

**TEPLOTA VZDUCHU, ATMOSFÉRICKÉ ZRÁŽKY A MERNÁ VLHKOSŤ VZDUCHU  
V HURBANOVE PODĽA PÔVODNÝCH EMISNÝCH SCENÁROV „IS92a“ A NOVÝCH  
EMISNÝCH SCENÁROV „A2-SRES“ A „B2-SRES“**

**AIR TEMPERATURE, PRECIPITATION AND SPECIFIC HUMIDITY AT HURBANOVO  
ACCORDING TO PREVIOUS “IS92a” EMISSION SCENARIO AND NEW „A2-SRES“ AND  
„B2-SRES“ EMISSION SCENARIOS**

**Melo Marián**

**Oddelenie meteorológie a klimatológie KAFZM FMFI Univerzity Komenského Bratislava**

**Abstract**

The IPCC provides new different SRES emission scenarios (IPCC 2001). For the Third Assessment Report, the IPCC facilitated the conversion of two of these emission scenarios (A2 and B2) into concentration scenarios for use in climate simulations. The main aim of this contribution is to compare temperature, precipitation and specific humidity scenarios for Hurbanovo in the 21<sup>st</sup> century on the base of CCCM 2000 Canadian climate model outputs according to previous IS92a emission scenario and new A2-SRES and B2-SRES emission scenarios. New recommended IPCC emission scenarios result is in slightly lower values of greenhouse warming for Hurbanovo by the end of the 21<sup>st</sup> century in comparison to previous emission scenario. The A2-SRES outputs differ only slightly from the IS92a ones, but the B2-SRES scenario produces a more moderate warming compared to the IS92a and A2-SRES ones. In case of summer precipitation totals according to A2-SRES results a significant change (considerable decrease) is indicated for Hurbanovo by the end of the 21<sup>st</sup> century.

**Key words:** emission scenarios, climate change, climate model

**Úvod**

Rast koncentrácie radiačne aktívnych (skleníkových; GHGs) plynov v atmosfére predstavuje pre ľudstvo závažný problém, ktorý môže zapríčiniť zmenu klímy na Zemi. Medzivládny panel pre klimatickú zmenu (IPCC) od roku 1988 zhromažďuje, analyzuje a publikuje všetky dostupné informácie o klimatickej zmene. Doteraz vydal 3 rozsiahle súbory správ a celý rad ďalších publikácií. Prvú správu IPCC o klimatickej zmene vydal v roku 1990. Druhú správu IPCC o klimatickej zmene vydal v roku 1996 a Tretiu správu IPCC o klimatickej zmene vydal v roku 2001. Ďalšiu správu IPCC plánuje vydať v roku 2007. Aktuálnym záverom Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu sa v slovenskej odbornej literatúre venoval Lapin (2002). V najnovšej Tretej správe IPCC o klimatickej zmene Medzivládny panel pre klimatickú zmenu aktualizoval doteraz používané emisné scenáre (IPCC, 2001).

Nové emisné scenáre boli označené ako SRES a nahradili tak doteraz používané emisné scenáre IS92. Na Slovensku sme doteraz pri vypracovávaní scenárov klimatickej zmeny pre jednotlivé klimatické prvky vychádzali z pôvodných emisných scenárov IS92 (Lapin a kol. 2001, Melo 2001, Melo 2003, Melo a Lapin 2000), nový emisný scenár A2-SRES zatiaľ využili iba Damborská a kol. 2004. Jednotlivé svetové klimatické centrá prechádzajú v súčasnosti na nové odporúčané emisné scenáre SRES. Kanadské stredisko pre modelovanie a analýzu klímy vo Victorii vo svojom modeli CCCM 2000 pre denné hodnoty poskytuje pre užívateľov výstupy len pre najnovšie emisné scenáre A2-SRES a B2-SRES. Cieľom tohto príspevku je urobiť porovnanie výsledkov scenárov teploty vzduchu, atmosférických zrážok a mernej vlhkosti vzduchu pre Hurbanovo na základe klimatického modelu CCCM 2000 podľa pôvodného emisného scenára IS92a a podľa najnovších emisných scenárov A2-SRES a B2-SRES, pričom sa postupovalo vo všetkých prípadoch rovnakou metodikou.

### **Emisné scenáre**

Ďalší rast koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére závisí od opatrení, ktoré prijme ľudstvo na zníženie ich emisií do atmosféry. Emisné scenáre sú založené na širokom rozsahu budúcich predpokladov, dotýkajúcich sa ekonomických, demografických a politických faktorov. Poznáme niekoľko sérii emisných scenárov skleníkových plynov IPCC, ktoré sa doteraz vyvinuli. Pôvodná séria scenárov IPCC bola označená ako A, B, C, D. S touto sériou scenárov sa môžeme stretnúť v Prvej správe IPCC o klimatickej zmene (IPCC, 1990).

Tieto emisné scenáre boli v roku 1992 nahradené ďalšou sériou šiestich emisných scenárov skleníkových plynov IPCC, ktoré sú označené ako scenáre IS92 a prvý krát boli predstavené v Doplnku prvej správy IPCC o klimatickej zmene (IPCC, 1992) a neskôr využité aj v IPCC (1994). Tieto scenáre IS92 boli neskôr modifikované a využité pri vypracovaní Druhej správy IPCC o klimatickej zmene (IPCC, 1996). Emisné scenáre IS92 sú roziahnuté do roku 2100 a zahrňujú emisie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, halogénovaných uhlíkovodíkov, troposférického ozónu, síranových aerosólových častíc a aerosólov zo spaľovania biomasy. Emisný scenár IS92c, ktorý uvažuje s najnižšou emisiou CO<sub>2</sub>, predpokladá nízky populačný rast, nízky ekonomický rast a prísne obmedzenia na dostupné zdroje zásob fosílného paliva. Najvyšší emisný scenár IS92e predpokladá mierny populačný rast, vysoký ekonomický rast, vysokú spotrebu fosílnych palív a fázu s vylúčením jadrovej energie. Žiaden zo scenárov nepredpokladá stabilizáciu koncentrácie CO<sub>2</sub> pred rokom 2100, hoci scenár IS92c uvažuje s pomalým rastom tejto koncentrácie. Scenáre IS92 a, b, e, f predpokladajú so zdvojnásobením preindustriálnej koncentrácie pred rokom 2070 a s veľkou rýchlosťou rastu tejto koncentrácie.

V súčasnosti Medzivládny panel pre klimatickú zmenu aktualizoval doteraz používané emisné scenáre (IPCC, 2001). Najnovšie emisné scenáre, ktoré vypracovala IPCC sú označované ako emisné scenáre SRES a boli využité pri vypracovaní Tretej správy IPCC o klimatickej zmene (IPCC, 2001). Štruktúra

navrhnutého najnovšieho systému scenárov, označovaných ako SRES, má spolu 35 scenárov. Môžeme ich zdeliť do štyroch hlavných skupín scenárov (A1, A2, B1, B2). Skupine A1 zodpovedá veľmi rýchly ekonomický rast, počet obyvateľov na Zemi dosiahne maximum v polovici 21. storočia a potom začne klesať, predpokladá sa rýchle zavádzanie nových, účinnejších technológií, predpokladá sa tiež rast kultúrnych a sociálnych väzieb s podstatným znížením rozdielu medzi bohatými a chudobnými krajinami. Podľa technologických zmien v energetike ich rozdeľujeme do ďalších troch skupín, a to A1FI s intenzívnym využívaním fosílnych palív, A1T s energetikou založenou na iných ako fosílnych zdrojoch, A1B s energetickým systémom, kde nedominuje výrazne žiadny zdroj. Skupine A2 zodpovedá predstava veľmi heterogénneho sveta. Základnou myšlienkou je spoliehať sa sám na seba a zachovať miestnu identitu, dodržiavať miestne tradície. Počet obyvateľov kontinuálne rastie v 21. storočí, ekonomický vývoj je výrazne regionálne orientovaný, technologické zmeny a rast hrubého domáceho produktu sú pomalšie ako pri ostatných skupinách scenárov. Skupine B1 zodpovedá predstava konvergentného (stmelujúceho sa) sveta, s rovnakou populáciou ako v A1, rýchlym rozvojom informatiky, služieb, zavádzaním čistej a účinnej technológie, redukciou materiálnej náročnosti. Dôraz sa kladie na globálne riešenie ekonomických a sociálnych problémov, ochranu životného prostredia. Skupina B2 vychádza z predstavy sveta, v ktorom sa kladie dôraz na lokálne riešenie ekonomickej a sociálnej rovnováhy, environmentálnej udržateľnosti rozvoja. Populácia kontinuálne rastie v 21. storočí, avšak pomalšie ako v A2, ekonomický vývoj dosahuje strednú úroveň s menej rýchlou technologickou zmenou ako v B1 a A1. Pozornosť sa venuje aj ochrane prírodného prostredia a sociálnej spravodlivosti na miestnej a regionálnej úrovni (IPCC, 2001).

Podľa IPCC (2001) modely uhlíkového cyklu projektujú pre jednotlivé emisné scenáre SRES v roku 2100 stav koncentrácie CO<sub>2</sub> v atmosfére v rozmedzí od 540 do 970 ppmv, čo je hodnota vyššia o 90 až 250% v porovnaní so stavom 280 ppmv v roku 1750. V súčasnosti nejasný výsledok veľkosti spätnej väzby medzi biosférou a klímou môže tento rozsah zmeniť o -10 až +30% na celkové rozpätie 490 až 1260 ppmv (t.j. o 75 až 350% vyššia hodnota ako v roku 1750).

Vzhľadom na to, že žiadnemu scenáru nie je možné stanoviť pravdepodobnosť jeho realizácie, v Českej republike sa v rámci Národného klimatického programu ČR rozhodli, že na odhady dôsledkov zmeny klímy sa budú v ich krajine používať dva krajné scenáre: pesimistický SRES-A2 a z hľadiska vývoja emisií optimistický SRES-B1, teda metódu „otvorených nožníc“ (Kalvová a kol., 2001).

### **Materiál a metódy**

V príspevku využívame údaje z klimatického modelu CCCM 2000, ktorý sme získali z Kanadského strediska pre modelovanie a analýzu klímy vo Victorii a klimatické údaje zo stanice Hurbanovo, ktoré poskytol SHMÚ Bratislava. Model CCCM 2000 je prepojeným modelom 2. generácie (cgcm2)

a stredisko ho predstavilo spolu s krátkou charakteristikou na internete v roku 2000 a v literatúre o rok neskôr (Flato a Boer, 2001). Model CCCM 2000 je založený na predchádzajúcom prepojenom modeli 1. generácie (CCCM 1997), ale s niektorými vylepšeniami (napr. parametrizácia oceánskeho premiešavania, morská-ladocová dynamika). Atmosférická časť tohto modelu vychádza z modelu CCCM 1992, ktorý predstavili Boer et al. (1992); McFarlane et al. (1992). Oceánska časť modelu vychádza z modelu Geofyzikálneho laboratória dynamiky tekutín Princetonskej univerzity (New Jersey, USA) GFDL MOM1.1. Podrobnejší popis modelu CCCM 2000 sme na Slovensku uviedli v príspevku Lapin a kol. (2001), Melo (2003).

Pri modelovom výstupe CCCM 2000 máme k dispozícii údaje zo šiestich gridových bodov stredoeurópskej oblasti. Prvý gridový bod (A) sa nachádza v Slovinsku východne od Ljubljany (46,39° N; 15,00° E; 597 m n.m.), druhý (B) je v južnom Maďarsku (49,39° N; 18,75° E; 616 m n.m.), tretí (C) v rumunských Karpatoch (46,39° N; 22,50° E; 554 m n.m.), štvrtý (D) východne od Prahy (50,10° N; 15,00° E; 442 m n.m.), piaty (E) v Sliezske západne od Katovic (50,10° N; 18,75° E; 531 m n.m.) a šiesty (F) v juhovýchodnom Poľsku (50,10° N; 22,50° E, 566 m n.m.). Priemerná nadmorská výška šiestich uzlových bodov modelov CCCM v oblasti strednej Európy je 561 m. Ako je vidieť z nadmorských výšok jednotlivých bodov, modely majú veľmi zjednodušenú a zhladenú orografiu, nakoľko v stredoeurópskej oblasti poznajú len spoločné alpsko-karpatské pohorie bez Panónskej panvy. Hodnoty v jednotlivých uzlových bodoch teda vyjadrujú určitý priestorový klimatický priemer celej okolitej oblasti. Pri výbere klimatických charakteristík sa zameriavame na teplotu vzduchu, atmosférické zrážky a mernú vlhkosť vzduchu. Scenáre klimatickej zmeny pre jednotlivé klimatické prvky vychádzajú z emisných scenárov IS92a, A2-SRES a B2-SRES modelu CCCM 2000.

Klimatické scenáre vypracovávame pre obdobia 1971-1990 (tzv. kontrolné obdobie; CCCM toto obdobie považuje za obdobie so stavom 1xCO<sub>2</sub>), 2041-2060 (podľa CCCM obdobie so stavom 2xCO<sub>2</sub>) a 2081-2100 (koniec 21. storočia). V prípade mernej vlhkosti vzduchu je toto obdobie kvôli chýbajúcim modelovým údajom (výstupy pre A2-SRES a B2-SRES z modelu CCCM 2000) z konca 21. storočia skrátené na 2081-2097. Z vybraných šiestich uzlových bodov stredoeurópskej oblasti (v okolí Slovenska) z globálneho klimatického modelu sme interpoláciou získali jednu spoločnú hodnotu charakteristickú pre polohu Hurbanova. Jednotlivým uzlovým bodom sme prisúdili váhy podľa ich vzdialenosti od Hurbanova. Najväčšia váha je kladená na uzlový bod B a E. Výpočty sa urobili zvlášť pre kontrolné obdobie (1971-1990) a zvlášť pre obe vybrané obdobia 21. storočia (budúci časový horizont). Získali sme tak scenáre zmien jednotlivých prvkov po mesiacoch (prípadne dňoch) medzi obdobiami 2041-2060 (resp. 2081-2100) a 1971-1990. Ročný chod týchto zmien (rozdielov, resp. kvocientov) sme potom pre každý mesiac v roku (resp. každý deň v roku v prípade denných hodnôt) zhladili podľa vzťahu  $x_i = (x_{i-1} + 2x_i + x_{i+1}) / 4$ . Zachoval sa tým ročný chod a ročná suma odchýlok a odstránili

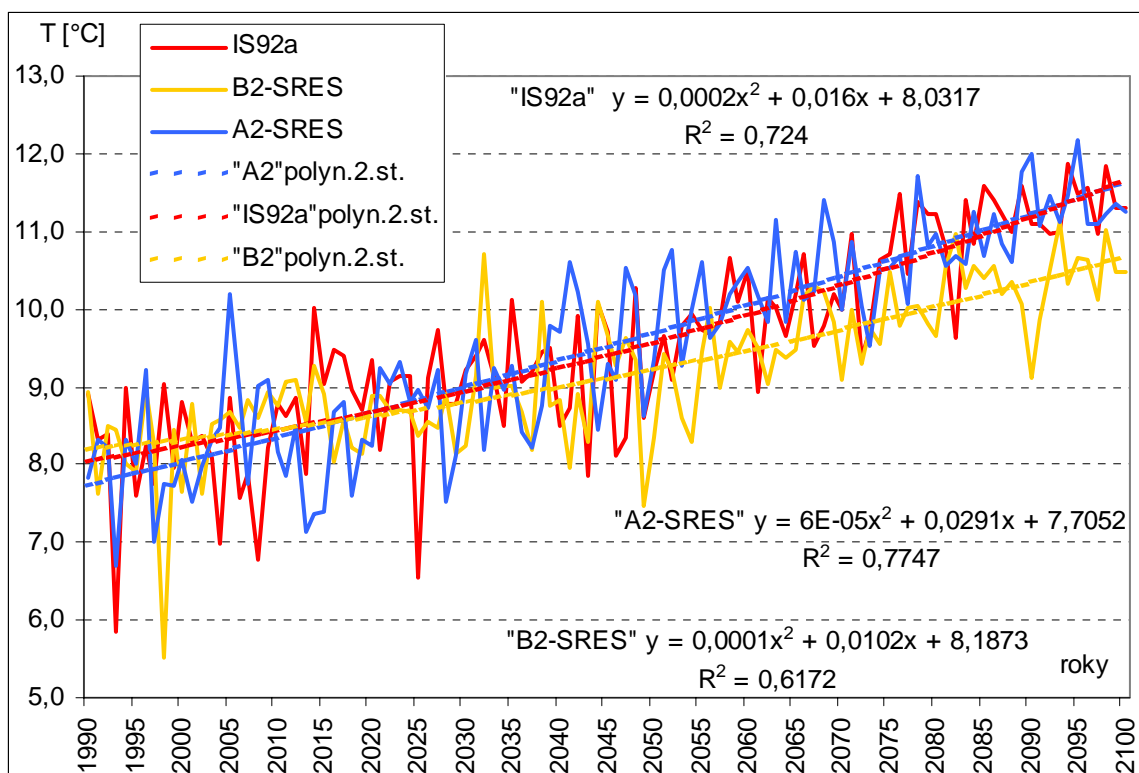
sa náhle “skoky“ odchýlok a kvocientov od mesiaca k mesiacu v ročnom chode. Toto zhladenie sme vykonali pre teplotu vzduchu a mernú vlhkosť vzduchu, nakoľko nepredpokladáme zlomové zmeny v ich ročnom chode. Pri atmosférických zrážkach, ktoré sú časovo veľmi premenlivý prvok, sme túto úpravu nerealizovali.

Scenáre ročných priemerov teploty vzduchu, ročného úhrnu zrážok a ročných priemerov mernej vlhkosti vzduchu pri povrchu v Hurbanove podľa modelu CCCM 2000 v r. 1990-2100 (obr. 1, 4 a 7) nie sú modifikované podľa charakteristík polohy a variability, nakoľko údaje v takomto prevedení postačujú na vzájomné porovnanie výsledkov troch rôznych emisných scenárov. Na obr. 1, 4 a 7 sme pri všetkých časových radoch kvôli ilustrácii vyznačili aj ich polynomický trend 2. stupňa.

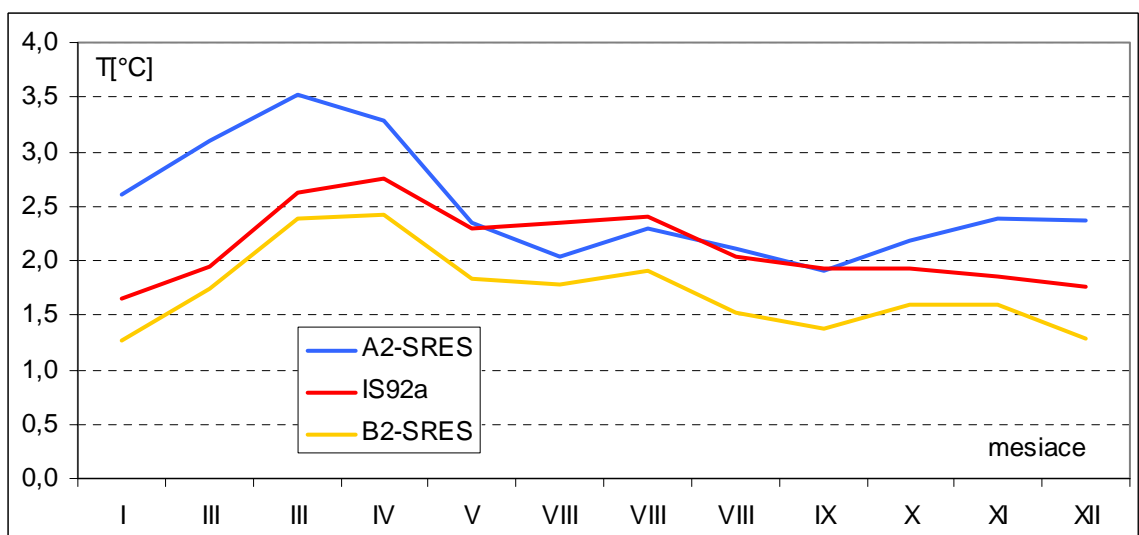
Scenáre IS92a modelu CCCM 2000 zahrňujú aj koncentrácie GHGs aj aerosólov. Jednotlivé koncentrácie GHGs sú vyjadrené ako efektívna (ekvivalentná) koncentrácia CO<sub>2</sub>. V modeli CCCM 2000 pri emisnom scenári IS92a koncentrácia GHGs v r.1900-1990 korešponduje s pozorovaným stavom a od roku 1990 až do roku 2100 sa zvyšuje o 1% za rok. Priamy účinok síranových aerosólov je tiež zahrnutý zvyšovaním povrchového albeda. Emisné scenáre A2-SRES a B2-SRES modelu CCCM 2000 využívajú scenáre GHGs aj aerosólov. Simulácie začínajú rokom 1990 s počiatočnými podmienkami zodpovedajúcimi emisnému scenáru IS92a GHG+A, preto do r. 1990 treba využívať tieto predchádzajúce údaje. Výsledky emisného scenára A2-SRES sa odlišujú od výsledkov emisného scenára IS92a iba mierne. Denné údaje modelu CCCM 2000 podľa emisného scenára A2-SRES sú k dispozícii za časové obdobie 1961-2100, pričom denné údaje za r. 1961-1989 sú získané zo simulácie IS92a GHG+A. Výsledky emisného scenára B2-SRES dávajú oveľa miernejšie oteplenie v porovnaní s výsledkami emisných scenárov IS92a a A2-SRES. Denné údaje modelu CCCM 2000 podľa emisného scenára B2-SRES sú k dispozícii za časové obdobie 1961-2100, pričom denné údaje za r. 1961-1989 sú získané zo simulácie emisného scenára IS92a GHG+A. Ekvivalentná koncentrácia CO<sub>2</sub> predpokladaná modelom CCCM 2000 v roku 2050: 865 ppmv (IS92a), 779 ppmv (A2-SRES), 700 ppmv (B2-SRES) a v roku 2100: 1422 ppmv (IS92a), 1320 ppmv (A2-SRES), 915 ppmv (B2-SRES).

### **Výsledky a diskusia**

Priemerná ročná teplota vzduchu v r. 1990-2100 v Hurbanove podľa modelu CCCM 2000 sa zvyšuje počas celého obdobia podľa všetkých troch emisných scenárov (obr. 1). Na konci 21. storočia dosahuje najvyšší rast v Hurbanove pôvodný scenár IS92a. Takmer rovnaký rast (len o málo menší) znamená aj podľa scenára A2-SRES. Zaujímavé je, že ešte v polovici 21. storočia je tento rast u A2-SRES výrazne väčší ako u IS92a (obr. 1 a 2). Rast teploty vzduchu je podľa emisného scenára B2-SRES približne od roku 2030 najmiernejší, pričom koncom 21. storočia je výrazne menší v porovnaní s emisnými scenármi IS92a a A2-SRES.



Obr. 1. Scenáre ročných priemerov teploty vzduchu [°C] v Hurbanove v r. 1990-2100 podľa modelu CCCM 2000 (nemodifikované údaje) na základe rôznych emisných scenárov.

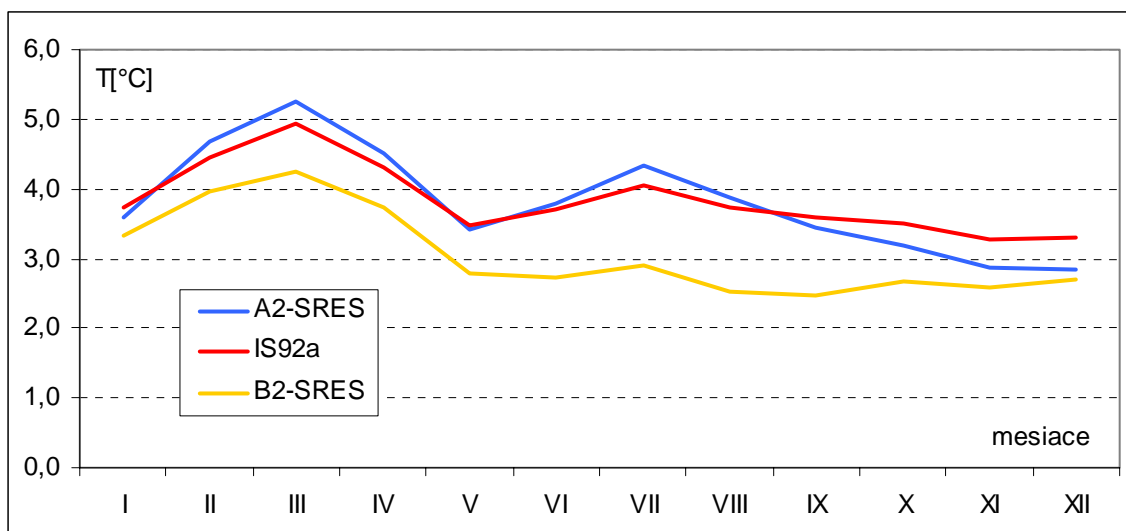


Obr. 2. Ročný chod zmien teploty vzduchu [°C] vo výške 2m v r. (2041-2060) a (1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.

Ročný chod zmien teploty vzduchu v r. 2041-2060 je v porovnaní s r. 1971-1990 najvyšší podľa scenára A2-SRES. Priemerná ročná teplota sa v Hurbanove zvýši až o 2,5 °C. Podľa pôvodného scenára IS92a tento rast dosiahne hodnotu o 2,1 °C. Výrazne väčší rast teploty vzduchu v Hurbanove pri emis-

nom scenári A2-SRES v porovnaní s pôvodným scenárom IS92a je zaznamenaný v zimnom polroku. Najmenší rast je dosiahnutý scenárom B2-SRES, a to v prípade priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,7 °C (obr. 2).

Ročný chod zmien teploty vzduchu v r. 2081-2100 je v porovnaní s r. 1971-1990 takmer rovnaký podľa pôvodného scenára IS92a a nového A2-SRES. V oboch prípadoch rast priemernej ročnej teploty vzduchu dosahuje hodnotu vyššiu o 3,8 °C (presnejšie v prípade pôvodného scenára IS92a je to len o dve stotiny °C vyššia hodnota ako pri A2-SRES). Najmenší rast (o 3,1 °C) je dosiahnutý pri emisnom scenári B2-SRES, pričom tento rast je najnižší rovnomerne počas celého roku (obr. 3).

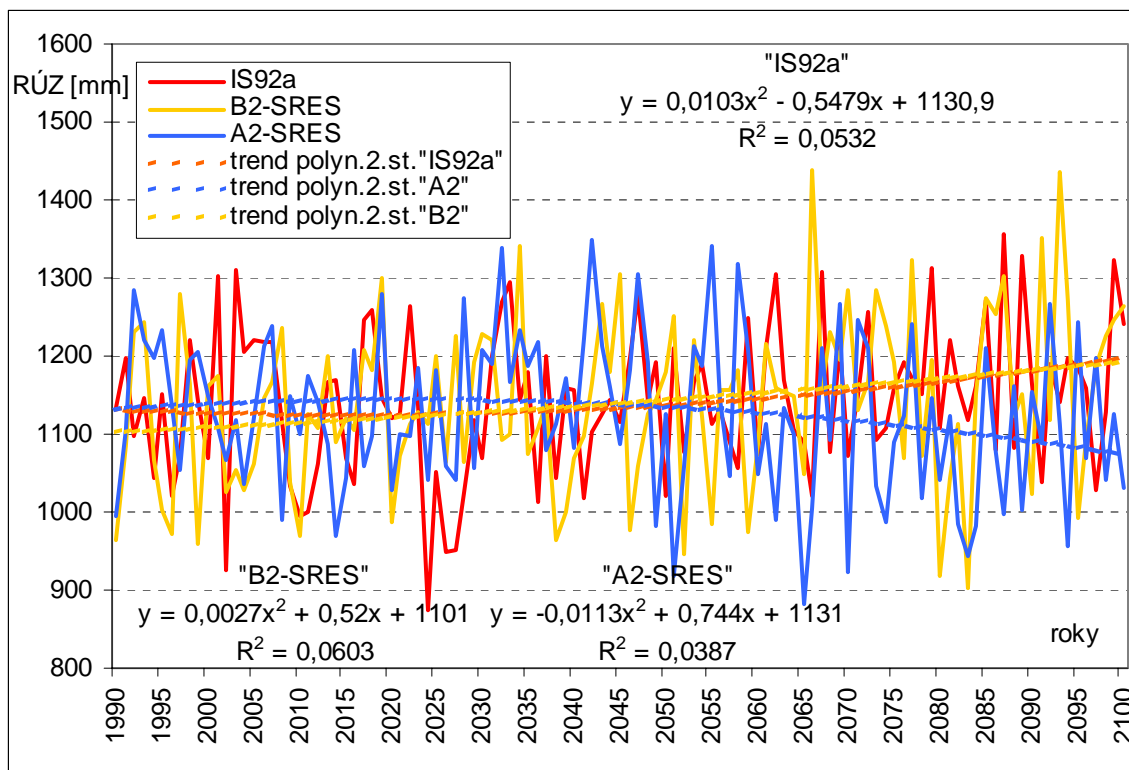


Obr. 3. Ročný chod zmien teploty vzduchu [°C] vo výške 2m v r. (2081-2100) a (1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.

Podľa pôvodného emisného scenára IS92a modelu CCCM 2000 sa ročný úhrn zrážok v prvej polovici 21. storočia v Hurbanove mierne zníži a v druhej polovici sa naopak zvýši, pričom tento rast dosiahne významnejšiu hodnotu (obr. 4). Podľa nového scenára A2-SRES, ktorý sa pri teplote vzduchu líšil od pôvodného scenára IS92a len veľmi nepatrne, pri atmosférických zrážkach vykazuje postupný pokles s výrazným znížením ročného úhrnu na konci 21. storočia, čo je spôsobené hlavne výraznejším poklesom letného úhrnu zrážok (zrážkovo najbohatšej časti roka) v tomto období (obr. 6). Naopak, pri teplote vzduchu optimistický scenár (s najmenším rastom), emisný scenár B2-SRES vykazuje pre Hurbanovo postupný mierny rast ročného úhrnu zrážok počas celého 21. storočia (obr. 4).

Podľa modelu CCCM 2000 (scenár IS92a) v polovici 21. storočia očakávame prírastok v jarnom období (v marci až o 15%) a jesennom (v októbri, novembri a decembri o približne 10%). V letnom období (máj, jún, júl) je očakávaný pokles zrážok v Hurbanove s najväčšou hodnotou v júli (pokles až

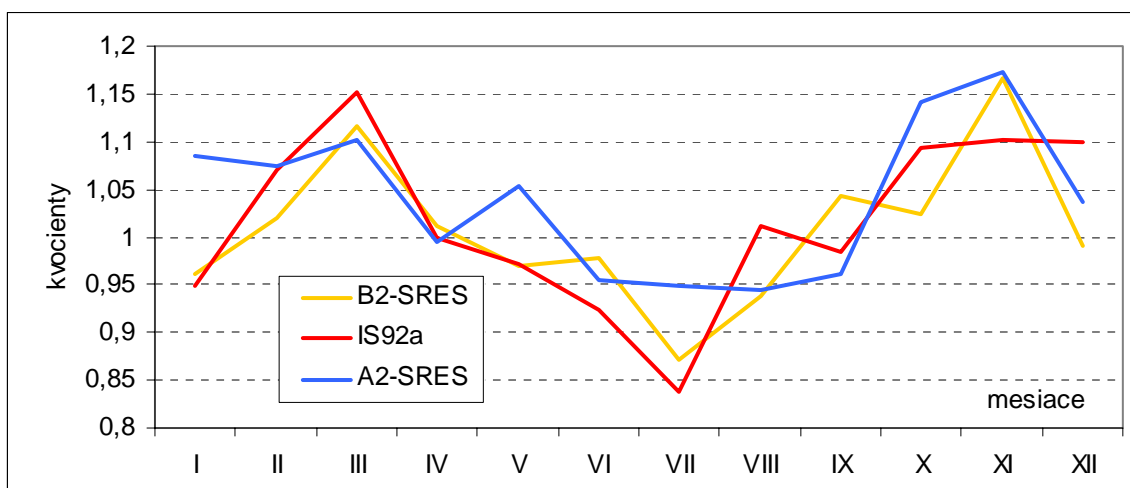
o 16%). Nové emisné scenáre B2-SRES a A2-SRES tento letný pokles zmiernujú na 13% (v júli) podľa B2-SRES a 6% (v auguste) podľa A2-SRES. Podobne zmiernujú aj jarný rast úhrnu zrážok na 12% (v marci) podľa B2-SRES a na 10% (v marci) podľa A2-SRES. Na druhej strane obidva nové emisné scenáre SRES zvyšujú jesenný rast úhrnu zrážok (v oboch prípadoch až na 17% v novembri) (obr. 5).



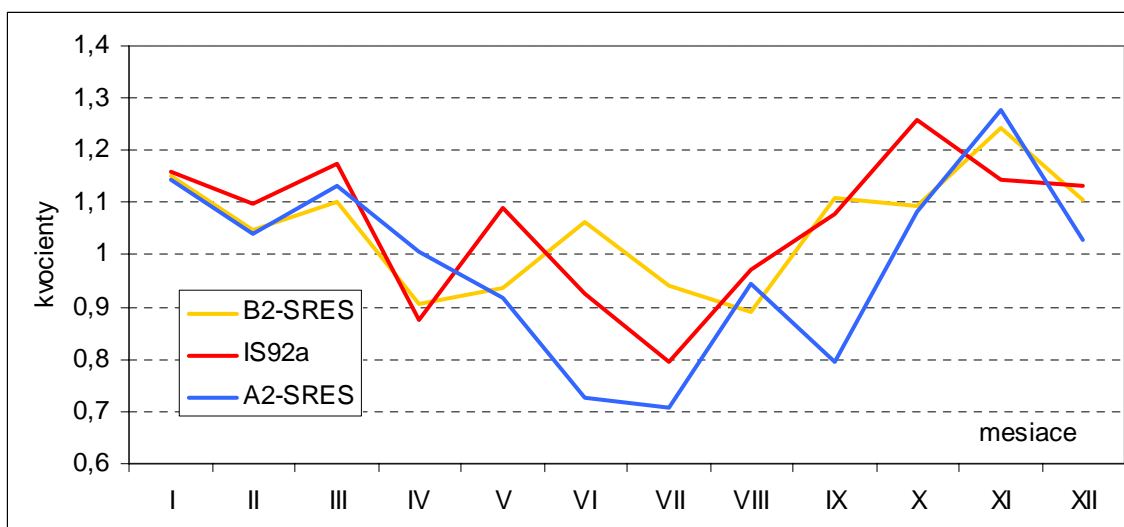
Obr. 4. Scenáre ročného úhrnu zrážok [mm] v Hurbanove v r. 1990-2100 podľa modelu CCCM 2000 (nemodifikované údaje) na základe rôznych emisných scenárov.

Na konci 21. storočia očakávame podľa modelu CCCM 2000 pri emisnom scenári A2-SRES výrazný pokles letného úhrnu zrážok. Kým pri pôvodnom emisnom scenári IS92a bol najvyšší pokles mesačného úhrnu zrážok v júli (o 20%), pri novom scenári A2-SRES je zaznamenaný pokles od mája do septembra, s maximom v júli až o 29% a v júni o 27% (obr. 6). Podľa emisného scenára B2-SRES očakávame v letnom období len mierny pokles mesačného úhrnu zrážok (pokles o 6% v máji a v júli, naopak, v júni očakávame dokonca rast zrážok o 6%). V zimnom polroku sa jednotlivé študované emisné scenáre navzájom veľmi nelíšia, všetky vykazujú rast mesačného úhrnu zrážok (najviac o 28% v novembri podľa A2-SRES, 24% v novembri podľa B2-SRES a 26% v októbri podľa IS92a).





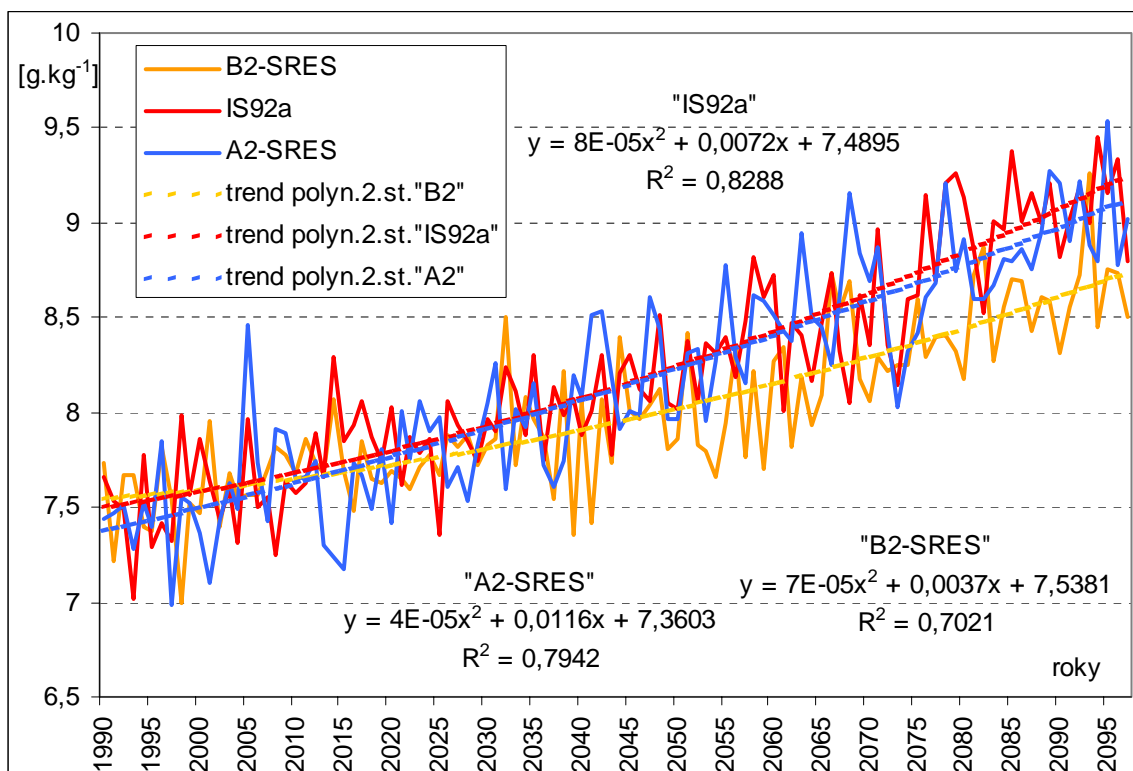
Obr. 5. Ročný chod zmien atmosférických zrážok v podobe kvocientov (r. 2041-2060) / (r. 1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.



Obr. 6. Ročný chod zmien atmosférických zrážok v podobe kvocientov (r. 2081-2100) / (r. 1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.

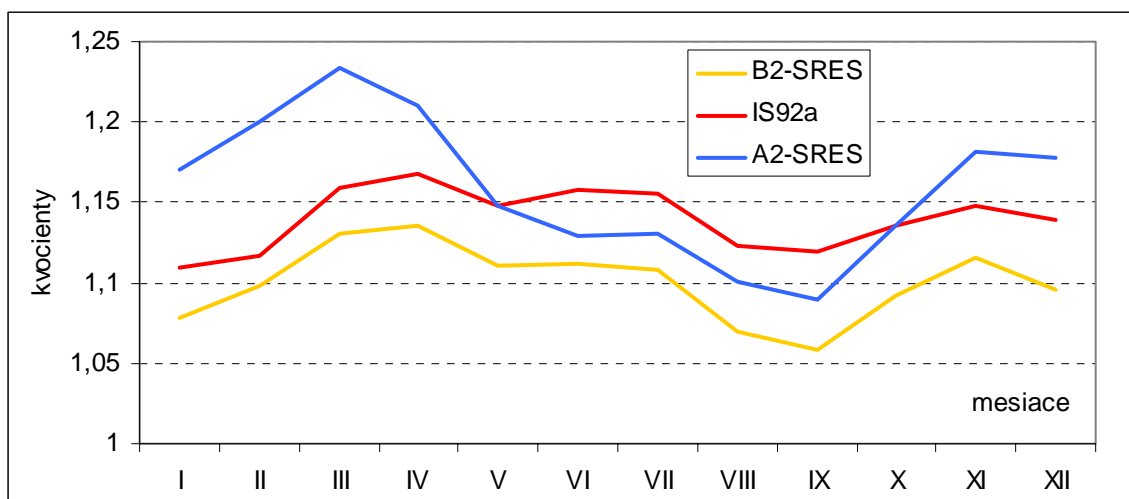
Merná vlhkosť vzduchu pri zemskom povrchu (v 2 m) v Hurbanove sa bude v 21. storočí podľa všetkých troch emisných scenárov modelu CCCM 2000 postupne zvyšovať, pričom najväčší rast ročných priemerov mernej vlhkosti vzduchu je zaznamenaný pri pôvodnom emisnom scenári IS92a, veľmi podobný, a len o málo menší, je pri scenári A2-SRES. Najmenší rast je dosiahnutý pri emisnom scenári B2-SRES (obr. 7).

Merná vlhkosť vzduchu (v 2 m) v Hurbanove vykazuje v polovici storočia pri pôvodnom emisnom scenári IS92a približne rovnomerný nárast počas celého roku v rozpätí zhruba od 10% do 17%. Pri novom emisnom scenári A2-SRES vychádza väčší nárast v zimnom období (v marci až o 23%) a menší nárast v letnom období (o 9% v septembri). Pri emisnom scenári B2-SRES je počas celého roku dosahovaný najmenší nárast mernej vlhkosti vzduchu (s hodnotou medzi 6% až 14%) (obr. 8).

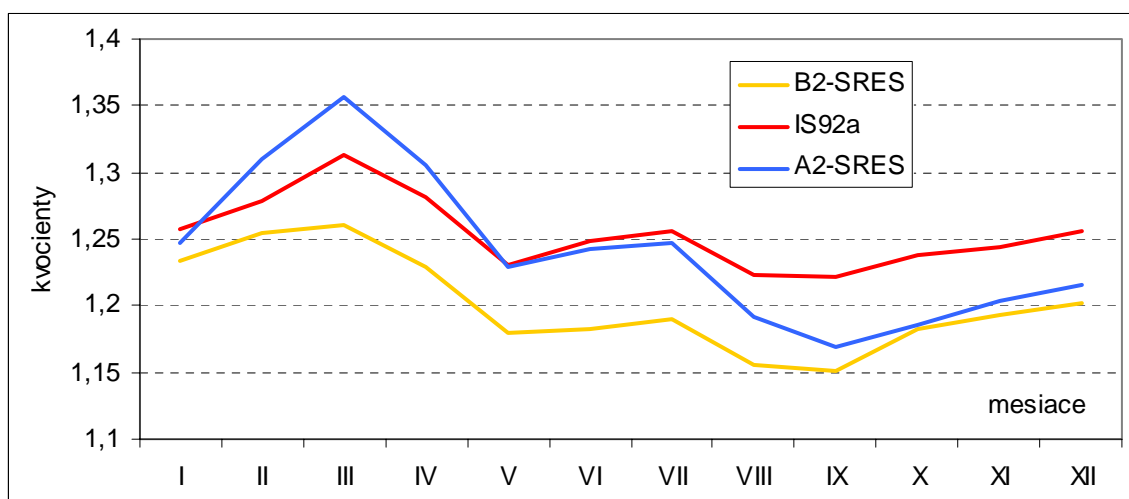


Obr. 7. Scenáre ročných priemerov mernej vlhkosti vzduchu pri povrchu [g.kg<sup>-1</sup>] v Hurbanove v r. 1990-2097 podľa modelu CCCM 2000 (nemodifikované údaje) na základe rôznych emisných scenárov.

Na konci 21. storočia je zaznamenaný podľa modelu CCCM 2000 podľa všetkých troch uvažovaných emisných scenárov nárast mernej vlhkosti vzduchu (v 2 m) v Hurbanove počas celého roku, pričom najväčší nárast pripadá na pôvodný scenár IS92a. Porovnateľný nárast je dosiahnutý aj pri emisnom scenári A2-SRES, avšak v tomto prípade vidieť väčší rozdiel medzi rastom mernej vlhkosti vzduchu v jarných (maximálny nárast v marci, až o 36%) a v jesenných mesiacoch (minimálny nárast v septembri o 17%). Najmenší nárast mernej vlhkosti vzduchu je počas celého roku dosiahnutý pri emisnom scenári B2-SRES, hodnoty kolíšu od 15% do 26% (obr. 9).



Obr. 8. Ročný chod zmien mernej vlhkosti v 2 m v podobe kvocientov (r. 2041-2060) / (r. 1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.



Obr. 9. Ročný chod zmien mernej vlhkosti v 2 m v podobe kvocientov (r. 2081-2097) / (r. 1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe rôznych emisných scenárov.

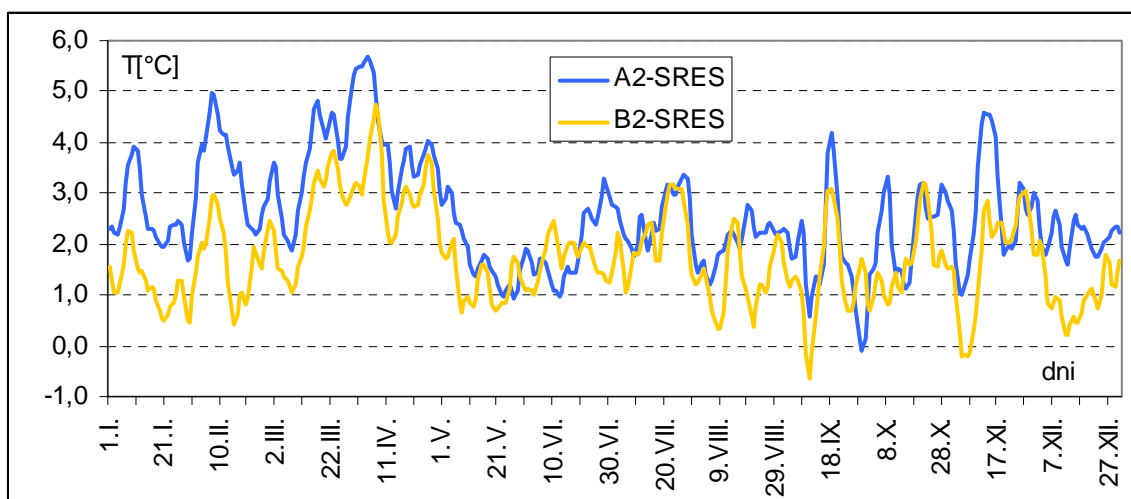
## Záver

Nové odporúčané emisné scenáre IPCC mierne znižujú očakávaný „skleníkový“ teplotný rast v Hurbanove na konci 21. storočia. Emisný scenár A2-SRES predpokladá do konca r. 2100 rast svetovej populácie na 15 miliárd, pomalší ekonomický a technologický rozvoj. Preto predpokladá nižšie hodnoty emisií GHGs ako pôvodný emisný scenár IS92a, ale zároveň aj menší podiel aerosólov. Emisný scenár B2-SRES predpokladá pomalší rast populácie (10,4 miliárd na konci r. 2100) a rýchlejšie sa rozvíjajúcu ekonomiku s väčším dôrazom na ochranu životného prostredia. Preto tento scenár predpokladá nižšie emisie a menšie budúce oteplenie. Dosaiahnuté výsledky ukázali, že pôvodne

uvažovaný emisný scenár IS92a modelu CCCM 2000 dáva na konci tohto storočia podobné výsledky teplotného rastu v Hurbanove, aj rastu mernej vlhkosti vzduchu, ako nový odporúčaný scenár A2-SRES toho istého modelu CCCM 2000. Emisný scenár B2-SRES hodnoty teplotného rastu v najbližších sto rokoch v Hurbanove v porovnaní s pôvodným emisným scenárom IS92a znižuje (podobne aj rast mernej vlhkosti vzduchu). Pri scenároch atmosférických zrážok dosahujú emisné scenáre IS92a a B2-SRES podobné výsledky. Významnú zmenu v porovnaní s predchádzajúcim používaným emisným scenárom prináša pesimistický emisný scenár A2-SRES vo výsledkoch atmosférických zrážok. Na konci 21. storočia by sa mali v Hurbanove výraznejšie znížiť priemerné ročné úhrny zrážok, pričom pokles postihne predovšetkým zrážkovo najbohatšiu letnú časť roka. Priemerné mesačné úhrny zrážok v letnom období poklesnú v niektorých mesiacoch až takmer o 30%, čo je najmä pre poľnohospodárov významná a zároveň varovná informácia.

V tomto príspevku sme sa snažili poukázať na rozdiely vo výsledkoch scenárov teploty vzduchu, atmosférických zrážok a mernej vlhkosti vzduchu v Hurbanove v 21. storočí získanými z pôvodne využívaných emisných scenárov IS92a modelu CCCM 2000 a z nových odporúčaných emisných scenárov IPCC A2-SRES a B2-SRES toho istého modelu. Výsledky tohto porovnania sú určené predovšetkým pre riešiteľov štúdií dôsledkov očakávanej klimateckej zmeny na ostatné sféry nášho života, nakoľko v budúcnosti budeme čoraz viac vypracovávať scenáre klimateckej zmeny pre jednotlivé klimatecké prvky podľa nových emisných scenárov A2-SRES a B2-SRES. Scenáre denných hodnôt klimateckých prvkov modelu CCCM 2000 budeme spracovávať len podľa týchto nových emisných scenárov, nakoľko výstupy denných hodnôt tohto klimateckého modelu sú k dispozícii iba pre tieto nové emisné scenáre A2-SRES a B2-SRES. Na tomto mieste na ukážku uvedieme aj prvé vyhodnotenie výsledkov scenárov denných hodnôt teploty vzduchu pre Hurbanovo v prvej polovici 21. storočí podľa emisných scenárov A2-SRES a B2-SRES na základe modelu CCCM 2000 (obr. 10). Ročný chod zmien teploty vzduchu vo výške 2m v r. (2041-2060) a (1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe emisných scenárov A2-SRES a B2-SRES dosahuje pre priemernú ročnú hodnotu takmer identickú hodnotu v oboch prípadoch (aj pri výpočtoch z denných údajov aj pri výpočtoch z pôvodných mesačných údajov toho istého modelu). Ako vidieť z výsledkov na obr. 10 pri denných hodnotách dosahujeme väčšiu variabilitu (väčšiu amplitúdu, väčší rozptyl hodnôt) radu v porovnaní s výsledkami, pri ktorých vychádzame z mesačných údajov modelu CCCM 2000. V polovici 21. storočia pri scenári A2-SRES denné hodnoty kolíšu od ochladenia o  $-0,1$  °C k otepleniu o  $+5,7$  °C, pri scenári B2-SRES od ochladenia o  $-0,6$  °C po oteplenie o  $+4,8$  °C. Väčšie oteplenie vychádza počas celého roku podľa emisného scenára A2-SRES.

V niektorom z nasledujúcich článkov sa podrobnejšie vrátíme k vypracovaniu scenárov časových radov denných hodnôt klimateckých prvkov modelu CCCM 2000.



Obr. 10. Ročný chod zmien teploty vzduchu (denné hodnoty) [°C] vo výške 2m v r. (2041-2060) a (1971-1990) pre Hurbanovo podľa modelu CCCM 2000 na základe emisných scenárov A2-SRES a B2-SRES.

**PodĎakovanie:** Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č.APVT-51-006502 a projektov VEGA č. 1/8255/01, č. 1/1042/04 (Grantová agentúra SR). V príspevku boli využité podklady z Kanadského strediska pre modelovanie a analýzu klímy vo Victorii (výstupy modelu CCCM 2000) , ako aj údaje SHMÚ Bratislava (klimatické údaje zo stanice Hurbanovo). Ďakujeme za poskytnutie týchto podkladov.

### Literatúra

- Boer, G. J., McFarlane, N. A., Lazare, M. (1992): Greenhouse gas-induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model. *J. Climate*, 5, 1045-1077.
- Damborská, I., Gera, M., Martíni, M. (2004): Scenáre zmien výškového prúdenia nad strednou Európou na základe výstupov CCCM 2000. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie „Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy“ (Bioklimatologické pracovné dni) 23.-27.8.2004 vo Viničkách, CD-ROM, v tlači.
- Flato, G. M., Boer, G. J. (2001): Warming asymmetry in climate change simulations. *Geophysical Research Letters*, 28, 1, 195-198.
- IPCC (1990): Scientific Assessment of Climate Change. Report Prepared for IPCC by Working Group 1. IPCC, WMO, UNEP, 365 pp.
- IPCC (1992): 1992 IPCC Supplement: Scientific Assessment of Climate Change. IPCC, WMO, UNEP, 24 pp.
- IPCC (1994): Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Bruce, J., Hoesung Lee,

- Callander, B. A., Haites, E., Harris, N., Maskell, K. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 339 pp.
- IPCC (1996): Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T., Filho, L. G. M., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A., Maskell, K. (eds). WMO, UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 572 pp.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Xiaosu, D. (eds.). Cambridge Univ. Press, UK, 944 pp.
- Kalvová a kol. (2001): Zpřesnění scénáře vývoje klimatu na území ČR s přihlédnutím k regionálním změnám v oblasti střední Evropy. Závěrečná zpráva za DP 01. NKP ČR, 61 pp.
- Lapin, M. (2002): K tretej správe Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu. Život. prostr., 36, 2, 82-86.
- Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., (2001): Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. In: Národný klimatický program SR. MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, 11, 5-30.
- McFarlane, N. A., Boer, G. J., Blanchet, J. P., Lazare, M. (1992): The Canadian climate centre second-generation general circulation model and its equilibrium climate. J. Climate, 5, 1013-1044.
- Melo, M. (2001): Climate change scenarios according to CCCM 2000 model for Hurbanovo. In: Matejka, F., Ostrožlík, M. (eds): International Conference „150 years of the Meteorological Service in Central Europe“, Stará Lesná, October 9-11, 2001. CD-ROM, ISBN 80-85754-10-X, 11 pp.
- Melo, M. (2003): Klimatické modely a ich využitie na odhad klimatických zmien na území Slovenska. Dizertačná práca. Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 155.
- Melo, M., Lapin, M. (2000): Teplotné scenáre pre Slovensko založené na výstupoch kanadských klimatických modelov. Geogr. časopis, 52, 2, 151-165.
- <http://www.cccma.bc.ec.gc.ca/>

**Kontaktná adresa:** RNDr. Marián Melo, PhD., Oddelenie meteorológie a klimatológie KAFZM, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, číslo telefónu: 02/602 95 495, e-mail: melo@fmph.uniba.sk