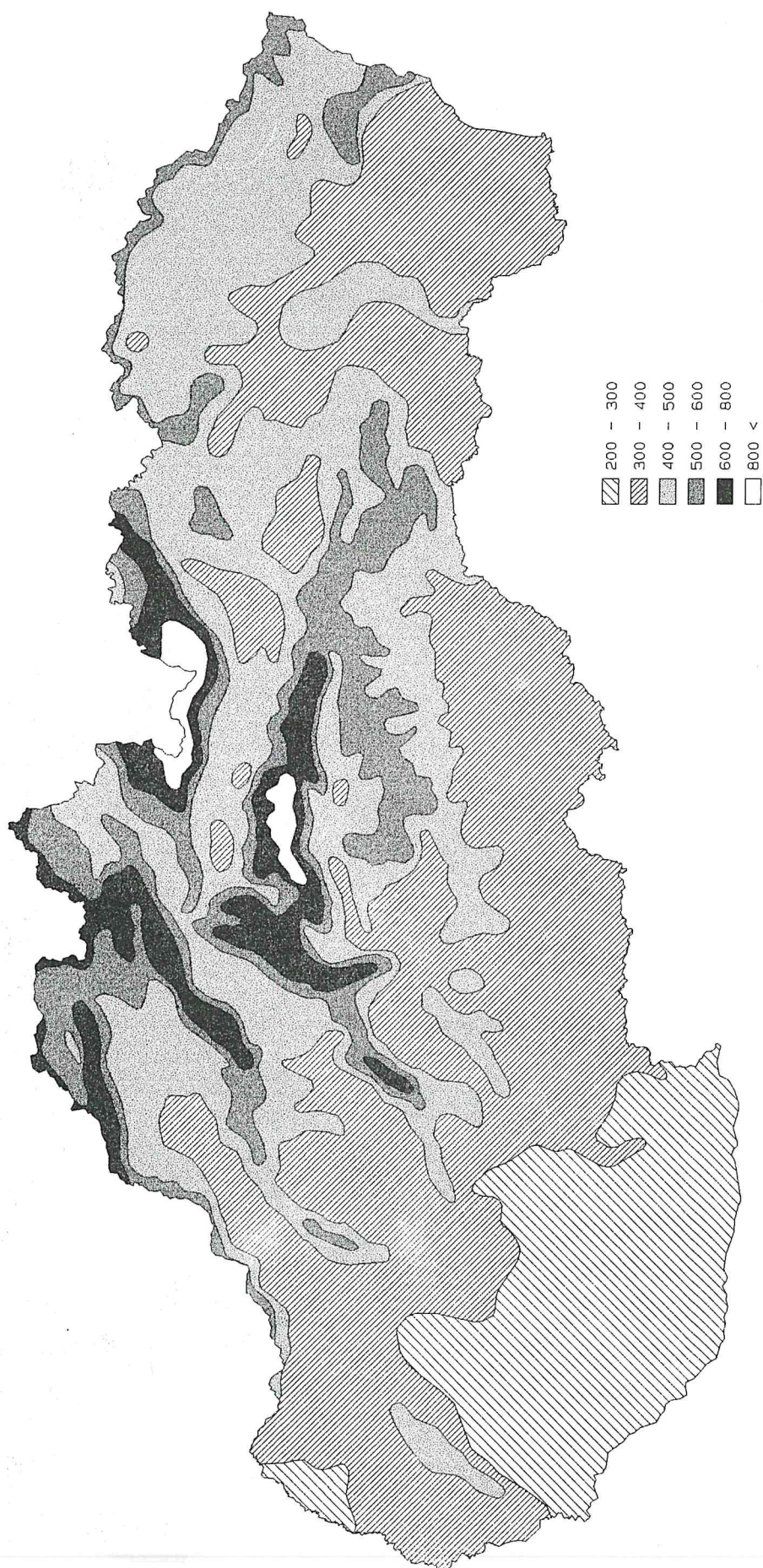
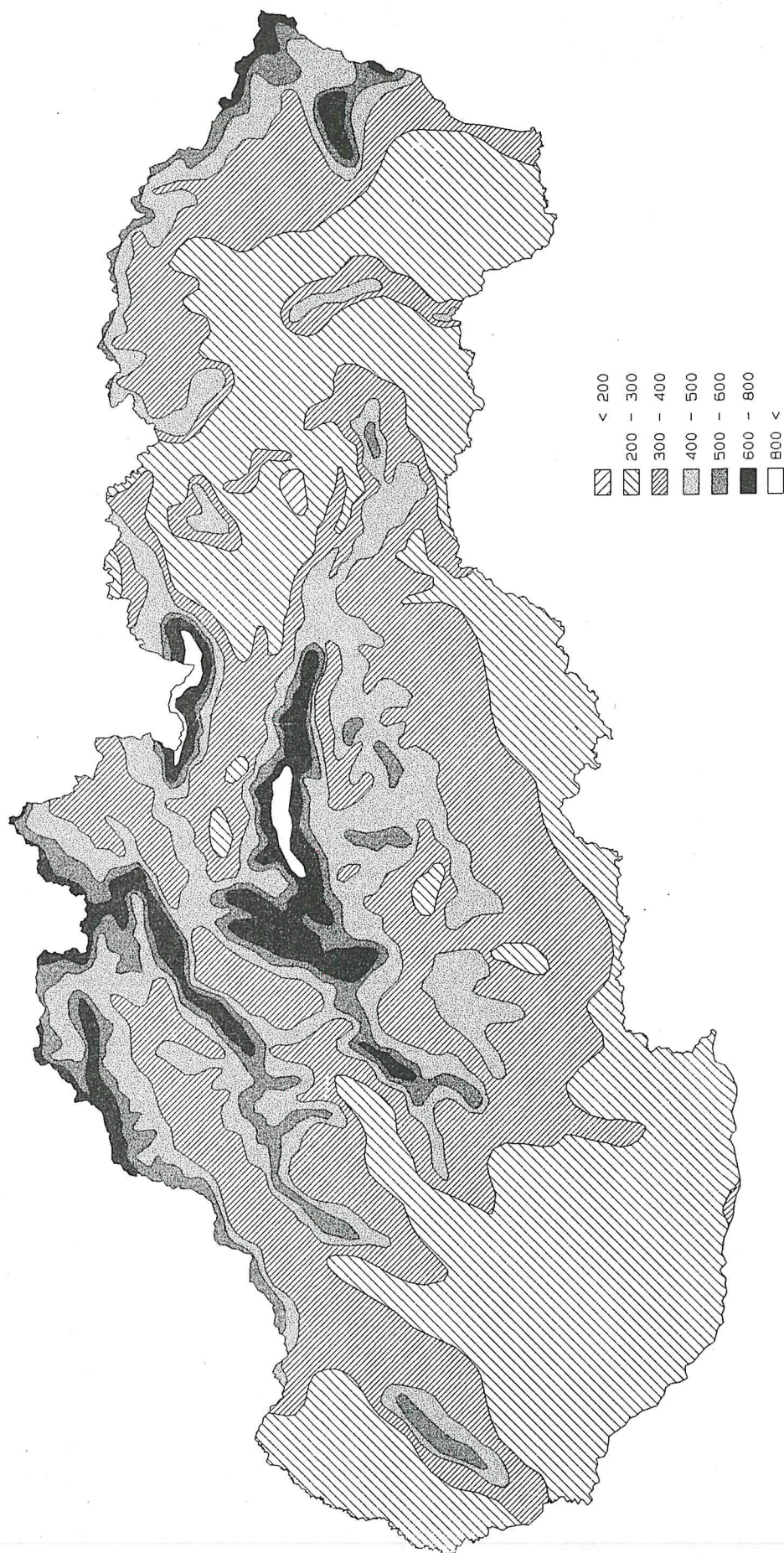


Fig.17 AREAL DISTRIBUTION OF MEAN X - III PRECIPITATION TOTALS (in mm) IN SLOVAKIA
CALCULATED FOR THE CCCM SCENARIO (2075 TIME FRAME)



VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY ZMIEN SNEHOVEJ POKRÝVKY V OBLASTI NÍZKYCH TATIER V OBDOBÍ 1921 - 1995

*Pavol Faško⁽¹⁾, Štefan Handžák⁽²⁾, Milan Lapin⁽¹⁾
Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava⁽¹⁾, Košice⁽²⁾*

ABSTRACT

Faško P., Handžák, Š. and Lapin M., Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, Slovakia: Selected Snow Cover Characteristics Change in the Low Tatras Region (Slovakia) in 1921 -1995. Snow cover is more frequently in the centre of interest than some other climatic phenomena. Its occurrence changes countryside, limits some human activities and the others, e.g. winter sports supports. Systematic snow cover observations are to disposal in Slovakia since 1921. Observations from 40 meteorological stations were used as the base for snow conditions analysis in the Low Tatras region in the 1921-1995 period, resp. in the part of it (Map 10). To present areal and temporal variability of snow cover the characteristics were used as follows: number of days with snow cover, maximum of snow cover depth, sums of daily snow cover depths. The temporal variability of snow cover was studied at limited number of station only (at those with no interrupted series in 1921-1995). More detail analysis of snow cover patterns during winter season was analysed at the Liptovská Teplička station. The calculation of altitudinal dependence of snow cover characteristics (including significance test) was needed for preparing the snow cover maps in complex geographical conditions. Air temperature and precipitation determine the creation of snow cover, that is why they are presented briefly there. The Low Tatras represent a mountain range with not only geographical but also climatic frontier in Slovakia. Besides evaluation of temporal and areal snow cover variability and its comparison with normals, there was a goal to assess differences in creation and accumulation of snow cover between southern and northern slopes of the Low Tatras.

Description of Table, Figures and Maps:

Table 1 List of meteorological stations in the Low Tatras region, Slovakia

Figures 1 - 3 Air temperature (T) and precipitation totals (R) in different snow seasons

Figures 4 - 19 Annual and other snow seasons sums of daily snow cover depths at selected stations

Figures 20 - 35 Number of snow cover days in different snow season and at selected stations

Figures 36 and 37 Annual and winter sums of snow cover monthly maxima at Liptovská Teplička

Figures 38 - 41 Maxima of snow cover depth at Liptovská Teplička

Figures 42 and 51 Annual and winter sums of snow cover monthly maxima at selected stations

Figures 52 - 55 Altitudinal dependence of different snow cover characteristics in the Low Tatras (duration of snow cover season, number of days with snow cover depth of ≥ 1 cm, ≥ 10 cm and ≥ 50 cm)

Map 1 The Low Tatras region - contour lines and location of meteorological stations used

Map 2 Mean duration of snow cover season in the Low Tatras region

Maps 3 - 6 Mean number of days with snow cover depth of ≥ 1 cm, ≥ 10 cm, ≥ 20 cm and ≥ 50 cm in the Low Tatras region

ÚVOD

V čase, kedy sa už nielen v odborných kruhoch diskutuje o dôsledkoch možných klimatických zmien na najrôznejšie aktivity človeka, je veľmi vhodné analyzovať aj existujúce časové rady charakteristík snehovej pokrývky. Ako je všeobecne známe, snehové pomery územia sú charakteristické svojou premenlivosťou v čase a priestore. Variabilita snehovej pokrývky v priestore je funkciou morfometrických parametrov (hlavne nadmorskej výšky, expozície svahov, členitosti reliéfu), ďalej pokrytia územia vegetáciou a klimatických podmienok územia.

Oblasť Nízkych Tatier predstavuje z hľadiska prírodných podmienok a potenciálu ich využitia významný región. Niektoré športové aktivity sú limitované určitou minimálnou výškou snehovej pokrývky a stabilitou jej trvania, pričom v súčasnosti do tohto problému najvýznamnejšie vstupujú teplotné pomery, ktoré ešte umožňujú umelé zasnežovanie. V študovanom regióne sme na základe údajov zo 40 meteorologických staníc (mapka 1, tab. 1) uskutočnili časovú a priestorovú analýzu vybraných charakteristík snehovej pokrývky. Pri priestorovej analýze podľa vybraných charakteristík snehovej pokrývky (mapka 2 - 6) sme využili aj relatívne tesnú závislosť týchto charakteristík od nadmorskej výšky (obr. 52 - 55). Na tomto mieste prezentujeme iba časť z rozsiahleho spracovania z dôvodu nedostatku priestoru.

TEPLOTA VZDUCHU A ÚHRNY ZRÁŽOK

Tieto prvky boli detailnejšie analyzované napríklad v prácach [4, 5, 8]. Na tomto mieste uvádzame na obr. 1 - 3 charakteristický časový priebeh priemerov teploty vzduchu (T) na stanici Liptovský Hrádok a úhrnov zrážok (R) na staniciach Liptovský Hrádok a Dobšiná za rôzne obdobia (júl až jún - obdobie sneženia v najvyšších polohách Tatier, október až marec - chladný polrok (CHP) a december až február - klimatologická zima) v celkovom období 1900/1901 - 1996/97. Tieto stanice viac-menej dostatočne charakterizujú zvláštnosti časového chodu teplotných a zrážkových charakteristík v danej oblasti. Z prezentovaných obrázkov a z citovanej literatúry vyplýva, že v danej oblasti je v tomto období charakteristický rast T asi o 1 °C (väčší v zime a za celý rok ako v CHP) a pokles R asi o 13 až 20 % (väčší v Liptovskom Hrádku, v CHP a v zime). Oveľa väčší pokles zrážok v zime ako v ostatnej časti roka na týchto dvoch staniciach je do určitej miery prekvapujúci, lebo do roku 1996 je v celoslovenskom priemere pokles R za celý rok o 7,1 % a za zimu o 6,8 % pri nízkom korelačnom koeficiente $r = 0,16$ a $0,073$. Z týchto údajov tiež vyplýva, že boli na zrážky zvlášť chudobné a pomerne teplé zimné obdobia 1987/88 až 1994/95.

SUMA VÝŠOK SNEHOVEJ POKRÝVKY

Suma výšok snehovej pokrývky je veľmi vhodnou charakteristikou snehových pomerov skúmaného regiónu. Umožňuje získať prehľad o kumulácii snehovej pokrývky, ktorej variabilita je veľmi veľká a závisí od mnohých meteorologických, klimatologických a geografických faktorov. Suma výšok snehovej pokrývky citlivo vystihuje fluktuácie v časových radoch zrážok, teploty vzduchu, ale z krátkodobého hľadiska napríklad aj vlhkosti vzduchu. Nebola v doterajšej klimatologickej praxi veľmi frekventovaná, a preto by si zaslužila zvýšenú pozornosť. Jej vypovedacia hodnota spočíva hlavne v tom, že vyjadruje kombinovaný vplyv zrážkových a teplotných pomerov na snehovú pokrývku. V zložitých prírodných podmienkach Slovenska, s veľkým prevýšením v horských pásmach, je to veľmi cenná klimatická charakteristika.

Výrazný rozdiel v sume výšok snehovej pokrývky existuje pri porovnávaní meteorologických staníc na južnej strane Nízkych Tatier, kde sú sumy výšok snehovej pokrývky oveľa väčšie aj napriek nižšej nadmorskej výške ako na Liptove a severných svahoch Nízkych Tatier. Pri porovnávaní normálových období 1930/1931 - 1959/1960 a 1960/1961 - 1989/1990, v období 1960/1961 - 1989/1990 suma výšok snehovej pokrývky vzrástla na väčšine meteorologických staníc. Závislosť sumy výšok snehovej pokrývky od množstva zimných zrážok je veľmi výrazná. Nízke úhrny zrážok na konci 80. a na začiatku 90. rokov spôsobili hlbokú depresiu v časovom rade tejto charakteristiky snehovej pokrývky. Podobne ako pri počte dní so snehovou pokrývkou, majú maximálnu hodnotu sumy výšok snehovej pokrývky v jednotlivých mesiacoch roka na najnižšie položených meteorologických staniciach (500 až 600 m n.m.) už v januári, v nadmorských výškach približne od 600 do 1100 m n.m. je to vo februári a v najvyšších polohách až v marci (príklad je na obr. 6 - 9).

Analýza časových radov ročnej sumy výšok snehovej pokrývky v oblasti Nízkych Tatier poskytuje ukážkové príklady silného uplatňovania vplyvov mediteránnych cyklón na južnej strane Nízkych Tatier a často takmer ich žiadny vplyv na severnom podhorí Nízkych Tatier. Markantné to bolo napríklad počas zím 1965/1966 a 1981/1982 (obr. 4, 10, 12, 14, 16, 18,). Všeobecný úbytok zrážok a preva ha teplých zím na konci 80. a začiatku 90. rokov sa pri ročnej sume výšok snehovej pokrývky negatívnejšie prejavil na južnej strane Nízkych Tatier (obr. 4, 10, 12, 14, 16, 18), čo iste súvisí aj s málo početným vplyvom stredomorských cyklón v tomto období na počasie u nás [5]. Zrážkové pomery Slovenska sú ovplyvňované niekoľkými typmi poveternostných situácií s rôznym regionálnym dosahom, ale rozsahom pôsobenia a príspevkom zrážok k ich celkovej bilancii na území Slovenska majú dominantné postavenie stredomorské cyklóny, aj keď ich presadenie je u nás v porovnaní s inými zrážkovo významnými typmi poveternostných situácií zriedkavé.

POČET DNÍ SO SNEHOVOU POKRÝVKOU

Počet dní so snehovou pokrývkou predstavuje jednu z klasických a často využívaných charakteristík snehovej pokrývky. Zložené prírodné podmienky Nízkych Tatier a priľahlých oblastí sa prejavujú aj v priestorovej premenlivosti tejto charakteristiky snehovej pokrývky.

Najnižší počet dní so snehovou pokrývkou v oblasti Nízkych Tatier vykazujú západné časti Liptovskej kotliny. Je to dôsledok výrazného zrážkového tieňa, ktorý neumožňuje uplatniť sa vlhkým vzduchovým hmotám prinášajúcim zrážky, hlavne od západu až severozápadu, ale aj z juhu. Druhá najvyššie položená meteorologická stanica na Slovensku - Chopok, mala v období 1960/1961 - 1989/1990 taký vysoký priemerný

počet dní so snehovou pokrývkou, že sa dá konštatovať, že na hrebeňoch Nízkych Tatier, v polohách okolo 2000 m n.m. sa vyskytuje súvislá snehová pokrývka takmer 3/5 roka. Okrem nadmorskej výšky a expozície vplýva na trvanie a výskyt snehovej pokrývky aj bezprostredné okolie meteorologickej stanice. Menej veterne polohy s blízkym lesným porastom predstavujú mimoriadne priaznivé podmienky na kumuláciu snehovej pokrývky.

Pri porovnávaní normálových období 1930/1931 - 1959/1960 a 1960/1961 - 1989/1990 sme zistili, že pri priemernom počte dní so snehovou pokrývkou bol v poslednom normálovom období oproti predchádzajúcemu zaznamenaný prevažne úbytok. Mohlo by to byť podmienené prevahou zím s vyššou teplotou vzduchu, ktoré môžu byť sprevádzané aj vzrastom zrážok, pričom hranica sneženia by mala stúpať. Vysoké polohy Nízkych Tatier, ktoré však nemajú porovnateľne dlhé časové rady údajov, by mohli vykazovať, pri tejto charakteristike snehovej pokrývky, z tohto dôvodu aj opačný trend.

Počet dní so snehovou pokrývkou je konzervatívnejšia charakteristika snehovej pokrývky. Časové rady ročných súm počtu dní so snehovou pokrývkou od roku 1921 do roku 1995 nevykazujú také výkyvy, ako to bolo pri sume výšok snehovej pokrývky. Pozornosti však nemôžu uniknúť hlboké depresie v časových radoch z Beňušu, Dobšinej a Motyčiek na konci 80. a začiatku 90. rokov (obr. 30, 32, 34). Pokles pri tejto charakteristike snehovej pokrývky bol v tomto období zaznamenaný aj v Liptovskej Tepličke, v Liptovskom Hrádku a v Partizánskej Lupči (obr. 20, 26, 28), ale na týchto troch meteorologických staniciach bol porovnateľný s niektorými inými v 75-ročnej histórii.

Z hľadiska ročného režimu počtu dní so snehovou pokrývkou je veľmi zaujímavý január (obr. 23), ktorý predstavuje centrálny mesiac zimy. Kotlinová poloha Liptovskej Tepličky a kontinentálnejší charakter klímy by mali v tejto časti roka a v tomto regióne zabezpečovať vysokú pravdepodobnosť výskytu snehovej pokrývky počas celého januára.

MAXIMÁLNA VÝŠKA SNEHOVEJ POKRÝVKY

Maximálna výška snehovej pokrývky sa v oblasti Nízkych Tatier môže vyskytnúť v decembri až v apríli. V jednotlivých 30-ročných normálových obdobiach boli zimy, kedy maximálna výška snehovej pokrývky dosiahla svoju najväčšiu hodnotu súčasne na viacerých meteorologických staniciach, v období 1930/1931 - 1959/1960 vo februári 1940, 1952 a v marci 1932, 1956. Obdobie 1960/1961 - 1989/1990 je charakterizované oveľa jednoznačnejšie, je tu väčšia zhodnosť výskytu maximálnej výšky snehovej pokrývky v príslušnom mesiaci a v danom roku. Sú tu zastúpené december 1981, január 1976, február 1963 a marec 1970. Najvyššiu hodnotu maximálnej výšky snehovej pokrývky v období 1960/1961 - 1989/1990 zaznamenali na Chopku 8. apríla 1967, a to 272 cm, naopak najnižšia hodnota tejto charakteristiky snehovej pokrývky, len 50 cm, bola zaznamenaná 13. januára 1987 v Ružomberku. Pri hodnotení režimu výskytu maximálnej výšky snehovej pokrývky v 75-ročných radoch údajov je napríklad v Liptovskej Tepličke tendencia posunu jej výskytu do skorších období zimy (obr. 38 - 41).

Priebeh časových radov sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky je takmer identický s priebehom časových radov sumy výšok snehovej pokrývky (príklad je na obr. 4 - 19 a 36 - 51).

Z nedávnej minulosti je pamätná kalamitná situácia na rozhraní rokov 1993 a 1994, kedy výdatné sneženie spôsobilo rozsiahle polomy v lesoch v okolí Banskej Bystrice a v časti Slovenského rudohoria. Suma maximálnej výšky snehovej pokrývky na meteorologickej stanici Motyčky dosiahla za 3 mesiace od decembra 1993 do februára 1994 250 cm (obr. 49). Podobné hodnoty sú zaznamenávané v tejto lokalite s pravdepodobnosťou opakovania raz za 5 až 10 rokov, čo nie je dôvod na takú rozsiahlu kalamitu. Vrstva snehovej pokrývky s rovnakou výškou však môže mať v rôznom čase rôznu váhu, pričom rozdiel v sile, ktorou pôsobia tieto rovnako hrubé vrstvy snehovej pokrývky, môže byť aj niekoľkonásobný. Nebezpečné sú predovšetkým poveternostné situácie, kedy sa striedavo mení skupenstvo padajúcich zrážok.

ZÁVER

Snehová pokrývka je jedným z najpremenlivejších meteorologických prvkov, hlavne z hľadiska priestorového rozšírenia. Pre rozdielnosť poveternostných situácií, a tým aj cirkulačných pomerov, za ktorých sa vyskytujú na Slovensku zrážky v zimnom období, nevynikajú všade jednoznačne rozdiely v snehových pomeroch južných a severných svahov hôr. Zrážky vyskytujúce sa v súvislosti s cyklónami postupujúcimi severne od nás prinášajú najvýdatnejšie zrážky na severných svahoch pohorí, pričom za prevládajúceho západného až severozápadného prúdenia sú všeobecne severné a severozápadné svahy bohatšie na zrážky a

snehovú pokrývku. Naproti tomu cyklóny postupujúce zo Stredomoria cez Maďarsko a Slovensko na východ prinášajú veľmi výdatné zrážky na južných a juhovýchodných svahoch pohorí, vystavených teplým a vlhkým vzduchovým hmotám, prúdiacim do našej oblasti. Pre Nízke Tatry je takéto striedanie poveternostných situácií veľmi príznačné.

V klimatológii by bolo vhodné, popri často využívanom počte dní so snehovou pokrývkou, perspektívne viac 'zúžitkovať' možnosti, ktoré poskytuje suma výšok snehovej pokrývky za rôzne časové obdobia. Z prezentovaných časových radov charakteristík snehovej pokrývky vyplýva, že práve táto charakteristika snehovej pokrývky je schopná veľmi citlivo registrovať fluktuácie v časových radoch zrážok a teploty vzduchu.

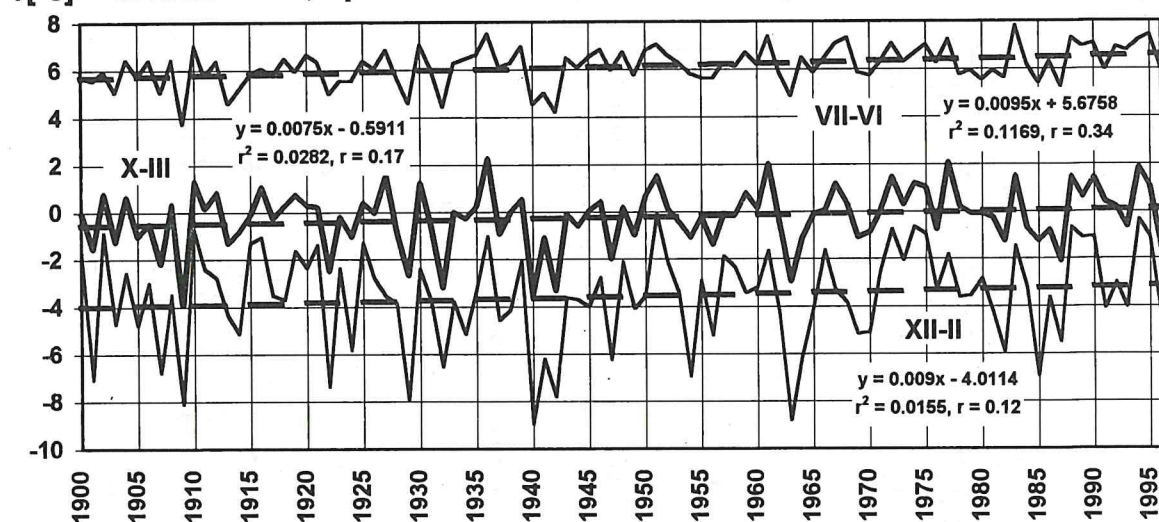
LITERATÚRA:

- [1] Handžák, Š.: Dlhodobé charakteristiky snehovej pokrývky v oblasti Nizkych Tatier za obdobie 1960/1961 - 1989/1990. [Diplomová práca.] Prir. F UK, Bratislava 1997, 87 s. + prílohy.
- [2] Kolektív autorov: Variabilita charakteristík snehových poměrů v Karpatské části ČSFR v období 1920/1921 - 1984/1985. Zborník prác SHMÚ, zv. 14, Alfa, Bratislava 1991, 176 s.
- [3] Konček, M., Briedoň, V.: Sneh a snehová pokrývka na Slovensku. SAV, Bratislava 1964, 76 s.
- [4] Lapin M., Faško P., Zeman V.: Príspevok k analýze možných dôsledkov globálneho oteplenia atmosféry o 1 - 2 °C na zmeny klimatických pomerov na Slovensku. Národný klimatický program SR, I, 1994, č. 2, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava 1994, s. 35-77.
- [5] Lapin M., Faško P.: Úhmy zrážok na Slovensku a zmeny atmosférickej cirkulácie v období 1874-1993. Meteorolog. zpr., 49, č. 1., 1996, s. 1-11.
- [6] Lapin M., Nieplová E., Faško P.: Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku. Národný klimatický program SR, zv. 3. MŽP SR a SHMÚ, Bratislava 1995, s. 17-57.
- [7] Lapin M., Faško P., Nieplová E.: Regionálne inkrementálne scenáre zmien klimatických charakteristík v SR. Vybrané výsledky zmien relatívnej vlhkosti vzduchu a snehovej pokrývky. SR Country Study, No 8, SHMÚ, Bratislava 1996, 21 s.
- [8] Lapin M., Závodský D., Majerčáková O., Mindáš J., Špánik F., et al.: Vulnerability and Adaptation Assessment for Slovakia. Final Report of Slovak Republic's Country Study, Element 2. U.S. Country Studies Program, Slovak Ministry of Environment, Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava 1997, 219 s.
- [9] Lapin M., Faško P.: Snow Cover and Precipitation Changes In Slovakia in the 1921-1995 Period. In.: Rakovec J., Žagar M. (Eds.), Proceedings on the 24th ICAM 96. HMI of Slovenia, Bled 1996, s. 259-266.
- [10] Šamaj, F., Valovič, Š.: Snehové pomery na Slovensku. Zborník prác SHMÚ, zv. 14/III., Alfa, Bratislava 1988, 128 s.

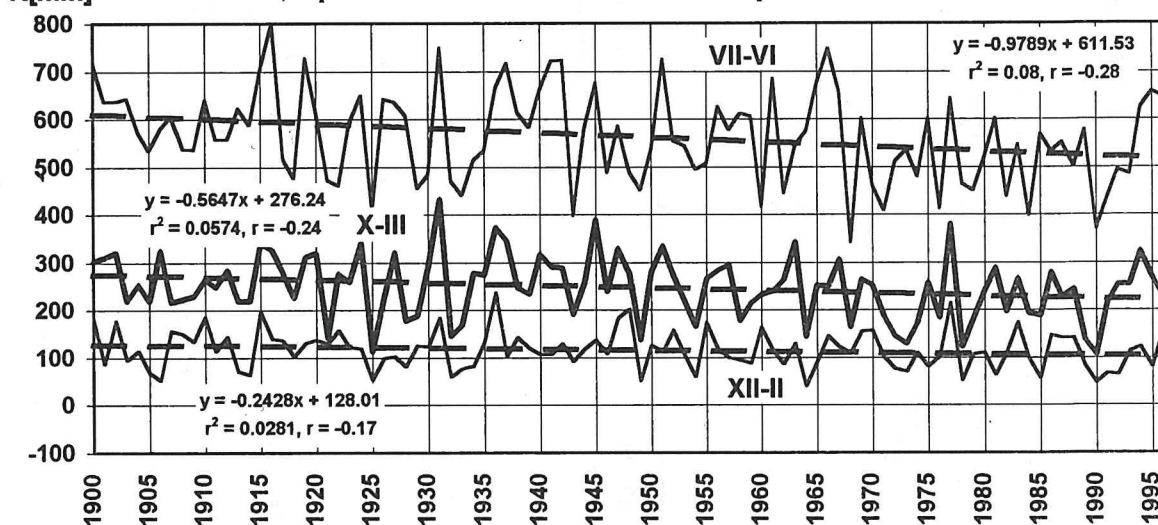
Tab. 1 Zoznam meteorologických staníc v oblasti Nízkych Tatier

Por. čís.	Zraz. ind.	Názov stanice	Zemepisná		H [m n. m.]	Údaje za obdobie	Povodie
			šírka	dĺžka			
1	20020	Liptovská Teplička	48° 58'	20° 05'	903	1921/22 - 1994/95	Váh
2	20040	Kráľova Lehota - Čierny Váh	49° 01'	19° 56'	738	1921/22 - 1994/95	Váh
3	20140	Kráľova Lehota	49° 08'	19° 56'	677	1960/61 - 1994/95	Váh
4	20160	Vyšná Boca	48° 56'	19° 45'	930	1921/22 - 1994/95	Váh
5	20180	Malužiná, Michalovo	49° 00'	19° 46'	700	1960/61 - 1994/95	Váh
6	20260	Liptovský Hrádok	49° 02'	19° 44'	640	1921/22 - 1994/95	Váh
7	21060	Liptovský Mikuláš	49° 05'	19° 36'	570	1921/22 - 1994/95	Váh
8	21080	Chopok	48° 57'	19° 36'	2008	1960/61 - 1994/95	Váh
9	21100	Luková pod Chopkom	48° 57'	19° 35'	1661	1960/61 - 1994/95	Váh
10	21120	Demänovská Dolina, Jasná	48° 58'	19° 35'	1196	1950/51 - 1994/95	Váh
11	21140	Lazisko	49° 02'	19° 33'	675	1960/61 - 1994/95	Váh
12	21240	Partizánska Ľupča - Magurka	48° 57'	19° 26'	1045	1921/22 - 1994/95	Váh
13	21280	Partizánska Ľupča	49° 04'	19° 26'	573	1921/22 - 1994/95	Váh
14	21360	Liptovská Osada	48° 57'	19° 16'	605	1960/61 - 1994/95	Váh
15	21420	Ružomberok	49° 05'	19° 18'	471	1960/61 - 1994/95	Váh
16	21440	Ľubochňa, Rakytov	49° 07'	19° 10'	718	1960/61 - 1994/95	Váh
17	33020	Telgárt	48° 51'	20° 11'	901	1960/61 - 1994/95	Hron
18	33040	Šumiac	48° 50'	20° 08'	870	1921/22 - 1994/95	Hron
19	33060	Pohorelá	48° 52'	20° 01'	764	1921/22 - 1994/95	Hron
20	33120	Polomka	48° 51'	19° 51'	586	1921/22 - 1994/95	Hron
21	33140	Beňuš	48° 50'	19° 46'	550	1921/22 - 1994/95	Hron
22	33200	Brezno	48° 48'	19° 38'	487	1960/61 - 1994/95	Hron
23	33240	Čierny Balog - Krám	48° 46'	19° 38'	530	1921/22 - 1994/95	Hron
24	34020	Jarabá	48° 53'	19° 41'	839	1921/22 - 1994/95	Hron
25	34040	Mýto pod Ďumbierom	48° 52'	19° 38'	610	1960/61 - 1994/95	Hron
26	34070	Jasenie	48° 50'	19° 28'	483	1921/22 - 1994/95	Hron
27	34080	Brusno	48° 47'	19° 23'	406	1921/22 - 1994/95	Hron
28	34100	Lubietová	48° 45'	19° 22'	477	1921/22 - 1994/95	Hron
29	34120	Slovenská Ľupča	48° 46'	19° 17'	370	1921/22 - 1994/95	Hron
30	34160	Dolný Harmanec	48° 48'	19° 03'	481	1921/22 - 1994/95	Hron
31	34180	Motyčky	48° 52'	19° 11'	688	1921/22 - 1994/95	Hron
32	34200	Krížna	48° 53'	19° 05'	1570	1960/61 - 1994/95	Hron
33	34220	Staré Hory	48° 50'	19° 07'	468	1921/22 - 1994/95	Hron
34	34260	Banská Bystrica	48° 44'	19° 07'	343	1960/61 - 1994/95	Hron
35	34280	Králiky	48° 44'	19° 02'	627	1960/61 - 1994/95	Hron
36	34320	Badín	48° 40'	19° 08'	376	1921/22 - 1994/95	Hron
37	52040	Dobšiná	48° 49'	20° 22'	474	1921/22 - 1994/95	Slaná
38	54120	Lom n. Rimavicou	48° 39'	19° 39'	1015	1960/61 - 1994/95	Slaná
39	56040	Vernár	48° 55'	20° 16'	783	1960/61 - 1994/95	Hornád
40	57020	Stratená-Dobš. I. j.	48° 53'	20° 18'	880	1960/61 - 1994/95	Hnilec

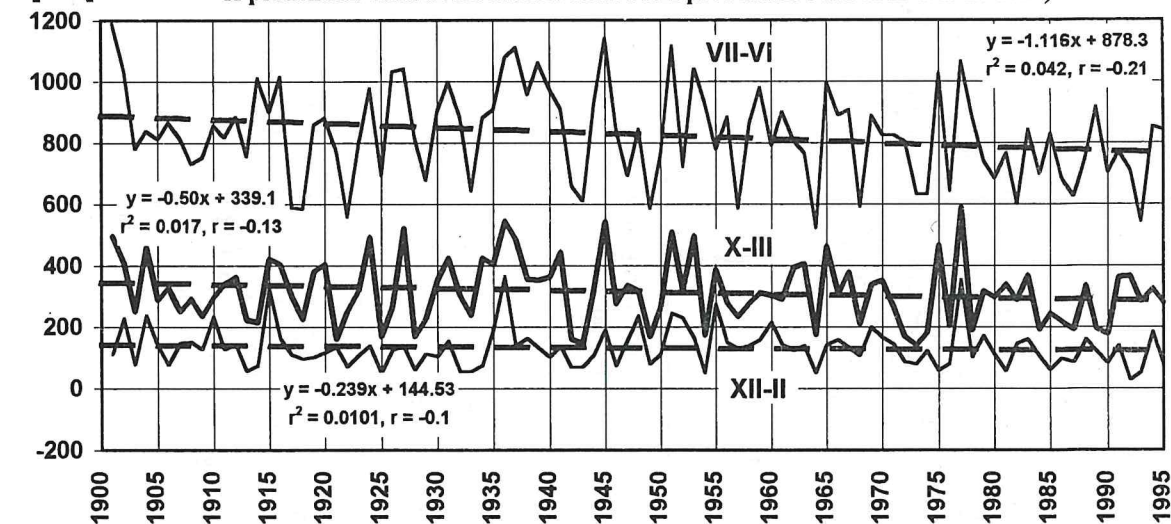
Obr. 1 Priemery teploty vzduchu T v Liptovskom Hrádku za rôzne sezóny (VII predchádz. roku až VI daného roku, X predchádz. roku až III daného roku a XII predchádz. roku až II daného roku)



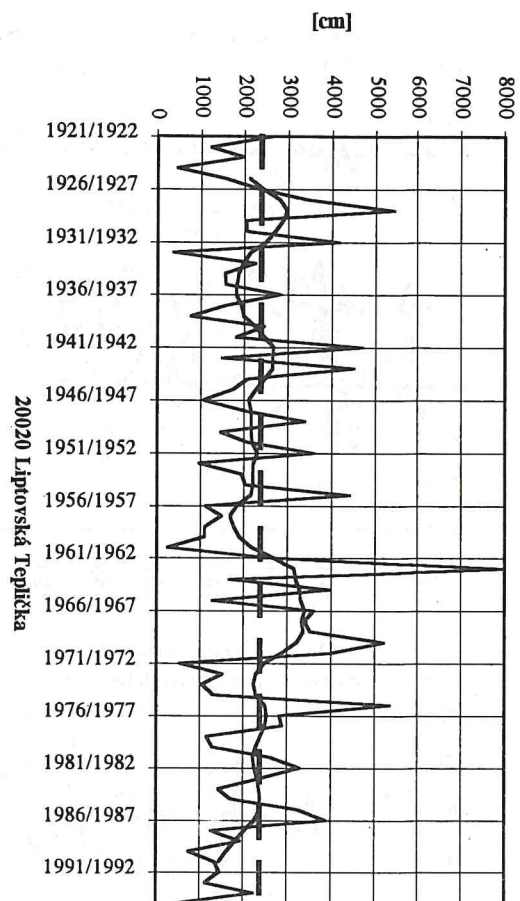
Obr. 2 Úhrny zrážok R v Liptovskom Hrádku za rôzne sezóny (VII predchádz. roku až VI daného roku, X predchádz. roku až III daného roku a XII predchádz. roku až II daného roku)



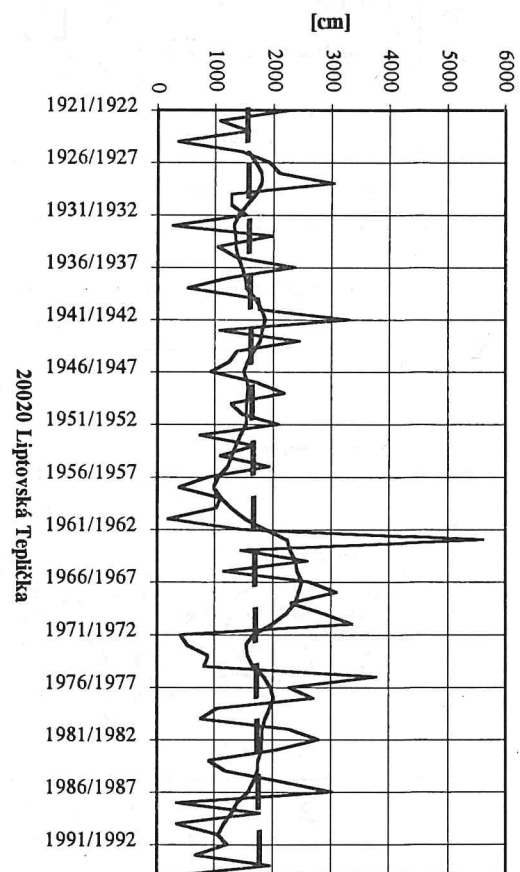
Obr. 3 Úhrny zrážok R v Dobšinej za rôzne sezóny (VII predchádz. roku až VI daného roku, X predchádz. roku až III daného roku a XII predchádz. roku až II daného roku)



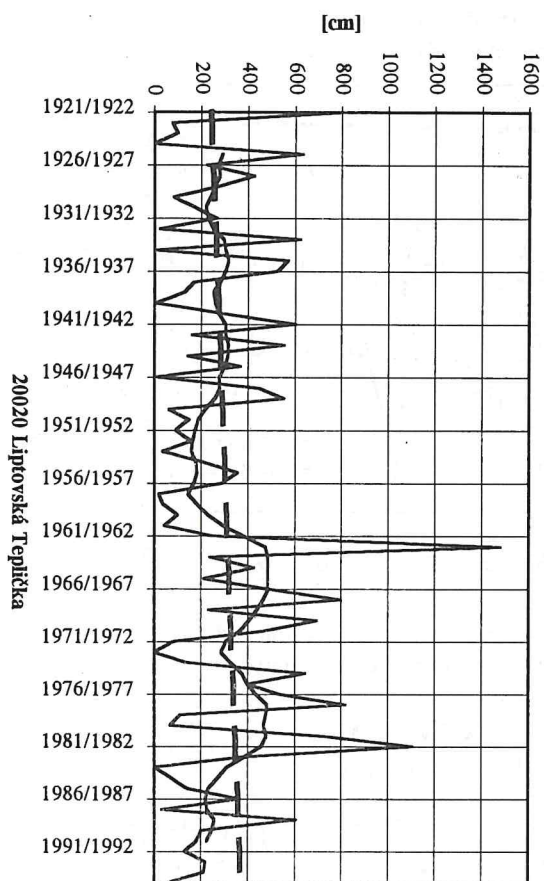
Obr. 4 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



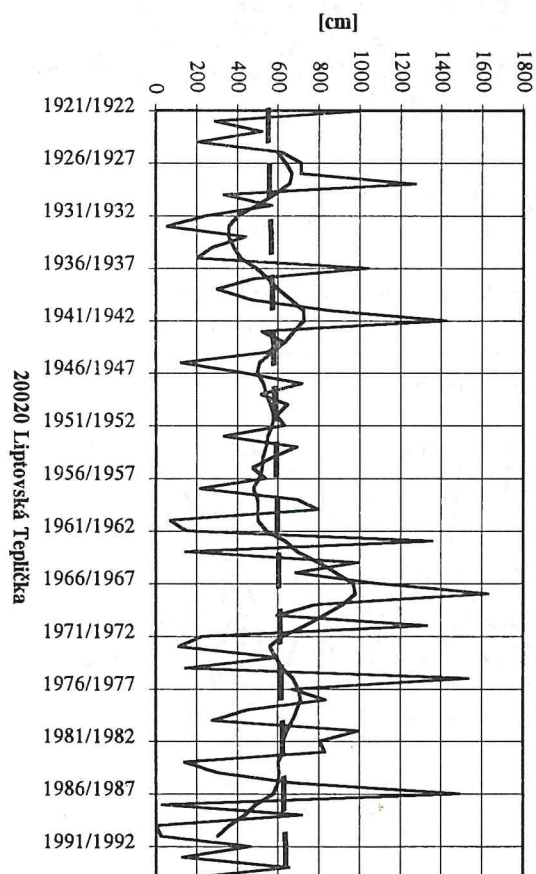
Obr. 5 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



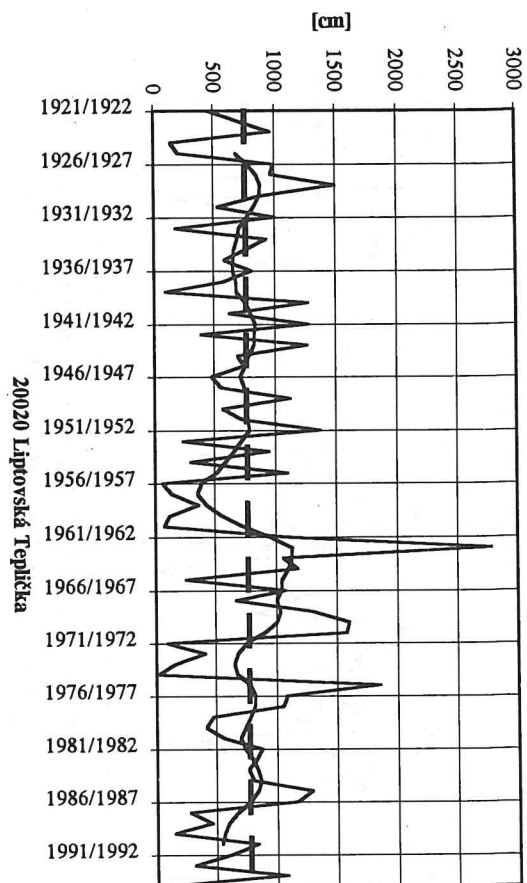
Obr. 6 Suma výšky snehovej pokrývky v decembri
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



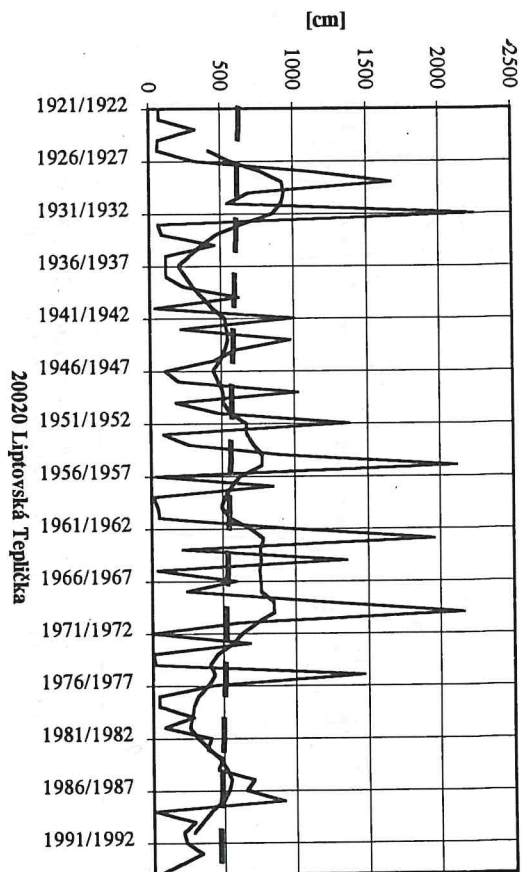
Obr. 7 Suma výšky snehovej pokrývky v januári
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



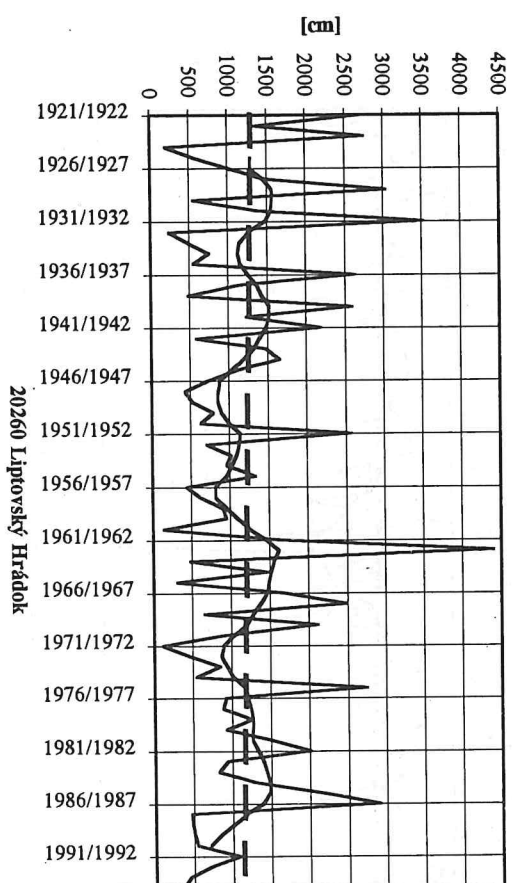
Obr. 8 Suma výšky snehovej pokrývky vo februári
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



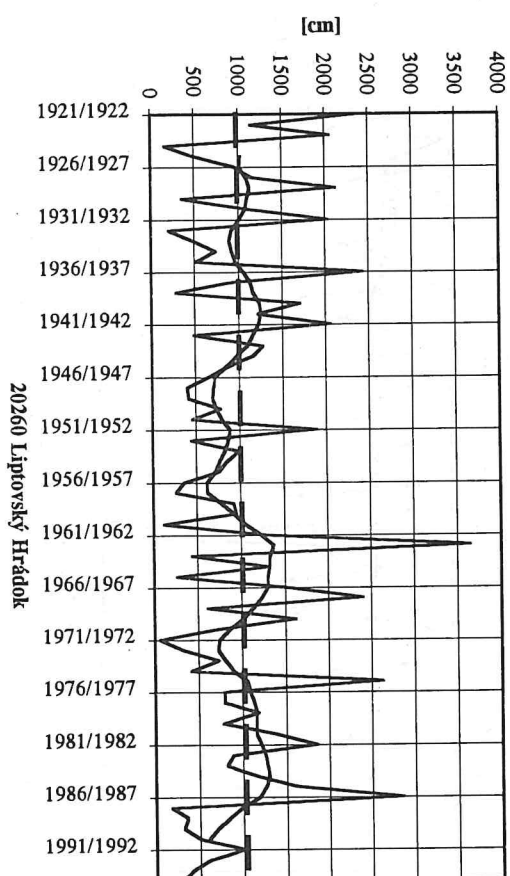
Obr. 9 Suma výšky snehovej pokrývky v marci
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



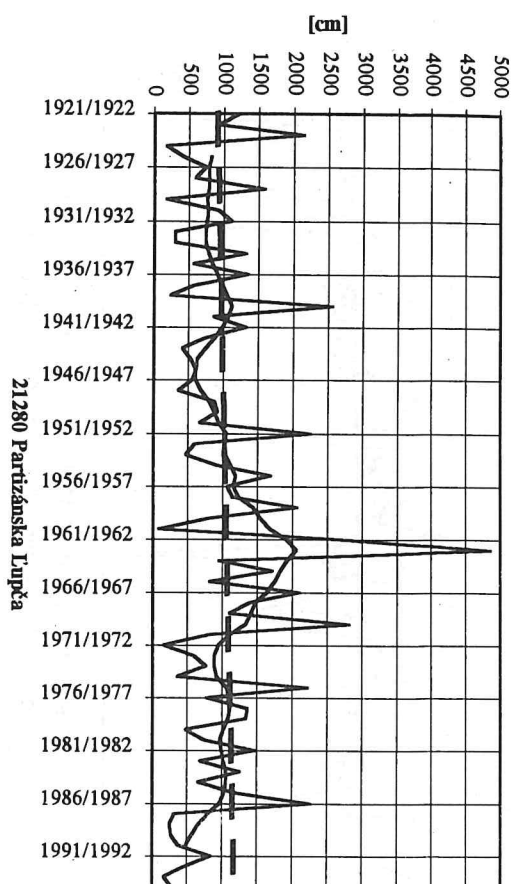
Obr. 10 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



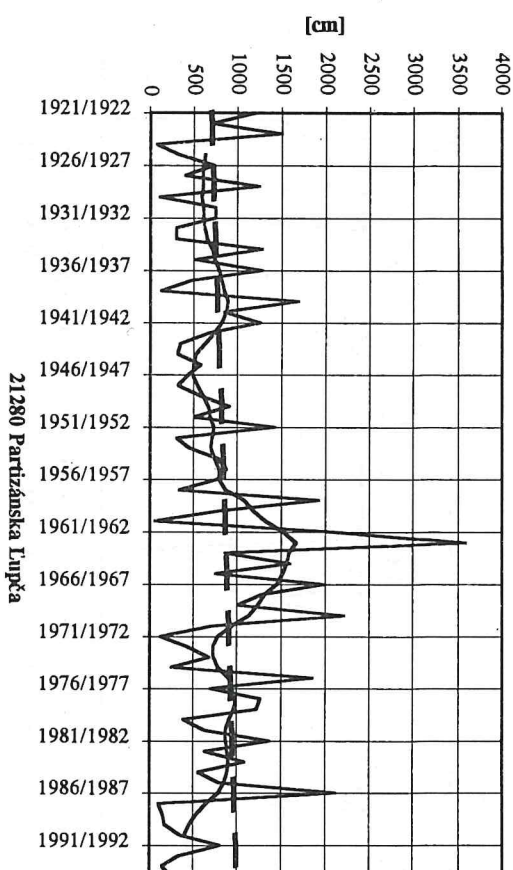
Obr. 11 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



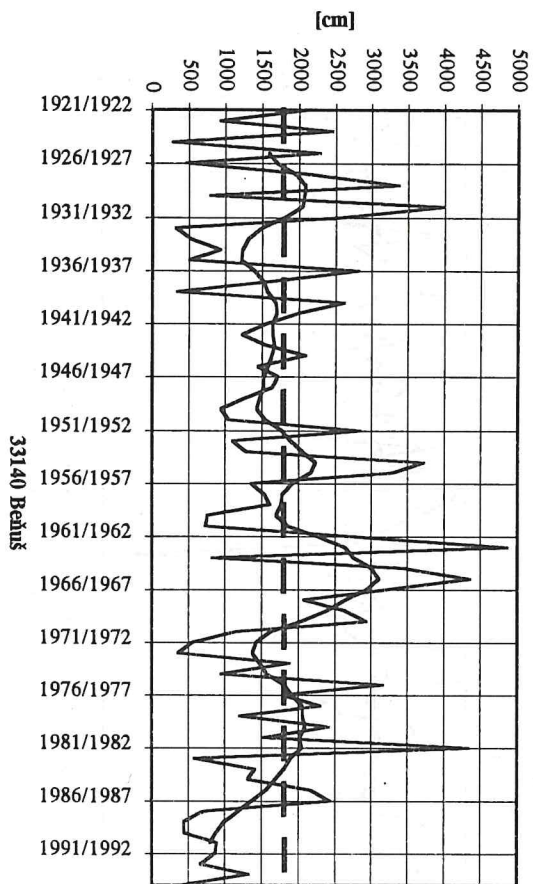
**Obr. 12 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



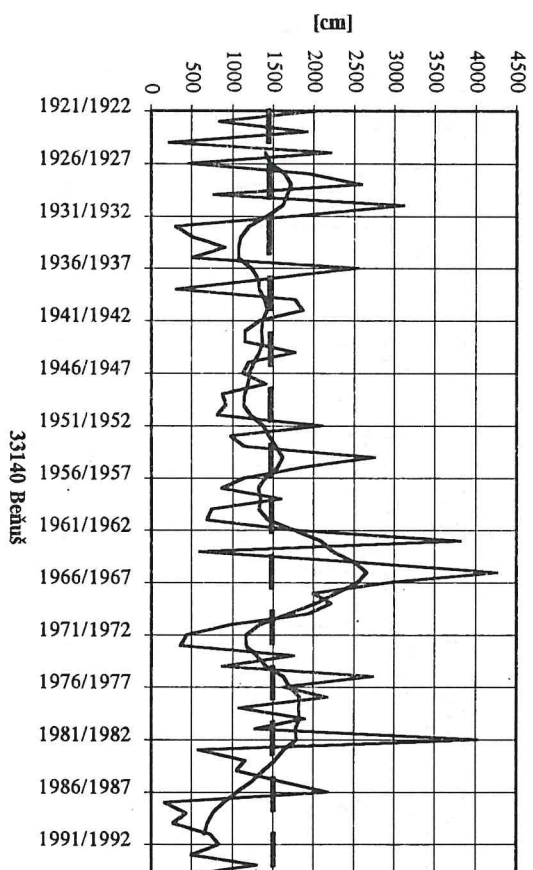
**Obr. 13 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



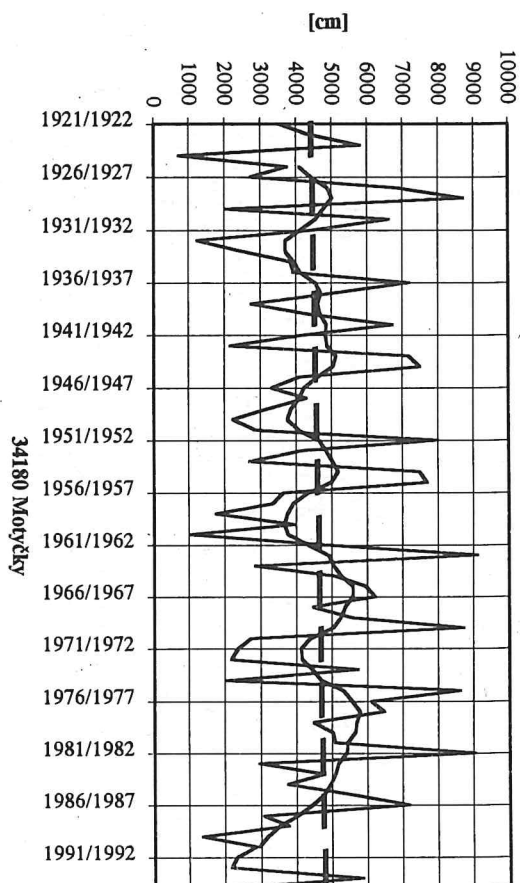
**Obr. 14 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



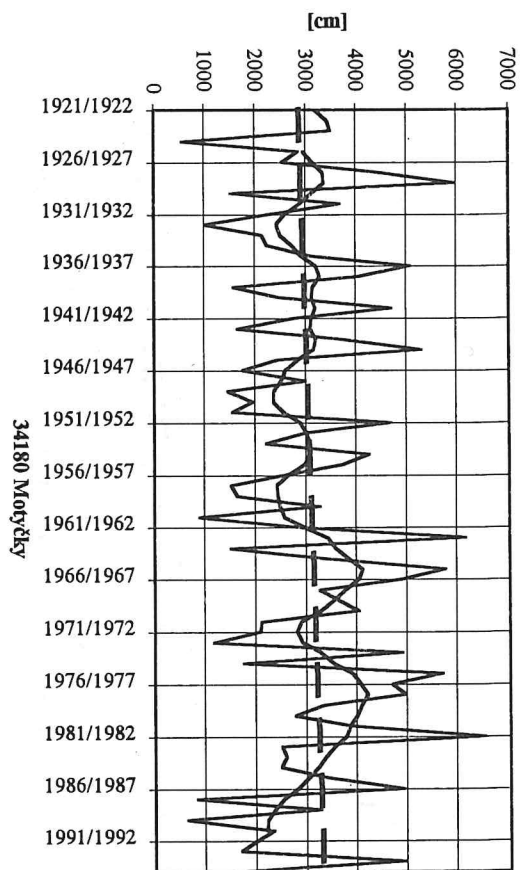
**Obr. 15 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



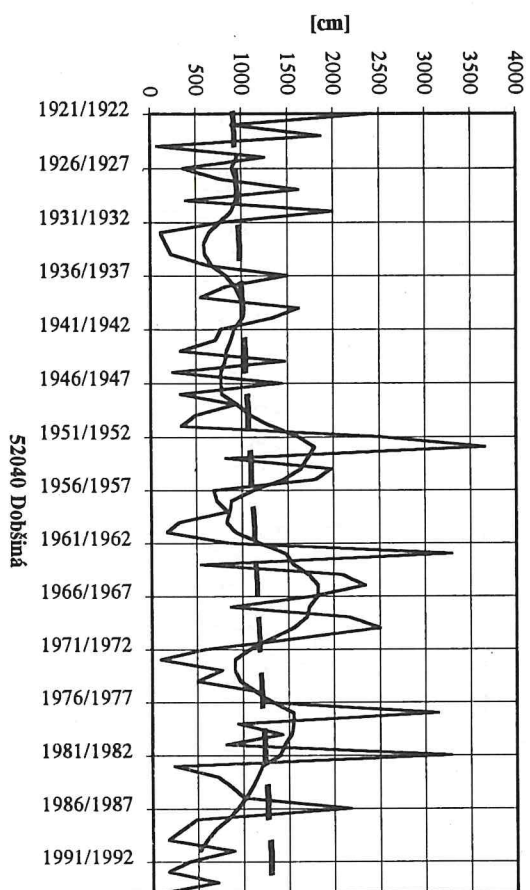
**Obr. 16 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



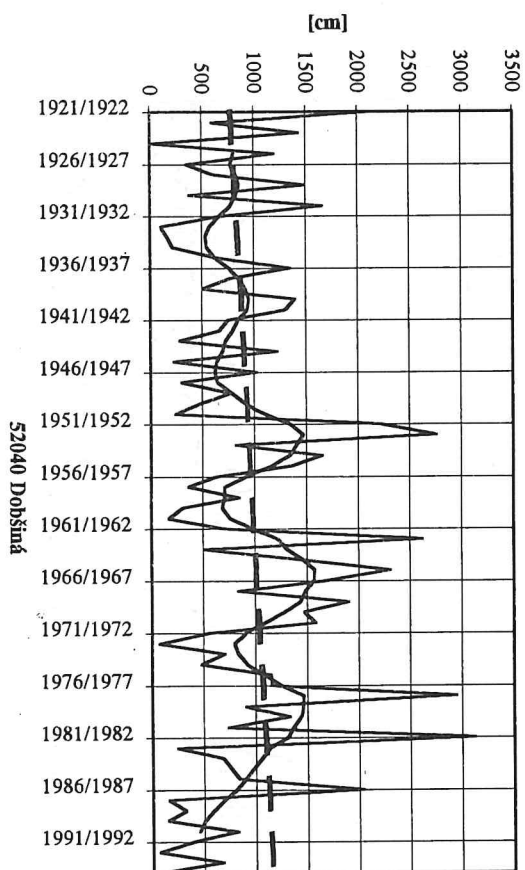
**Obr. 17 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



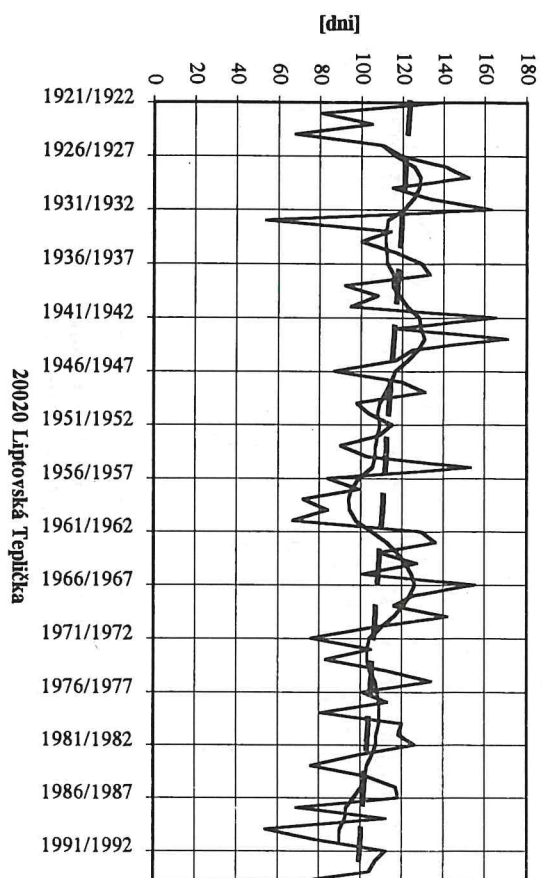
**Obr. 18 Ročné sumy výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



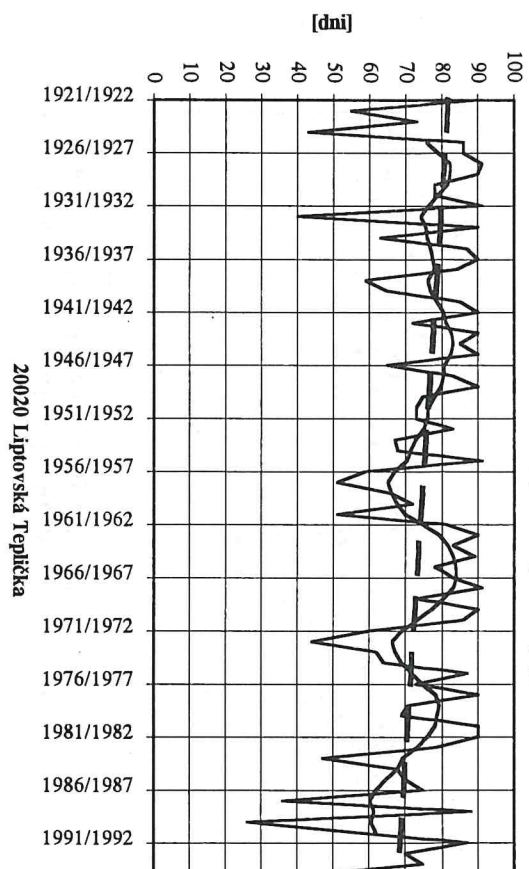
**Obr. 19 Sumy výšky snehovej pokrývky za zimu (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer**



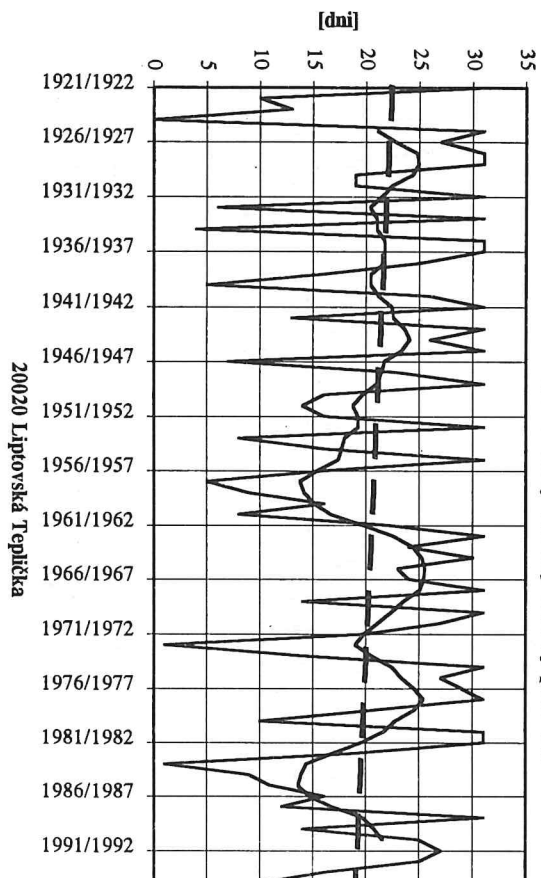
Obr. 20 Ročné sumy počtu dní so snehovou pokrývkou
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer



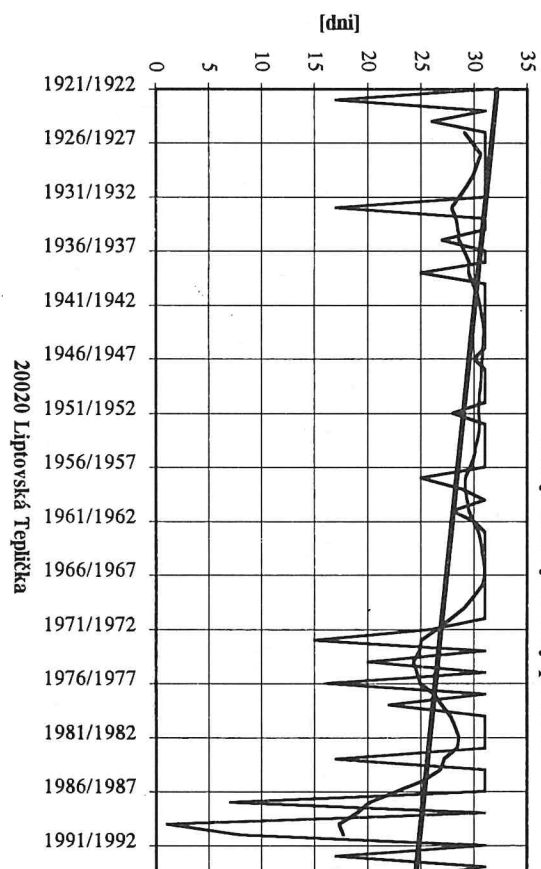
Obr. 21 Sumy počtu dní so snehovou pokrývkou (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer

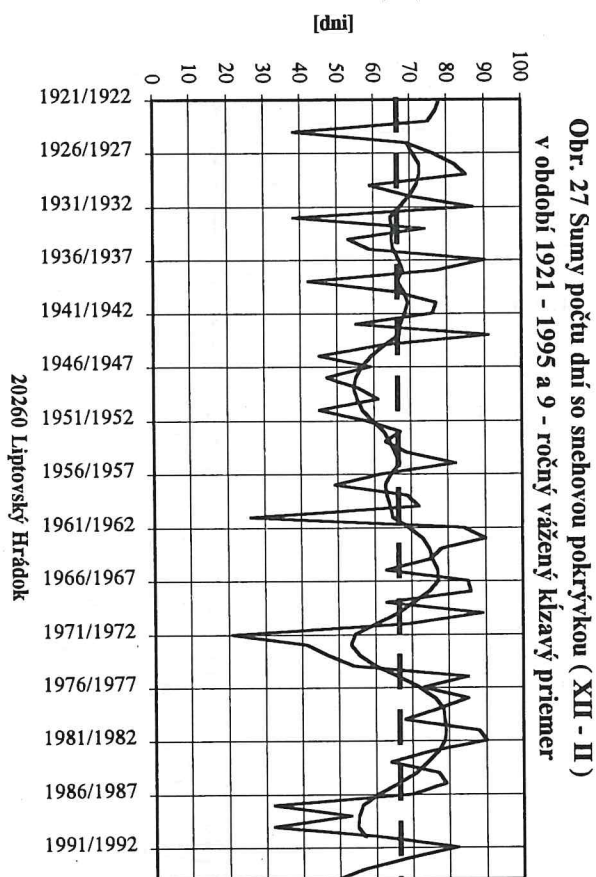
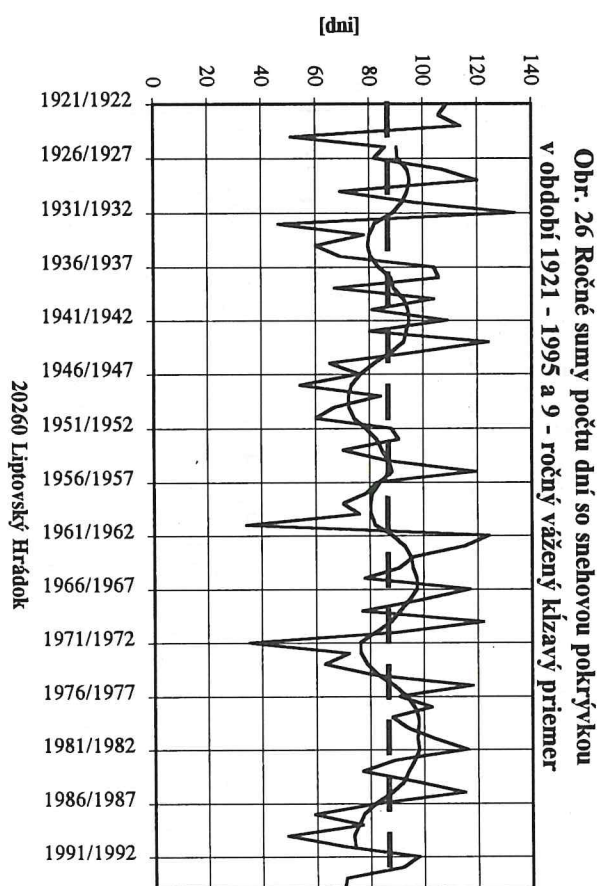
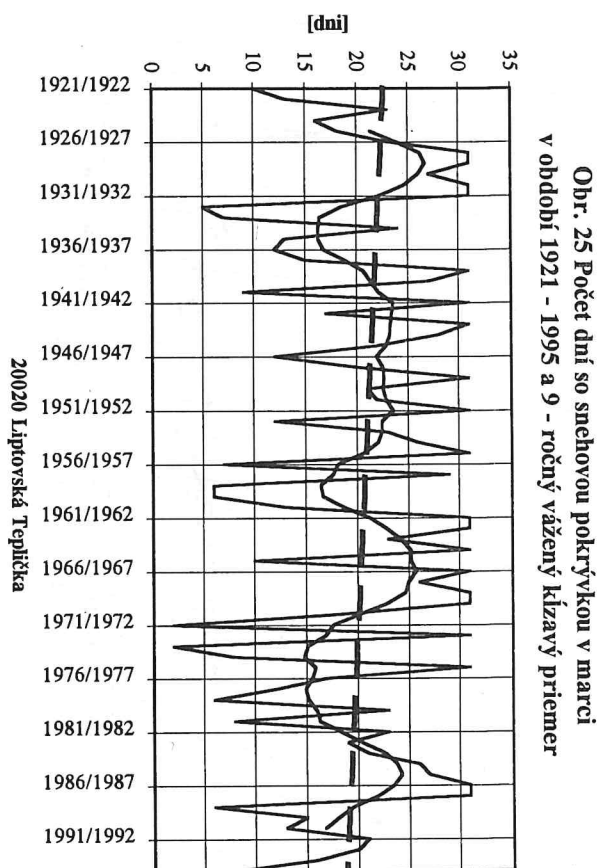
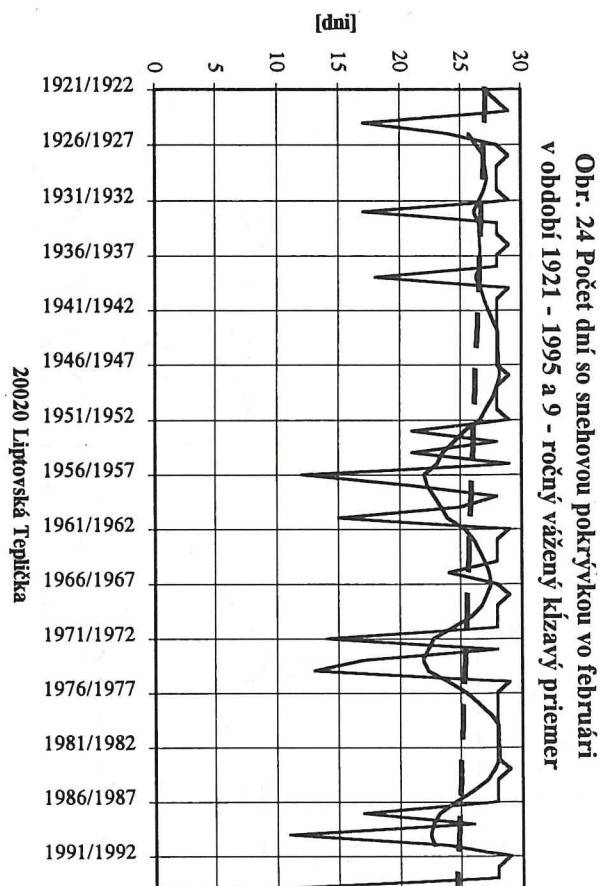


Obr. 22 Počet dní so snehovou pokrývkou v decembri
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer

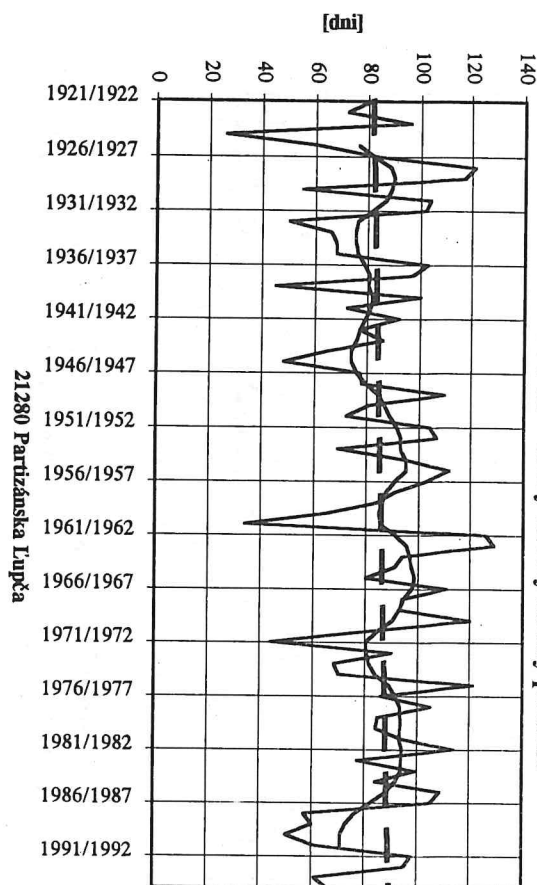


Obr. 23 Počet dní so snehovou pokrývkou v januári
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer

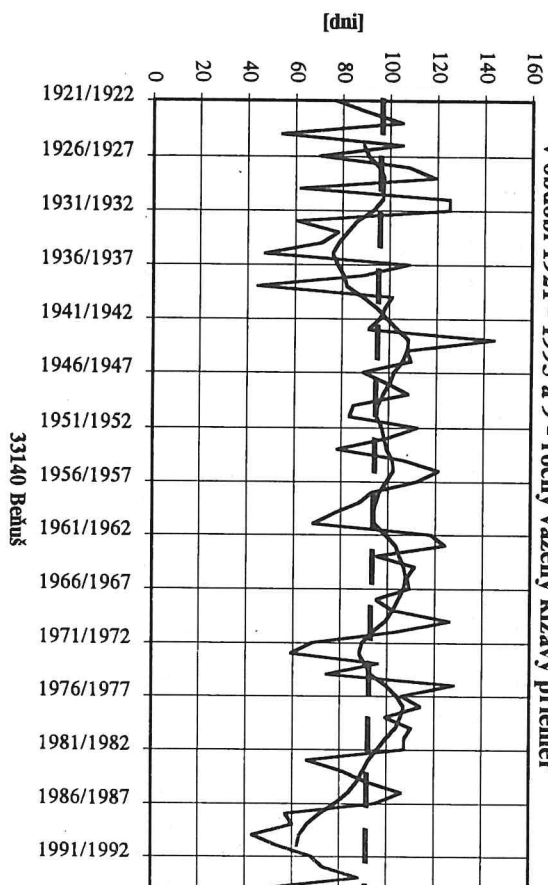




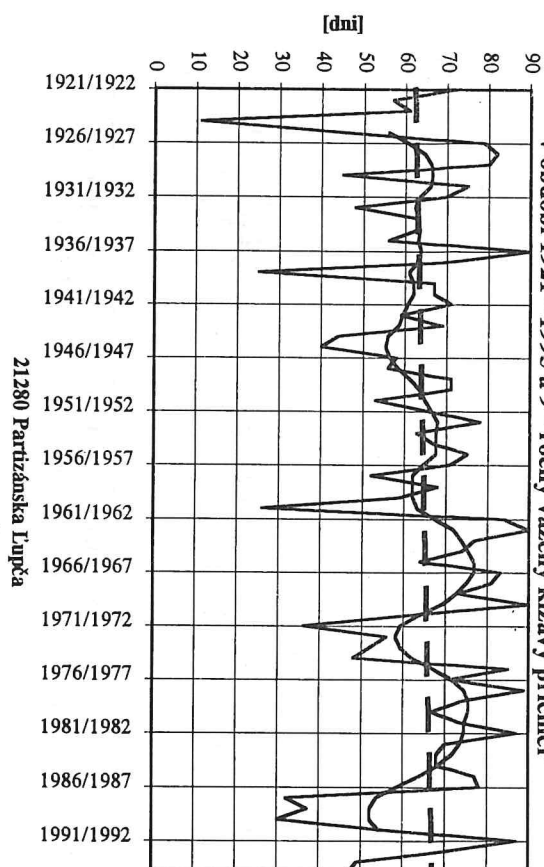
Obr. 28 Ročné sumy počtu dní so snehovou pokrývkou
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



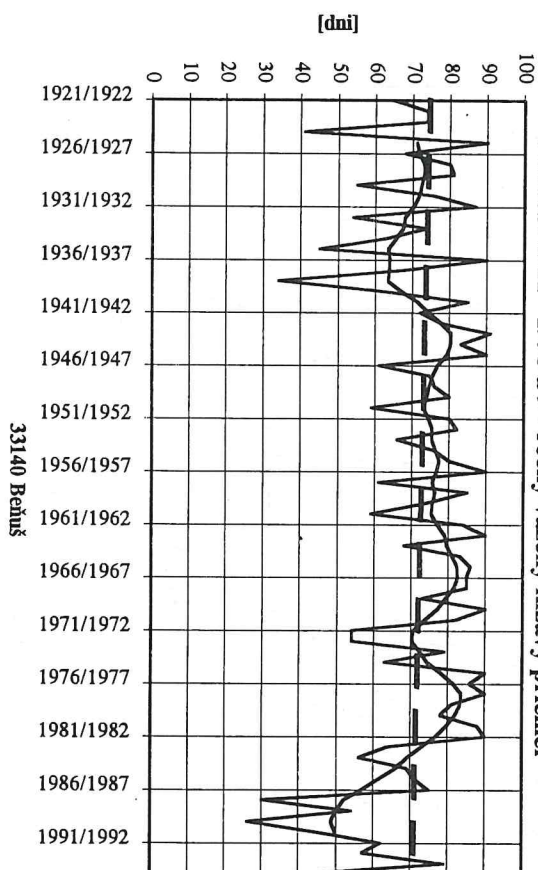
Obr. 30 Ročné sumy počtu dní so snehovou pokrývkou
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

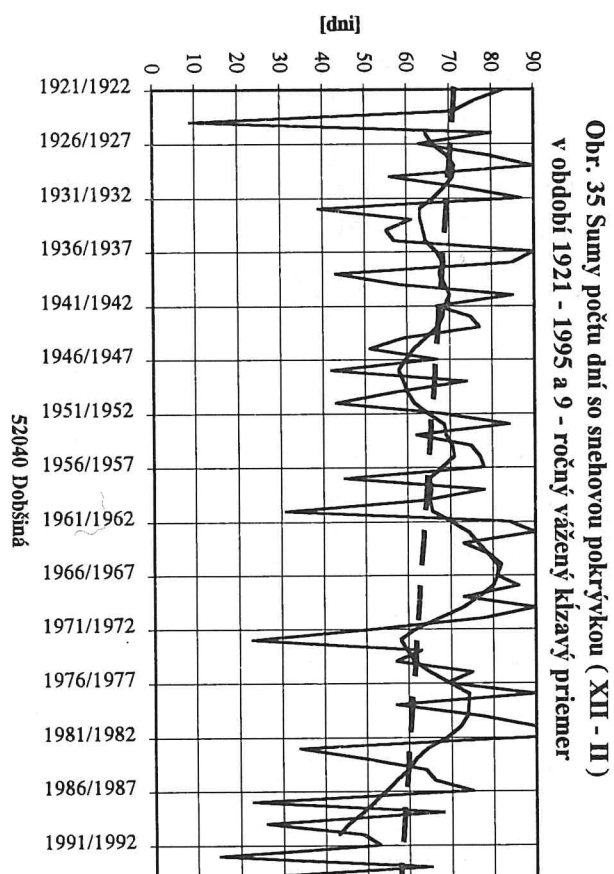
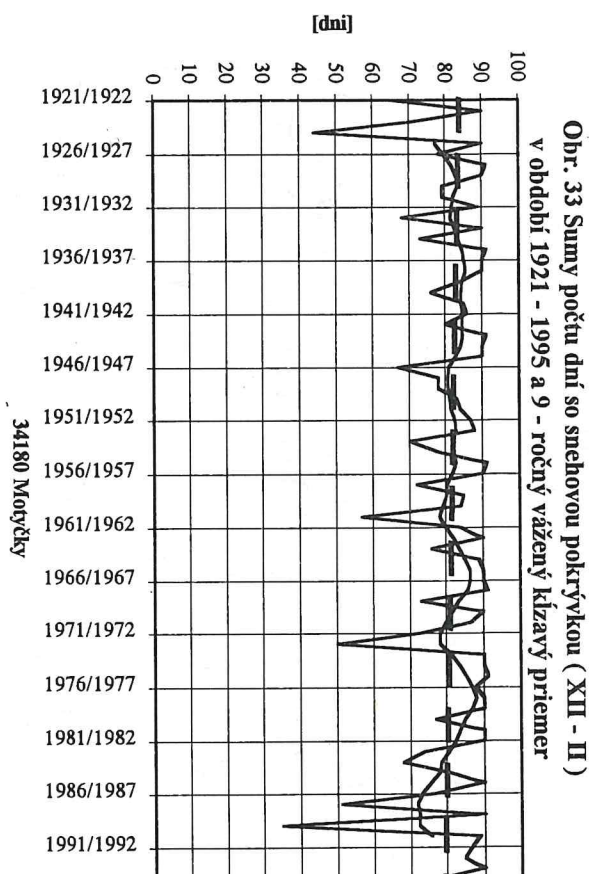
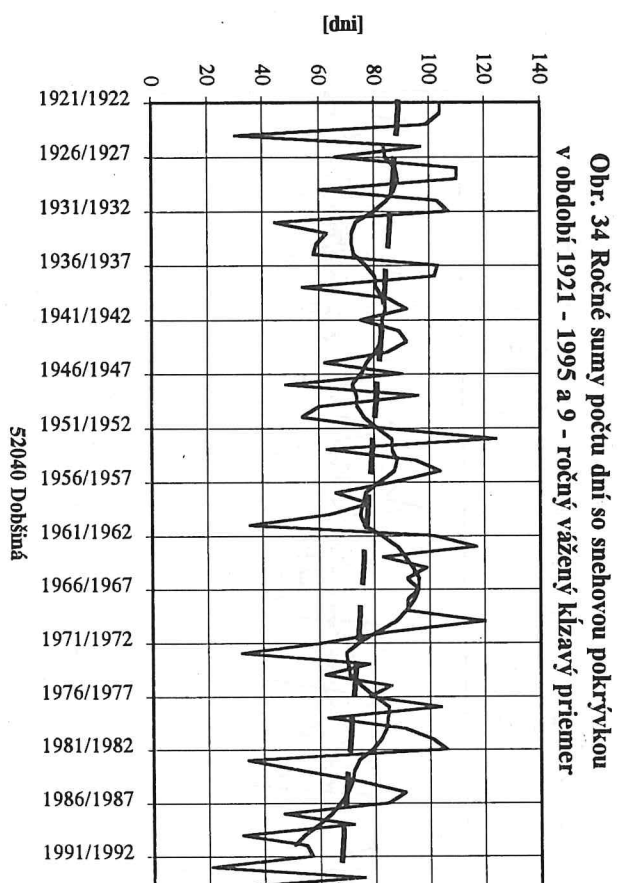
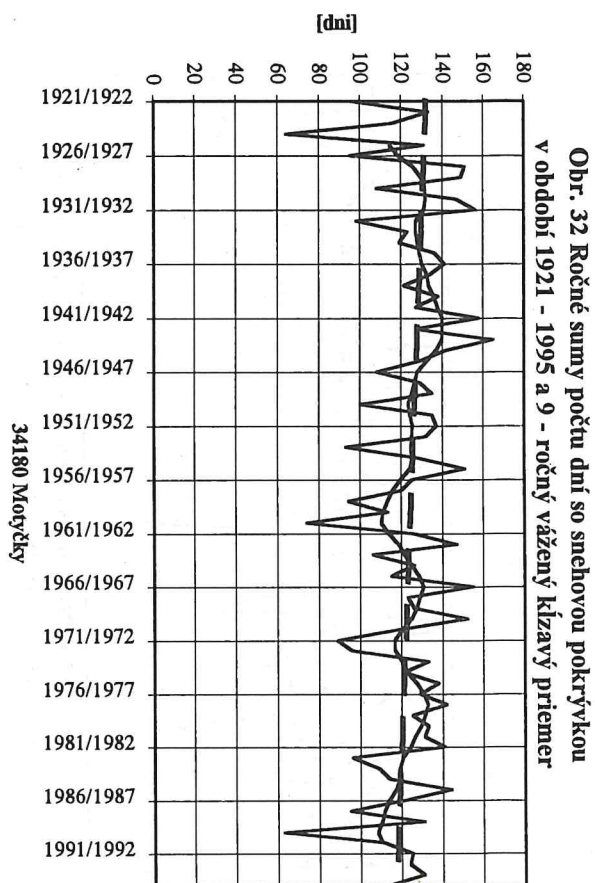


Obr. 29 Sumy počtu dní so snehovou pokrývkou (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

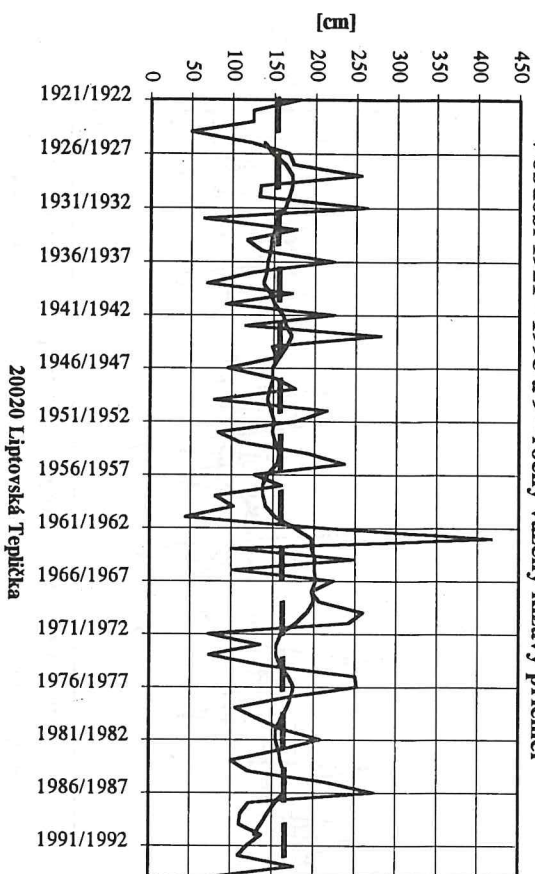


Obr. 31 Sumy počtu dní so snehovou pokrývkou (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

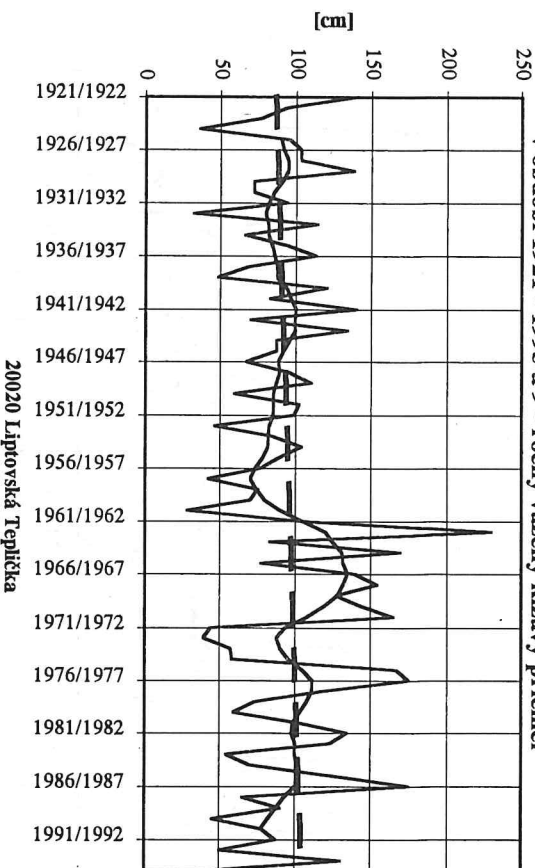




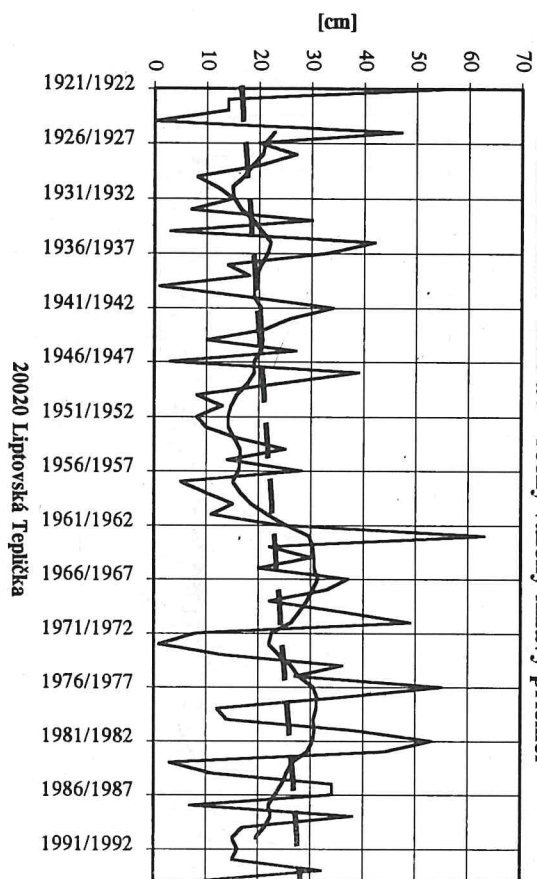
Obr. 36 Ročné sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



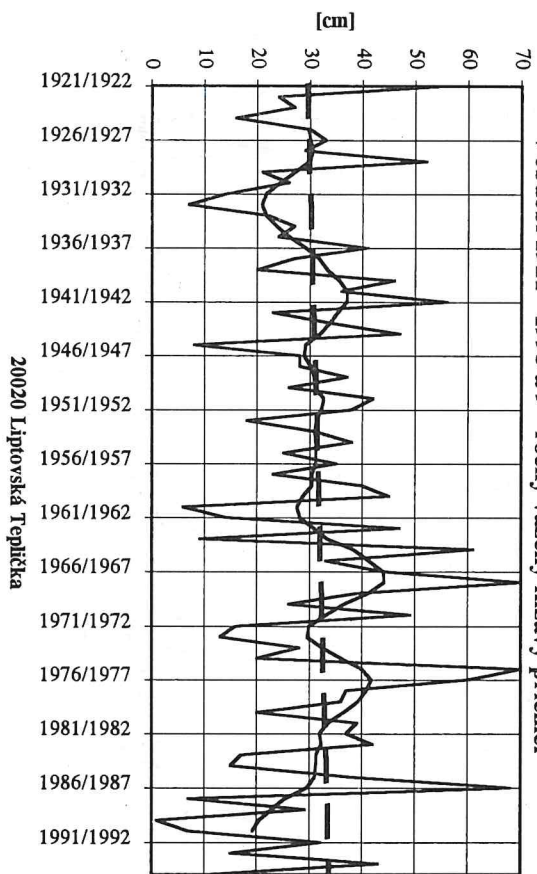
Obr. 37 Sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky (XII - II)
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

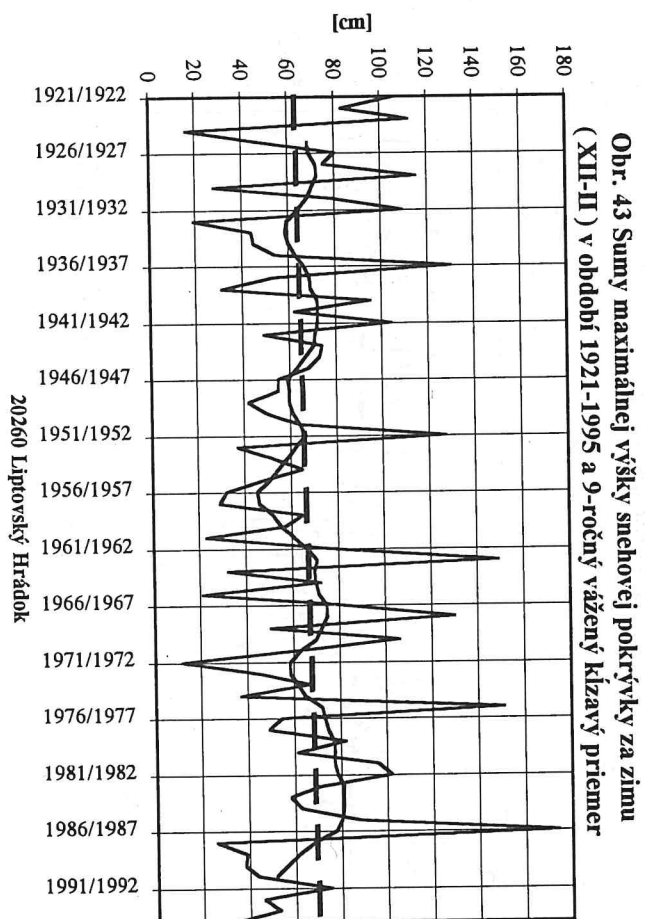
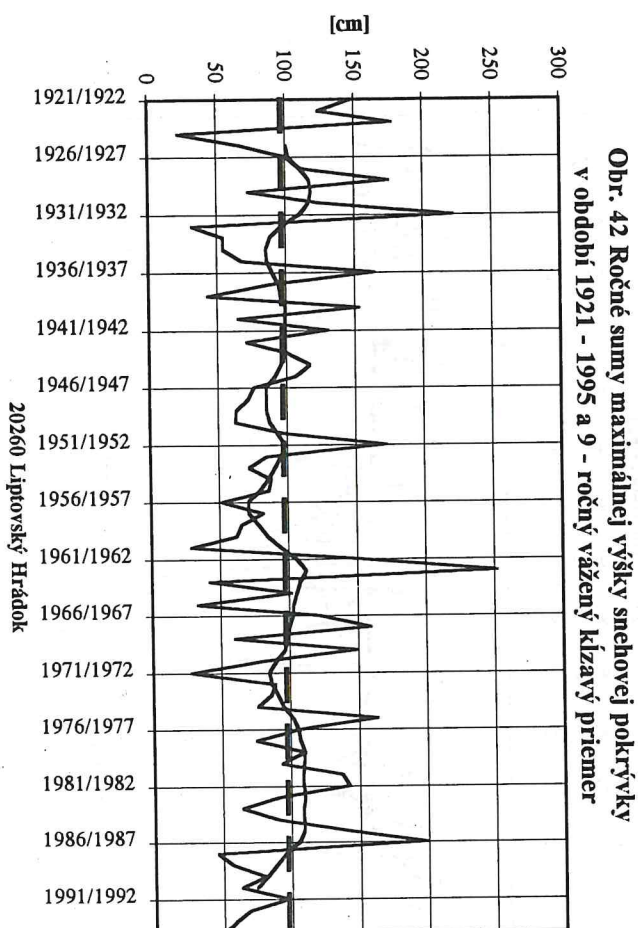
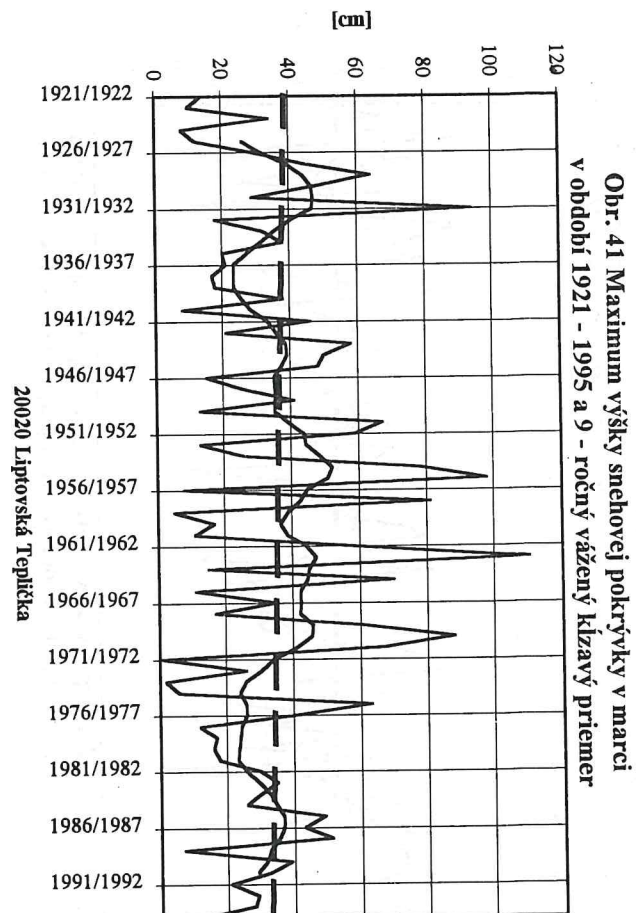
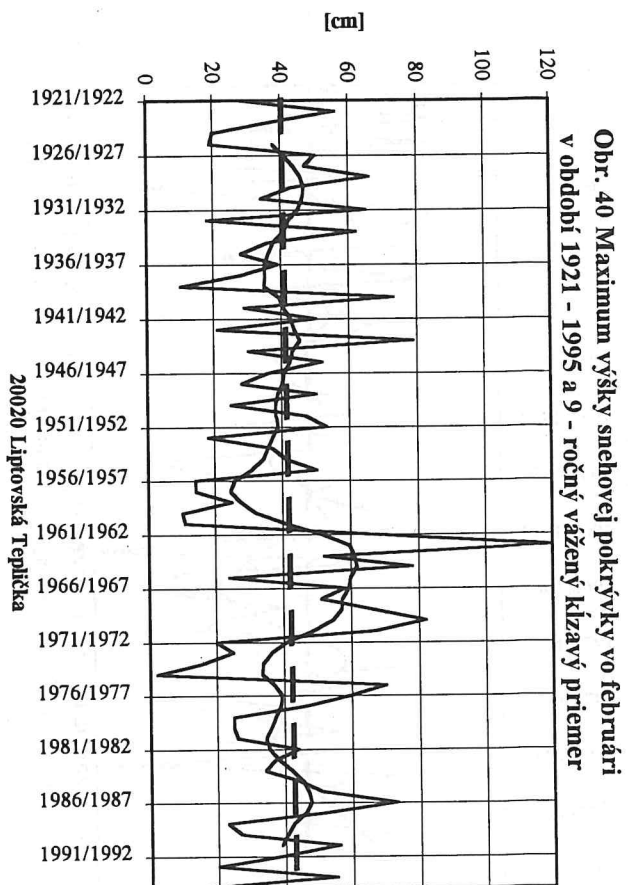


Obr. 38 Maximum výšky snehovej pokrývky v decembri
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

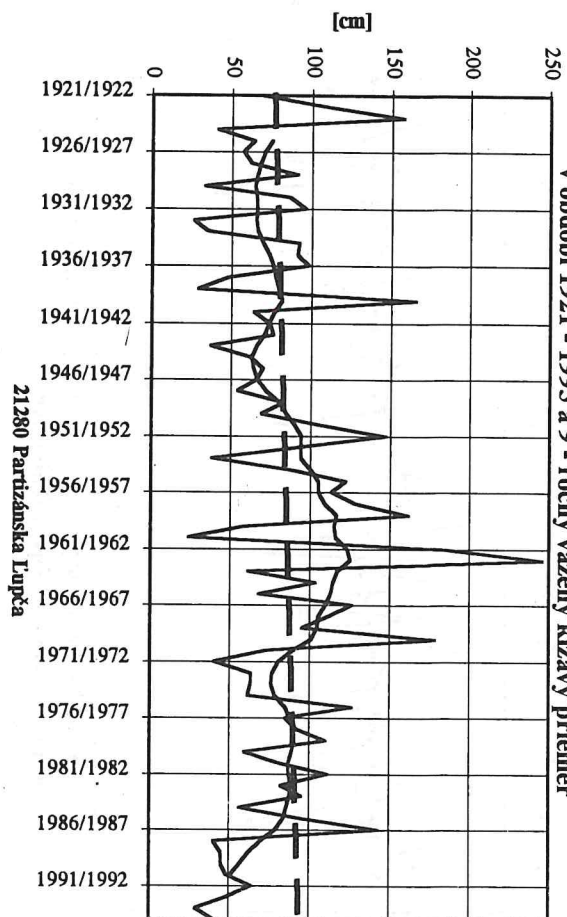


Obr. 39 Maximum výšky snehovej pokrývky v januári
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer

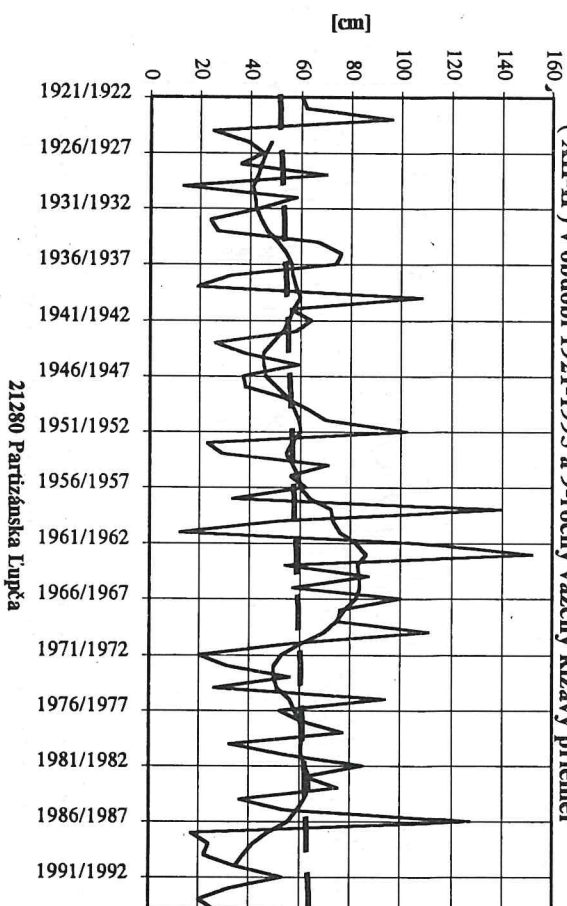




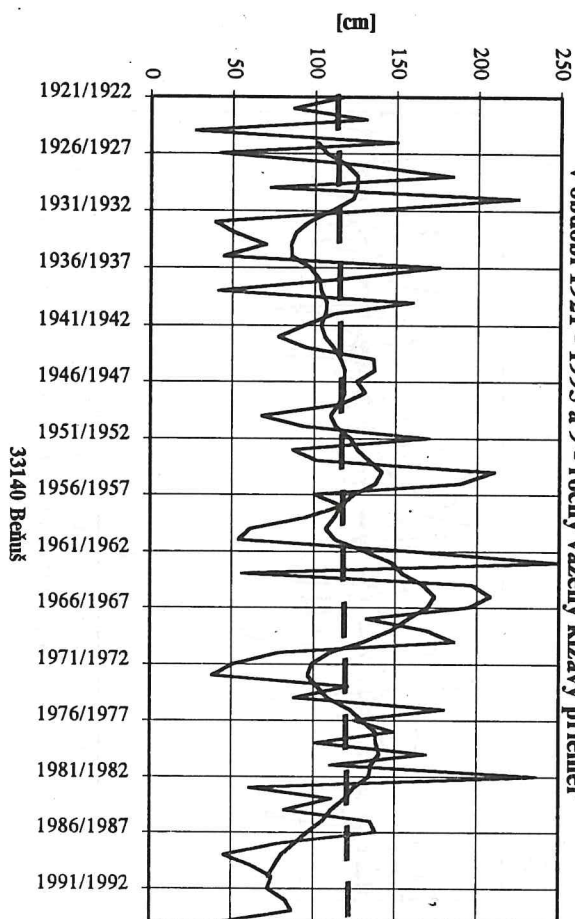
Obr. 44 Ročné sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



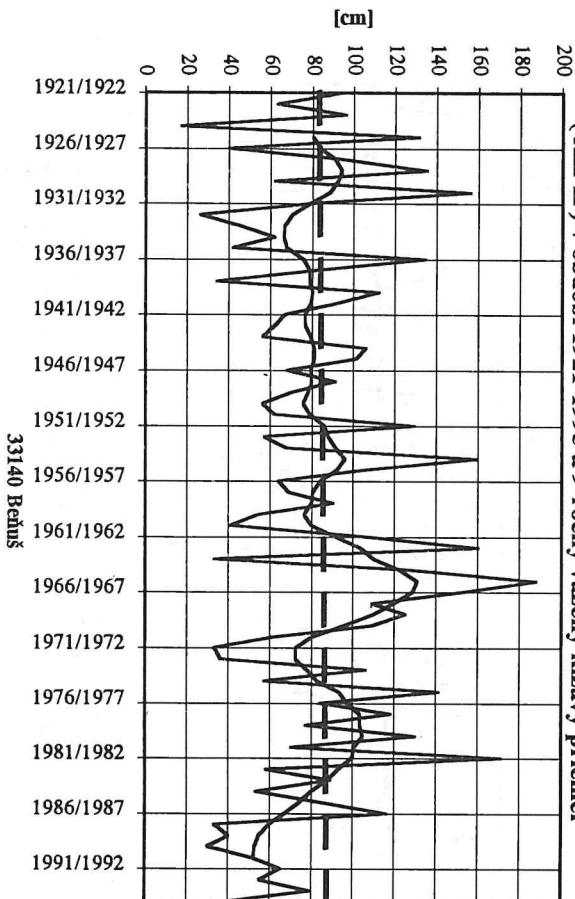
Obr. 45 Sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky za zimu
(XII-II) v období 1921-1995 a 9-ročný vážený klzavý priemer



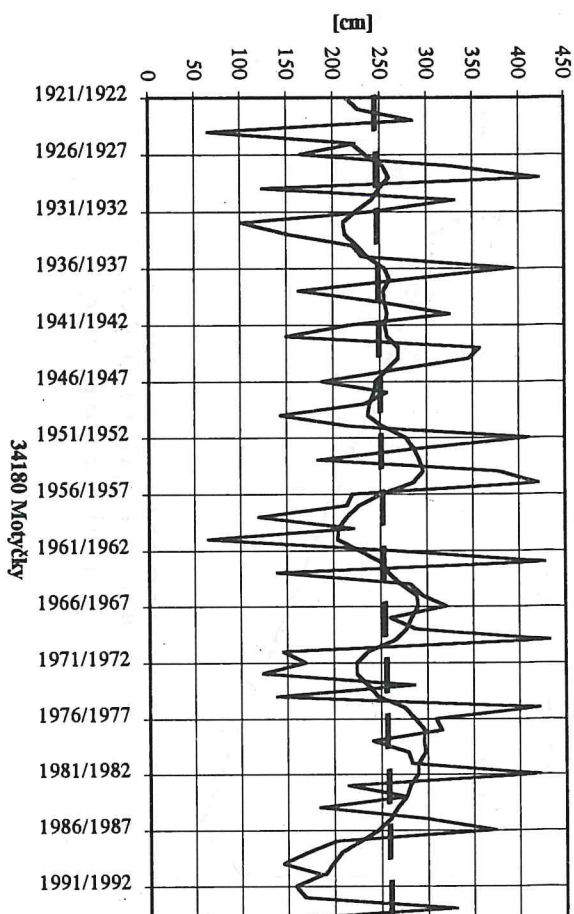
Obr. 46 Ročné sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený klzavý priemer



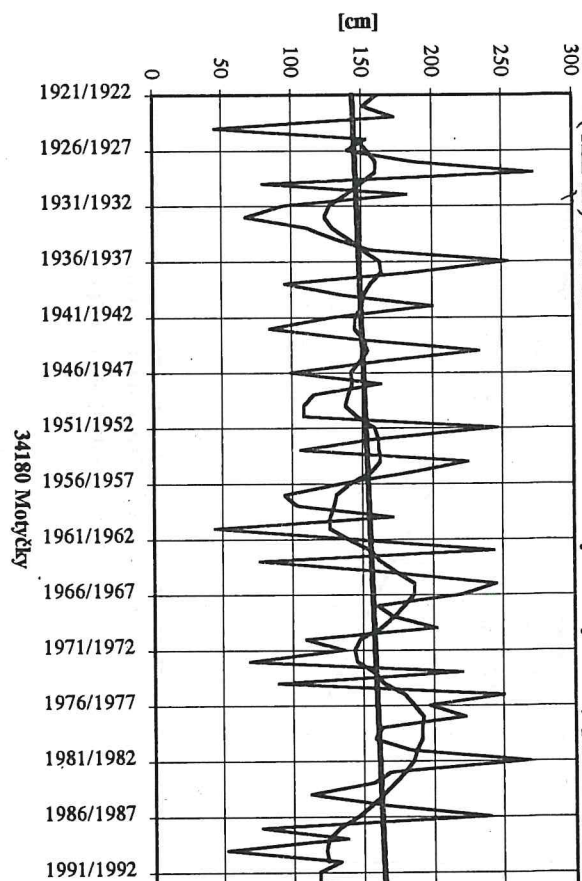
Obr. 47 Sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky za zimu
(XII-II) v období 1921-1995 a 9-ročný vážený klzavý priemer



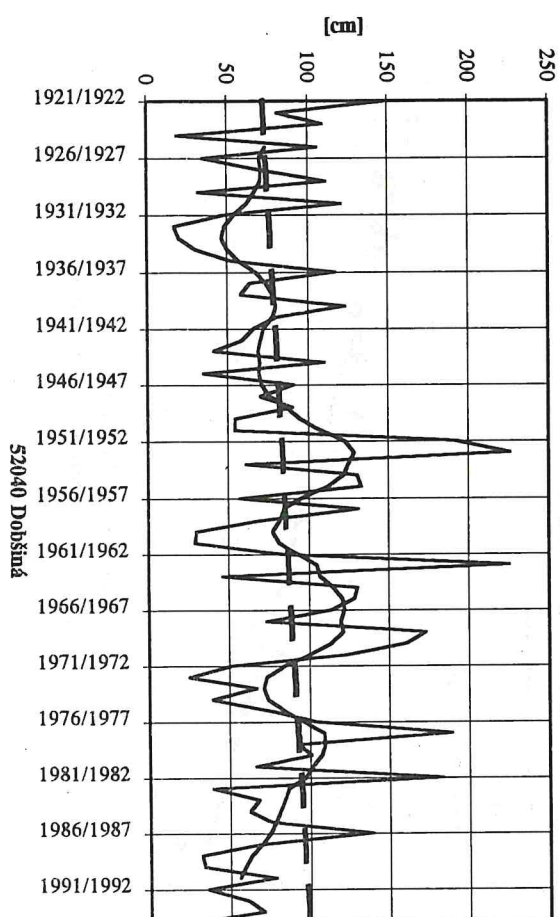
Obr. 48 Ročné sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer



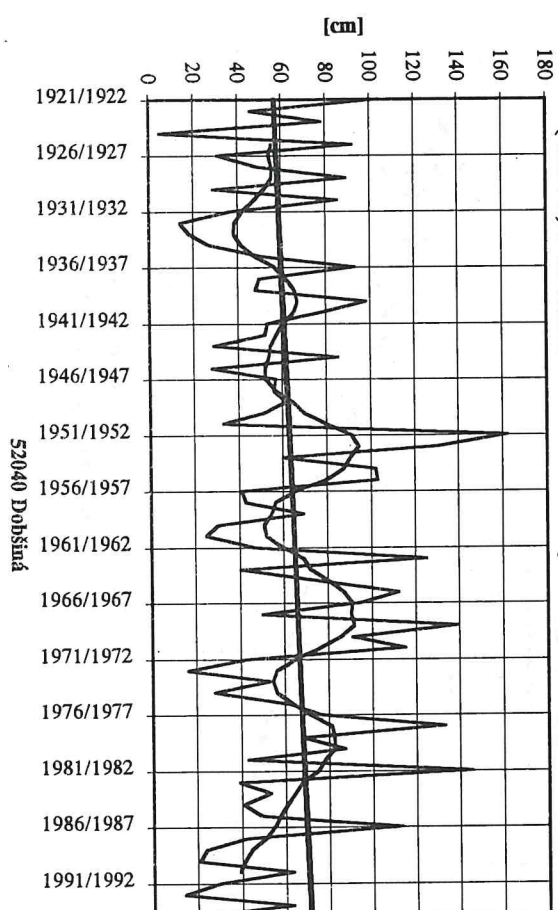
Obr. 49 Sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky za zimu
(XII-II) v období 1921-1995 a 9-ročný vážený kĺzavý priemer



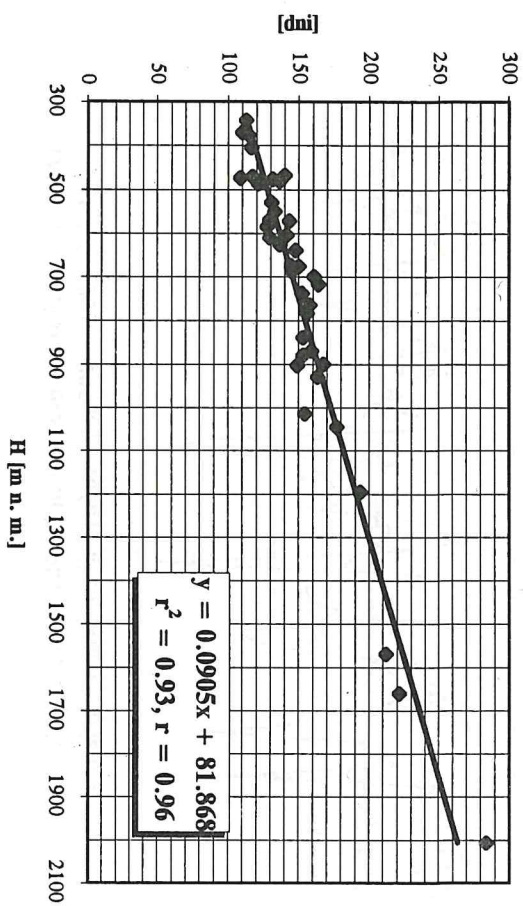
Obr. 50 Ročné sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky
v období 1921 - 1995 a 9 - ročný vážený kĺzavý priemer



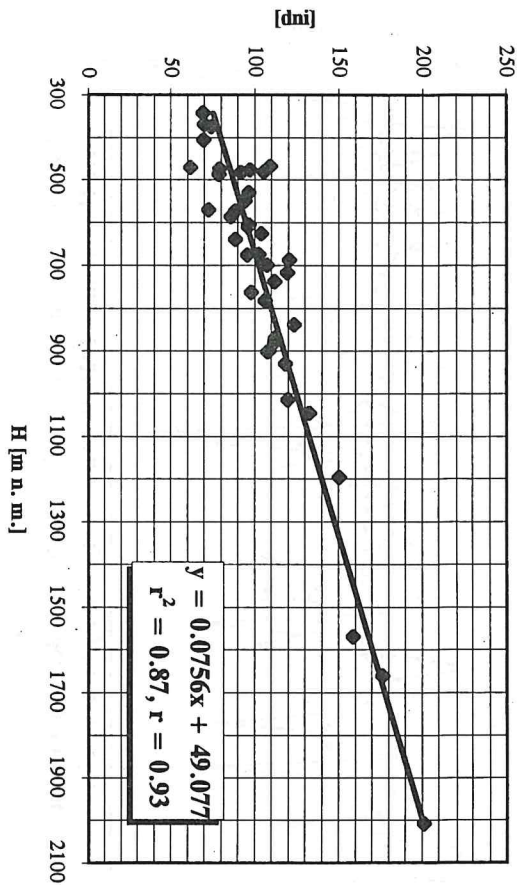
Obr. 51 Sumy maximálnej výšky snehovej pokrývky za zimu
(XII-II) v období 1921-1995 a 9-ročný vážený kĺzavý priemer



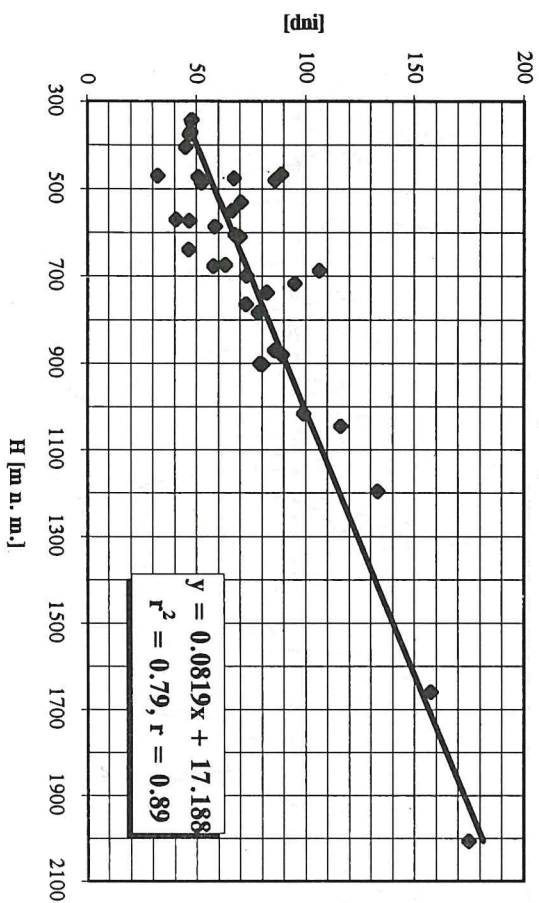
Obr. 52 Priemerné trvanie obdobia
so snehovou pokrývkou



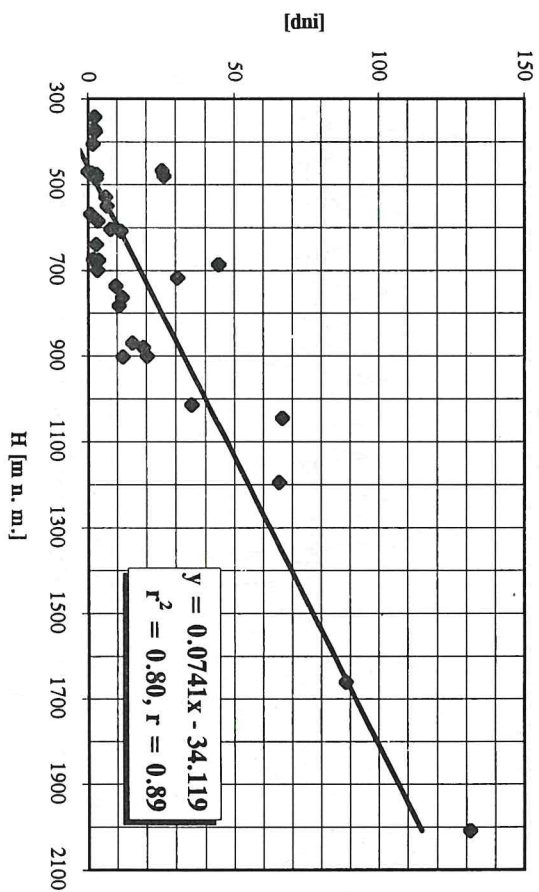
Obr. 53 Priemerný počet dní
so snehovou pokrývkou ≥ 1 cm



Obr. 54 Priemerný počet dní
so snehovou pokrývkou ≥ 10 cm



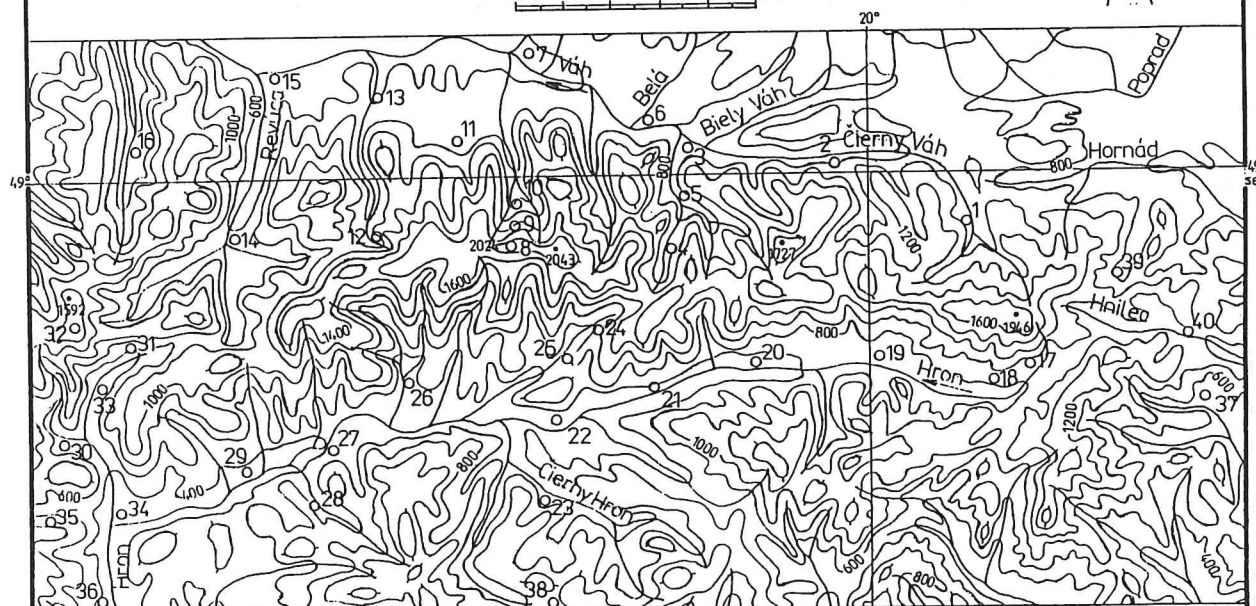
Obr. 55 Priemerný počet dní
so snehovou pokrývkou ≥ 50 cm



Mapka 1

NÍZKE TATRY

0 4 8 12 16 20 km



vrstevnice (interval 200 m)

8 klimatologická, meteorologická, zrážkomerná stanica

20° vých. od Greenwicha

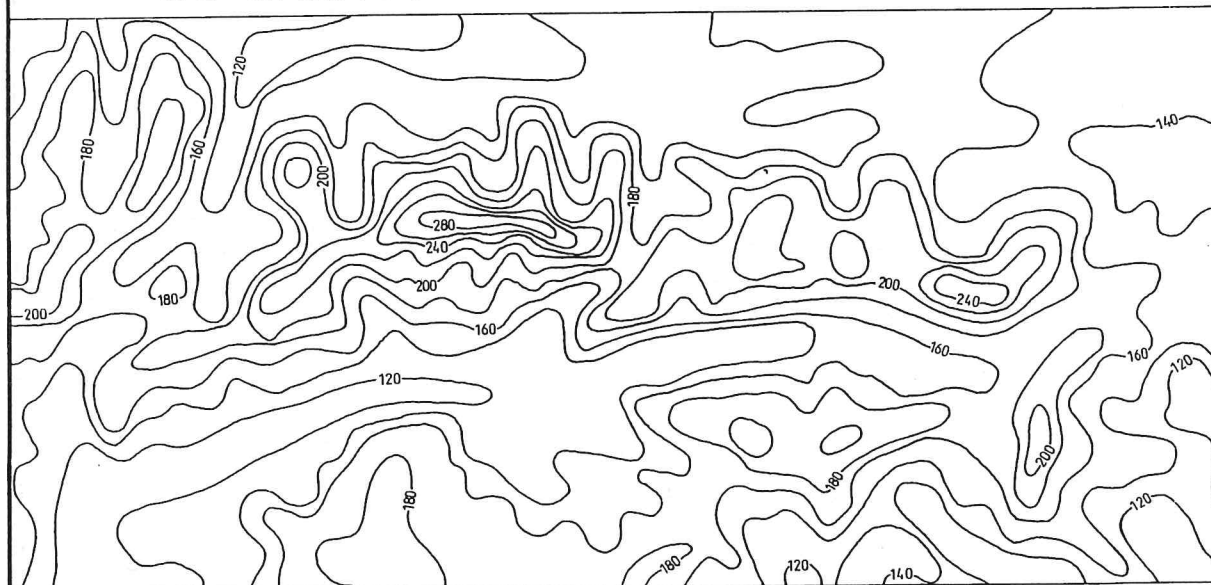
vodný tok

1727 výšková kóta

Autor: Š. Handžák

Mapka 2

PRIEMERNÉ TRVANIE OBDOBIA SO SNEHOVOU POKRÝVKOU V DŇOCH



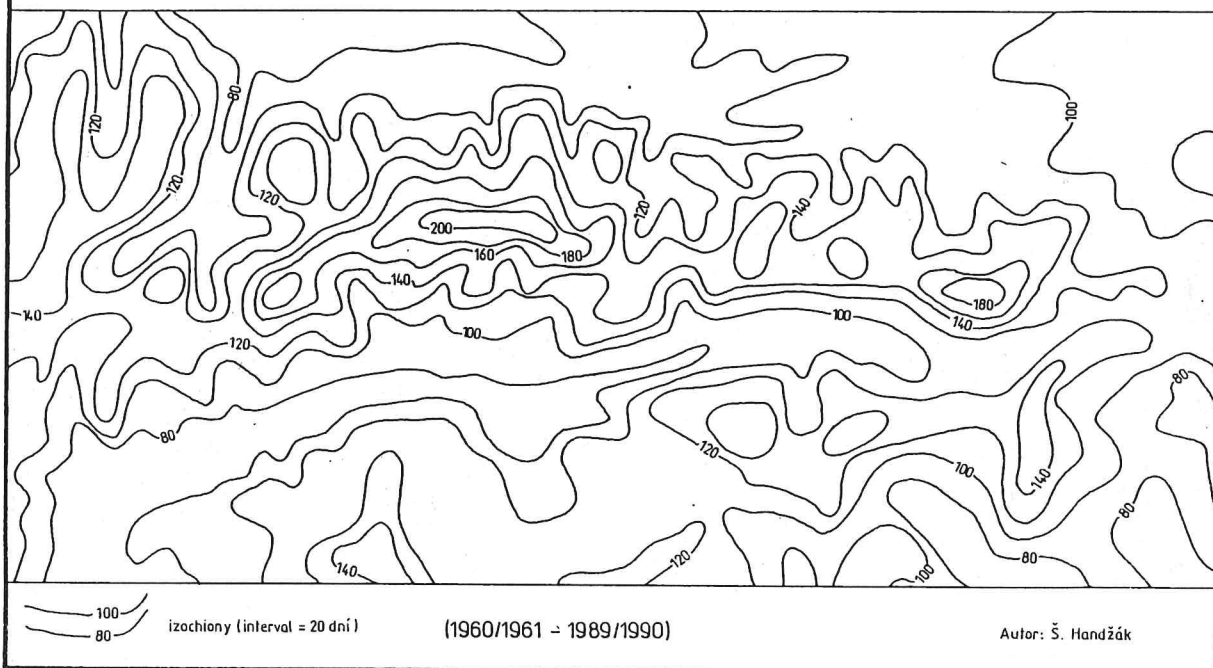
izochióny (interval = 20 dní)

(1960/1961 - 1989/1990)

Autor: Š. Handžák

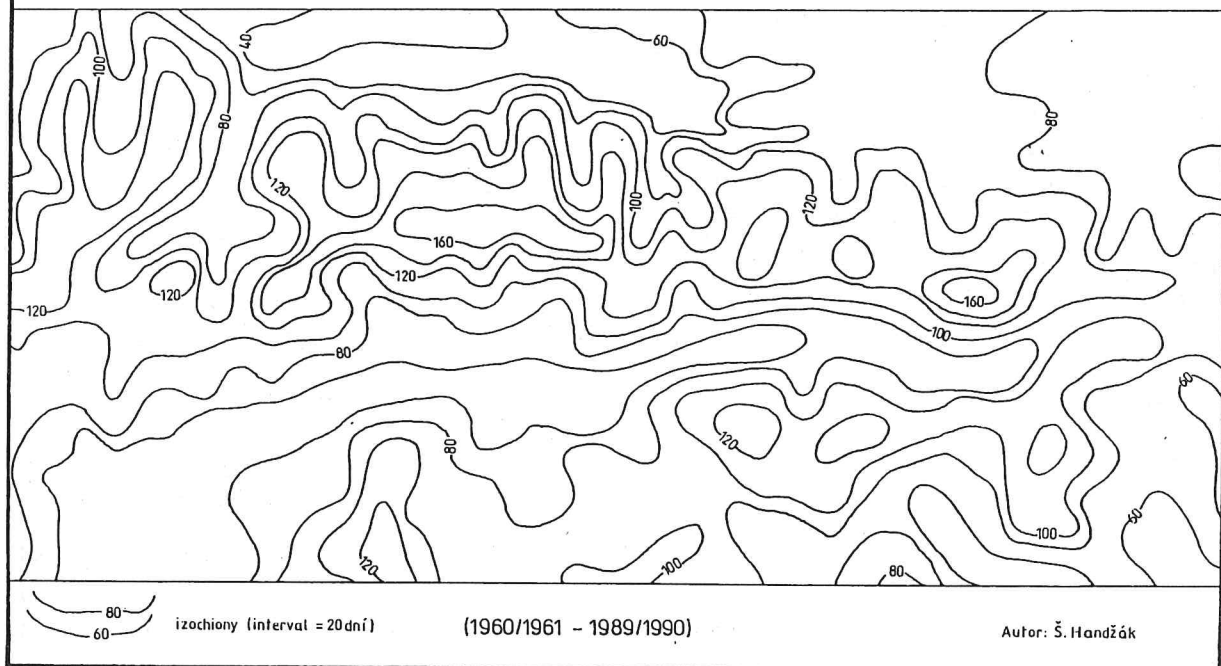
Mapka 3

PRIEMERNÝ POČET DNÍ SO SNEHOVOU POKRÝVKOU ≥ 1 cm



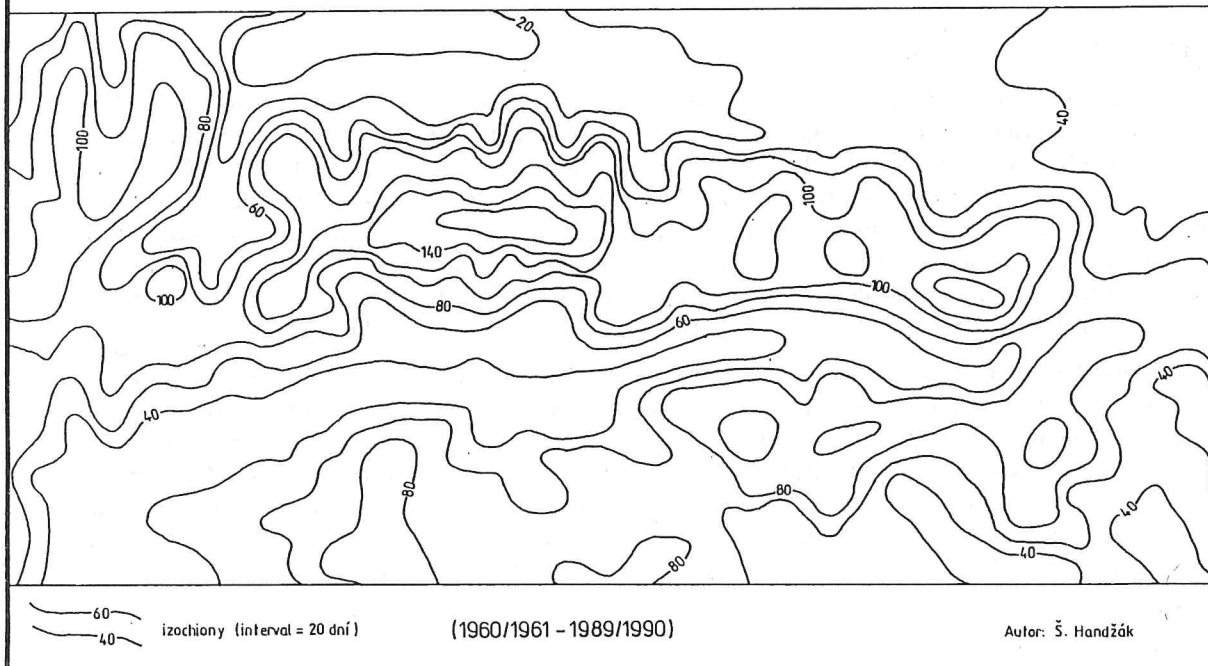
Mapka 4

PRIEMERNÝ POČET DNÍ SO SNEHOVOU POKRÝVKOU ≥ 10 cm



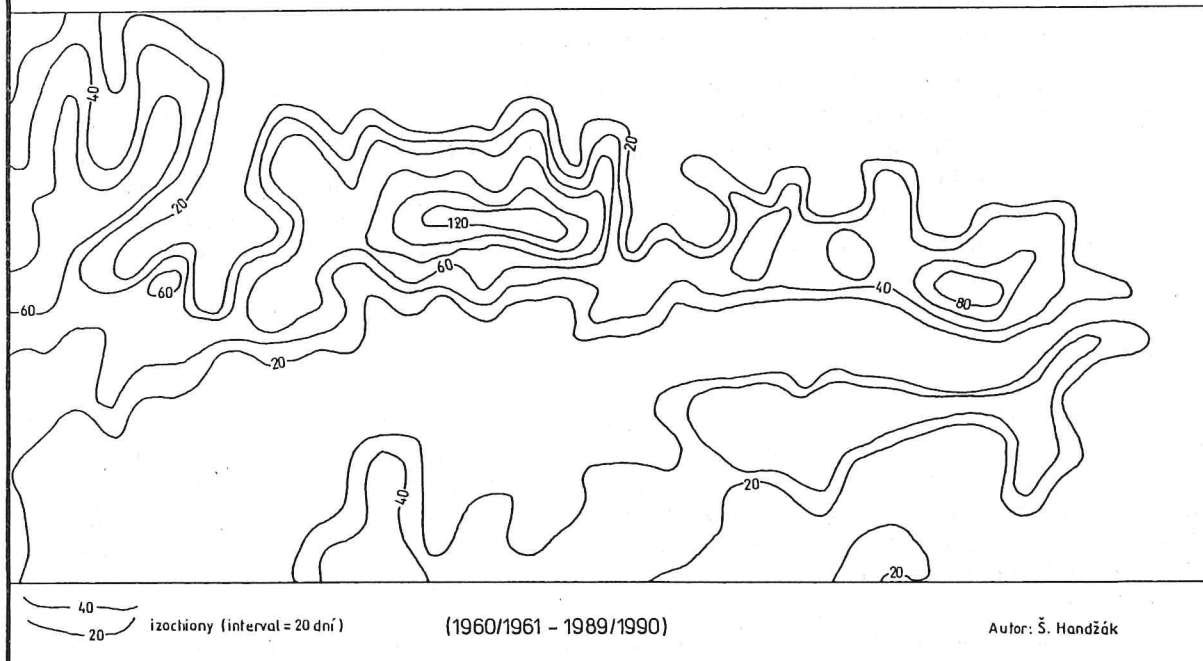
Mapka 5.

PRIEMERNÝ POČET DNÍ SO SNEHOVOU POKRÝVKOU ≥ 20 cm



Mapka 6

PRIEMERNÝ POČET DNÍ SO SNEHOVOU POKRÝVKOU ≥ 50 cm



MODELOVÝ VÝPOČET DÔSLEDKOV OČAKÁVANEJ ZMENY KLÍMY NA OBSAH VODY V PÔDE NA SLOVENSKU

Ján Tomlain

Katedra meteorológie a klimatológie, Matematicko-fyzikálna fakulta UK, Bratislava

ABSTRACT

Tomlain J., Faculty of Mathematics and Physics, Comenius University, Bratislava, Slovakia: **Model Computation of the Climate Change Impacts upon Soil Moisture on the Territory of Slovakia.** By means of mathematical model which has been developed at the Faculty of Mathematics and Physics of the Comenius University at Bratislava, the monthly means of soil moisture for some meteorological stations in Slovakia in the 1951 - 1980 period as well as in the 2010, 2030 and 2075 time frames were estimated. The climate change scenarios for the air temperature and humidity, precipitation, cloudiness and number of days with snow cover have been designated, in accordance with the modified scenarios change of above the mentioned meteorological elements for 3 varieties of GCMs (CCCM, GISS and GFD3).

In the warm half year the increasing trend of potential evapotranspiration and decreasing trend of precipitation were recorded in the southern parts of Slovakia in the 1951 - 1995 period. In the northern half of Slovakia the increasing trend of precipitation and small change of potential evapotranspiration predominate. As a consequence of these trends, the increase of the soil moisture lack from April to October is expected in the lowlands of Slovakia. In the northern half of Slovakia and in the mountain regions, where snow accumulates during the winter months and duration of snow cover is longer, the decreasing trend of soil moisture means from May to September, and in the mountain areas from June to September is observed.

- The annual cycle of soil moisture is characterised by the maximum occurrence in spring months, the after the snow cover melting and minimum in August - September.
- According to scenarios of three used models (CCCM, GISS and GFD3), the soil moisture means from April to October will probably gradually decrease on the whole territory of Slovakia. By the CCCM model the most intensive decrease is supposed in the southern Slovakia (due to the increasing warming from April to October and precipitation decrease from May to September). By the year 2075, in comparison with the period 1951 - 1980, this decrease will result in the southern half of Slovakia by about 24 % according to the CCCM model, 5 % according to the GISS model, and 17 % according to the GFD3 model. In the northern part of Slovakia this decrease will result 13 % according to the CCCM model, 9 % according to the GISS model and 15 % according to the GFD3 model. During the year, the most intensive decrease of soil moisture means is observed from July to September.
- On the basis of the analysis which has been done by climatologists of the Slovak Hydrometeorological Institute in Bratislava, as well as based on the long-term trends and model computation of soil moisture means by the models GCMs (CCCM, GISS and GFD3) in time frames 2010, 2030 and 2075, it seems that the best results for our territory, especially for the southern Slovakia, can grant the scenarios by CCCM model which very well simulates the annual course of air temperature. We have to take into consideration that this model gives slightly higher precipitation in comparison with the observed trends.

ÚVOD

Poznanie zákonitostí klimatických zmien je z objektívnych dôvodov prioritnou úlohou súčasnej klimatológie tak vo svetovom meradle, ako aj v jednotlivých oblastiach našej planéty. Ide o problém ovplyvňujúci prístupy ku všetkým teoretickým i praktickým úlohám klimatológie z pohľadu reálnej možnosti zmien globálnej klímy v dôsledku rastu skleníkového efektu atmosféry. Jednou zo základných úloh súčasnej meteorológie a hydrológie je získanie spoľahlivých informácií o obehú vody v prírode, pretože zásoby vody vzhľadom na množstvo, ako aj kvalitu sa môžu stať limitujúcim činiteľom ďalšieho rozvoja spoločnosti. Informácie o priestorovom a časovom rozložení zložiek rovnice vodnej bilancie majú veľký význam pri riešení celého radu teoretických i praktických otázok poľnohospodárstva, lesného a vodného hospodárstva, energetiky, stavebníctva a pri tvorbe a ochrane životného a prírodného prostredia.

Merania vlhkosti pôdy sa na území SR robia len na malom počte meteorologických a hydrologických staníc, čo neumožňuje získať údaje o priestorovom a časovom rozložení tejto dôležitej zložky rovnice vodnej bilancie pre väčšie územné celky. Nedostatok priamych meraní vedie k stanoveniu vlhkosti pomocou empirických a poloempirických vzťahov, ktoré vyjadrujú spojitosť vlhkosti pôdy s meteorologickými a hydrologickými prvkami meranými v sieti meteorologických, resp. hydrologických staníc.

METODIKA

Výpočet mesačných hodnôt vlhkosti pôdy sme urobili aplikáciou matematického modelu rozpracovaného pracovníkmi Katedry meteorológie a klimatológie Matematicko fyzikálnej fakulty UK v Bratislave, ktorý vychádza z metódy navrhutej M. I. Budykom a L. I. Zubenokovou [2]. Model je založený na spoločnom riešení rovníc energetickej a vodnej bilancie povrchovej vrstvy pôdy, ako aj experimentálne zistenej závislosti intenzity evapotranspirácie od vlhkosti pôdy. Ak pôda je dostatočne vlhká a v zime pri snehovej pokrývke evapotranspirácia (E) závisí len od vonkajších meteorologických činiteľov a rovná sa potenciálnej evapotranspirácii (maximálne možnej evapotranspirácii pri daných meteorologických podmienkach z dostatočne vlhkej povrchovej vrstvy pôdy - E_o). Pri vlhkosti menšej, ako je jej kritická hodnota (W_o), evapotranspirácia sa znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy ($\bar{W}$)

$$E = E_o \frac{\bar{W}}{W_o} \quad (1)$$

Úpravou rovnice turbulentného prenosu vodnej pary v atmosfére bol pre stanovenie mesačných úhrnov potenciálnej evapotranspirácie (E_o) použitý vzťah

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

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

V rovnici (2) vystupuje veličina q_s , na určenie ktorej musíme poznať teplotu povrchu pôdy (T_w) v K. Ak údaje o T_w chýbajú, potom na výpočet ich hodnôt môžeme použiť rovnicu energetickej bilancie daného povrchu a Magnusovu rovnicu [11].

$$B = \lambda E + H + Q, \quad (3)$$

kde B je celková bilancia žiarenia, E - evapotranspirácia, λ - merné skupenské teplo vyparovania ($\lambda = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$), H - turbulentný tok tepla medzi povrchom a atmosférou a Q - tok tepla v pôde.

Po dosadení za $B = B_o - 4\epsilon\sigma T_2^3 (T_w - T_2)$ a $H = \rho C_p D (T_w - T_2)$ do rovnice (3)

$$\text{dostaneme } B_o - Q = \lambda \rho D (q_s - q_2) + (4\epsilon\sigma T_2^3 + \rho C_p D) (T_w - T_2), \quad (4)$$

kde B_o je bilancia žiarenia vlhkého povrchu (bilancia dlhovlnného žiarenia vypočítaná z teploty vzduchu - T_2), $4\epsilon\sigma T_2^3 (T_w - T_2)$ - oprava na rozdiel medzi teplotou povrchu pôdy a vzduchu, ϵ - koeficient charakterizujúci vlastnosti vyžarujúceho povrchu, σ - Stefanova-Boltzmannova konštanta a C_p - merná tepelná kapacita vzduchu pri stálom tlaku.

V modelovej rovnici (4) sú neznáme 2 veličiny T_w a q_s , na určenie ktorých použijeme Magnusovu rovnicu (T_w je tu v $^{\circ}\text{C}$).

$$q_s = 6,1 \times 10^{\frac{7,45 T_w}{235 + T_w}} \quad (5)$$

Výpočet ukázal, že zmenšenie hodnôt D o $0,1 \text{ cm.s}^{-1}$ vedie k zmenšeniu úhrnov potenciálnej evapotranspirácie o 4 % a úhrny E_o vypočítané pre $D = 0,4 \text{ cm.s}^{-1}$ v porovnaní s úhrnmi pre $D = 0,63 \text{ cm.s}^{-1}$ sú menšie len o 6 až 10 %. Z toho vyplýva, že sa nedopustíme podstatnejšej chyby, ak pre výpočet E_o zoberieme hodnoty D uvedené v rovnici (2).

Analýza dynamiky pôdnej vlhkosti ukázala, že zmeny obsahu vody v pôde za konkrétne časové intervaly sa s hĺbkou znižujú a v hĺbke väčšej ako 1 m sú tieto zmeny oveľa menšie ako v najvyššie ležiacej povrchovej vrstve pôdy hrubej 1 m. Táto skutočnosť umožňuje použiť rovnicu vodnej bilancie v tvare

$$P = E + O + W_2 - W_1, \quad (6)$$

kde P sú atmosférické zrážky, O - odtok a $(W_2 - W_1)$ - zmena vlhkosti pôdy v najvyššie ležiacej 1 m hrubej vrstve pôdy (W_1 - vlhkosť pôdy na začiatku a W_2 na konci uvažovaného časového intervalu).

Hodnoty kritickej vlhkosti pôdy (W_o) pre najvyššiu jednotetrovú vrstvu pôdy sa menia od 100 do 200 mm v závislosti od klimatických pomerov a ročného chodu teploty vzduchu. V ročnom chode pozorujeme pokles W_o od jari k letu a jej rast na jeseň. V počiatočných fázach vývoja rastlín, kedy rastlinná pokrývka je riedka a koreňový systém slabo rozvinutý a sústredený v najvyššie ležiacej vrstve pôdy, vysychanie najvyššieho pôdneho horizontu vedie k intenzívnemu znižovaniu evapotranspirácie, bez ohľadu na vlhkosť pomery celej jednotetrovej, resp. hrubšej povrchovej vrstvy pôdy. V tomto prípade sa evapotranspirácia bude rovnáť potenciálnej evapotranspirácii pri väčších hodnotách vlhkosti pôdy. Podobný prípad nastáva aj na jeseň pri znižovaní koreňového systému rastlín. W_o nadobúda najmenších hodnôt v čase najväčšieho rozvoja koreňového systému, ktorým rastliny čerpajú vodu z väčších hĺbok.

Hodnoty kritickej vlhkosti pôdy môžeme stanoviť z rovnice (1), ak E_o vypočítame z rovnice (2) a E z rovnice vodnej bilancie (6) pri známych hodnotách odtoku, vlhkosti pôdy a atmosférických zrážok.

Priemernú vlhkosť pôdy $\bar{W} = \frac{W_1 + W_2}{2}$ určujeme z rovnice vodnej bilancie (6) metódou postupných priblížení, ak pre mesačný odtok aplikujeme vzťahy:

$$O = \frac{\bar{W}}{W_k} P \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2} \quad \text{pre } P > E_o \quad (7)$$

$$a \quad O = \alpha P \frac{\bar{W}}{W_k} \quad \text{pre } P \leq E_o.$$

α je koeficient úmernosti, ktorý závisí od intenzity zrážok ($\alpha = 0,2$ až $0,4$), W_k je najväčšia hodnota W_o počas roka (najväčší obsah vody, ktorý sa môže udržať v najvyššom horizonte pôdy bez kontaktu s podzemnou vodou).

Rovnice (7) boli zostavené na základe týchto predpokladov. Ak mesačný úhrn potenciálnej evapotranspirácie je väčší ako mesačný úhrn zrážok potom koeficient odtoku je úmerný vlhkosti pôdy. Odtok sa rovná nule pri úplne suchej pôde a dosahuje maximum pri $\frac{\bar{W}}{W_k} = 1$. V prípade, že mesačný úhrn potenciálnej evapotranspirácie je menší ako atmosférické zrážky, potom odtok, okrem intenzity zrážok, závisí tiež od rozdielu ($P - E_o$), t. j. v prípade, že $\frac{\bar{W}}{W_k} = 1$, odtok sa bude približovať hodnote ($P - E_o$) a koeficient odtoku bude konvergovať k $\left(1 - \frac{E_o}{P} \right)$.

Koeficient α sme pre územie Slovenska stanovili na základe nameraných údajov o zrážkach a odtoku. Pre ročný úhrn zrážok $P \leq 760$ mm $\alpha = 0,2$; pre ročný úhrn $760 < P \leq 960$ mm $\alpha = 0,3$ a pre $P > 960$ mm $\alpha = 0,4$.

Pre klimatické oblasti, kde sa snehová pokrývka v zime vyskytuje pravidelne, najväčší odtok pozorujeme v čase topenia sa snehu alebo tesne po jeho roztopení. V lete je odtok pomerne malý. Predložená metóda zohľadňuje túto skutočnosť a rozhodujúcu úlohu v ročnom odtoku pripisuje zimným zrážkam. Zostávajúca časť odtoku je rozdelená úmerne úhrnu zrážok, ktoré spadli počas teplého polroku.

Po dosadení rovníc (7) do rovnice vodnej bilancie (6) pre výpočet vlhkosti pôdy dostaneme:

ak $P > E_o$

$$W_2 = \frac{P - W_1 \left[\frac{E_o}{2W_o} + \frac{P}{2W_k} \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2} - 1 \right]}{\frac{E_o}{2W_o} + \frac{P}{2W_k} \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2} + 1} \quad \text{pri } 0 < \bar{W} < W_o \quad (8)$$

$$W_2 = \frac{P - E_o + W_1 \left[1 - \frac{P}{2W_k} \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2} \right]}{1 + \frac{P}{2W_k} \sqrt{\alpha^2 \left[1 - \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2 \right] + \left(1 - \frac{E_o}{P} \right)^2}} \quad \text{pri } \bar{W} \geq W_o. \quad (8)$$

Ak $P < E_o$

$$W_2 = \frac{P - W_1 \left(\frac{E_o}{2W_o} + \frac{\alpha P}{2W_k} - 1 \right)}{\left(\frac{E_o}{2W_o} + \frac{\alpha P}{2W_k} + 1 \right)} \quad \text{pri } 0 < \bar{W} < W_o$$

(8)

$$W_2 = \frac{P - E_o - W_1 \left(\frac{\alpha P}{2W_k} - 1 \right)}{\frac{\alpha P}{2W_k} + 1} \quad \text{pri } \bar{W} \geq W_o$$

Výpočet vlhkosti pôdy podľa rovníc (8) robíme pre mesiace s kladnými teplotami vzduchu. Model predpokladá, že oscilácie vlhkosti pôdy v priebehu roka závisia predovšetkým od úhrnov zrážok a potenciálnej evapotranspirácie, ako aj ich rozloženia počas roka.

Pri určovaní W_2 za prvý jarný mesiac s kladnou teplotou k úhrnom zrážok tohto mesiaca pripočítame úhrny zrážok za predchádzajúce mesiace so zápornou teplotou vzduchu zmenšené o úhrny potenciálnej evapotranspirácie. Správnosť postupu pri určovaní vlhkosti pôdy a evapotranspirácie za jednotlivé mesiace kontrolujeme rovnicou vodnej bilancie za rok ($P = E + O$).

Popísaný model je veľmi dobre fyzikálne zdôvodnený. Vstupnými údajmi sú teplota a vlhkosť vzduchu, oblačnosť, počet dní so snehovou pokrývkou a atmosférické zrážky, čo sú meteorologické prvky pravidelne merané v sieti meteorologických staníc.

ANALÝZA DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Predkladaná štúdia prináša výsledky modelového výpočtu vlhkosti pôdy tak za referenčné obdobie 1951 až 1980, ako aj v časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 na vybraných staniciach Slovenska, ktoré majú homogenizovaný pozorovací meteorologický materiál. Scenáre dlhodobých zmien teploty a vlhkosti vzduchu, oblačnosti, atmosférických zrážok a počtu dní so snehovou pokrývkou boli stanovené podľa modifikovaných scenárov zmien uvedených meteorologických prvkov pre územie Slovenska pre 3 varianty GCM (Globálne modely všeobecnej cirkulácie atmosféry): CCCM, GISS a GFD3 [3], [7], [8].

Pri analýze možných dôsledkov očakávanej zmeny klímy na vlhkosťné pomery pôdy si musíme uvedomiť základné fyzikálne mechanizmy, ktoré môžu viesť k postupným zmenám obsahu vody v najvyššie ležiacej povrchovej vrstve pôdy. Sú to hlavne znižovanie zásob snehu, ktoré tvoria časť úhrnov zimných zrážok, skorší nástup kladných teplôt vzduchu na jar, intenzívnejšie topenie snehovej pokrývky v dôsledku rastu teploty vzduchu a rastúci trend úhrnov evapotranspirácie v jarných mesiacoch.

Analýza dlhodobých zmien teploty vzduchu za obdobie 1901 až 1990 ukázala, že pre Slovensko je charakteristický všeobecne významný rastúci trend teploty vzduchu. Priestorové a časové rozloženie atmosférických zrážok na území SR má veľmi zložitý charakter. Severné Slovensko je viac ovplyvňované západným zonálnym prúdením, zatiaľ čo južná polovica Slovenska meridionálnou cirkuláciou. V južnej polovici Slovenska bol zaznamenaný rastúci trend úhrnov potenciálnej evapotranspirácie zapríčinený zväčšovaním energetických možností evapotranspirácie (rast teploty vzduchu, sýtosťného doplnku a celkovej bilancie žiarenia) a klesajúci trend úhrnov atmosférických zrážok, čo vedie k postupnému znižovaniu vlhkosti pôdy. Na väčšine staníc severného Slovenska bol pozorovaný rastúci trend úhrnov atmosférických zrážok a len malé zmeny v úhrnoch potenciálnej evapotranspirácie. V horách, kde pozorujeme dostatok zrážok počas roka, rast teploty vzduchu, pokles relatívnej vlhkosti vzduchu a znižovanie počtu dní so snehovou pokrývkou sa odrazí v raste potenciálnej i skutočnej evapotranspirácie. V prípade, že rast úhrnov evapotranspirácie je väčší ako rast úhrnov zrážok, potom vlhkosť pôdy sa bude postupne znižovať.

Vzájomné porovnanie dlhodobých trendov teploty vzduchu a atmosférických zrážok za obdobie 1901 až 1990 ukázalo všeobecne významné klesajúce trendy úhrnov zrážok s rastom teploty vzduchu od apríla po september a rastúci trend od novembra po január. Celkove bol pozorovaný väčší pokles úhrnov zrážok s rastom teploty na juhu Slovenska ako na jeho severe. Korelačné vzťahy zmien úhrnov zrážok s rastom teploty vzduchu sú však v jednotlivých oblastiach Slovenska dosť rozdielne [7]. Pričínajú sa o to i záveterné a náveterné efekty jednotlivých pohorí.

Vychádzajúc z dlhodobých zmien mesačných hodnôt vlhkosti pôdy za obdobie 1951 až 1995 zisťujeme, že pre južnú polovicu Slovenska je charakteristický klesajúci trend tejto významnej zložky rovnice vodnej bilancie od marca po október, čo je v súlade s postupným znižovaním úhrnov zrážok a zväčšovaním úhrnov evapotranspirácie. V severnej polovici Slovenska, kde počas zimných mesiacov sa môže nahromadiť väčšie množstvo snehu a snehová pokrývka trvá dlhšie, klesajúci trend hodnôt vlhkosti pôdy pozorujeme od mája po september a na Štrbskom Plese od júna do septembra. Na východnom Slovensku (v jeho severnej časti) klesajúci trend vlhkosti pôdy pozorujeme len v júli a auguste. Počas ostatných mesiacov s kladnou teplotou vzduchu vlhkosť pôdy vykazuje rastúci trend, čo je dôsledok rastúcich trendov atmosférických zrážok počas týchto mesiacov. Obr. 1 - 4 prinášajú dlhodobý chod mesačných hodnôt vlhkosti pôdy v klimaticky rozdielnych podmienkach Slovenska (Hurbanovo - nížinná poloha južného Slovenska, Košice - kotlinová poloha východného Slovenska, Liptovský Hrádok - kotlinová poloha severného Slovenska, Štrbské Pleso - horská stanica).

Ročný chod vlhkosti pôdy na území SR je charakterizovaný výskytom maxima v jarných mesiacoch po roztopení sa snehovej pokrývky a výskytom minima koncom leta - začiatkom jesene (august - september). Koncom jesene v dôsledku znižovania sa evapotranspirácie, vlhkosť pôdy sa zväčšuje.

Pri aplikácii výsledkov analyzovaných v tejto časti štúdie si treba uvedomiť stupeň simulovania súčasných klimatických pomerov Slovenska použitými modelmi. Podľa analýzy vykonanej klimatológmi Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave [7] použité modely sú charakterizované takto:

- Model CCCM dobre simuluje ročný chod teploty vzduchu. Úhrny atmosférických zrážok sú mierne nadhodnotené v porovnaní s nameranými údajmi.
- Model GISS pomerne dobre simuluje ročný chod teploty vzduchu a atmosférických zrážok. Teploty vzduchu s výnimkou zimných mesiacov sú podhodnotené. Úhrny zrážok sú vysoko nadhodnotené.
- Model GFD3 pomerne dobre simuluje ročný chod zrážok a ich úhrny s výnimkou júla a augusta. Nevystihuje ročný chod teploty vzduchu, letné mesiace silne nadhodnocuje, ostatné podhodnocuje a maximum teploty v ročnom chode je posunuté na august.

Podľa scenárov CCCM sa očakáva, že na Podunajskej a Záhorskej nížine budú priemerné mesačné teploty vzduchu kladné počas celého roka už od časového horizontu 2030. Na južnom a východnom Slovensku takéto teplotné pomery očakávame len k roku 2075. Kotlinové polohy stredného a severného Slovenska budú sa vyznačovať zápornými januárovými teplotami aj k roku 2075. V polohách nad 800 m očakávame záporné teploty od decembra po február aj k roku 2075.

V súlade so scenármi modelu GISS predpokladáme kladné mesačné teploty vzduchu počas celého roka na Podunajskej nížine už od časového horizontu 2010, na južnom Slovensku a Záhorskej nížine od roku 2030 a na severnom a východnom Slovensku až od roku 2075.

Podľa scenárov modelu GFD3 sa predpokladajú na Podunajskej a Záhorskej nížine kladné mesačné teploty počas celého roka až k časovému horizontu 2075. Na ostatnom území Slovenska zostane januárová teplota aj k tomuto časovému horizontu zápornou. V polohách nad 800 m sa záporná teplota vzduchu udrží k roku 2075 ešte aj vo februári.

V súlade so scenármi očakávaných zmien atmosférických zrážok na našom území sme vytvorili 3 skupiny meteorologických staníc s približne podobným klimatickým režimom. Do skupiny „Juh“ sme zaradili stanice: Bratislava, letisko, Hurbanovo, Boľkovce (okres Lučenec), Somotor, Košice a Michalovce. Do skupiny „Sever“ boli zaradené stanice: Čadca, Oravská Lesná, Liptovský Hrádok, Poprad, Červený Kláštor a Kamenica nad Čirochou. Do skupiny „Hory“ patria stanice s nadmorskou výškou nad 900 m: Podbanské, Štrbské Pleso, Telgárt a Ždiar-Javorina.

Analýza výsledkov matematického modelovania ukázala, že hodnoty vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október (v horách máj až október) podľa scenárov všetkých troch použitých modelov sa budú postupne znižovať, pričom v južnej polovici Slovenska najintenzívnejší pokles sa očakáva podľa scenárov modelu CCCM, čo je v súlade s predpokladaným rastom teploty vzduchu a znižovaním úhrnov zrážok od mája po september podľa tohto modelu. Podľa scenára modelu GISS sa v teplom polroku (s výnimkou septembra) očakáva rast atmosférických zrážok, čo sa odrazí v najmenšom poklese hodnôt vlhkosti pôdy zo všetkých troch použitých modelov. Hodnoty vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október k roku 2075 v porovnaní s priemerom za obdobie 1951 až 1980 poklesnú podľa scenára modelu CCCM v južnej polovici

Slovenska o 24 %, na severe o 13 % a v horách za máj až október o 15 %. Tento pokles podľa scenára modelu GISS bude predstavovať na juhu Slovenska 5 %, na severe 9 % a v horách 10 %. V súlade so scenárom modelu GFD3 rozdiel v hodnotách vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október medzi priemerom za roky 1951 až 1980 a modelovým výpočtom k časovému horizontu 2075 dosiahne na južnom Slovensku 17 %, na severe a v horách okolo 15 %. Rozdiely v poklese vlhkosti pôdy v severnej a južnej polovici Slovenska sú spôsobené tak rozdielmi v ročnom chode zrážok, ako aj rozdielnymi scenármi zmien úhrnov atmosférických zrážok podľa jednotlivých modelov (tab. 5).

V priebehu roka najväčší pokles hodnôt vlhkosti pôdy pozorujeme v júli až septembri (tab. 1 - 4). Podľa scenára modelu CCCM vlhkosť pôdy poklesne k roku 2075 v porovnaní s priemerom za obdobie 1951 až 1980 za júl až august v Hurbanove o 25 %, za august až september v Liptovskom Hrádku o 20 % a na Štrbskom Plese o 18 %. Tento posun vo výskyte najväčšieho poklesu W je zapríčinený rozdielmi v očakávaných zmenách úhrnov zrážok v severnej a južnej polovici Slovenska. Najväčší pokles vlhkosti pôdy k roku 2075 podľa scenára modelu GISS očakávame v júli v Hurbanove o 15 %, v Liptovskom Hrádku o 10 % a v októbri na Štrbskom Plese o 10 %. Podľa scenára modelu GFD3 najvýraznejší pokles v hodnotách vlhkosti pôdy k roku 2075 sa očakáva v júli, v Liptovskom Hrádku o 26 %, na Štrbskom Plese o 22 % a v auguste v Hurbanove o 38 %. Podľa scenára modelu GFD3 v júni a júli sa predpokladá pokles úhrnov atmosférických zrážok o 17 až 20 %, zatiaľ čo v ostatných mesiacoch teplého polroka sa očakáva rast úhrnov zrážok.

SÚHRN

Aplikáciou matematického modelu, ktorý bol rozpracovaný pracovníkmi Katedry meteorológie a klimatológie Matematicko-fyzikálnej fakulty UK v Bratislave v predkladanej štúdii uvádzame výsledky výpočtu mesačných hodnôt vlhkosti pôdy za referenčné obdobie 1951 až 1980, ako aj v časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 na vybraných meteorologických staniách Slovenska. Scenáre dlhodobých zmien teploty a vlhkosti vzduchu, oblačnosti, atmosférických zrážok a počtu dní so snehovou pokrývkou sme stanovili v súlade s modifikovanými scenármi zmien týchto meteorologických prvkov pre územie Slovenska pre 3 varianty GCMs: CCCM, GISS a GFD3.

- Vychádzajúc z dlhodobých zmien mesačných hodnôt vlhkosti pôdy za obdobie 1951 až 1995 zisťujeme, že pre južnú polovicu Slovenska je charakteristický klesajúci trend tejto významnej zložky rovnice vodnej bilancie v marci až októbri, čo je v súlade s postupným znižovaním úhrnov zrážok a zväčšovaním úhrnov potenciálnej evapotranspirácie. V severnej polovici Slovenska, kde počas zimných mesiacov sa môže nahromadiť väčšie množstvo snehu a snehová pokrývka trvá dlhšie, klesajúci trend hodnôt vlhkosti pôdy pozorujeme od mája do septembra a v horách od júna do septembra. V severnej časti východného Slovenska klesajúci trend vlhkosti pôdy pozorujeme len v júli a v auguste.
- Ročný chod vlhkosti pôdy na území SR je charakterizovaný výskytom maxima v jarných mesiacoch po roztopení sa snehovej pokrývky a výskytom minima koncom leta - začiatkom jesene (august - september).
- Modelový výpočet ukázal, že hodnoty vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október (v horách máj až október) podľa scenárov všetkých troch použitých modelov sa budú postupne znižovať, pričom v južnej polovici Slovenska najintenzívnejší pokles sa očakáva podľa scenára modelu CCCM, čo je v súlade s predpokladaným rastom teploty vzduchu a znižovaním úhrnov zrážok v máji až septembri podľa tohto modelu. Podľa scenára modelu GISS sa v teplom polroku (s výnimkou septembra) očakáva rast úhrnov atmosférických zrážok, čo sa prejaví v najmenšom poklese vlhkosti pôdy zo všetkých troch použitých modelov. Hodnoty vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október k roku 2075 v porovnaní s priemerom za obdobie 1951 až 1980 poklesnú podľa scenára modelu CCCM v južnej polovici Slovenska o 24 %, na severe o 13 % a v horách za máj až október o 15 %. Tento pokles podľa scenára modelu GISS bude predstavovať na juhu Slovenska 5 %, na severe 9 % a v horách 10 %. V súlade so scenárom modelu GFD3 rozdiel v hodnotách vlhkosti pôdy za mesiace apríl až október medzi priemerom za roky 1951 až 1980 a modelovým výpočtom k časovému horizontu 2075 dosiahne na južnom Slovensku 17 %, na severe a v horách okolo 15 %. Počas roka najväčší pokles hodnôt vlhkosti pôdy podľa všetkých troch modelov očakávame v júli až septembri.
- Na základe analýzy vykonanej pracovníkmi Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave [7], dlhodobých trendov vychádzajúcich z meteorologických pozorovaní a modelových výpočtov vlhkosti pôdy k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov modelov CCCM, GISS a GFD3 sa zdá, že najlepšie výsledky pre naše územie poskytuje model CCCM, ktorý dobre simuluje ročný chod teploty vzduchu. Treba si však uvedomiť, že tento model dáva mierne nadhodnotenú úhrny zrážok v porovnaní s nameranými údajmi.

LITERATÚRA

- [1] ALPATJEV, A. M., 1952 : Isparjajemost' kak približennyj pokazatel' potrebnosti sel'skochozjajstvennyh kul'tur v vode. Meteorologija i gidrologija, N° 5.
- [2] BUDYKO, M. I., 1980 : Klimat v prošlom i buduščem. Gidrometeoizdat, Leningrad, s. 350.
- [3] HRVOL, J., 1996: Modelové výpočty dôsledkov očakávaného oteplenia na zmeny globálneho slnečného žiarenia a celkovej radiačnej bilancie zemského povrchu. Projekt Country Study Slovenskej republiky, Katedra meteorológie a klimatológie MFF UK, Bratislava.
- [4] LAPIN, M., 1993: Dopady rastúceho skleníkového efektu atmosféry na zmeny charakteristík vlhkosti vzduchu a snehovej pokrývky na Slovensku. Studia XI, Slovenská bioklimatologická spoločnosť pri SAV, s. 8-18.
- [5] LAPIN, M., 1993: Dôsledky zmien teploty vzduchu a zrážok na zmeny iných klimatických prvkov v zmysle alternatívnych scenárov zmien klímy v roku 2035 na Slovensku. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, SHMÚ, Národný klimatický program, Bratislava.
- [6] LAPIN, M., 1992: Možné dopady predpokladaných zmien klímy na vodnú bilanciu na Slovensku. Národný klimatický program ČSFR N°7, Praha.
- [7] LAPIN, M., NIEPLOVÁ, E., FAŠKO, P., 1995: Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku. NKP SR č. 3, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, s. 17 - 57.
- [8] LAPIN, M., FAŠKO, P., 1996 : Regionálne inkrementálne scenáre zmien klimatických charakteristík na Slovensku. Vybrané výsledky scenárov relatívnej vlhkosti vzduchu a snehovej pokrývky. Pracovné podklady N°8. Slovak Republics Country Study. Element 2, SHMÚ Bratislava.
- [9] TOMLAIN, J., 1993: Charakteristika pôdnej vlhkosti z hľadiska produkčných procesov. Studia XI, Slovenská bioklimatologická spoločnosť pri SAV, s. 19-25.
- [10] TOMLAIN, J., 1991: Charakteristika suchých a vlhkých oblastí Slovenska. Zborník prác SHMÚ, zv. 33, Bratislava, s. 173-183.
- [11] TOMLAIN, J., 1991: Modelovanie evapotranspirácie z rôznych povrchov na území Slovenska. Hydrogeológia - výskum a prax, Bratislava, s. 118-134.
- [12] TOMLAIN, J., 1994: Dôsledky zmien základných klimatických charakteristík na zmeny obsahu vlhky v pôde vo vybraných lokalitách Slovenska. Acta Meteorologica N°XXIII, Bratislava.
- [13] TOMLAIN, J., 1993: Distribution of Evapotranspiration on the Territory of Slovakia. Proc. of Symp. on Precipitation and Evaporation. Vol. 3, Bratislava, str.181-184.
- [14] TOMLAIN, J., HRVOL, J., 1994: Dlhodobý chod pôdnej vlhkosti na vybraných staniách Slovenska. Studia XII Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti pri SAV, Nitra.
- [15] TOMLAIN, J., 1996: Modelové výpočty dôsledkov zmeny klímy na zmeny potenciálnej a skutočnej evapotranspirácie na Slovensku. NKP SR, 3, č. 4, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, s. 45-74.

LIST OF FIGURES AND TABLES

- Figure 1 Long-term monthly totals course of soil moisture in mm at the station Hurbanovo for the period from 1951 to 1995
- Figure 2 Long-term monthly totals course of soil moisture in mm at the station Košice for the period from 1951 to 1995
- Figure 3 Long-term monthly totals course of soil moisture in mm at the station Liptovský Hrádok for the period from 1951 to 1995
- Figure 4 Long-term monthly totals course of soil moisture in mm at the station Štrbské Pleso for the period from 1951 to 1995
- Table 1 Monthly and annual totals of precipitation (P), potential evapotranspiration (E_o), soil moisture (W) in mm, air temperature (T) in °C, average for the period 1951 - 1980, and in time frames 2010, 2030 and 2075, according to the models CCCM, GISS, and GFD3, at Hurbanovo ($\varphi = 47^{\circ} 52'$; $\lambda = 18^{\circ} 12'$; H = 115 m).
- Table 2 Monthly and annual totals of precipitation (P), potential evapotranspiration (E_o), soil moisture (W) in mm, air temperature (T) in °C, average for the period 1951 - 1980, and in time frames 2010, 2030 and 2075, according to the models CCCM, GISS, and GFD3, at Košice ($\varphi = 48^{\circ} 40'$; $\lambda = 21^{\circ} 13'$; H = 230 m).
- Table 3 Monthly and annual totals of precipitation (P), potential evapotranspiration (E_o), soil moisture (W) in mm, air temperature (T) in °C, average for the period 1951 - 1980, and in time frames 2010, 2030 and 2075, according to the models CCCM, GISS, and GFD3, at Liptovský Hrádok ($\varphi = 49^{\circ} 02'$; $\lambda = 19^{\circ} 44'$; H = 640 m).
- Table 4 Monthly and annual totals of precipitation (P), potential evapotranspiration (E_o), soil moisture (W) in mm, air temperature (T) in °C; average for the period 1951 - 1980, and in time frames 2010, 2030 and 2075, according to the models CCCM, GISS, and GFD3, at Štrbské Pleso ($\varphi = 49^{\circ} 07'$; $\lambda = 20^{\circ} 04'$; H = 1 360 m).
- Table 5 Mean soil moisture (W) change scenarios (%) for Slovakia in time frames 2010, 2030, and 2075

Tab. 1 Mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok (P), potenciálnej evapotranspirácie (E_o), vlhkosti pôdy (W) v mm, teplota vzduchu (T) v °C, priemer za referenčné obdobie 1951 až 1980 a pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov modelov CCCM, GISS a GFD3 v Hurbanove ($\varphi = 47^{\circ} 52'$; $\lambda = 18^{\circ} 12'$; H = 115 m)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Dlhodobý priemer 1951-1980												
T	-1.5	0.7	5.0	10.5	15.3	18.8	20.1	19.4	15.4	10.0	5.0	0.8	10.0
P	33	34	29	41	52	69	61	52	41	38	54	42	546
E _o	2	18	43	73	105	115	128	110	70	35	15	5	719
W	-	125	132	117	91	68	55	47	49	59	80	104	
CCCM	2010												
T	-0.3	2.1	6.4	11.5	16.2	19.7	21.2	20.4	16.5	11.1	5.9	1.7	11.0
P	36	34	30	41	49	66	57	53	40	39	57	45	547
E _o	4	18	46	74	111	121	135	117	74	40	15	8	763
W	-	125	132	116	88	63	49	43	46	55	78	104	
	2030												
T	0.5	3.1	7.3	12.2	16.8	20.4	21.9	21.1	17.3	11.8	6.4	2.3	11.8
P	38	34	31	42	48	63	54	53	39	40	58	47	547
E _o	9	18	47	77	114	124	140	120	79	40	15	8	791
W	121	133	132	116	86	60	46	41	43	53	77	104	
	2075												
T	2.2	5.2	9.3	13.7	18.2	21.8	23.4	22.6	19.0	13.4	7.7	3.6	13.3
P	43	35	33	43	44	57	48	54	37	42	63	51	550
E _o	10	23	54	80	118	128	151	130	85	41	15	7	842
W	125	136	133	115	83	55	40	36	39	50	77	106	
GISS	2010												
T	0.3	2.4	6.6	11.7	16.3	19.6	20.9	20.2	16.6	11.4	6.5	2.4	11.2
P	35	37	31	45	55	70	65	55	39	41	59	43	575
E _o	9	18	46	76	111	121	134	113	76	40	17	7	768
W	121	132	133	118	91	67	54	48	48	56	80	105	
	2030												
T	1.5	3.6	7.7	12.6	17.0	20.2	21.4	20.7	17.3	12.4	7.5	3.5	12.1
P	36	38	33	47	57	72	68	57	36	44	62	43	593
E _o	10	17	49	79	114	126	137	116	79	40	17	8	792
W	122	133	134	118	91	66	54	48	46	54	80	106	
	2075												
T	4.2	6.1	10.0	14.4	18.5	21.4	22.5	21.8	19.0	14.5	9.7	5.9	14.0
P	38	42	37	52	61	74	73	62	33	49	70	45	636
E _o	10	23	54	83	118	130	144	121	85	41	16	8	833
W	126	137	134	111	78	58	52	49	45	53	83	111	
GFD3	2010												
T	-0.7	2.0	6.6	12.0	16.8	20.2	21.5	20.7	16.9	11.5	6.3	2.0	11.3
P	32	39	30	42	53	69	57	58	45	42	62	42	571
E _o	4	16	46	77	114	128	138	117	74	39	17	7	777
W	-	129	134	118	88	63	49	44	49	60	84	109	
	2030												
T	-0.1	2.9	7.7	13.1	17.8	21.2	22.4	21.5	17.8	12.5	7.2	2.8	12.2
P	31	43	30	43	53	68	55	62	47	44	66	41	583
E _o	4	19	49	80	120	132	144	123	80	40	17	8	816
W	-	130	135	116	86	60	46	43	49	60	85	110	
	2075												
T	1.1	4.8	10.1	15.4	20.1	23.3	24.4	23.4	20.0	14.7	9.1	4.6	14.2
P	30	51	31	44	54	68	49	72	52	51	77	40	619
E _o	8	21	54	86	136	151	162	134	84	40	16	8	900
W	130	141	136	107	68	46	37	39	51	65	93	119	

Tab. 2 Mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok (P), potenciálnej evapotranspirácie (E_o), vlhkosti pôdy (W) v mm, teplota vzduchu (T) v °C, priemer za referenčné obdobie 1951 až 1980 a pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov modelov CCCM, GISS a GFD3 v Košiciach ($\varphi = 48^{\circ} 40'$; $\lambda = 21^{\circ} 13'$; H = 230 m)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Dlhodobý priemer 1951-1980												
T	-3.4	-1.1	3.1	9.1	13.9	17.6	18.9	18.3	14.2	8.7	3.6	-1.0	8.5
P	29	29	27	40	67	86	91	77	50	42	50	37	625
E _o	1	8	33	67	94	109	116	99	67	36	12	1	643
W	-	-	146	152	135	121	112	108	106	110	123	-	
CCCM	2010												
T	-2.2	0.3	4.5	10.1	14.8	18.5	20.0	19.3	15.3	9.8	4.5	-0.1	9.6
P	32	29	28	40	64	82	85	78	49	43	52	40	622
E _o	2	16	41	68	100	113	124	107	70	37	13	4	695
W	-	141	151	137	117	104	99	97	97	103	118	-	
	2030												
T	-1.4	1.3	5.4	10.8	15.4	19.2	20.7	20.0	16.1	10.5	5.0	0.5	10.3
P	33	29	29	41	62	78	81	79	48	45	54	41	620
E _o	4	16	44	71	102	115	128	109	73	37	13	7	719
W	-	147	150	135	114	100	93	92	93	100	117	133	
	2075												
T	0.3	3.4	7.4	12.3	16.8	20.6	22.2	21.5	17.8	12.1	6.3	1.8	11.9
P	37	30	31	42	57	71	72	79	46	47	58	45	615
E _o	9	19	47	72	108	119	139	120	79	37	15	7	771
W	143	151	150	135	111	92	83	81	84	92	112	131	
GISS	2010												
T	-1.6	0.6	4.7	10.3	14.9	18.4	19.7	19.1	15.4	10.1	5.1	0.6	9.8
P	30	31	29	44	71	88	96	82	47	46	55	38	657
E _o	4	14	41	68	100	112	121	102	71	35	13	5	686
W	-	150	153	141	122	111	108	107	104	107	123	138	
	2030												
T	-0.4	1.8	5.8	11.2	15.6	19.0	20.2	19.6	16.1	11.1	6.1	1.7	10.6
P	31	33	31	46	73	89	101	85	45	48	58	38	678
E _o	5	16	44	71	103	114	124	105	73	37	15	7	714
W	-	150	153	140	121	110	108	108	103	105	122	137	
	2075												
T	2.3	4.3	8.1	13.0	17.1	20.2	21.3	20.7	17.8	13.2	8.3	4.1	12.5
P	34	36	34	51	79	92	109	92	40	54	65	39	725
E _o	8	19	49	77	109	120	132	112	80	38	15	8	767
W	147	155	154	140	121	109	108	109	101	101	122	138	
GFD3	2010												
T	-2.6	0.2	4.7	10.6	15.4	19.0	20.3	19.6	15.7	10.2	4.9	0.2	9.8
P	28	34	28	41	68	86	86	86	55	46	57	37	652
E _o	2	16	43	69	103	119	125	106	70	35	13	7	708
W	-	152	154	139	118	105	99	99	103	110	126	140	
	2030												
T	-2.0	1.1	5.8	11.7	16.4	20.0	21.2	20.4	16.6	11.2	5.8	1.0	10.8
P	28	37	28	42	68	85	82	92	58	49	62	36	667
E _o	2	16	46	72	111	123	132	111	73	37	13	5	741
W	-	154	155	138	115	100	93	95	103	110	127	142	
	2075												
T	-0.8	3.0	8.2	14.0	18.7	22.1	23.2	22.3	18.8	13.4	7.7	2.8	12.8
P	26	44	29	43	69	85	74	107	64	56	72	36	705
E _o	4	18	51	78	124	141	148	120	82	37	13	8	824
W	-	157	156	136	109	91	81	88	102	111	131	146	

Tab. 3 Mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok (P), potenciálnej evapotranspirácie (E_o), vlhkosti pôdy (W) v mm, teplota vzduchu (T) v °C, priemer za referenčné obdobie 1951 až 1980 a pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov modelov CCCM, GISS a GFD3 v Liptovskom Hrádku ($\varphi = 49^{\circ} 02'$; $\lambda = 19^{\circ} 44'$; H = 640 m)

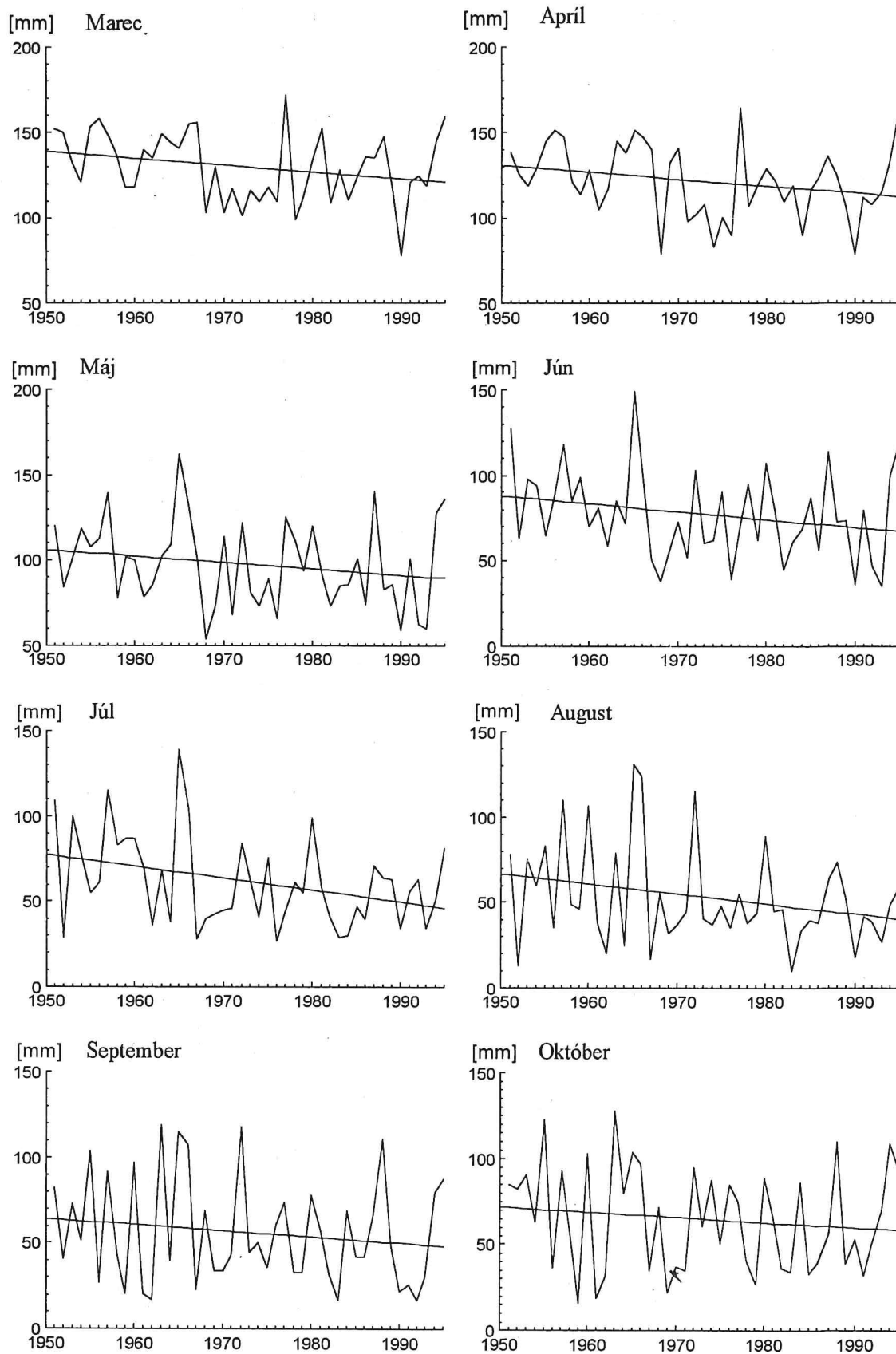
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Dlhodobý priemer 1951-1980												
T	-4.8	-3.1	0.8	6.2	11.2	14.7	15.9	15.1	11.3	6.6	2.0	-2.5	6.1
P	33	30	32	45	65	97	91	71	57	53	50	44	668
E _o	1	4	30	54	82	92	98	82	56	31	10	1	541
W	-	-	162	170	156	143	136	127	125	132	143	-	
CCCM	2010												
T	-3.6	-1.7	2.2	7.2	12.1	15.6	17.0	16.1	12.4	7.7	2.9	-1.6	7.2
P	36	31	32	46	64	97	87	68	55	56	54	49	675
E _o	2	6	30	57	87	95	104	89	59	32	13	2	576
W	-	-	159	168	152	138	129	118	115	123	138	-	
	2030												
T	-2.8	-0.7	3.1	7.9	12.7	16.3	17.7	16.8	13.2	8.4	3.4	-1.0	7.9
P	39	33	32	47	63	96	86	66	53	58	57	52	682
E _o	2	7	33	60	88	100	109	92	59	32	12	1	595
W	-	-	158	167	150	135	124	112	109	119	135	-	
	2075												
T	-1.1	1.4	5.1	9.4	14.1	17.7	19.2	18.3	14.9	10.0	4.7	0.3	9.5
P	44	35	32	50	61	96	80	62	50	63	64	59	696
E _o	4	14	41	61	96	104	115	96	65	32	13	5	646
W	-	162	165	159	142	127	116	102	99	110	131	148	
GISS	2010												
T	-3.0	-1.4	2.4	7.4	12.2	15.5	16.7	15.9	12.5	8.0	3.5	-0.9	7.4
P	35	33	35	50	69	99	94	72	54	57	55	44	697
E _o	1	5	31	57	85	95	103	85	59	32	12	1	566
W	-	-	161	170	157	144	135	126	122	128	141	-	
	2030												
T	-1.8	-0.2	3.5	8.3	12.9	16.1	17.2	16.4	13.2	9.0	4.5	0.2	8.3
P	36	35	36	53	71	101	95	73	52	60	58	45	715
E _o	1	7	35	58	88	98	104	88	59	32	13	5	588
W	-	-	165	170	157	143	134	125	120	126	140	152	
	2075												
T	0.9	2.3	5.8	10.1	14.4	17.3	18.3	17.5	14.9	11.1	6.7	2.6	10.2
P	38	39	41	60	77	104	98	75	48	66	66	46	758
E _o	7	16	43	63	94	101	109	91	67	32	15	5	643
W	160	166	169	162	145	133	129	121	114	119	137	151	
GFD3	2010												
T	-4.0	-1.8	2.4	7.7	12.7	16.1	17.3	16.4	12.8	8.1	3.3	-1.3	7.5
P	32	34	33	47	66	97	86	75	63	60	57	44	694
E _o	1	5	31	59	90	102	107	88	57	32	12	1	585
W	-	-	163	169	152	136	125	117	121	131	144	-	
	2030												
T	-3.4	-0.9	3.5	8.8	13.7	17.1	18.2	17.2	13.7	9.1	4.2	-0.5	8.4
P	32	37	33	48	68	96	84	78	68	66	62	44	716
E _o	1	7	35	60	94	108	110	91	62	34	13	2	617
W	-	-	163	170	152	133	120	113	118	131	145	-	
	2075												
T	-2.2	1.0	5.9	11.1	16.0	19.2	20.2	19.1	15.9	11.3	6.1	1.3	10.4
P	31	43	35	51	70	96	76	84	78	77	72	44	757
E _o	2	16	43	66	109	122	125	99	66	34	13	5	700
W	-	169	170	157	131	111	101	98	112	130	147	159	

Tab. 4 Mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok (P), potenciálnej evapotranspirácie (E_o), vlhkosti pôdy (W) v mm, teplota vzduchu (T) v °C, priemer za referenčné obdobie 1951 až 1980 a pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov modelov CCCM, GISS a GFD3 na Štrbskom Plese ($\varphi = 49^{\circ} 07'$; $\lambda = 20^{\circ} 04'$; H = 1 360 m)

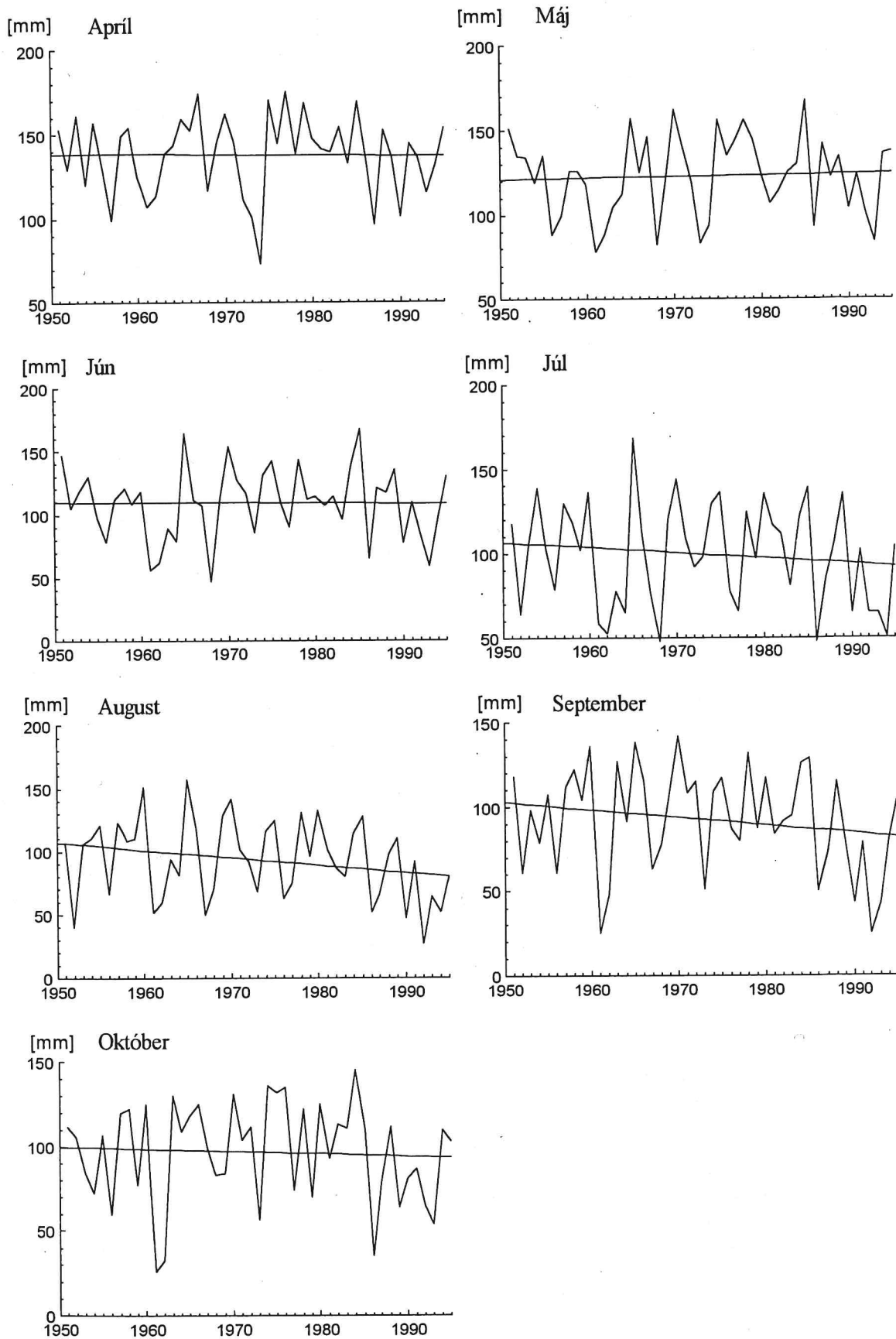
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Dlhodobý priemer 1951-1980												
T	-5.3	-4.7	-2.1	2.4	7.3	11.0	12.4	12.1	8.8	4.9	-0.1	-3.5	3.6
P	63	60	60	67	91	120	129	95	71	61	71	73	961
E _o	0	2	6	37	69	79	85	78	50	28	4	1	439
W	-	-	-	173	189	176	165	153	145	147	-	-	
CCCM	2010												
T	-4.1	-3.3	-0.7	3.4	8.2	11.9	13.5	13.1	9.9	6.0	0.8	-2.6	4.7
P	69	63	60	69	89	120	124	91	68	65	77	81	976
E _o	1	4	9	37	72	82	91	81	53	31	7	1	469
W	-	-	-	177	186	172	159	146	138	141	153	-	
	2030												
T	-3.3	-2.3	0.2	4.1	8.8	12.6	14.2	13.8	10.7	6.7	1.3	-2.0	5.4
P	74	65	61	70	88	119	121	88	66	66	81	86	985
E _o	1	4	27	44	75	82	94	84	58	31	10	0	510
W	-	-	174	188	178	167	155	140	131	135	149	-	
	2075												
T	-1.6	-0.2	2.2	5.6	10.2	14.0	15.7	15.3	12.4	8.3	2.6	-0.7	7.0
P	83	70	61	74	86	119	114	83	62	72	90	99	1013
E _o	1	5	28	49	82	88	102	92	62	34	8	1	552
W	-	-	174	188	172	154	141	126	118	125	144	-	
GISS	2010												
T	-3.5	-3.0	-0.5	3.6	8.3	11.8	13.2	12.9	10.0	6.3	1.4	-1.9	4.9
P	66	66	65	74	96	122	133	97	67	66	78	74	1004
E _o	1	4	9	38	70	82	86	80	55	31	8	0	464
W	-	-	-	178	187	175	164	152	142	143	154	-	
	2030												
T	-2.3	-1.8	0.6	4.5	9.0	12.4	13.7	13.4	10.7	7.3	2.4	-0.8	5.8
P	68	70	68	79	99	125	134	98	65	69	82	74	1031
E _o	1	4	24	44	72	82	88	81	58	32	10	1	497
W	-	-	176	188	181	171	161	150	139	140	153	-	
	2075												
T	0.4	0.7	2.9	6.3	10.5	13.6	14.8	14.5	12.4	9.4	4.6	1.6	7.6
P	73	79	76	90	107	128	139	101	60	76	93	76	1098
E _o	7	13	30	47	81	86	94	86	62	37	13	5	561
W	174	181	184	184	174	161	153	143	132	133	149	164	
GFD3	2010												
T	-4.5	-3.4	-0.5	3.9	8.8	12.4	13.8	13.4	10.3	6.4	1.2	-2.3	5.0
P	62	68	62	70	93	120	123	101	79	70	81	73	1002
E _o	0	4	9	39	78	87	91	81	55	31	8	0	483
W	-	-	-	179	185	170	156	145	141	145	156	-	
	2030												
T	-3.9	-2.5	0.6	5.0	9.8	13.4	14.7	14.2	11.2	7.4	2.1	-1.5	5.9
P	61	74	62	72	95	119	119	105	84	76	87	74	1028
E _o	1	4	25	46	84	93	97	84	56	31	10	1	532
W	-	-	178	188	177	164	149	139	138	144	157	-	
	2075												
T	-2.7	-0.6	3.0	7.3	12.1	15.5	16.7	16.1	13.4	9.6	4.0	0.3	7.9
P	60	86	65	76	97	119	108	113	97	88	102	74	1085
E _o	0	5	30	54	96	108	109	92	64	35	13	9	615
W	-	-	182	185	167	143	128	125	132	142	157	170	

Tab. 5 Scenáre zmien priemerných mesačných úhrnov vlhkosti pôdy (W) v % na Slovensku pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075

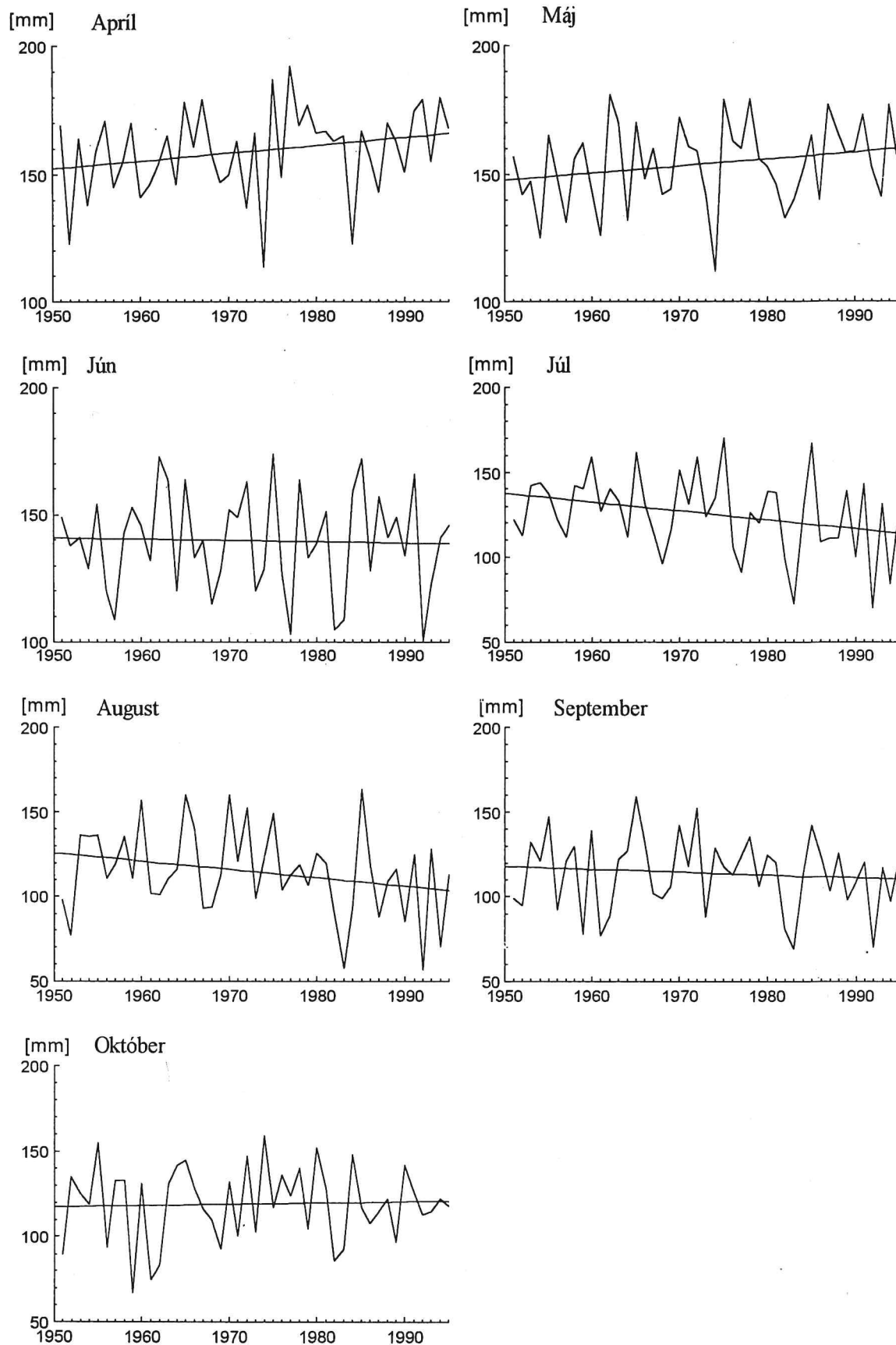
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Priemerné mesačné hodnoty vlhkosti pôdy v mm za obdobie 1951 - 1980										
Juh	144	144	120	102	91	84	84	91	109	(IV-X): 102
Sever	-	174	164	153	145	138	136	139	149	(IV-X): 150
Hory	-	180	188	180	172	164	158	158	-	(V-X): 170
Scenáre zmien W v % k roku 2010										
CCCM										
Juh	4	-6	-8	-10	-10	-10	-8	-6	-4	(IV-X): -8
Sever	-	-1	-4	-4	-6	-6	-7	-6	-3	(IV-X): -5
Hory	-	2	-3	-3	-3	-5	-6	-5	-	(V-X): -4
GISS										
Juh	6	-3	-5	-5	-1	-1	-2	-3	-1	(IV-X): -3
Sever	-	0	-2	-2	-2	-1	-3	-3	-2	(IV-X): -2
Hory	-	2	-3	-3	-3	-4	-6	-5	-	(V-X): -4
GFD3										
Juh	6	-4	-8	-10	-10	-7	-2	1	3	(IV-X): -6
Sever	-	0	-4	-6	-8	-7	-4	-1	0	(IV-X): -5
Hory	-	2	-5	-7	-8	-8	-6	-4	-	(V-X): -6
Scenáre zmien W v % k roku 2030										
CCCM										
Juh	3	-8	-12	-18	-20	-19	-17	-14	-8	(IV-X): -15
Sever	-	-2	-5	-7	-9	-11	-11	-9	-5	(IV-X): -8
Hory	-	3	-6	-8	-9	-12	-12	-10	-	(V-X): -9
GISS										
Juh	6	-3	-5	-5	-1	0	-4	-4	-1	(IV-X): -3
Sever	-	-2	-4	-6	-6	-6	-7	-7	-5	(IV-X): -5
Hory	-	3	-4	-5	-5	-6	-8	-7	-	(V-X): -6
GFD3										
Juh	6	-6	-10	-14	-15	-12	-2	1	4	(IV-X): -8
Sever	-	-2	-7	-12	-14	-13	-8	-4	-1	(IV-X): -9
Hory	-	3	-7	-10	-13	-12	-9	-5	-	(V-X): -9
Scenáre zmien W v % k roku 2075										
CCCM										
Juh	1	-10	-18	-27	-34	-33	-28	-24	-14	(IV-X): -24
Sever	-	-5	-9	-12	-14	-18	-19	-14	-8	(IV-X): -13
Hory	-	2	-9	-12	-14	-19	-20	-16	-	(V-X): -15
GISS										
Juh	6	-4	-7	-8	-3	0	-6	-9	0	(IV-X): -5
Sever	-	-4	-8	-9	-9	-8	-11	-11	-6	(IV-X): -9
Hory	-	0	-8	-9	-10	-10	-13	-13	-	(V-X): -10
GFD3										
Juh	6	-9	-18	-26	-32	-24	-8	-1	4	(IV-X): -17
Sever	-	-7	-16	-23	-26	-22	-12	-4	0	(IV-X): -15
Hory	-	-2	-11	-18	-22	-21	-13	-8	-	(V-X): -15



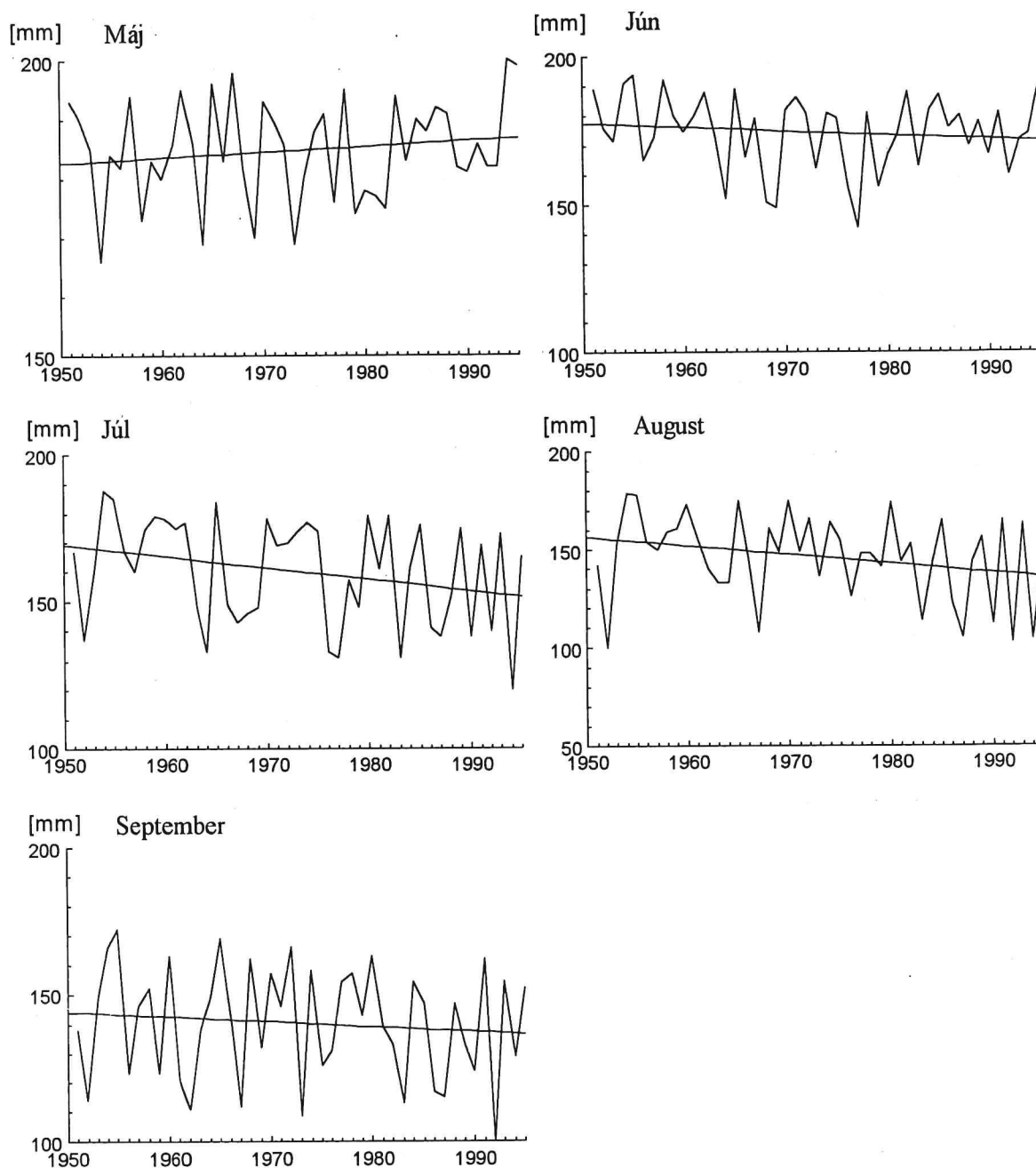
Obr. 1 Dlhodobý chod mesačných hodnôt vlhkosti pôdy v mm v Hurbanove za obdobie 1951 až 1995



Obr. 2 Dlhodobý chod mesačných hodnôt vlhkosti pôdy v mm v Košiciach za obdobie 1951 až 1995



Obr. 3 Dlhodobý chod mesačných hodnôt vlhkosti pôdy v mm v Liptovskom Hrádku za obdobie 1951 až 1995



Obr. 4 Dlhodobý chod mesačných hodnôt vlhkosti pôdy v mm na Štrbskom Plese za obdobie 1951 až 1995

PREDPOKLADANÉ ZMENY ÚROD OZIMNEJ PŠENICE AKO DÔSLEDOK KLIMATICKEJ ZMENY NA PODUNAJSKEJ NÍŽINE DO ROKU 2075

Bernard Šiška, Ján Mališ

Katedra biometeorológie a hydrológie, FZKI SPU, Nitra

ABSTRACT

Šiška, B., Mališ J., Slovak Agricultural Technical University, Nitra, Slovakia: Supposed Changes in Production of Winter Wheat in Consequence of Climate Change in Danubian Lowland up to Year 2075. The aim of this work split in evaluation of climate change impacts on productivity of winter wheat up to year 2075 in region of Danubian lowland represented by two localities - Nitra and Hurbanovo. On the base of scenarios generated by climate change models (GCMs and incremental scenarios) the influence of climate change impact on winter wheat yields were evaluated by two methods. The method is based on evaluation of winter wheat yield simulated by DSSAT 3 model. In comparison of CO₂ and nitrogen fertilization level influences on biomass yield the influence of CO₂ is significantly higher than fertilization especially in the 2030 and 2075 time frames (when higher concentrations of CO₂ combined with proper meteorological conditions from the point of view of winter wheat are accepted). Significant biomass increase was found between nitrogen fertilization levels 0 kg N.ha⁻¹ and 60 kg N.ha⁻¹, where mean increase was by about 20 per cents, but e.g. fertilizing on level 180 kg N.ha⁻¹ in Nitra brings increase by 4 per cents in year 2075 and by 2 per cents in 2030 and 2010 time frames. More significant increase of grain yields can be accepted in the year 2075, when the yield reaches or exceeds level 0,8 kg.m⁻² in variants with application of nitrogen fertilizers. If variability of yields caused by variability of climatological factors was similar as in reference period 1951-1980, the real grain yields in 2010 should be practically the same like at presence, in the 2030 time frame should vary from 0.52 to 0.78 kg.m⁻² and in 2075 in range from 0.6 to 0.96 kg.m⁻². In dependence upon used scenario of climate change next 10 per cents increase of variability in grain yield could be accepted.

ÚVOD

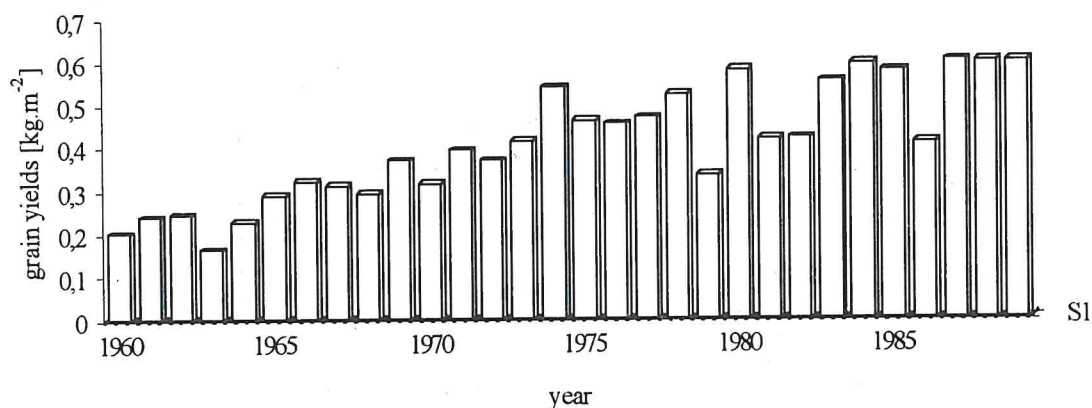
Ozimná pšenica patrí na území Slovenskej republiky k strategickým plodinám a tvorí nosný program činnosti väčšiny subjektov zaoberajúcich sa rastlinnou výrobou. V priemere viac ako 50 % osevných plôch obilnín pripadá práve na túto plodinu (tab. 1). Podmienky jej pestovania sa však v posledných rokoch výrazne zmenili najmä z pohľadu meniacich sa ekonomických pomerov (výkupné ceny obilnín, ceny vstupov). Zatiaľ, čo v období 1960 - 1989 (obr. 1) bol zaznamenaný rast úrod ovplyvňovaný intenzifikáciou pestovania tejto plodiny, v posledných rokoch nové ekonomické pomery vyústili do celkovo extenzívnejšieho prístupu k pestovaniu tejto plodiny a znižujúcich sa hektárových výnosov (tab. 1).

Tab. 1 Zmena ukazovateľov produkcie ozimnej pšenice na Slovensku (plochy [ha], 1990-1996)
Table 1 Changes in production of winter wheat in Slovakia (area [ha], 1990 - 1996)

Ukazovateľ Parameter	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Obilniny spolu Cereals (total)	825196	812205	808859	845085	873676	847900	827800
Z toho pšenica Winter wheat	418158	408196	354431	398058	442874	436700	414800
Produkcia [tis. t] Production [10 ³ t]	2083	2124	1697	1528	2154	1939	1713
Úrody [t.ha ⁻¹] Grain yield [t.ha ⁻¹]	5,00	5,22	4,80	3,85	4,85	4,44	4,13

Obr. 1 Rast hospodárskych úrod ozimnej pšenice v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (1960-1989)

Fig. 1 Increase of grain yields of winter wheat in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (1960-1989)



Rast úrod od začiatku 60. až po 90. roky však nebol spojitý a odchýlky od trendu sú dôsledkom vplyvu počasia v jednotlivých rokoch. Výrazné poklesy úrod ozimnej pšenice od trendu rastu úrod v rokoch 1979, 1982 a 1986 (až o viac ako 20 %) boli spôsobené hlavne nedostatkom zrážok a vysokými teplotami vzduchu v období dozrievania, čo viedlo k predčasnému ukončeniu jej vegetačného obdobia.

Cieľom tejto práce je vyhodnotiť predovšetkým dôsledky klimatickej zmeny na produktivitu ozimnej pšenice ako strategickej plodiny z hľadiska potravinovej zabezpečenia obyvateľstva na Slovensku v najproduktívnejšej oblasti štátu - v oblasti Podunajskej nížiny k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075.

METODIKA

Meteorologické a fenologické údaje k riešeniu úlohy boli získané z databázy SHMÚ v Bratislave, ako aj meraní Agrometeorologickej stanice Katedry biometeorológie a hydrológie SPU v Nitre. Základným obdobím pre zhodnotenie klimatických podmienok prostredia neovplyvneného zvýšenou koncentráciou CO_2 bol časový rad z obdobia 1951-1980 (referenčný časový rad – reference climate period (RCP)).

Vplyv dôsledkov klimatickej zmeny na ukazovatele pestovania ozimnej pšenice bol potom zhodnotený k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075 na základe zrážkových a teplotných scenárov klimatickej zmeny podľa modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (CCCM, GISS, GFD3), ako aj podľa inkrementálnych scenárov vypracovaných na SHMÚ v Bratislave (dT1dR1, dT1dR2, dT1dR3, dT2dR1, dT2dR2, dT2dR3) (LAPIN et al., 1995).

Príkon žiarenia bol dopočítavaný zo slnečného svitu (TOMLAIN, ŠPÁNIK, 1986), resp. generovaný modelom DSSAT3 podľa koncentrácie CO_2 (US COUNTRY STUDIES, 1994).

Biologické údaje potrebné k riešeniu úlohy boli získané zo Slovenského štatistického úradu v Bratislave a výskumných projektov riešených na SPU (VŠP) v Nitre. Okrem hospodárskych úrod a úrod biomasy boli vyhodnotené aj fenologické ukazovatele k časovým horizontom rokov 2010, 2030 a 2075. Výber lokalít (Hurbanovo a Nitra) reprezentuje najproduktívnejšiu oblasť pestovania ozimnej pšenice na Slovensku - Podunajskú nížinu.

Pre overenie modelu boli využité biologické a klimatické podklady z lokality Nitra. Experiment využité pre simuláciu úrod ozimnej pšenice v zmenených klimatických podmienkach zodpovedal bežným pestovateľským postupom tejto plodiny na Slovensku.

Pre nastavenie genetických parametrov modelu bola použitá odroda ozimnej pšenice 'MIRONOVSKAYA', ktorá bola v 70. rokoch jednou z najčastejšie používaných odrôd na Slovensku.

Vplyv výživy na úrody pšenice bol hodnotený 4 úrovňami hnojenia dusíkom (0 kg N.ha^{-1} , 60 kg N.ha^{-1} , 120 kg N.ha^{-1} a 180 kg N.ha^{-1}) aplikovanými v dvoch termínoch (pred sejbou a v marci).

Koncentrácia CO_2 bola zadaná pre modelové spracovávanie úrod ozimnej pšenice pomocou DSSAT3 k jednotlivým rokom takto:

Tab. 2

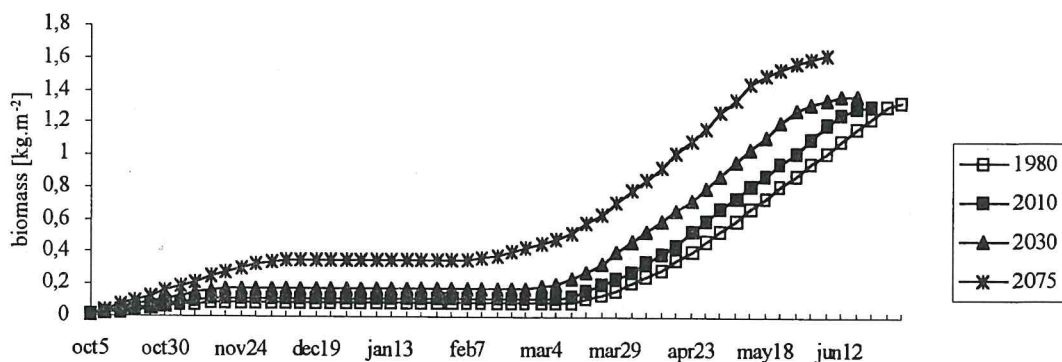
Rok Year	Koncentrácia CO_2 CO_2 concentration
1951 – 80	330 ppm
2010	370 ppm
2030	440 ppm
2075	670 ppm

VÝSLEDKY

a) Predpokladané dôsledky zvýšenej koncentrácie CO_2 na pestovanie ozimnej pšenice

Experimentálne bolo dokázané, že na dvojnásobné zvýšenie koncentrácie CO_2 rastliny reagujú zvýšením rýchlosti fotosyntézy v rozpätí 30 - 50 % (WOODWARD et al., 1991, IDSO, IDSO, 1994), pričom stimulačný efekt nie je viazaný len na prostredie radiačne nasýtené (LONG, DRAKE, 1991). Zvýšenie rýchlosti fotosyntézy sa potom prejavuje i do nárastu biomasy.

Podľa rastovej krivky generovanej modelom DSSAT3 len zvýšená koncentrácia CO_2 na úroveň 660 ppm spôsobí zvýšenie nárastu biomasy až o 35 %. Priebeh rastových kriviek biomasy ozimnej pšenice v zmene-
ných klimatických podmienkach je potom ovplyvnený okrem koncentrácie CO_2 aj teplotnými a vlhkovými pomermi v závislosti od charakteru jednotlivých scenárov klimatickej zmeny (obr. 2).



Obr. 2 Rastové krivky biomasy ozimnej pšenice do roku 2075 (CCCM, Hurbanovo, 60 N kg.m^{-2})
Figure 2 Growth curves of winter wheat biomass up to the year 2075 (CCCM, Hurbanovo, 60 N kg.m^{-2})

b) Agroklimatické parametre

Fotosynteticky aktívne žiarenie (Q_{FAR})

Podľa aplikovaných scenárov klimatických zmien sa všeobecne predpokladá do časového horizontu roku 2075 rast súm Q_{FAR} počas veľkého a hlavného vegetačného obdobia v južných oblastiach Slovenska vzhľadom na nárast dĺžky vegetačného obdobia (ŠPÁNIK et al., 1996). Napriek tomuto faktu príkon Q_{FAR} počas vegetačného obdobia ozimnej pšenice by mal byť len málo odlišný od hodnôt referenčného klimatického radu (obdobie 1951 - 1980) (tab. 3). Vysvetlenie spočíva v predpokladanom skrátení jarnej časti vegetačného obdobia ozimnej pšenice k neskorším časovým horizontom, ako aj posunom tejto časti vegetačného obdobia do mesiacov s nižším príkonom Q_{FAR} .

Tab. 3 Sumy priemernej dennej teploty vzduchu $T \geq 5^\circ\text{C}$ (TS5), fotosynteticky aktívneho žiarenia (Q_{FAR}) počas vegetačného obdobia ozimnej pšenice (WWVP) a jeho častí a odchýlky (d) od údajov podľa referenčného klimatického radu (RCP) do roku 2075 v Hurbanove

- jesenná časť vegetačného obdobia (A) – vzhádzanie až nástup $T < 5^\circ\text{C}$
- jarná časť vegetačného obdobia (S) - nástup $T \geq 5^\circ\text{C}$ – plná zrelosť

Table 3 Sum of daily mean air temperatures $T \geq 5^\circ\text{C}$ (TS5), photosynthetically active radiation (Q_{FAR}) during vegetative period of winter wheat (WWVP) and its selected parts and their deviations (d) from RCP data according to the climate change scenarios up to the year 2075 in Hurbanovo

- autumnal part (A) -from emergence to decrease of air temperature below 5°C
- spring part (S) - from beginning of $T \geq 5^\circ\text{C}$ to maturity

Scenár Scenario	Rok Year	Characteristics							
		TS5 [$^\circ\text{C}$]				Q_{FAR} [kWh.m^{-2}]			
		S	A	Total	d [%]	S	A	Total	d [%]
1951-80		1433.3	332.6	1765.9	-	264.2	38.4	302.6	-
CCCM	2010	1447.0	436.4	1883.4	6.7	255.0	44.6	299.6	-1.0
GISS		1426.5	482.7	1909.2	8.1	250.5	46.8	297.3	-1.8
GFD3		1436.2	468.3	1904.5	7.8	246.1	45.7	291.8	-3.6
dt1dR1		1452.6	396.1	1848.7	4.7	261.1	41.7	302.8	0.1
dt1dR2		1452.6	396.1	1848.7	4.7	261.1	41.7	302.8	0.1
dt1dR3		1452.6	396.1	1848.7	4.7	261.1	41.7	302.8	0.1
dt2dR1		1419.6	483.9	1903.5	7.8	249.0	46.7	295.7	-2.3
dt2dR2		1419.6	483.9	1903.5	7.8	249.0	46.7	295.7	-2.3
dt2dR3		1419.6	483.9	1903.5	7.8	249.0	46.7	295.7	-2.3
CCCM	2030	1442.9	485.2	1928.2	9.2	245.3	46.2	291.5	-3.7
GISS		1442.4	598.6	2041.0	15.6	242.0	52.2	294.2	-2.8
GFD3		1462.3	571.5	2033.8	15.2	236.4	50.1	286.6	-5.3
dt1dR1		1423.5	441.0	1864.5	5.6	252.0	43.9	295.9	-2.2
dt1dR2		1423.5	441.0	1864.5	5.6	252.0	43.9	295.9	-2.2
dt1dR3		1423.5	441.0	1864.5	5.6	252.0	43.9	295.9	-2.2
dt2dR1		1432.1	587.7	2019.8	14.4	239.9	51.1	290.9	-3.9
dt2dR2		1432.1	587.7	2019.8	14.4	239.9	51.1	290.9	-3.9
dt2dR3		1432.1	587.7	2019.8	14.4	239.9	51.1	290.9	-3.9
CCCM	2075	1508.2	637.6	2145.8	21.5	231.5	52.6	284.1	-6.1
GISS		1611.2	908.9	2520.1	42.7	235.3	63.8	299.1	-1.1
GFD3		1537.2	773.8	2311.0	30.9	217.0	56.9	273.9	-9.5
dt1dR1		1415.2	570.7	1985.9	12.5	239.0	50.3	289.3	-4.4
dt1dR2		1415.2	570.7	1985.9	12.5	239.0	50.3	289.3	-4.4
dt1dR3		1415.2	570.7	1985.9	12.5	239.0	50.3	289.3	-4.4
dt2dR1		1679.7	922.5	2602.2	47.4	236.1	62.7	298.7	-1.3
dt2dR2		1679.7	922.5	2602.2	47.4	236.1	62.7	298.7	-1.3
dt2dR3		1679.7	922.5	2602.2	47.4	236.1	62.7	298.7	-1.3

Teplotná suma (TS)

Suma teplôt vzduchu stanovená za vegetačné obdobie ozimnej pšenice podľa fenologických fáz vzhádzania a plnej zrelosti (tab. 4) narastá a k roku 2010 dosahuje hodnoty v priemere o 2,7 až 8,1 % vyššie, v časovom horizonte roku 2030 o 5,6 až 14,4 % a v časovom horizonte roku 2075 o 19,1 až 47,4 % vyššie v porovnaní s dlhodobým priemerom z obdobia 1951-1980 (1765,9 - 1796,2 °C) (tab. 3). Vysoké hodnoty teplotných súm za vegetačné obdobie ozimnej pšenice na hodnotených staniciach vysoko prekračujú teplotnú zabezpečenosť potrebnú pre rentabilné pestovanie tejto plodiny a v prípade dostatočnej zabezpečenia zrážkami a vhodnej koncentrácie CO₂ môžu byť dobrým predpokladom pre jej vysoké úrody.

Atmosférické zrážky (R)

Distribúcia zrážok preferovaná scenármi klimatických zmien predpokladá pribúdanie zrážok v chladnom polroku a naopak úbytok zrážok v teplom polroku. Pre produktivitu porastov ozimnej pšenice má toto rozdelenie zásadný význam. Tak ako sa predlžuje jesenná časť vegetačného obdobia ozimnej pšenice (ohraničená vzhádzaním a poklesom priemernej dennej teploty vzduchu pod 5 °C), tak narastajú k jednotlivým časovým horizontom aj úhrny zrážok. Zatiaľ čo priemerná hodnota za toto obdobie ozimnej pšenice v období 1951-1980 bola v oblasti Podunajskej nížiny asi 60 mm, v časovom horizonte roku 2010 sa úhrny zrážok odhadujú v rozpätí od 63 mm (dT2dR1, Nitra) po 88 mm (GFD3, Nitra), v časovom horizonte roku 2030 od 75 mm (dT1dR1, Hurbanovo) po 109 mm (GISS, GFD3, Nitra) a k roku 2075 od 94 mm (dT1dR1, Hurbanovo) po 161 mm (GISS, Hurbanovo). Pomer úhrnov zrážok z tejto časti vegetačného obdobia k úhrnom zrážok počas vegetačného obdobia stúpol z 25 % v období 1951-1980 v priemere na 50 % úroveň k časovému horizontu 2075.

Úhrny zrážok za jarnú časť vegetácie sa k jednotlivým časovým horizontom menili len nepatrne a celkove sa teda dá očakávať podľa väčšiny scenárov klimatickej zmeny, že by úhrny zrážok mali byť vyššie. V časovom horizonte roku 2075 by mal tento nárast predstavovať až 57 % (GISS, Hurbanovo) a úhrny zrážok za vegetačné obdobie ozimnej pšenice by mali dosiahnuť úroveň výrazne prevyšujúcu 300 mm hranicu.

Ak však zohľadníme aj zrážky kumulujúce sa v období vegetačného pokoja, ktoré porasty tiež využívajú, dostávame v Nitre aj v Hurbanove pokles v úhrnoch zrážok v časovom horizonte roku 2075 až o 15 % (dT2dR1, dT2, dR2, dT2dR3) (ŠIŠKA, MALIŠ, ŠINKOVIČOVÁ, 1996).

b) Fenologické pomery

Keďže použité scenáre klimatickej zmeny predpokladajú rast priemernej teploty vzduchu a súčasne rast úhrnov zrážok od októbra po marec, vzhádzanie ozimnej pšenice sa bude v rokoch mierne urýchľovať (presúvať na skorší termín) a tento posun bude predstavovať v časovom horizonte roku 2075 v závislosti od použitého scenára 1deň (dT1) až 4 dni (GISS, GFD3) a v podmienkach Podunajskej nížiny sa očakáva v prvej dekáde októbra.

Prerušenie vegetačného obdobia ozimnej pšenice poklesom priemerných denných teplôt vzduchu pod 5 °C možno očakávať v časovom horizonte roku 2010 v poslednej dekáde novembra (oneskorenie v priemere o 6 - 12 dní), v časovom horizonte roku 2030 v poslednej dekáde novembra až prvej dekáde decembra (oneskorenie o 10 - 20 dní) a v časovom horizonte roku 2075 vo veľmi veľkom rozpätí v závislosti od použitého klimatického scenára od začiatku decembra (CCCM a dT1 scenáre) až do začiatku januára (GISS a dT2 scenáre)

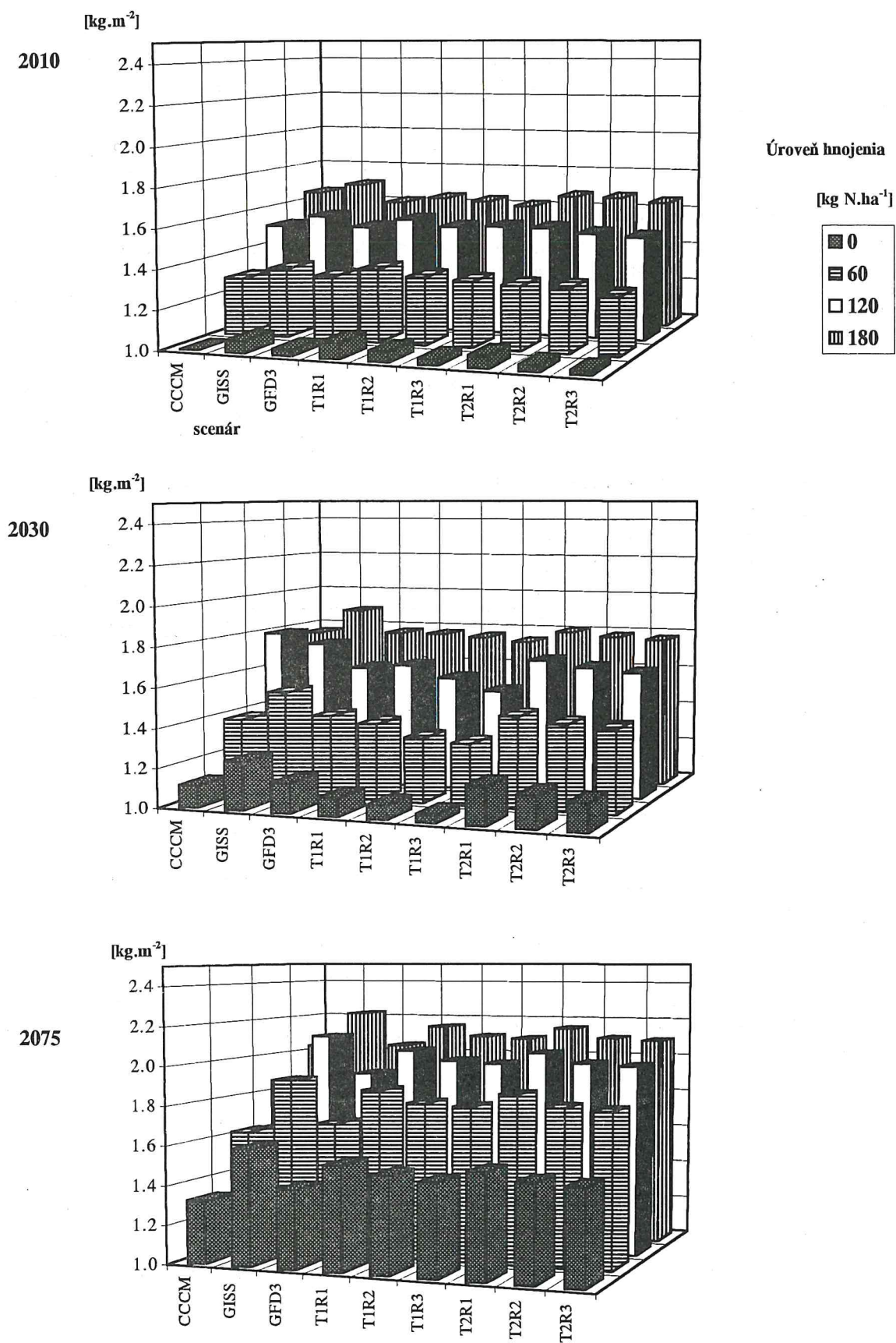
Urýchlenie nástupu fenologických fáz v jarnom období (po nástupe priemerných denných teplôt vzduchu $t \geq 5$ °C) bude ešte výraznejšie a v časovom horizonte roku 2010 je očakávaný posun v priemere o 10 dní, v roku 2030 o 8 - 21 dní a v časovom horizonte roku 2075 až o 14 - 30 dní v závislosti od použitého scenára klimatickej zmeny. Priamym dôsledkom je potom výrazné skracovanie obdobia vegetačného pokoja ozimnej pšenice, ktoré v extrémnych prípadoch (dT2 scenáre pre časový horizont roku 2075) môže v najteplejších rokoch úplne absentovať.

Predpokladaný termín nástupu fenologických fáz v teplejšej lokalite Hurbanovo v porovnaní s Nitrou je o 2 až 4 dni skorší. Prehľad fenologických relácií do roku 2075 je uvedený v tab. 4.

c) Zmeny úrod ozimnej pšenice podľa modelu DSSAT3

Výška úrod biomasy generovaná modelom DSSAT3 z klimatických podkladov okrem príkonu globálneho slnečného žiarenia využíva aj hodnoty teploty vzduchu a úhrnov zrážok.

Obr. 3 Úrody biomasy ozimnej pšenice podľa jednotlivých scenárov klimateckej zmeny k časovému horizontom do roku 2075 (Hurbanovo)



Očakávané zvýšené hodnoty teplotných súm za vegetačné obdobie ozimnej pšenice v prípade dostatočnej zabezpečenia zrážkami a vhodnej koncentrácie CO₂ môžu byť dobrým predpokladom pre jej vysoké úrody.

Úrody biomasy ozimnej pšenice sú dané interakciami klimatických faktorov prostredia (globálne žiarenie, teplota vzduchu, zrážky) s faktormi pôdneho prostredia a samotnou rastlinou. Z obr. 3 vidieť, že úroda biomasy k jednotlivým časovým horizontom stúpa, pričom tento trend závisí okrem časového horizontu v menšej miere od úrovne hnojenia.

Zväčšenie úrod biomasy ozimnej pšenice v regióne Podunajskej nížiny k jednotlivým časovým horizontom je okrem priaznivého rozdelenia zrážok daného scenármi klimatickej zmeny, spôsobené predovšetkým zvyšujúcou sa koncentráciou CO₂. Vplyvom dvojnásobnej koncentrácie CO₂ možno očakávať rast biomasy o viac ako 35 % (WOODWARD et al., 1991, IDSO, IDSO, 1994). Výsledky analýz úrod ozimnej pšenice v zmenených klimatických podmienkach túto skutočnosť potvrdili aj pre podmienky Podunajskej nížiny, kde pre Hurbanovo bola zistená hodnota zväčšenia biomasy ozimnej pšenice až o 53 % (GISS).

Zatiaľ, čo zväčšenie úrod biomasy ozimnej pšenice v závislosti od klimatických scenárov je výraznejšie v neskorších časových horizontoch, vplyv zvyšujúcej sa úrovne hnojenia dusíkom na zväčšenie biomasy je výraznejší pri nižších dávkach. Pri zvýšení úrovne hnojenia z 0 kg N.ha⁻¹ na 60 kg N.ha⁻¹ je zväčšenie biomasy v priemere o 20 %, no medzi úrovňami hnojenia 60 kg N.ha⁻¹ a 120 kg N.ha⁻¹ bolo výraznejšie (priemerne o 15 %) len pri časovom horizonte 2075, kde účinnosť využitia hnojív bola posilnená aj vysokou koncentráciou CO₂ (obr. 3).

Tab. 4 Dátumy začiatku (B) a konca (E) a dĺžka (D) vegetačného obdobia ozimnej pšenice (WWVP) a jeho vybraných častí v Hurbanove do roku 2075

Table 4 Beginnings (B), ends (E) and duration (D) of WWVP and their selected parts up to the 2075 time frame in Hurbanovo

Scenár	Rok	A			S			WWVP
Scenario	Year	B	E	D	B	E	D	
1951-80		6.10.	15.11.	41.0	15.3.	30.6.	108	149.0
CCCM	2010	4.10.	22.11.	50.0	6.3.	22.6.	109.0	159.0
GISS		4.10.	26.11.	54.0	5.3.	20.6.	108.0	162.0
GFD3		4.10.	24.11.	52.0	6.3.	19.6.	106.0	158.0
dT1		6.10.	21.11.	47.0	10.3.	26.6.	109.0	156.0
dT2		5.10.	28.11.	55.0	4.3.	19.6.	108.0	163.0
CCCM	2030	4.10.	25.11.	53.0	28.2.	16.6.	109.0	162.0
GISS		3.10.	4.12.	62.0	25.2.	14.6.	110.0	172.0
GFD3		3.10.	30.11.	58.0	28.2.	13.6.	106.0	164.0
dT1		6.10.	25.11.	51.0	6.3.	24.6.	108.0	159.0
dT2		5.10.	7.12.	64.0	24.2.	13.6.	110.0	174.0
CCCM	2075	3.10	5.12.	64.0	13.2.	7.6.	115.0	179.0
GISS		2.10.	1.1.	92.0	28.1.	4.6.	128.0	220.0
GFD3		2.10.	13.12.	73.0	16.2.	3.6.	109.0	182.0
dT1		5.10.	5.12.	62.0	25.2.	13.6.	109.0	171.0
dT2		3.10.	12.1.	102.0	19.1.	1.6.	134.0	236.0

Hnojenie na úrovni 180 kg N.ha⁻¹ v lokalite Nitra prináša zvýšenú biomasu maximálne o 4 % v časovom horizonte 2075 a o 2 % v časovom horizonte rokov 2030 a 2010. V lokalite Hurbanovo je efekt zo zvýšenej dávky hnojenia výraznejší a môže spôsobiť zväčšenie biomasy do 12 %.

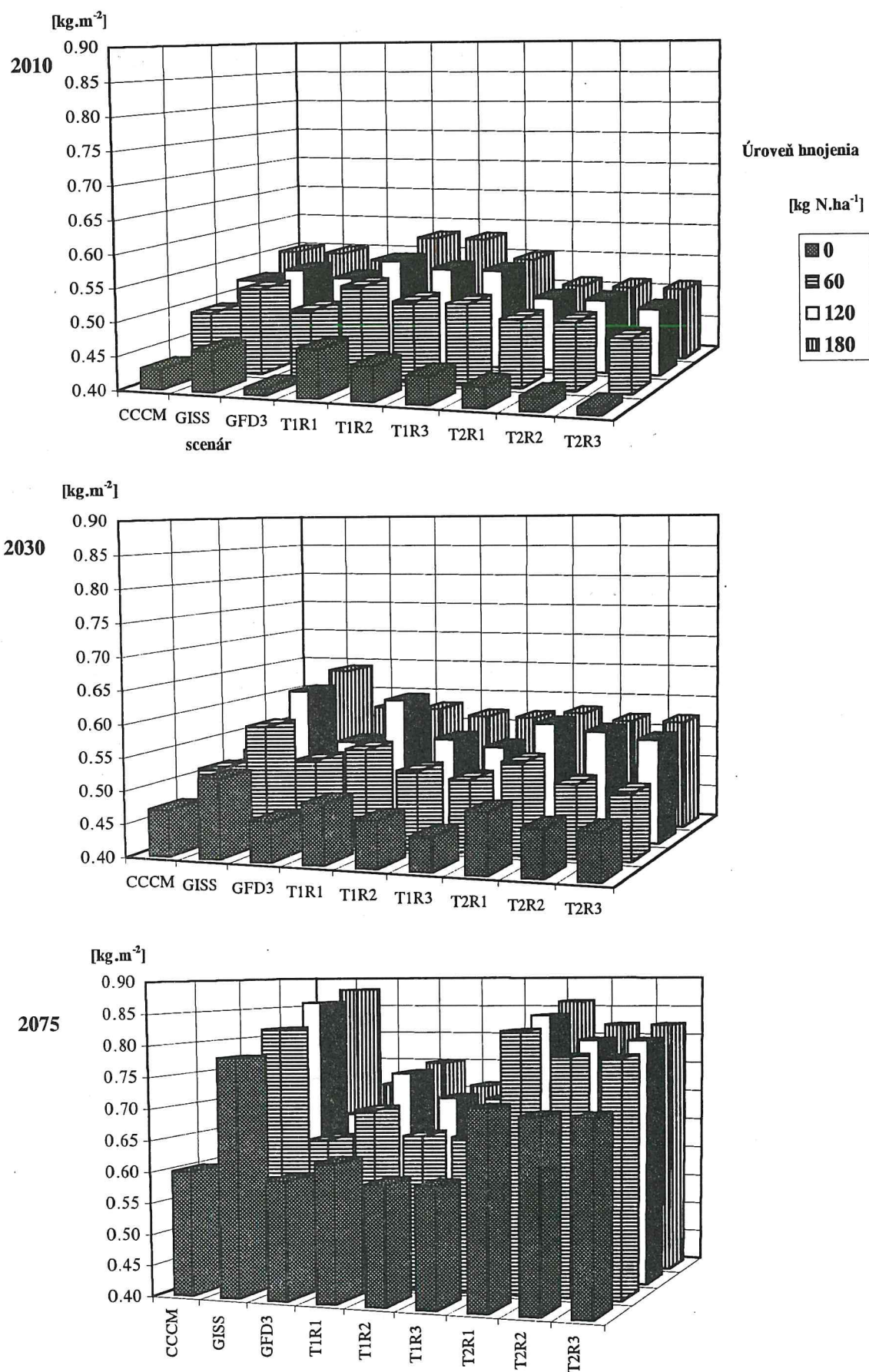
Maximálne úrody biomasy pri niektorých scenároch klimatickej zmeny na obidvoch lokalitách presahovali pre úroveň hnojenia 180 kg N.ha⁻¹ a časový horizont roku 2075 výšku 2 kg.m⁻².

Vysoké úrody biomasy nepodmieňujú automaticky aj vysoké úrody hospodárske, nakoľko presun asimilátov do zrna z ostatných častí rastliny môže byť nepriaznivými klimatickými podmienkami výrazne ovplyvnený (obr. 4).

Predpokladané úrody ozimnej pšenice k časovému horizontu roku 2010 sa líšia v porovnaní s priemerom obdobia 1951-1980 len málo a podľa jednotlivých scenárov kolísanie nepredstavuje väčšiu odchýlku ako 10 %.

Výraznejší nárast hospodárskych úrod možno očakávať až k časovému horizontu roku 2075, kedy ich úroveň dosiahne (podľa niektorých scenárov i presiahne) 0,8 kg.m⁻² v priemere pre varianty s aplikáciou dusí-

Obr. 4 Hospodárske úrody ozimnej pšenice podľa jednotlivých scenárov klimatickej zmeny k časovému horizontom do roku 2075 (Hurbanovo)



ka. Vyššie úrody boli zistené pre teplejšiu lokalitu Hurbanovo, čo pravdepodobne súvisí s lepšími podmienkami dozrievania ozimnej pšenice k tomuto časovému horizontu.

Za predpokladu, že rozptyl úrod vplyvom premenlivosti klimatických faktorov by bol podobný ako v referenčnom období 1951-1980, reálne hospodárske úrody by v časovom horizonte roku 2010 boli prakticky na rovnakej úrovni ako v súčasnosti, v časovom horizonte roku 2030 budú kolísať v rozpätí od 0,52 do 0,78 kg.m⁻² a v časovom horizonte roku 2075 v rozpätí od 0,6 do 0,96 kg.m⁻². V závislosti od použitého klimatického scenára je možné očakávať vo výške úrod ešte ďalší asi 10 % rozptyl. Maximálne percentuálne nárasty úrod boli zistené k časovým horizontom rokov 2030 a 2075 na základe simulácií so scenármi klimatickej zmeny GISS (v časovom horizonte roku 2075 tiež s dT2 scenárom), nižšie úrovne hospodárskych úrod boli získané scenármi CCCM, GFD3 a dT1 (obr. 4).

ZÁVER

1. Keďže použité scenáre klimatickej zmeny predpokladajú v období od októbra po marec zvyšovanie priemernej teploty vzduchu a súčasne rast úhrnov zrážok, začiatok vegetačného obdobia (vzchádzanie) ozimnej pšenice sa bude s časom mierne urýchľovať a v podmienkach Podunajskej nížiny nastane v 1. dekáde októbra a koniec vegetačného obdobia (plná zrelosť) podľa výstupov DSSAT3 možno očakávať v časovom horizonte roku 2010 v tretej dekáde júna, v 2030 v druhej dekáde júna a v 2075 v prvej dekáde júna.
2. Vplyv koncentrácie CO₂ na zväčšenie biomasy je podstatne vyšší ako úbytok slnečného žiarenia, a tak sa potenciál úrod biomasy zväčšuje v časovom horizonte roku 2010 v priemere asi o 2 %, v 2030 asi o 10 % a v 2075 pri koncentrácii CO₂ 660 ppm až o viac ako 30 %.
3. Úhrny zrážok za vegetačné obdobie ozimnej pšenice by mali dosiahnuť úroveň výrazne prevyšujúcu 300 mm hranicu. Ak však zohľadníme aj zrážky kumulujúce sa v období vegetačného pokoja, ktoré porasty tiež využívajú, dostávame aj v Nitre aj v Hurbanove pokles úhrnov zrážok v časovom horizonte roku 2075 až o 15 %.
4. Očakáva sa vzostup úrod biomasy ozimnej pšenice k jednotlivým časovým horizontom, pričom tento trend závisí okrem časového horizontu v menšej miere aj od úrovne hnojenia a je spôsobený predovšetkým zvyšujúcou sa koncentráciou CO₂.
5. Za predpokladu, že rozptyl úrod vplyvom premenlivosti klimatických faktorov by bol podobný ako v referenčnom období 1951-1980, reálne hospodárske úrody v časovom horizonte roku 2010 budú prakticky na rovnakej úrovni ako v súčasnosti, v horizonte 2030 budú kolísať v rozpätí od 0,52 do 0,78 kg.m⁻² a v horizonte 2075 v rozpätí od 0,6 do 0,96 kg.m⁻². V závislosti od použitého klimatického scenára je možné očakávať vo výške úrod ešte ďalší asi 10 % rozptyl. Maximálne percentuálne zväčšenie úrod bolo zistené v horizontoch rokov 2030 a 2075 na základe simulácií so scenármi klimatickej zmeny GISS (v horizonte roku 2075 tiež s dT2 scenárom), nižšie úrovne hospodárskych úrod boli získané podľa scenárov CCCM, GFD3 a dT1.

LITERATÚRA

- IDSÓ, K.E. - IDSO, S.G.: Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years research. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69, 1994, 153 - 203.
- LAPIN, M. - NIEPLOVÁ, E. - FAŠKO, P.: Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku. Národný klimatický program SR, zv. 3. MŽP SR a SHMÚ, Bratislava 1995, s. 17-57.
- LONG, S.P. - DRAKE, B.G.: Effect of the long term elevation of CO₂ concentration in the field on the quantum yield of photosynthesis of the C₃ Sedge, *Scirpus olneyi*. *Plant Physiology*, 96, 1991, 221 - 226.
- ŠIŠKA, B., - MALIŠ, J., - ŠINKOVIČOVÁ, M.: Assumed Winter Wheat Yields as a Result of Climate Change Impacts. Country Study Program of SR, Element 2ii Nitra 1996.
- ŠPÁNIK, F., - REPA, Š. - MALIŠ, J.: Climate Change Impacts on Plant Production. Country Study Program of SR, Element 2ii, Nitra 1996.
- ŠPÁNIK, F. - TOMLAIN, J.: Potenciálne úrody základných poľných plodín podľa príkonu fotosynteticky aktívnej radiácie na území SSR. Štúdiá SBkS SAV II, 1987, 2 Bratislava, 70.
- TOMLAIN, J. - ŠPÁNIK, F.: Potenciálne úrody biomasy v hlavnom vegetačnom období na území SSR podľa príkonu radiačnej energie. In: Súčasný stav a úlohy fyto-klimatológie v 7. SRP, SBkS SAV, Bratislava 1986.
- TSUJI, G.I. - UEHARA, G. - BALAS, S.: DSSAT V. 3. University of Hawaii, Honolulu, 1994, vol 1 - 3.
- U.S. COUNTRY STUDIES PROGRAM. Guidance for Vulnerability and Adaptation Assessments. U.S. Country Studies Management Team (PO-63), Washington, D.C., Oct. 1994, 518 s.
- WOODWARD, F.I. - THOMPSON, G.B. - MCKEE, I.F.: The effect of elevated concentrations of carbon dioxide on individual plants, population communities and ecosystems. *Annals of Botany*, 61 (Supl.), 23 - 38.

Redakčná rada

Predseda:

Ing. Lubomír Žiak, MŽP SR

Členovia:

RNDr. Milan Lapin, CSc., SHMÚ

RNDr. Oľga Majerčáková, CSc., SHMÚ

Mgr. Ľubica Prokopová, SHMÚ

Doc. RNDr. Dušan Závodský, CSc., SHMÚ

NÁRODNÝ KLIMATICKÝ PROGRAM SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Zväzok 7

Vydáva:

Ministerstvo životného prostredia SR, Nám. L. Štúra 1, 812 35 Bratislava
Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Odborný redaktor: RNDr. M. Lapin, CSc.

Rediguje: Mgr. Ľ. Prokopová

Tlač: GRAPHIC, tel. 07/ 377 337 v roku 1997

Účelová publikácia, 92 s., 33 tab., 86 obr., náklad 400 výtlačkov

ISBN 80 - 88907- 02 - 0

