

# ZMENY PODNEBIA, EXTRÉMY POČASIA A PÔDOHOSPODÁRSTVO AGRICULTURE AND FORESTRY AS INFLUENCED BY CLIMATE CHANGE AND WEATHER EXTREMES

Bernard Šiška<sup>1</sup> – Jozef Mindáš<sup>2</sup> – Jaroaslav Škvarenina<sup>3</sup> – Jozef Takáč<sup>4</sup>

<sup>1</sup>SPU Nitra, <sup>2</sup>VÚLH Zvolen, <sup>3</sup>TU Zvolen, <sup>4</sup>Hydromeliorácie š.p. Bratislava

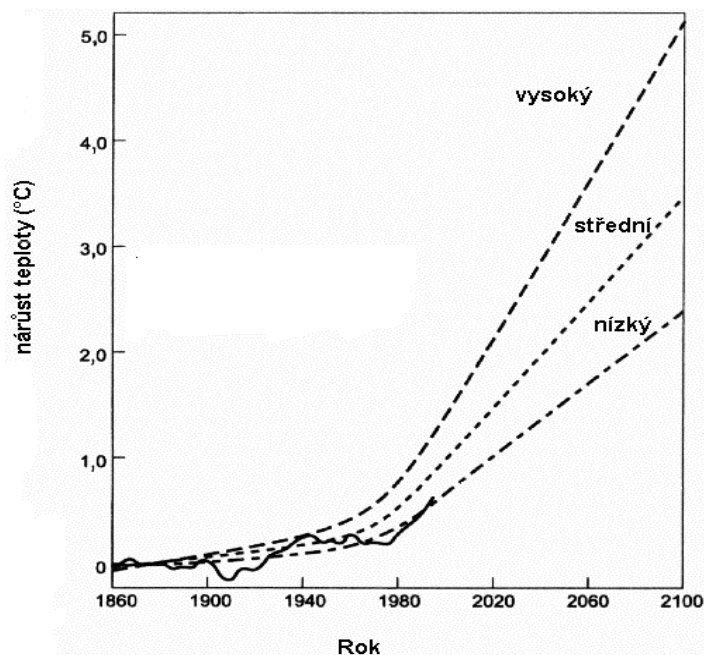
The aim of this study is to present climate change impacts on yield of some field crops and productivity of ecosystems especially from the point of view of changes in radiation, temperature and water regimes as well as phenological relations and productive potential up to year 2075, when doubled concentration of CO<sub>2</sub> is supposed. On the base of variability of present climate as well as climate change effects defined by General Circulation Models (GCM) CCCM and GISS Growth models next conclusion can be done in sectors Forestry and Agriculture.

Supposed impacts in sector agriculture and forestry are base for proposing of adaptive measures to reduce negative effects of climate change

**Key words:** agriculture, forestry, GCM, GISS, CCCM, ecosystems, Slovakia

Najvýznamnejším problémom súčasnej environmentalistiky je globálne otepľovanie Zeme vyvolané antropogénnou emisiou skleníkových plynov.

Zvyšovanie koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére vedie k zosilňovaniu skleníkového efektu a tým k narušovaniu rovnovážneho stavu energetickej bilancie, t.j. k otepľovaniu. Za posledných 100 rokov sa priemerná ročná teplota vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry Zeme zvýšila o 0,3 až 0,6 °C, v Európe o 0,8 °C a na Slovensku o 0,9 až 1,1 °C. Zmena teploty ovplyvňuje aj ďalšie charakteristiky atmosférického prostredia, hlavne atmosférické zrážky, slnečné žiarenie, evapotranspirácia, vlhkosť pôdy a iné.



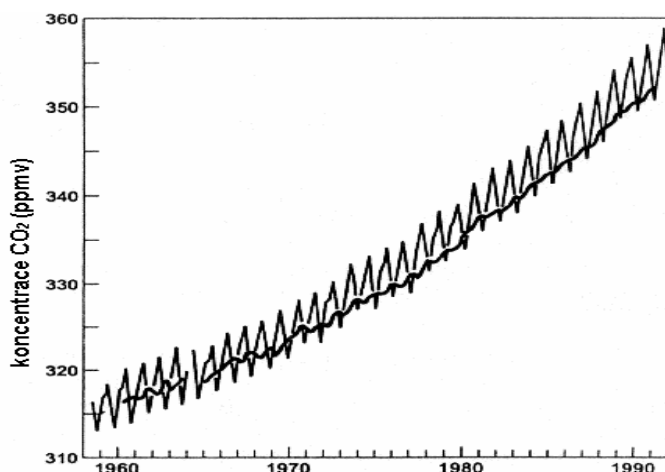
Obr. 1. Priemerná zmena globálnej teploty podľa scenáru IS92a (business as usual)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) v kooperácii s WEC (World Energy Council) vytvorili niekoľko scenárov budúceho rastu koncentrácie radiačne aktívnych (skleníkových) plynov. Jeden z najčastejšie používaných - scénár IS92a (business as usual, obr. 1), predpokladá ako základnú podmienku, že emisie budú rásť tempom 0.5 % ročne. Za tohto predpokladu možno očakávať nárast teploty v 21. storočí v priemere o 2.5 °C (lokálne 1.5-5.8 °C, IPCC 2001) čo znamená 0.25 °C za dekádu (HOUGHTON, 1998).

Najvýznamnejším skleníkovým plynom v atmosfére je vodná para, ktorá spôsobuje asi dve tretiny celkového skleníkového efektu. Jej obsah v atmosfére nie je priamo ovplyvňovaný ľudskou činnosťou, v zásade je determinovaný prirodzeným kolobehom vody, veľmi zjednodušene povedané, rozdielom medzi výparom a zrážkami. Nasleduje oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) s takmer 30 % príspevkom k skleníkovému efektu, metán (CH<sub>4</sub>), oxid dusný (N<sub>2</sub>O) a ozón (O<sub>3</sub>) spolu prispievajú 3 %. Chlórofluórokarbóny (CFC) – skupina umelých látok, ich substituenty HCFC a HFC, a ďalšie ako fluorizované uhl'ovodíky (PFC), sú tiež skleníkové plyny. Ďalšie atmosférické plyny ako oxid uhoľnatý (CO), oxid dusíka (NO<sub>x</sub>) a nemetánové prchavé organické uhl'ovodíky (NMVOC) nie sú skleníkovými plynmi, ale prispievajú nepriamo k skleníkovému efektu atmosféry. Spoločne sú evidované ako prekurzory ozónu, pretože ovplyvňujú vznik a rozpad ozónu v atmosfére. Aerosóly a oxid siričitý (SO<sub>2</sub> – prekurzor síranov), prispievajú negatívne k skleníkovému efektu (*U.S. Country Studies Program 1997*).

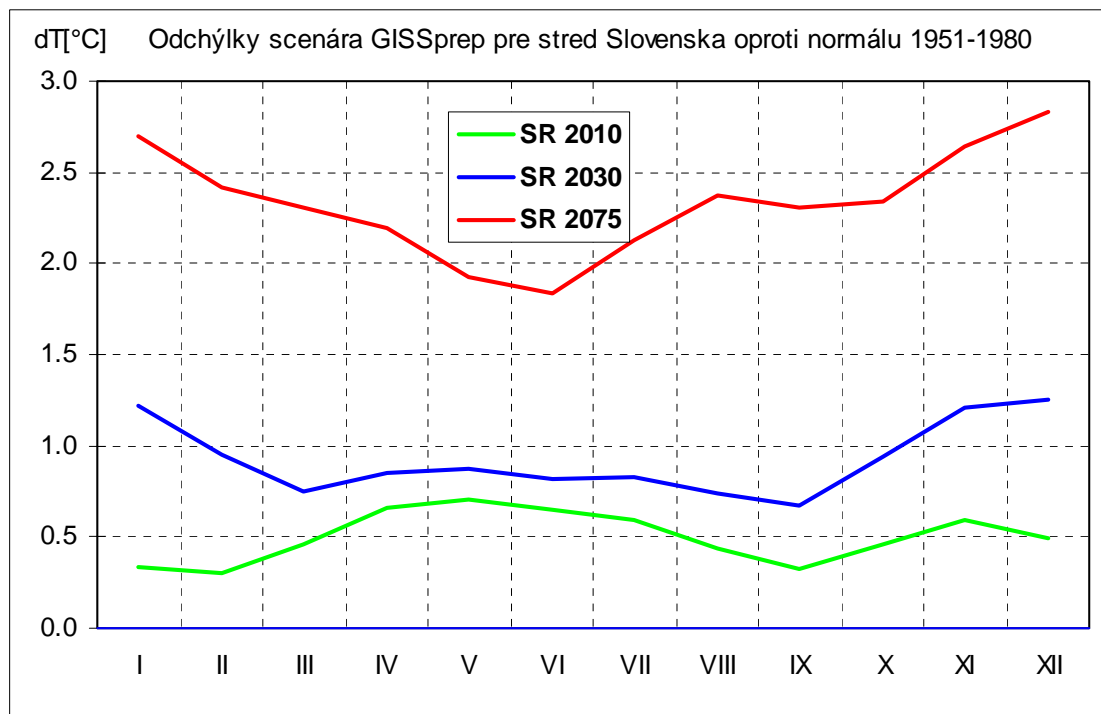
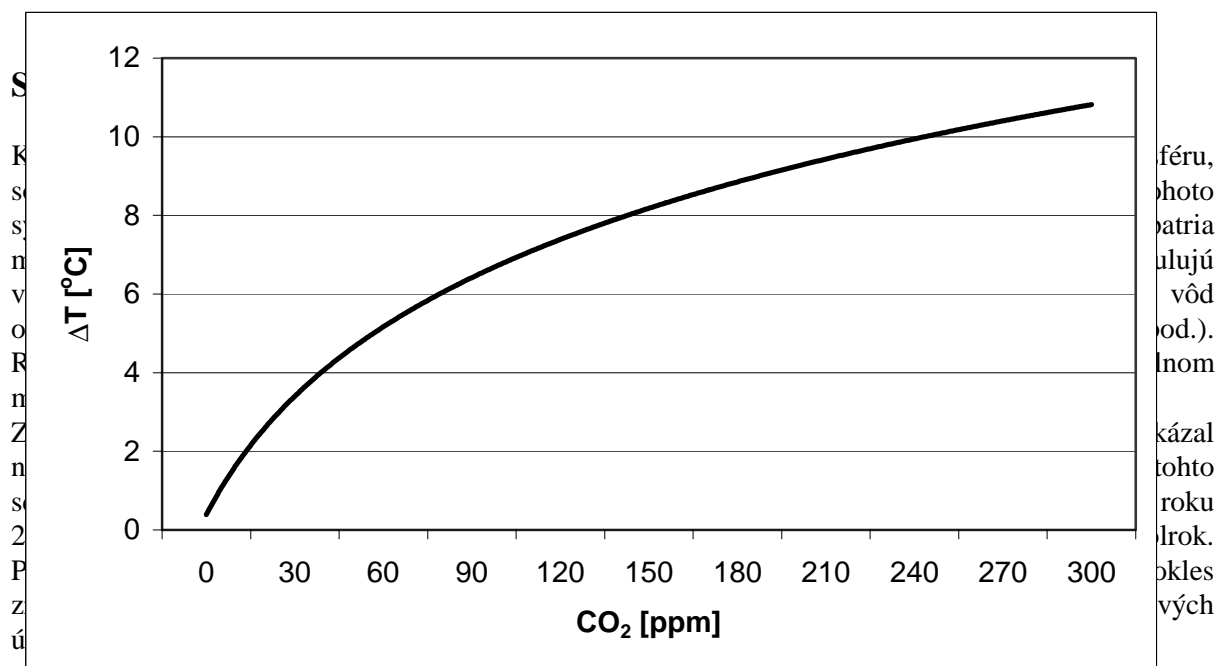
Najdôležitejším radiačne aktívnym plynom, ktorý vykazuje nárast koncentrácie v posledných rokoch je CO<sub>2</sub>. Podiel Slovenska na globálnej antropogénnej emisii skleníkových plynov tvorí cca 0,2 %. Ročná emisia CO<sub>2</sub> pripadajúca na 1 obyvateľa (11 t/rok) zaraďuje Slovensko medzi 20 štátov na svete s najvyššími emisiami.

Od roku 1958 je koncentrácia CO<sub>2</sub> dokumentovaná v atmosfére na stanici Mauna Loa (KEELING et al., 1984). Nárast z predindustriálnej koncentrácie CO<sub>2</sub> (250 - 290 ppm) na koncentráciu 315 ppm v 1958 a 345 ppm v 1984 potvrdzuje ročný nárast 1.8 ppm, čo odpovedá 0.5 % rastu za rok (obr. 2). Zdvojnásobenie koncentrácie CO<sub>2</sub> sa predpokladá v roku 2075.

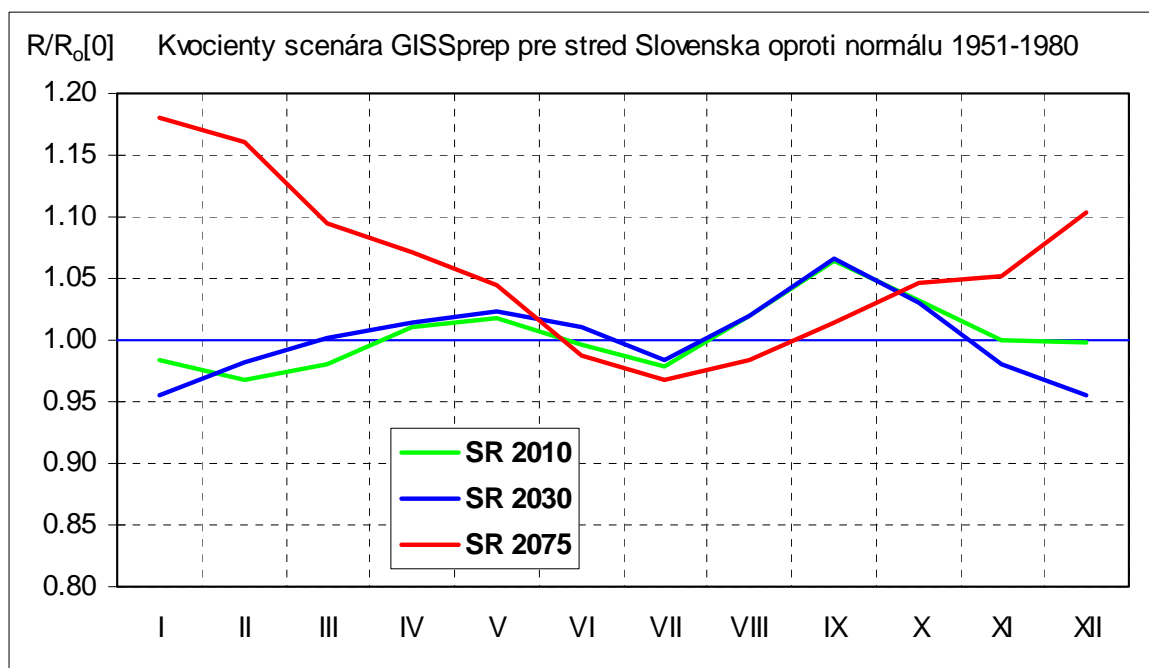


Obr. 2 Koncentrácia CO<sub>2</sub> od roku 1959 meraná na observatóriu Mauna Loa, Hawaii (vrátane výrazného ročného kolísania zapríčineného aktivitou vegetácie) a na južnom póle

Obr. 3 Závislosť priemernej teploty vzduchu od obsahu CO<sub>2</sub> v atmosfére (ŠPÁNIK, TOMLAIN, 1997)



Obr. 4: Scenáre zmien teploty vzduchu v 50-ročných časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 modifikované na stred Slovenska z výstupov prepojeného modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry GISS (USA) z roku 1999 (označujeme ako GISSprep)



Obr. 5: Scenáre (kvocienty) zmien úhrnov zrážok v 50-ročných časových horizontoch rokov 2010, 2030 a 2075 modifikované na stred Slovenska (lepšie pre územný priemer úhrnu zrážok na Slovensku) z výstupov prepojeného modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry GISS (USA) z roku 1999 (označujeme ako GISSprep)

### Reakcie rastlín za zvýšenú koncentráciu CO<sub>2</sub>

Experimentálne bolo dokázané, že na dvojnásobné zvýšenie koncentrácie CO<sub>2</sub> 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 v náraste fytohmoty.

V rámci impaktových štúdií zmien klímy na rastlinnú výrobu sa rozoznáva tzv. priamy, nepriamy a kombinovaný vplyv zvýšenej koncentrácie CO<sub>2</sub> na nárast biomasy poľných plodín. **Priamy** vplyv často označovaný ako CO<sub>2</sub>-fertilizačný efekt (DHAKHWA et al., 1997) sa vzťahuje k zvýšenej intenzite fotosyntézy a následne zvýšenej využiteľnosti vody rastlinou, za **nepriamy** vplyv sa považuje vplyv zmeny meteorologických prvkov vyvolaných skleníkovým efektom CO<sub>2</sub> – klimatickej zmeny (MEARNS et al., 1997). Spoločný vplyv zvýšenej koncentrácie CO<sub>2</sub> na fotosyntézu i zmeny chodu meteorologických prvkov je potom vplyvom **kombinovaným**.

Dáta uvedené v tab. 1. sú výsledkami experimentov uskutočnených pri koncentrácii 680 ppm CO<sub>2</sub> v porovnaní s kontrolou (300-350 ppm). Za dlhodobú zmenu sa považuje expozícia dlhšia ako 1 týždeň (YELLE et al. 1989, CURE, ACOCK 1986).

Tab. 1. Zmena využitia fotosynteticky aktívneho žiarenia poľnými plodinami pri dvojnásobnej koncentrácii CO<sub>2</sub>

Systém fixácie CO <sub>2</sub>	Plodina	Percentuálna zmena fotosyntetickej výťažnosti pri koncentrácii 2xCO <sub>2</sub>	
		Krátkodobo	Dlhodobo
C <sub>3</sub>	Jačmeň	+50	+14
	Bavlna	+60	+13
	Ryža	+42	+46
	Sója	+78	+42
	Pšenice	+41	+27
	Zemiaky	+30	+9
C <sub>4</sub>	Kukurica	+26	+4

### Prierezové stratégie a koncepcie vzťahujúce sa k rezortu pôdohospodárstva a majúce interakciu ku klimatickej zmene

#### *Stratégia, zásady a priority štátnej environmentálnej politiky*

Dokument určuje priority štátnej politiky v oblasti životného prostredia a formuluje dlhodobú, strednodobú a krátkodobú stratégiu. Krátkodobá stratégia explicitne zahrňuje vypracovanie národného programu znižovania emisií skleníkových plynov a jeho realizáciu v období 2000 - 2010.

- *Energetická koncepcia pre SR do roku 2005 (2010)*

Tento dokument definuje základné ciele a východiská energetickej politiky, analyzuje stav energetického hospodárstva a stanovuje stratégiu pre zabezpečenie národného hospodárstva palivami a energiou. Aktualizovaná verzia reaguje na vývoj ekonomiky SR a zmeny v energetickom hospodárstve v posledných rokoch.

- *Stratégia a koncepcia rozvoja lesníctva pre SR*

Základným strategickým cieľom rozvoja lesného hospodárstva je ochrana lesov, t. j. udržiavanie a postupné zvyšovanie plôch lesných porastov.

- *Program odpadového hospodárstva SR*

Cieľom programu hospodárenia s odpadmi je minimalizovať ekologické riziká (recyklácia, separovaný zber, spaľovne, riadené skládky odpadov).

- *Koncepcia a zásady pôdohospodárskej politiky*

Táto politika zahrňuje základné opatrenia vedúce k ekologizácii poľnohospodárskej výroby, vrátane racionálnej spotreby priemyselných hnojív.

- *Koncepcia agrárnej a potravinovej politiky SR do roku 2005<sup>1</sup>*

- *Harmonizácia environmentálnej politiky a legislatívy SR s Európskou úniou*

### Úlohy a opatrenia v oblasti poľnohospodárstva

Podľa správy „Globálny ekologický výhľad v rámci Programu OSN na ochranu životného prostredia“ sa uvádza, že podľa najhoršieho scenára vývoja životného prostredia na Zemi hrozí o 30 rokov

situácia pri ktorej vyše polovice ľudstva bude žiť v trvalom nedostatku vody. V Európe to bude až 45 % obyvateľov. Narušenie energetického a vodného režimu ovplyvní rôzne oblasti pôdohospodárstva:

a) Zmena teplotnej zabezpečenia

Regionálne scenáre podľa modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry umožňujú pre Slovensko do roka 2075 oproti priemerom z obdobia 1951-1980 predpokladať rast priemernej ročnej teploty o 2,0-4,0 °C, pritom väčší rast v zime (3,0-7,0 °C) a menší v lete (1,0-4,0 °C).

b) Zmeny vlhovej zabezpečenia

Dôsledkom zvyšovania teploty vzduchu sa v stredných zemepisných šírkach a predovšetkým v nižších nadmorských polohách predpokladá pokles zrážkových úhrnov. Vo vyšších nadmorských polohách sa vplyvom vysokého objemu vodnej pary predpokladá zvyšovanie zrážkovej činnosti, hlavne formou miestnych dažďov.

c) Zmena fenologických pomerov

Zvýšené teploty urýchľujú intenzitu fyziologických procesov rastu a vývinu rastlín, menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období.

Pre vegetačné obdobie ohraničené fyziologicky významnými teplotami všeobecne platí skorý nástup a posun ukončenia a tým aj ich predĺženie.

Pre hlavné vegetačné obdobie (ohraničené  $T \geq 10,0$  °C) sa predpokladá k roku 2075 predĺženie na južnom Slovensku o 43 dní, v severných poľnohospodársky využívaných častiach Slovenska až o 84 dní.

Názorný príklad zmien fenologických pomerov vyplýva z analýz kapusty hlávkovej bielej podľa odrôd s rôznou skorosťou dosiahnutia technickej zrelosti.

Pre skoré odrody sa predpokladá uskorenie začiatku vegetácie až o 31 dní, oneskorenie zberu neskorých odrôd cca o 16 dní a teda predĺženie celoročnej vegetačnej periódy o 47 dní.

d) Zmena charakteristík evapotranspirácie

K najdôležitejším charakteristikám patrí evapotranspiračný deficit vyjadrený rozdielom potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie ( $d_E = E_o - E$  v mm).

K roku 2075 sa predpokladá zvyšovanie  $d_E$  za veľké vegetačné obdobie ( $T \geq 5$  °C) na južnom Slovensku o 126 mm na severe Slovenska až o 7 násobok súčasného stavu.

e) Zmeny agroklimatického produkčného potenciálu

Potenciálnou úrodou plodiny sa chápe úroda odpovedajúca maximálnemu využitiu faktorov vonkajšieho prostredia, alebo úrod dosiahnutých pri maximálnej rýchlosti fotosyntézy. Z faktorov vonkajšieho prostredia k rozhodujúcim patrí príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia do biologickej sústavy. Podľa jeho časovopriestorových zmien sa menia aj potenciálne úrody plodín. Zmeny fotosynteticky aktívneho žiarenia priamo nadväzujú na predlžovanie veľkého vegetačného obdobia, prípadne hlavného vegetačného obdobia. Napr. podľa scenára CCCM sa v hlavnom vegetačnom období predpokladá zvýšenie produkčného potenciálu k časovému horizontu 2010 o 8 %, 2030 o 19 % a 2075 o 47 %.

f) Zmeny podmienok prezimovania

Zima je obdobie v ktorom na rastliny pôsobí komplex faktorov počasia. Agroklimatické analýzy ukázali, že podmienky prezimovania interakčne ovplyvňujú extrémne minimálne teploty, výška a trvanie snehovej pokrývky a hĺbka premrzania pôdy.

Pri analýze možných dôsledkov očakávanej zmeny klímy musíme mať na zreteli základné fyzikálne mechanizmy, ktoré môžu viesť k postupným zmenám zložiek rovnice vodnej bilancie. Sú to hlavne zmenšovanie zásob snehu, ktoré tvoria časť úhrnov zimných zrážok, skorší nástup kladných teplôt na jar, čo zapríčini intenzívnejšie topenie sa snehovej pokrývky a rastúci trend úhrnov evapotranspirácie v zimných mesiacoch. Podľa scenárov modelu 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 až k roku 2075. Kotlinové polohy stredného a severného Slovenska sa budú vyznačovať zápornými januárovými teplotami až k roku 2075. V polohách nad 800 m očakávame záporné mesačné teploty od decembra do februára aj k roku 2075.

g) Zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín

Teplota patrí k najdôležitejším faktorov prostredia ovplyvňujúcim biologické systémy patogénov a živočíšnych škodcov rastlín. Je regulátorom intenzity ich reprodukčných procesov a tým aj ich výskytu a stupňa škodlivosti. Pri vyšších teplotách v budúcnosti sa predpokladá vyšší výskyt hniloby jadrového ovocia spôsobený hubou *Monilia fructigena*, múčnatky viniča, múčnatky jablonovej, vyšší výskyt vírusových ochorení. Pre výskyt škodcov majú význam teplotné extrémny zimy. Nízke teploty v zime znižujú napr. výskyt vrtivky čerešňovej, ale aj iných škodcov. Vysoká vlhkosť vzduchu pôdy môžu opačne podporovať výskyt vošiek ako prenášačov šarky sliviek. Otepľovanie spôsobí zvýšenie vzchádzania semien a plodov z hlbších vrstiev pôdy, zvýši sa podiel teplomilných druhov burín, predpokladá sa zmena účinnosti herbicídov.

### **Adaptačné opatrenia smerujúce k zníženiu negatívnych účinkov klimatickej zmeny v oblasti poľnohospodárstva**

Opatrenia smerujúce na jednej strane k využitiu pozitívnych a na druhej strane k redukcii negatívnych účinkov klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo sú smerované hlavne na:

#### Prepracovanie technológií pestovania plodín

V súčasnej agronómii sa volá po návrate tzv. „trvalo udržateľného systému hospodárenia“, bez extrémov a pádov, systému s prirodzenou obnovou úrodnosti pôdy bez znehodnocovania životného prostredia. Zdôrazňuje sa znižovanie zásahov do pôdy a optimalizácia termínov uplatnenia jednotlivých operácií.

#### Prepracovanie agroklimatickej rajonizácie a štruktúry pestovaných druhov a odrôd

Cieľom je najúčinnnejšie využitie prirodzených zdrojov, hlavne radiačnej bilancie a vodného režimu. Bude potrebné rešpektovať tiež základné organizačné a ekonomické hľadiská.

#### Prepracovanie šľachtiteľských zámerov

Šľachtitelia a genetici musia vplyvom klimatickej zmeny plniť v predstihu mimoriadne aktuálne úlohy. Zameriavať sa musia na šľachtenie odrôd a hybridov produkčného typu s väčším dôrazom na adaptabilitu proti biotickým a abiotickým stresom. To umožní vyšľachteným odrodám menej citlivo reagovať na extrémny teplôt, sucha, či chorôb. Pri šľachtení treba uprednostniť znaky zvyšujúce príjem živín (koreňový systém), intenzitu a produktivitu fotosyntézy. Osobitná pozornosť sa musí venovať rajonizácii osív a sadív.

#### Ochrana plodín

V ochrane plodín sa treba orientovať predovšetkým na biologickú ochranu a prepracovanie integrovanej ochrany.

#### Regulácia vodného režimu melioráciami

Vybudované závlahové systémy, hlavne v južných častiach Slovenska, treba využívať najmä na produkciu zelenín a teplomilných ovocných druhov. Naliehavá je rekonštrukcia odvodňovacích systémov a ich údržba.

#### Nové pohľady vo výžive rastlín

Najvýznamnejší pozitívny účinok na tolerantnosť rastlín proti nedostatku vody má aplikovanie organických hnojív v kombinácii s priemyselnými hnojivami, najmä dusíkatými. Samotná výživa dusíkom vedie k zmenšovaniu obsahu humusu v pôde a tým k zhoršovaniu jej fyzikálnych i chemických vlastností.

#### Regulácia vodného a energetického režimu porastu mulčovaním

Hlavne v záhradníckej praxi sa ukázalo, že mulčovacie fólie, resp. mulčovacie netkané textílie sú vhodnými prostriedkami na zvyšovanie účinnosti vody dodanej do pôd. Zároveň môžu byť regulátorom energetického režimu porastu a tým zvýšenej biologickej aktivity pôdy.

### Nové pohľady v regulácii zaburinenosti

V regulácii rozširovania burín sa bude zdôrazňovať obmedzovanie herbicídov. To bude vyžadovať komplex opatrení pri ich potláčaní vychádzajúcich predovšetkým zo štruktúr porastov, striedania plodín v osevných postupoch, racionálneho spracovávanía pôdy, preventívnych opatrení k obmedzovaniu zdrojov zaburiňovania pôdy a pod.

- *Opatrenia smerujúce proti vodnej a veternej erózii. V rámci protieróznych opatrení:*
  - zvyšovať podiel krmovín na ornej pôde
  - zatravnovať plytké svahové pôdy a medziradia v sadoch, viniciach, chmelniciach a pod.
  - aktualizovať ochranné lesné pásy
  - v rámci znižovania erodovateľnosti vetrom upravovať štruktúru a súdržnosť pôdy atď.

### Osveta a informácie

Za nevyhnutné a účinné prostriedky sa považuje šírenie poznatkov o klimatickej zmene prostredníctvom seminárov, konferencií, rozhlasu, televízie, a pod.

Tab. 2

	1990	1995	1999	2005	2010	2030
Poľnohospodárska pôda	2 448	2 446	2 444	2 418	2 400	2 350
z toho: orná pôda	1 509	1 479	1 469	1 472	1 450	1 390
Chmelnice	2	1	1	0,4	0,5	0,6
Vinohrady	31	29	28	20,8	21	22
trvalé trávne plochy	808	840	848	760	750	740
ovocné sady	98	97	19	8,5	10	12
Počet obyvateľov (tis.)			5 406	5 421	5 402	

Tab. 3

	1990	1995	1999	2005	2010	2030
Obilniny	825	857	733,2	800	770	760
Strukoviny	45	50	29,7	38	34	33
Zemiaky	55	41	26,8	25	24,1	23
Cukrová repa	51	35	34,5	33	28	27
Olejníny	71	125	225,9	190	160	150
Krmoviny	443	348	325,8	243	240	240

Okruh problémov, ktoré považujeme za potrebné v oblasti rastlinnej výroby riešiť z hľadiska predpokladanej zmeny klímy:

- vplyv klimatickej zmeny na štruktúru rastlinnej výroby, jej produktivnosť a ekonomickú efektívnosť,
- možnosti eliminácie negatívneho vplyvu klimatickej zmeny prostredníctvom zmeny zastúpenia plodín, a ich striedania ,
- systém obrábania pôdy dočasne vyradenej z obrábania a pestovateľského systému



alternatívnych plodín.

## Úlohy a opatrenia v oblasti lesníctva

Návrh rozpracovaných mitigačných a adaptačných opatrení v rezorte lesného hospodárstva vychádza z poznatkov získaných pri riešení Národného klimatického programu, Národného programu inventarizácie emisií skleníkových plynov, medzinárodného americko-slovenského projektu U. S. Country Studies, ako aj z výsledkov domácich vedecko-technických projektov a referenčných úloh, vzťahujúcich sa k tejto problematike. Boli tiež zohľadnené výsledky širšieho okruhu domácich aj zahraničných výskumných pracovníkov, publikované v odborných periodikách.

Cieľom mitigačných (zmiernovacích) opatrení je zníženie emisií skleníkových plynov v rezorte lesného hospodárstva, Celková bilancia skleníkových plynov v sektore lesného hospodárstva a využívania krajiny vyznieva pozitívne, nakoľko najmä vo vzťahu k emisii CO<sub>2</sub> dochádza k vyšším záchytným v biomase a pôde oproti emisiám s bilančným prebytkom na úrovni 1,7 až 4,2 Tg CO<sub>2</sub>. Rozhodujúcou mierou sa na tomto bilančnom prebytku podieľa záchyt oxidu uhličitého v biomase lesných drevín a v lesnej pôde. Emisie ostatných skleníkových plynov sú prakticky zanedbateľné. Na základe doterajších poznatkov a spracovaných výsledkov z Druhej a pripravovanej Tretej národnej správy SR o zmene klímy, uvádzame sumár odporúčaných opatrení na zmiernenie emisií skleníkových plynov v lesnom hospodárstve SR:

### *Zalesňovanie poľnohospodársky nevyužitelných nelesných pôd*

Cieľ - zvýšenie sekvestrácie uhlíka v biomase lesných drevín a v pôde. Predpokladaný účinok 42 Gg CO<sub>2</sub> pri zalesnení 40 tis. ha do r. 2015. Finančnú náročnosť odhadujeme na cca 50 - 70 tis. Sk/ha. Realizátorom opatrenia bude Lesnícka sekcia MP SR, LVÚ Zvolen, majitelia a užívatelia PPF. Realizáciu predpokladáme v rokoch 2000 – 2005.

- *Zvýšená ochrana LPF a PPF*

Cieľom opatrenia je zvýšenie sekvestrácie uhlíka v pôde. Predpokladaný účinok - pokles emisií o 142 Gg CO<sub>2</sub> pri zmiernení poklesu výmery ornej pôdy a lesnej pôdy o cca 63 tis. ha do r. 2015. Realizátorom opatrenia bude MP SR a orgány štátnej správy. Časový horizont: roky 2001 – 2015.

### *Zmena drevinového zloženia lesov SR*

Cieľom opatrenia je tiež zvýšenie sekvestrácie uhlíka v biomase lesných drevín (zvýšenie jednotkových zásob uhlíka) a zvýšenie adaptability lesov na klimatickú zmenu. Výsledkom bude pokles emisií o 900 Gg CO<sub>2</sub> pri zmene drevinového zloženia na cca 200 tis. ha (náhrada ihličnanov tvrdými listnáčmi) do r. 2015 – 2020. Finančná náročnosť: 30 - 50 tis. Sk/ha (pri umelom zalesňovaní). Realizátorom opatrenia bude lesnícka sekcia MP SR, Lesoprojekt a vlastníci a užívatelia LPF.

### *Zvýšenie energetického využívania biomasy lesných drevín*

Cieľom opatrenia je náhrada fosílnych palív na báze obnoviteľných energetických zdrojov (lesná biomasa). Časový horizont: r. 2001 – 2015.

Cieľom adaptačných opatrení je zmenšenie rizík negatívnych dôsledkov zmien klímy na lesy a lesné hospodárstvo. Hlavným zmyslom definovania a realizácie adaptačnej stratégie vo vzťahu k dôsledkom klimatickej zmeny v sektore lesného hospodárstva je minimalizovať riziko negatívnych dôsledkov týchto zmien. Lesníctvo spadá do oblasti tzv. najproblémovnejších sektorov vzhľadom na mimoriadne dlhú produkčnú dobu lesných porastov (cca 100 rokov). Ináč povedané, v súčasnosti zakladané resp. obnovované nové lesné porasty budú dorastať do produkčnej zrelosti v úplne iných klimatických podmienkach, ktoré tento proces môžu významne negatívne ovplyvniť. Hlavná disproporcija spočíva v tom, že súčasné lesné porasty budú v reálnom kontakte s očakávanou zmenou klímy v budúcnosti. Otázka teda stojí, či budeme ochotní znášať riziko nereagovania na dôsledky

týchto zmien v súčasnosti, alebo podstúpiť riziko realizácie adaptačných opatrení aj za cenu určitej neistoty efektívnosti prostriedkov, vložených do týchto opatrení. Predbežné analýzy ekonomickej efektívnosti adaptačných opatrení naznačujú, že ekonomické riziko dôsledkov klimatickej zmeny je príliš veľké na to, aby sme neprijímali aspoň čiastkové opatrenia.

Pre podmienky Slovenska bolo už vypracovaných niekoľko návrhov a alternatív adaptačných opatrení, ktoré by bolo potrebné realizovať v rôznych časových horizontoch. Môžeme ich rozdeliť do dvoch základných skupín, a to na opatrenia všeobecne platné a na opatrenia špecifické. Do prvej kategórie môžeme zahrnúť všetky opatrenia vo vzťahu k posilňovaniu biologickej a genetickej diverzity, prírode blízkeho obhospodarovaniu lesov a k princípom trvalo udržateľného rozvoja lesov. Do druhej kategórie môžeme zaradiť špecifické opatrenia, zamerané na jednotlivé aspekty dopadov klimatických zmien na lesy.

### **Adaptačné opatrenia smerujúce k zníženiu negatívnych účinkov klimatickej zmeny v oblasti lesníctva**

- *Zmenu drevinového zloženia lesov SR*

Opatrenie prinesie zvýšenie adaptácie lesných porastov na zmenu klímy. Výsledkom bude zníženie negatívnych dopadov klimatickej zmeny na funkčný potenciál lesov v SR a zvýšenie uhlíkových zásob v lesoch. Predpokladaná finančná náročnosť predstavuje cca 30 – 50 tis. Sk/ha. Realizácia opatrenia môže vychádzať z výsledkov riešenia referenčnej úlohy č. 14/1998 „Prehodnotenie cieľového zloženia lesných drevín s dôrazom na využívanie prirodzenej obnovy“. Realizátorom bude lesnícka sekcia MP SR, Lesoprojekt a Lesnícky výskumný ústav. Časový horizont r. 2001 – 2004.

- *Posilňovanie genetickej a druhej diverzity lesov v SR*

V tomto opatrení pôjde o zvyšovanie adaptability lesných ekosystémov na klimatickú zmenu. Zvýšenie biodiverzity prináša totiž zvýšenie adaptačného potenciálu lesných ekosystémov. Realizátorom bude štátna správa, organizácie lesného hospodárstva, Lesoprojekt, a majitelia a užívatelia LPF. Predpokladaný časový horizont: r. 2000 – 2015.

### **Úlohy a opatrenia v oblasti meliorácií a závlah**

V dôsledku klimatickej zmeny dochádza k zreteľnému poklesu obsahu vody v koreňovej zóne, čiže k poklesu obsahu vody, priamo zapojenej do produkčného cyklu. Ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie sa budú na celom území Slovenska naďalej zvyšovať. Postupne budú narastať aj ročné úhrny skutočnej evapotranspirácie, pričom sa bude na celom území zväčšovať aj deficit evapotranspirácie vo vegetačnom období, najviac na južnom Slovensku. Minimálne hodnoty relatívnej evapotranspirácie sa posunú z letných mesiacov do jarných mesiacov. Na základe výsledkov simulácií pre oblasť Podunajskej nížiny a Východoslovenskej nížiny sa očakáva zvýšenie celkovej závlahovej potreby. Možno očakávať skorší začiatok závlahovej sezóny, nárast závlahovej potreby v máji a zvýšenie závlahovej potreby v letných mesiacoch.

Vzhľadom na zvýšenú závlahovú potrebu bude nevyhnutné rekonštruovať a dobudovať závlahové systémy a bude nevyhnutné preveriť možnosť zabezpečenia primeraných zdrojov vody, resp. navrhnúť vhodnú zmenu spôsobu hospodárenia na pôde za predpokladu nedostatočných zdrojov na závlahu. Navrhované riešenie bude potrebné jednak v krátkom časovom horizonte, ale tiež aj ako riešenie dlhodobé s príslušným podrobnejším spracovaním podľa (podnikov) povodí Slovenska.

Dôležitou podmienkou stabilizácie rastlinnej produkcie je zabezpečenie optimálneho vodného režimu pôd. Hlavnými technickými a technologickými opatreniami na reguláciu vodného režimu pôd v našich podmienkach sú závlahy a odvodnenie. V SR bolo doteraz vybudovaných cca 360 000 ha závlah, z ktorých je v súčasnosti evidovaných cca 310 000 ha, čo predstavuje 21% ornej pôdy, resp.

13% poľnohospodárskej pôdy. Tieto závlahy boli v prevažnej miere budované ako veľkoplošné sústavy. Závlahová voda sa aplikuje hlavne postrekom (97%). Územia s vybudovanými závlahami sú významným potenciálom, schopným vytvoriť takú poľnohospodársku produkciu, ktorá by v značnej miere zaistovala potravinovú bezpečnosť štátu. V súvislosti so zvyšovaním periodicity a intenzity privalových dažďov dochádza však k zvýšenému eróznemu splachu pôdy, k zanášaniam tokov a kanálov, ktoré sú recipientami odvodňovacích zariadení, a tým k znižovaniu ich pôvodnej funkčnosti. Veľmi dôležitým technologickým aspektom sa javí postupná modernizácia jestvujúcich odvodňovacích systémov a ich prebudovanie na retardačné, resp. regulačné systémy, ktoré by zabezpečovali optimalizáciu vodného režimu pôd a obojstrannú reguláciu vody v pôde (zavlažovanie a odvodňovanie).

Tab. 4: Kvantifikácia priemernej ročnej potreby závlahovej vody v SR podľa základného scenára Baseline Scenario (BS) a podľa scenárov klimatickej zmeny pre časové obdobie rokov 2010, 2030 a 2075

Scenár klimatickej zmeny	Potreba závlahovej vody					
	2010		2030		2075	
	Spolu m <sup>3</sup>	[mil m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ]	Spolu m <sup>3</sup>	[mil m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ]	spolu m <sup>3</sup>	[mil m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ]
<b>BS</b>	271	874	307	878	358	894
<b>CCCM</b>	302	974	414	1035	540	1080
<b>GISS</b>	261	841	283	807	317	791
<b>GFD3</b>	271	874	352	926	446	992

Tab. 5: Kvantifikácia potreby budovania závlah [tis. ha] v SR podľa základného scenára Baseline Scenario (BS) a podľa scenárov klimatickej zmeny pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075

Scenár klimatickej zmeny	Plocha závlah [tis. ha]			Potreba budovania nových závlah (2075)	
	2010	2030	2075	spolu [tis. ha]	% súčas. stavu
<b>BS</b>	310	350	400	90	29.0
<b>CCCM</b>	310	400	500	190	61.3
<b>GISS</b>	310	350	400	90	29.0
<b>GFD3</b>	310	380	450	140	45.2

Kvantifikácia priemernej ročnej potreby závlahovej vody v SR podľa základného scenára (BS – Baseline Scenario - bez klimatickej zmeny) a podľa jednotlivých scenárov klimatickej zmeny pre vybrané časové horizonty je uvedená v tab. 4 a 5. Takouto kvantifikáciou bola zohľadnená aj zmena

štruktúry rastlinnej výroby v závlahových podmienkach a nárast podielu produkcie na zavlažovaných plochách.

## **ZÁVER**

V dôsledku antropogénnej činnosti neustále narastá koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére. Nárast ich koncentrácie v atmosfére vedie k zvyšovaniu globálnej teploty Zeme. V roku 1992 bol na konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji v Rio de Janeiro prijatý základný medzinárodný dokument na ochranu globálnej klímy - *Rámcový dohovor o klimatickej zmene* (FCCC), ktorého všetky záväzky prijala aj SR. Tento dokument bol vyvrcholením medzinárodných aktivít v oblasti globálnych environmentálnych problémov. Cieľom Rámcového dohovoru o klimatickej zmene je dosiahnuť stabilizáciu koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére tak, aby neboli vyvolané nebezpečné antropogénne interferencie s klimatickým systémom a aby bola umožnená prirodzená adaptácia ekosystémov a nebola ohrozená produkcia potravín pri pokračovaní ekonomického rozvoja trvalo udržateľným spôsobom. V Slovenskej republike Rámcový dohovor o klimatickej zmene bol ratifikovaný uznesením NR SR č. 555 z 18. augusta 1994 (spis č. 1694/1994) a vstúpil do platnosti 23. 9. 1994. Slovenská republika akceptovala všetky záväzky Rámcového dohovoru o klimatickej zmene vrátane zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2000 na úroveň roku 1990 a súčasne si ako vnútorný cieľ stanovila "Torontský cieľ", čo predstavuje zníženie emisií CO<sub>2</sub> o 20% do roku 2005 v porovnaní z rokom 1988. Prvá národná správa o zmene klímy bola schválená vládou SR 23. 5. 1995. Druhá národná správa o zmene klímy bola schválená 24. 6. 1997. Tretia národná správa o zmene klímy bola schválená. Na 3. konferencii strán Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy Slovenská republika prezentovala možnosť SR znížiť emisie skleníkových plynov maximálne o 7.5% v roku 2005 oproti roku 1990 alebo maximálne o 10% v roku 2010 oproti roku 1990.

V Slovenskej republike sa od roku 1993 riešil Národný klimatický program SR (NKP SR) a Národný program redukcie emisie skleníkových plynov do atmosféry (NPRES) prostredníctvom projektov financovaných zo Štátneho fondu životného prostredia SR. Národný klimatický program (NKP) SR vznikol ako súčasť Národného klimatického programu ČSFR k 1.1.1991, ciele NKP SR sú v súlade s cieľmi FCCC. V roku 1994 sa na NKP SR napojil územných štúdií Country Study Program koordinovaný americkou agentúrou pre životné prostredie (US EPA), ktorý bol prvým systematickým pokusom formulovať odpoveď na možnú zmenu klímy v Slovenskej republike a v rámci ktorého boli odhadnuté aj dôsledky klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo. Územná štúdia Slovenska bola koordinovaná Slovenským hydrometeorologickým ústavom v Bratislave v úzkej spolupráci s Ministerstvom životného prostredia SR. Projekt bol ukončený v roku 1997. Výsledky projektu boli použité pri príprave Prvej, Druhej a Tretej národnej správy o zmene klímy.

Poradové číslo	Rok										Spolu
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
1	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	45,000
2	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	60,000
3	800	800	800	800	800						4,000
4	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900						9,500
5		1,500	1,500	1,500	1,500						6,000
6		1,700	1,700	1,700	1,700						6,800
7		1,100	1,100	1,100	1,100						4,400
8		1,800	1,800	1,800	1,800						7,200
9		2,200	2,200	2,200	2,200						8,800
10	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	18,000
11	19,400	19,400	19,400	19,400	19,400						97,000
12	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800						54,000
13	500	500	500								1,500
14	500	500									1,000
15	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	5,000
16	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000						20,000
17	2,500	2,500									5,000
18	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600						18,000
19		7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	63,000
20		13,500	6,900	6,900	6,900	6,900	6,900				48,000
21		10,000	8,000	8,000	8,000						34,000
22		11,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000				31,000
23	10,200	10,200	10,200	10,200	10,200						51,000
24		7,000	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,200	8,200	73,800
25	200	200	200								600
<b>Spolu</b>	<b>67,200</b>	<b>124,000</b>	<b>106,800</b>	<b>106,100</b>	<b>106,100</b>	<b>39,100</b>	<b>39,100</b>	<b>28,200</b>	<b>28,000</b>	<b>28,000</b>	<b>672,600</b>

Tab. 6: Prehľad finančných prostriedkov (tis. Sk), určených na riešenie projektov, súvisiacich s elimináciou dôsledkov klimatickej zmeny v rezorte pôdohospodárstva

Napriek tomu, že zatiaľ nie sú k dispozícii, také údaje o vývoji slovenského poľnohospodárstva, ktoré by kvantifikovali zmeny v jeho produkcii a nákladoch, súvisiace s globálnou klimatickou zmenou, predpokladáme však, že táto zmena bude postupne ovplyvňovať aj slovenské poľnohospodárstvo a naň nadväzujúce odvetvia.

V poslednej dekáde prebiehajúceho storočia evidujeme na Slovensku významné zmeny počasia (vybočujúce z dlhodobjších štandardov), ktoré sa prejavili výraznými nadpriemernými a podpriemernými atmosferickými zrážkami v jednotlivých rokoch a zásadne ovplyvnili hospodárske výsledky rastlinnej výroby s priemetom do živočíšnej výroby. Ekonomické dôsledky týchto vplyvov v období rokov 1992 – 1998 predstavujú celkové škody v slovenskom poľnohospodárstve v hodnotovom objeme cca 17,8 mld. Sk. V prebiehajúcom roku 2000 sa škody, ktoré zatiaľ zapríčinil nedostatok atmosferických zrážok, odhadujú v poľnohospodárstve na cca 12 mld. Sk. V lesnom hospodárstve len straty pri zalesňovaní predstavujú 400 mil. Sk.

Potreba investícií v technologickom procese pre inováciu systémov chovu, pre ustajnenie zvierat, na dokompletizovanie skladovacích kapacít a aplikácie maštalného hnoja a hnojovice sa predpokladá zhruba vo výške 30 mld. Sk.

Z uvedeného je zrejmé, že sledovanie globálnej klimatickej zmeny, tvorba a realizácia opatrení, ktoré využijú priaznivé faktory tejto zmeny a eliminujú alebo aspoň zmiernia jej negatíva, je významná úloha aj v podmienkach slovenského poľnohospodárstva. V prípade klimatickej zmeny a eliminácie jej dôsledkov ide totiž o globálny problém, riešením ktorého sa zaoberajú odborníci z celého sveta. Ide o problém prierezový, ktorý sa dotýka všetkých oblastí ľudského života. Je preto samozrejmé, že aj jeho riešenie si vyžaduje spoluprácu odborníkov z viacerých oblastí. Predložená správa, ktorá je predovšetkým určená zodpovedným pracovníkom rezortu pôdohospodárstva, poskytuje prehľad o problémoch klimatickej zmeny v sektore pôdohospodárstva. V prípade dôsledkov klimatickej zmeny na tento sektor okrem špecializovaných vodohospodárskych, poľnohospodárskych a lesníckych charakteristík hrajú veľmi významnú úlohu klimatologické

a meteorologické údaje a dáta. V súvislosti s tým považujeme za veľmi dôležitú spoluprácu s rezortom životného prostredia, v ktorého rezortnej príslušnosti je Slovenský hydrometeorologický ústav – na Slovensku takmer monopolný poskytovateľ relevantných klimatologických a meteorologických údajov. Na druhej strane aj rezort MŽP SR si musí byť vedomý zodpovednosti, ktorá z takéhoto postavenia vyplýva, a poskytovať dostatok kvalitných a preverených údajov a informácií, charakterizujúcich vývoj klímy na Slovensku, slúžiacich ako podklad v ďalších odborných prácach. V tab. 6 uvádzame prehľad finančných prostriedkov, potrebných na riešenie vedecko-výskumných projektov, súvisiacich s problematikou klimatickej zmeny v sektore pôdohospodárstva, ako ho poskytli predstavitelia jednotlivých inštitúcií, podieľajúcich sa na príprave tohto materiálu.

#### LITERATÚRA:

- Prvá národná správa o zmene klímy. Rámcový dohovor OSN o zmene klímy. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava 1995, 68 s.
- Druhá národná správa o zmene klímy. Rámcový dohovor OSN o zmene klímy. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava 1997, 74 s.
- Tretia národná správa o zmene klímy. Rámcový dohovor OSN o zmene klímy. Bratislava, 2001, 110 s.
- DHAKHWA, G. B., CAMPBELL, C. L., LEDUC, S. K., COOTER, E. J. Maize growth: assessing the effect of global warming and CO<sub>2</sub> fertilization with crop models. *Agric. For. Meteorol.*, 87, 1997 253-272.
- DIEPEN, C.A. VAN. An agrometeorological model to monitor the crop state on a regional scale in the European Community: Concept implementation and first operational outputs: In: *Proceedings of the Conf. on Application of Remote Sensing to Agricultural Statistics*. Belgirate, 1992, Italy, 269-277.
- DIEPEN, VAN. C.A., NEJEDLÍK, P. Simulating spring barley yields at regional level, XIII. mezinárodní vědecká bioklimatologická konference Košice, Bioklimatologie a životní prostředí, Slovenská bioklimatologická spoločnosť SAV, CD ROM, 2000, ISBN 80-88985-22-6.
- HOUGHTON, J.: *Global Warming: The Complete Briefing*. Academia, 1998. 228 p.
- KEELING, C.D., BACASTOW, R.B., CARTER, A.F., PIPER, S.C., WHORF, T.P., HEIMANN, M., MOOK, W.G., ROELOFFZEN. H. A three-dimensional model of atmospheric CO<sub>2</sub> transport based on observed winds: 1. Analysis of observational data. In D.H. Peterson (ed.), *Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas*. Geophysical Monograph 1989, 55:165-235.
- Kyoto Protocol to the UNFCCC. Prijaté v Kyoto dňa 11. XII. 1997. Originálny text je v angličtine k dispozícii na adrese <http://www.unfccc.de/resource/docs/cop3/07a01.pdf>
- LAPIN, M., MELO, M., (1999). Climatic Changes and Climate Change Scenarios in Slovakia. *Meteorol. časopis*, 2, No. 4, 5-15.
- LONG, S.P. - DRAKE, B.G.: Effect of the long term elevation of CO<sub>2</sub> concentration in the field on the quantum yield of photosynthesis of the C<sub>3</sub> Sedge, *Scirpus olneyi*. *Plant Physiology*, 96, 1991, 221 - 226.
- MAREČKOVÁ, K., LAPIN, M., MINÁRIK, B., MOJÍK, I., ZÁVADSKÝ, I., ZÁVODSKÝ, D., ZUZULA, I. (1997): Územná štúdia Slovenska, Záverečná správa, U.S. Country Studies Program, Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava 1997, 108 s. (slovenská a anglická verzia)
- ŠISKA, B.: Predpokladané zmeny úrod ozimnej pšenice ako dopad klimatickej zmeny na Slovensku . Predbežná správa CS, 1996, 1 - 20.
- ŠPÁNIK, F. - TOMLAIN, J.: Potenciálne úrody základných poľných plodín podľa príkonu fotosynteticky aktívnej radiácie na území SSR. 'Stúdia SBkS SAV II, 1987, 2 Bratislava, 70.

- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Originálny text je v angličtine, k dispozícii na adres <http://www.unfccc.de/>
- 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.), 1991, 23 - 38.

Kontaktná adresa:

doc. RNDr. Bernard Šiška, PhD.

Katedra biometeorológie a hydrológie Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity , Mariánska 10,

949 01 Nitra, tel. 037/6516 527