

KLIMATICKÉ ZMENY A ICH VPLYV NA ŠTATISTICKÚ ŠTRUKTÚRU VÝŠKOVÝCH KLIMATICKÝCH POLÍ PRE POTREBY DOWNSCALINGU

Ď. I. Bašták, R. Drinka, M. Gera

Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, bastak@fmph.uniba.sk

ABSTRACT

Statistical analyses of selected meteorological variables (temperature, specific humidity and wind speed) for different territory and different vertical levels are presented in this article. The source of data are reanalyses from ERA 40 project and the second version of the CCCMa Coupled Global Climate Model CGCM2 (Canadian climatic model) with IPCC SRES "A2" scenario. Statistical structure of investigated daily fields are performed (mean, standard deviation, skewness and kurtosis, quantile characteristics, probability distribution). This approach allows us to evaluate the properties of Canadian climatic model and rightness of its climatologic predictions. In the first step the properties comparison is done for climatic model and reanalyses in the referenced period 1961-1990. On the second step, future period 2011-2040 is taken for scenario probability analyses. The conclusions for weather change (climatic change) are discussed.

KEY WORDS: climatologic scenario, downscaling, probability distribution, statistical characteristics

1. ÚVOD

Prepojené modely všeobecnej cirkulácie a oceánsko-atmosférické modely vo svojich výstupoch poskytujú časové rady s rôznym priestorovým a časovým rozlíšením, patria medzi ne, globálne cirkulačné modely (GCM) a lokálne (regionálne) modely (LAM).

Cieľom príspevku je analýza výstupov výškových denných údajov klimatického modelu z kanadského centra pre modelovanie klímy a verifikácia týchto výstupov pomocou dostupných údajov z projektu ERA 40. Obsahovo sa zameriavame na porovnanie a konzistentnosť výstupov tohto modelu s reálne nameranými hodnotami vo vybranom referenčnom období a analýze výstupov vo vzdialenej budúcnosti. Zamerali sme sa na analýzu ročných chodov priemerných hodnôt a štandardných odchýlok vybraných meteorologických prvkov, analýzu distribučných kriviek týchto prvkov a analýzu štatistického zabezpečenia vo vybraných časových obdobiach, pomocou kvantilových charakteristík.

Konstruktívna a výpočet regionálne interpretovaných klimatických scenárov a regionálnych klimatických modelov v spätosti s globálnymi klimatickými modelmi, má určité obmedzenia, vyplývajúce z matematických a fyzikálnych možností modelovania klimatických procesov. V príspevku preto analyzujeme schopnosť modelu zachytiť súčasný stav klímy a jej časovú variabilitu.

Na popísanie reálneho stavu atmosféry vo vybranom referenčnom období sme použili výstupy z projektu ERA-40. Tieto údaje obsahujú podrobné globálne analýzy stavu atmosféry, pevniny a oceánu od r. 1958 do 2001. V ERA-40 archíve sú uložené všetky základné údaje pre účely reanalýzy atmosférickej cirkulácie. Tieto údaje zahŕňajú, pozorovania, analýzy a predpovedné polia z asimilačného modelu atmosféry s úplným rozlíšením, analýzy a predpovedné polia z atmosférického modelu. Výstupy sú počítané pre štandardné tlakové hladiny, pre izentropické plochy a povrch potenciálnej vorticity. Analýzy a predpovedné polia z prepojeného oceánicko-vlnového modelu sú približne v pravidelnej sieti a obsahujú, mesačné priemery, rozptyly a kovariancie, časové rady, vybrané diagnostické a odvodené údaje.

Atmosférický model, ktorý používa ERA-40, má nasledujúce vlastnosti. Je skonštruovaný na 60 vertikálnych hladinách, v horizontálnom smere používa sféricko-harmonické zobrazenie

základných dynamických polí (T159, redukovanú Gaussovu mriežku s približne homogénnym krokom na povrchu).

Polia sú archivované v štandardnej 2.5° mriežke rovnako ako aj v ich základnom modelovom tvare (T159 sférická harmonická alebo zodpovedajúca redukovaná Gaussova mriežka).

Atmosférická časť klimatického modelu CCCM 2000 (výsledky sú prebraté z druhej verzie prepojeného modelu CGCM2 so scenárom emisie skleníkových plynov A2, kanadské centrum pre modelovanie klímy a analýzy), ktorý je trojrozmerným modelom atmosférickej cirkulácie prepojeným s jednoduchým modelom oceánu a termodynamickým modelom morského ľadu (horizontálne rozlíšenie T32/L10). V meridionálnom smere pri použití Gaussovho gridu je rozlíšenie približne 3,75°. Vo vertikálnom smere má 10 hladín. Oceánická časť modelu používa vyššie horizontálne rozlíšenie s dvojnásobne hustejšou gridovou sieťou a s 29 vertikálnymi hladinami. Tento model poskytuje okrem veľkého počtu výstupov základných klimatických prvkov aj modelové hodnoty teploty, údaje o vetre, mernej vlhkosti v rôznych výškach, ktoré sú v tomto príspevku analyzované.

2. METODIKA

Štatisticky sme spracovali nasledujúce meteorologické prvky:

- teplota vzduchu **T**,
- rýchlosť vetra **W** a zložky rýchlosti vetra **U, V**
- merná vlhkosť **Q**

a to v troch vertikálnych hladinách:

- hladina 850 hPa,
- hladina 500 hPa,
- hladina 200 hPa (len prvky **W, U, V**).

V prvej fáze sme upravili oba súbory dát tak, aby sa mohli porovnať.

Dáta pochádzajúce z modelu CCCM2000 a z ERA40 majú rozdielne horizontálne rozlíšenie (CCCM2000 ≈ 3.5°, ERA40 = 2.5°). Dáta z modelu CCCM 2000 sme preto interpolovali pomocou kvadratických splineov do rovnakej siete ako dáta z projektu ERA40.

V časovom rade z modelu CCCM2000 sa prestupné roky nenachádzajú, preto sme v časovom rade z projektu ERA 40 odstránili dáta z 29. februára v priestupných rokoch.

Štatisticky sme spracovali dva 30-ročné obdobia: 1961-1990 a 2011-2040 (v druhom období sa spracúvali len dáta z modelu CCCM2000) na dvoch vybraných oblastiach:

od -12.5° z.d. po 40° z.d., 40°z.š. - 65°z.š. - reprezentuje Európu a

od 17.5° z.d. po 22.5 z.d., 47.5°z.š. - 50°z.š. - reprezentuje Slovensko.

Spracovanie sme urobili pre jednotlivé mesiace, ročné obdobia, polroky, celý rok a niektoré dni.

Na štatistické ohodnotenie spracovaných polí sme použili základné opisné charakteristiky: priemer \bar{x} , maximum x_{\max} , minimum x_{\min} , štandardná odchýlka s , šikmosť b_1 a špicatosť b_2 :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad x_{\max} = \max_{i=1,n}(x_i), \quad x_{\min} = \min_{i=1,n}(x_i),$$
$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3}, \quad b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s^4} - 3,$$

kde x_i sú prvky štatistického súboru a n je rozsah štatistického súboru.

Priemer určuje „stred“ rozdelenia a štandardná odchýlka jeho „šírka“. Charakteristiky šikmosť a špicatosť nám hovoria viac o tvare rozdelenia. Šikmosť vyjadruje stupeň asymetrie rozdelenia veličiny okolo strednej hodnoty. Kladná šikmosť označuje rozdelenie s asymetrickým chvostom vychýleným ku kladným hodnotám. Záporná šikmosť označuje rozdelenie s asymetrickým chvostom

vychýleným k záporným hodnotám. Špicatosť určuje relatívnu strmosť alebo plochosť rozdelenia pri porovnaní s normálnym rozdelením. Kladná špicatosť znamená, že rozdelenie je pomerne strmé. Záporná špicatosť znamená, že rozdelenie je pomerne ploché.

Aby sme získali lepšiu predstavu o štatistickej štruktúre jednotlivých súborov, zostrojili sme histogram početností (predstavujú hustotu pravdepodobnosti prvku) a graf percentilov (predstavuje distribučnú funkciu prvku).

Charakteristiky a grafy sme spracovali sumárne pre vybrané oblasti a jednotlivo pre každý gridový bod v rámci vybranej oblasti (vhodné pre mapové výstupy).

3. VÝSLEDKY

Štatistická analýza údajov teploty, mernej vlhkosti a rýchlosti vetra je analyzovaná v období 1961-1990 a následne porovnávaná so scenármi v období 2011-2040. Vieme, že údaje z ERA 40 (CCCM2000) reprezentujú plochu približne $180 \times 180 \text{ km}^2$ ($230 \times 230 \text{ km}^2$). Z tohto dôvodu sme analyzovali rôzne veľké oblasti a vplyv týchto oblastí na štatistickú štruktúru vybraných prvkov.

3.1 Ročný chod priemerov a štandardných odchýlok prvkov

Základné vlastnosti štatistického rozdelenia možno popísať opisnými charakteristikami: priemer („stred“ rozdelenia) a štandardná odchýlka („šírka“ rozdelenia). V prvej časti výsledkov sme skúmali premenlivosť týchto dvoch charakteristík v ročnom chode.

3.1.1 Výsledky pre teplotu vzduchu

Krivka ročného chodu teploty vzduchu má tvar sínusoidy s maximom v júli až auguste a minimum v januári až februári. Pre model ERA40 (graf 1a) sa amplitúda teploty vzduchu pohybuje okolo 14°C pre oblasť Európy a okolo 15°C pre oblasť Slovenska. Ročný priemer teploty vzduchu na hladine 850 hPa vypočítaný z údajov ERA 40 je v oblasti Európy 2.1°C a v oblasti Slovenska 3.1°C . V 500 hPa hladine to je -21.8°C pre Európu a -20.7°C pre Slovensko. Krivka variability teploty vzduchu (graf 1b), ktorá je charakterizovaná štandardnou odchýlkou, má tiež tvar sínusoidy, ale maximum dosahuje v zimných mesiacoch a minimum v letných mesiacoch. Vo všeobecnosti teplota vzduchu a jej variabilita klesá s výškou.

Priemer teploty vzduchu v oblasti Európy aj v oblasti Slovenska (graf 1c) za obdobie 1961-1990 je na hladine 850hPa modelom CCCM2000 väčšinou nadhodnotený oproti údajom z projektu ERA 40. Najväčšie rozdiely na Slovensku dosahujú až 2°C . Na hladine 500hPa je teplota vzduchu naopak modelom CCCM2000 podhodnotená (hlavne v jarných mesiacoch).

V 850 hPa hladine aj v 500 hPa hladine predpovedá model CCCM2000 na obdobie 2011-2040 zvýšenie teploty vzduchu oproti obdobiu 1961-1990 (graf 1e). V 500 hPa hladine v ročnom priemere o okolo 1.5°C a v 850 hPa hladine okolo 1.2°C v oboch oblastiach.

Variabilitu teploty vzduchu (Grafy 1d) je modelom CCCM2000 podhodnotená v oboch výškových hladinách v priemere o 1°C . Pre oblasť Slovenska je tento rozdiel väčší v letných mesiacoch. Variabilita v zimných mesiacoch je vo výstupoch z modelu CCCM2000 výraznejšie znížená, čím sa deformuje graf krivky ročného chodu variability teploty vzduchu (v mesiacoch marec až apríl sa vytvára sekundárne maximum).

Podľa predpovede modelu CCCM2000 (Grafy 1f) môžeme v období 2011-2040 na hladine 850hPa očakávať nárast variability teploty vzduchu v mesiacoch júl až september v oblasti Európy aj v oblasti Slovenska (maximálne o 0.4°C). Na Slovensku by mala výrazne klesnúť variabilita v mesiaci apríl. Na hladine 500hPa očakávame nárast variability teploty vzduchu v prevažnej časti roka v Európe (maximum v marci = 0.4°C). Na Slovensku by sa v tejto hladine mala zmenšiť variabilita v mesiacoch apríl, jún a júl, v ostatných mesiacoch dojde k jej zvýšeniu.

3.1.2 Výsledky pre mernú vlhkosť

Vo všeobecnosti merná vlhkosť vzduchu a jej variabilita klesá s výškou. Krivka mernej vlhkosti (graf 2a) aj jej variability (graf 2b) má tvar sínusoidy s maximom v júli až auguste a minimum v januári až februári. Merná vlhkosť úzko súvisí s teplotou vzduchu, ktorá určuje množstvo vlhkosti, ktorá sa môže nachádzať v atmosfére (teplota vzduchu ovplyvňuje hodnotu tlaku nasýtených vodných pár). Preto má krivka mernej vlhkosti podobný tvar ako krivka teploty vzduchu. Amplitúda mernej vlhkosti sa podľa údajov z ERA40 pohybuje pre oblasť Európy okolo 3.7 g.kg^{-1} na hladine 850 hPa a 0.6 g.kg^{-1} na hladine 500 hPa. Pre oblasť Slovenska to je 4.7 g.kg^{-1} na hladine 850 hPa a 0.8 g.kg^{-1} na hladine 500 hPa. Ročný priemer mernej vlhkosti na hladine 850 hPa vypočítaný z údajov ERA 40 je v oblasti Európy 4 g.kg^{-1} a v oblasti Slovenska 4.5 g.kg^{-1} . V 500 hPa hladine to je 0.7 g.kg^{-1} pre Európu a 0.8 g.kg^{-1} pre Slovensko.

Priemer mernej vlhkosti v oblasti Európy aj v oblasti Slovenska (graf 2c) za obdobie 1961-1990 je na oboch hladinách modelom CCCM2000 prevažne nadhodnotený (do 0.5 g.kg^{-1}) oproti údajom z projektu ERA 40. Na Slovensku v 850 hPa hladine nadhodnocuje model CCCM2000 hodnoty mernej vlhkosti vo väčšej miere (až 1.5 g.kg^{-1} v letných mesiacoch).

Pre Európu aj Slovensko predpovedá model CCCM2000 (graf 2e) v 850 hPa a v 500 hPa hladine zvýšenie hodnoty mernej vlhkosti (najmä v letných mesiacoch). V hladine 850 hPa predpokladáme nárast o 0.2 g.kg^{-1} až 0.6 g.kg^{-1} , na Slovensku až 0.8 g.kg^{-1} , a v hladine 500 hPa predpokladáme nárast maximálne o 0.2 g.kg^{-1} .

Aj pri variabilite mernej vlhkosti (graf 2d) nadhodnocuje model CCCM2000 v oboch výškových hladinách oproti modelu ERA 40. Platí to pre oblasť Slovenska aj Európy (viac v letnom polroku).

Podľa predpovede modelu CCCM2000 môžeme v období 2011-2040 na hladine 850hPa aj na hladine 500 hPa očakávať nárast variability mernej vlhkosti (graf 2f). Nárast na 850 hPa hladine bude väčší a pri svojom maxime v júni až júli dosiahne 0.2 g.kg^{-1} pre Európu a 0.25 g.kg^{-1} pre Slovensko. Druhé maximum v náraste variability sa objavuje v období september až december.

3.1.3 Výsledky pre rýchlosť vetra

Krivka pre veľkosť rýchlosti vetra vo výške a jej variabilitu má tvar sínusoidy s maximom v zimných mesiacoch a s minimom v letných mesiacoch (graf 3a, 3b). Vo všeobecnosti rýchlosť vetra a jej variabilita rastie s výškou.

Na grafe 3c vidíme ako dobre reprezentuje model CCCM2000 ročný chod rýchlosti vetra na 3 vertikálnych hladinách: 850 hPa, 500 hPa, 200 hPa. Najvýraznejšia je nadhodnocovanie rýchlosti vetra modelom CCCM2000 v 850 hPa hladine pre oblasť Slovenska (miestami až 3 m/s) a podhodnocovanie v 500 hPa hladine pre oblasť Európy (minimálne -3.3 m/s) oproti modelu ERA 40.

V období 2011-2040 (graf 3e) čakáme pokles rýchlosti vetra vo všetkých výškových hladinách v mesiaci február a následné zvýšenie rýchlosti vetra v mesiacoch marec a apríl. Väčší nárast rýchlosti v druhej polovici roka predpokladáme pre Slovensko v 200 hPa a 500 hPa hladine a pre Európu v 200 hPa hladine. Najväčší nárast vidíme v 200 hPa hladine pre oblasť Slovenska s 3 maximami: marec: $+3 \text{ m/s}$, august: $+2.1 \text{ m/s}$ a október: $+2.1 \text{ m/s}$.

Variabilita rýchlosti vetra je modelom CCCM2000 oproti modelu ERA 40 prevažne podhodnocovaná. (graf 3d). Väčšiu variabilitu udáva model CCCM2000 len pre oblasť Slovenska v 850 hPa hladine.

V predpovedi modelu CCCM2000 (graf 3f) je zaujímavý výrazný pokles variability v mesiaci jún v hladinách 200 hPa a 500 hPa. Nárast variability očakávame hlavne v 200 hPa hladine v jarných mesiacoch v mesiaci júl, august a november, december.

3.2 Distribučné krivky

Detailnejšie môžeme analyzovať štatistickú štruktúru meteorologických prvkov pomocou distribučných kriviek. V tomto článku uvádzame distribučné krivky len pre oblasť Slovenska v hladine 850 hPa (grafy 4,5,6). Pripojili sme k nim aj tabuľky základných opisných charakteristík (tabuľky 1,2,3).

3.2.1 Výsledky pre teplotu vzduchu

Teplota vzduchu má normálne štatistické rozdelenie (graf 4, tabuľka 1). Pri porovnaní rozdelení pre model CCCM2000 a model ERA 40 vidíme, že hlavný rozdiel medzi nimi je v strednej hodnote a v štandardnej odchýlke. Detaily sú spomenuté v časti 3.1.1. Charakteristiky šikmost' a špicatosť nám hovoria viac o tvare rozdelenie. V našom prípade má teplota vzduchu väčšinou zápornú šikmost' pre oba modely. Nápadný rozdiel medzi modelmi v šikmosti pozorujeme v zime, kde sú údaje z modelu CCCM 2000 viac zošikmené. Špicatosť je pre oba modely podobná. Podľa modelu CCCM 2000 sa tvar rozdelenia teploty vzduchu v období 2011-2040 veľmi nezmení. Pozorujeme len posun celej krivky doprava k vyšším hodnotám (väčšia priemerná hodnota) a dochádza k miernej zmene šírky rozdelenia (na jar nárast v ostatných obdobiach pokles).

3.2.2 Výsledky pre mernú vlhkosť

Rozdelenie mernej vlhkosti (graf 5, tabuľka.2) môžeme dobre aproximovať Weibullovým rozdelením. Toto rozdelenie má význam pri teórii extrémnych hodnôt, kde sa pracuje so štatistikou extrémnych odchýlok od mediánu. Preto je vhodné pre spracovávanie údajov o vetre a mernej vlhkosti. Rozdelenie je určené dvomi, prípadne tromi parametrami, rozmerovým parametrom (a), koeficientom určujúci tvar rozdelenia (b) a prípadne pozičný parameter (p_0). V prípade, že poznáme strednú hodnotu $E(x)$, potom rozmerový parameter (a) môžeme určiť $a = ((E(x) - p_0) / \Gamma(1 + 1/b))$, v prípade, že poznáme najpravdepodobnejšiu hodnotu (c), potom, $a = ((c - p_0) / (1 - 1/b)^{1/b})$, kde Γ je gama funkcia. Pre názornosť uvádzame graf č.7, kde sú distribučné krivky mernej vlhkosti ofitované Weibullovým rozdelením. Rozdelenie pre mernú vlhkosť je kladne zošikmené. Ak porovnáme rozdelenie pre model CCCM2000 a model ERA 40 zistíme, že sa distribučné krivky líšia. Už sme spomenuli (3.1.2), že model CCCM 2000 mernú vlhkosť aj jej variabilitu nadhodnocuje. Údaje z projektu ERA 40 majú väčšiu šikmost' ako údaje z modelu CCCM 2000 (najviac v lete). Špicatosť je väčšia pre model ERA 40 v zime a na jar a menšia v lete a na jeseň. Model CCCM 2000 predpovedá nárast priemernej hodnoty mernej vlhkosti a jej variability v období 2011-2040 oproti obdobiu 1961-1990 (3.1.2). Najväčší nárast očakávame v lete (súvisí s vyššími teplotami vzduchu). Výraznejšie vzrastie šikmost' rozdelenia v zime a na jar. Špicatosť sa má zmenšiť, len na jar má prísť k miernemu nárastu.

3.2.3 Výsledky pre rýchlosť vetra

Rozdelenie veľkosti rýchlosti vetra má podobný tvar (graf 6, tabuľka 3) ako rozdelenie mernej vlhkosti, aproximujeme ho Weibullovým rozdelením. Rozdelenie pre rýchlosť vetra je kladne zošikmené.

Distribučné krivky modelov sú odlišné v priemernej hodnote a v štandardnej odchýlke. Obe charakteristiky sú väčšie pre model CCCM 2000 (maximálne rozdiely – priemer: zima 2.6 m.s^{-1} , štandardná odchýlka: jar 0.8 m.s^{-1}). Ale odlišnosť vidíme aj na šikmosti a špicatosť. Údaje z modelu ERA 40 sú viac zošikmené a majú vyššiu špicatosť.

Model CCCM 2000 predpovedá nárast priemernej hodnoty rýchlosti vetra na jar (0.5 m.s^{-1}) a mierne v jeseni (0.1 m.s^{-1}) a pokles v zime (-0.5 m.s^{-1}) a v lete (-0.3 m.s^{-1}). Zmena vo variabilite je výrazná len na jar (0.3 m.s^{-1}). Ku zmene šikmosti a špicatosťi dojde len v malej miere.

3.3 Kvantilové charakteristiky

Výskyt vybraných hodnôt prvků, frekvenciu jeho možného výskytu, nám môžu charakterizovať vybrané kvantily. V tejto časti uvádzame zmeny medzi obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 pre horný a dolný decil (výskyt raz za 10 rokov) vybraných prvků vo výške 850 hPa a 500 hPa pre ročné obdobia. Tieto charakteristiky nám priblížia zmeny v extrémalných hodnotách (minimum a maximum) vybraných prvků.

3.3.1 Výsledky pre teplotu vzduchu

Z obrázků 1a-4b a z ďalších analýz, ktoré popisujú teplotné zmeny vo výške 850 hPa je zrejme, že najväčšie zmeny, ktoré sa dotknú Slovenska, sa dajú očakávať v jarných mesiacoch (najme v marci). V tomto období sa očakáva zvýšenie teploty pre dolný decil v priemere o 1.8°C (v mesiaci marec až o 2.5°C). Horný decil nezaostane za spodným a tiež sa v priemere zvýši o 1.8°C. Oteplenie, ktoré sa očakáva v tejto hladine pre priemer (+1.5°C), ide v zhode s posunom pozorovaným pre horný a dolný decil. V letnom období sú podobné tendencie ako v jari, len s tým rozdielom, že posun pri deciloch a priemere je o 1.3°C. Jesenné obdobie je charakterizované mierne väčším nárastom teplôt v oblasti horného decilu, čím sa znižuje špicatosť rozdelenia. V zimnom období sa v oblasti decilov očakáva v období 2011-2040 nárast 0.8°C pre dolný decil a 1.2°C pre horný decil. Celkovo pre celý rok, vyzerá že normálne rozdelenie bude len posunuté smerom k vyšším teplotám a to o cca. 1.2°C.

V 500 hPa (obrázky k tejto hladine nie sú uvedené) je situácia veľmi podobná, dochádza k zvýšeniu teplôt v dolnom a hornom decile, s tým rozdielom, že oteplenie pre horný decil je väčšie ako v dolnom decile.

3.3.2 Výsledky pre mernú vlhkosť

Zmeny v mernej vlhkosti sú výrazné, obr. 4a-8b. V hladine 850 hPa dochádza počas teplého (chladného) polroka k výraznému navýšeniu horného decilu, až o $8 \times 10^{-4} \text{ kg.kg}^{-1}$ ($6.5 \times 10^{-4} \text{ kg.kg}^{-1}$) mernej vlhkosti. Nárast je pozorovaný aj v oblasti spodného decilu, ale len v priemere $1 \times 10^{-4} \text{ kg.kg}^{-1}$ ($2.5 \times 10^{-4} \text{ kg.kg}^{-1}$). Tieto zmeny súvisia s tým, že merná vlhkosť narastá exponenciálne s teplotou. Takže očakávané zmeny sú v súlade so zmenami teploty. Tento fakt nás vedie k očakávaniu výraznejších zrážkových úhrnov. Pre zaujímavosť na obr. 11a-b sme zobrazili dolný decil mernej vlhkosti pre mesiace apríl a máj. Zaujímavé je priestorové rozloženie poklesov a nárastov mernej vlhkosti.

V hladine 500 hPa (obrázky k tejto hladine nie sú uvedené) je obdobná, ale nárasty sú menšie ako v hladine 850 hPa. Zase je zrejme asymetria v náraste horného a dolného decilu.

3.3.3 Výsledky pre rýchlosť vetra

Pri rýchlosti vetra je situácia viac premenlivá. V hladine 850 hPa, obr. 9a-10a sú znázornené zmeny prúdenia v porovnávaných 30 ročných obdobiach. Pre studený polrok celkovo dostávame pokles rýchlosti nad územím Slovenska. Pri hornom decile dochádza k poklesu od -0.3 m.s^{-1} po -0.5 m.s^{-1} , pri dolnom decile je zmena nesignifikantná. V teplom polroku sledujeme pre dolný decil tiež pokles rýchlosti (-0.2 m.s^{-1}), naopak pre horný decil pozorujeme nárast ($+0.6 \text{ m.s}^{-1}$). Z obr. 10a je zrejme, že letné obdobie spôsobuje pokles pre dolný decil.

Na hladine 500 hPa (obr. 11a-11b) v zimnom polroku je situácia podobná ako pri 850 hPa hladine. V teplom polroku (obr. 12a-13a) dominujú nárasty (dolný decil: $0.2-0.4 \text{ m.s}^{-1}$, horný decil: $1.3-1.5 \text{ m.s}^{-1}$), spôsobené hlavne cirkuláciou v jarnom období, obr. 13a.

4. DISKUSIA

4.1 Teplota vzduchu

Z uvedených výstupov vyplýva, že rozdiely medzi rozdelením teploty vzduchu pre údaje z model CCCM 2000 a ERA 40 sú hlavne v odlišnej priemernej hodnote a štandardnej odchýlke. Tvar distribučnej krivky je približne normálny. Tento výsledok podporuje metódu downscalingu, pri ktorej sa údaje z modelu CCCM 2000 upravujú tak, aby mali rovnakú priemernú hodnotu a štandardnú odchýlku (pre každý deň v roku) ako namerané údaje v rovnakom období rokov. Táto oprava (posun priemeru a násobenie štandardnej odchýlky) sa potom aplikuje aj na výstupy z modelu, ktoré popisujú budúcnosť.

Táto metóda dokáže opraviť aj deformovaný ročný chod štandardnej odchýlky, ktorý udáva model CCCM 2000. Ide o vznik sekundárneho maxima v mesiacoch marec až apríl, ktorý je spôsobený výrazným podhodnotením variability teploty vzduchu v zimných mesiacoch (graf 1f).

Model CCCM 2000 predpovedá na oboch hladinách (850 hPa, 500 hPa) a v oboch oblastiach (Slovensko, Európa) zvýšenie teploty vzduchu počas celého roka. V 500 hPa hladine v ročnom priemere o okolo 1.5°C a v 850 hPa hladine okolo 1.2 °C v oboch oblastiach. Táto zmena je spôsobená globálnym otepľovaním pri vybranom scenári emisie skleníkových plynov (A2). Z priemernou hodnotou teploty sa bude pravdepodobne meniť aj jej štandardná odchýlka, prevažne pôjde o nárast. Zaujímavý je predpokladaný pokles variability na Slovensku v 850 hPa hladine v mesiaci apríl. Neočakávame zmenu tvaru distribučnej krivky (šikmosť a špicatosť). Toto podporujú aj výsledky pre horný a dolný decil, ktoré sa zvýšia približne o rovnakú hodnotu.

4.2 Merná vlhkosť

Výsledky ukazujú, že distribučná krivka pre model CCCM 2000 sa od distribučnej krivky pre model ERA 40 nelíši len v priemernej hodnote a štandardnej odchýlke (nadhodnotenie hlavne v letnom polroku), ale sú badateľné rozdiely aj v špicatosti a šikmosti rozdelenia. Údaje z projektu ERA 40 majú väčšiu šikmosť ako údaje z modelu CCCM 2000 (najviac v lete). Špicatosť je väčšia pre model ERA 40 v zime a na jar a menšia v lete a na jeseň. Tento fakt komplikuje downscaling údajov z modelu CCCM 2000. V tomto prípade už nestačí použiť jednoduchú opravu priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky, ale mala by sa použiť sofistikovanejšia metóda. Jednou z možností je použitie dynamickej adaptácie, ktorá je založená na zjednodušenom lokálnom numerickom modeli z detailnejším rozlíšením.

Pre mernú vlhkosť predpovedá model CCCM 2000 hlavne zmenu priemernej hodnoty v období 2011-2040 oproti obdobiu 1961-1990. V hladine 850 hPa predpokladáme nárast o 0.2 g.kg⁻¹ až 0.6 g.kg⁻¹, na Slovensku až 0.8 g.kg⁻¹, a v hladine 500 hPa predpokladáme nárast maximálne o 0.2 g.kg⁻¹. Nárast je väčší v letných mesiacoch. Súvisí to s tým, že množstvo vlhkosti, ktoré môže atmosféra udržať závisí exponenciálne od teploty vzduchu, a preto ak dojde k nárastu teploty vzduchu o určitú hodnotu pri vyššej teplote, tak sa zvýši potenciálne množstvo vlhkosti v atmosfére viac ako pri rovnakom zvýšení teploty pri nižšej teplote. Väčšie hodnoty mernej vlhkosti v atmosfére sú dobrým predpokladom pre zvýšenie úhrnov zrážok, ktorý možno očakávať najmä v letnom polroku.

Variabilita mernej vlhkosti sa tiež zvýši. Nárast na 850 hPa hladine bude väčší ako na 500 hPa hladine a pri svojom maxime v júni až júli dosiahne 0.2 g.kg⁻¹ pre Európu a 0.25 g.kg⁻¹ pre Slovensko. Nárast variability súvisí aj s očakávaným výraznejším zvýšením hodnoty horného decilu oproti zvýšeniu hodnoty spodného decilu. V hladine 850 hPa dochádza počas teplého (chladného) polroka k výraznému navýšeniu horného decilu, až o 0.8 g.kg⁻¹ (0.65 g.kg⁻¹) mernej vlhkosti. Nárast je pozorovaný aj v oblasti spodného decilu, ale len v priemere 0.1 g.kg⁻¹ (0.25 g.kg⁻¹).

Tvar rozdelenia sa podobne ako pri teplote vzduchu veľmi nezmení. Podstatnejšie vzrastie šikmosť rozdelenia v zime a na jar. Špicatosť sa má zmenšiť, len na jar má prísť k miernemu nárastu.

4.3 Rýchlosť vetra

Podobne ako pri mernej vlhkosti pozorujeme, že výstupy veľkosti rýchlosti vetra z modelu CCCM 2000 majú iný tvar rozdelenia (šikmosť a špicatosť) ako výstupy z modelu ERA 40. Výstupy sa líšia aj v priemernej hodnote a v vo variabilite. Preto aj pri rýchlosti vetra navrhujeme downscaling pomocou dynamickej adaptácie.

Distribučné krivky pre rýchlosť vetra a mernú vlhkosť majú asymetrické rozdelenie, aproximujeme ho Weibullovým rozdelením. Takéto rozdelenie je komplikovanejšie ako rozdelenie teploty vzduchu (normálne). Predpovedať prvky s takýmto rozdelením je pre model CCCM 2000 pravdepodobne náročnejšie.

Podľa modelu CCCM 2000 očakávame v období 2011-2040 zmeny rýchlosti vetra oproti obdobiu 1961-1990. Na Slovensku v 850 hPa hladine predpovedá model CCCM 2000 nárast priemernej hodnoty rýchlosti vetra na jar (0.5 m.s^{-1}) a mierne v jeseni (0.1 m.s^{-1}) a pokles v zime (-0.5 m.s^{-1}) a v lete (-0.3 m.s^{-1}). Pozoruhodný je pokles rýchlosti vetra vo všetkých výškových hladinách v mesiaci február a následné zvýšenie rýchlosti vetra v mesiacoch marec a apríl.

V predpovedi modelu CCCM2000 je zaujímavý výrazný pokles variability v mesiaci jún v hladinách 200 hPa a 500 hPa. Nárast variability očakávame hlavne v 200 hPa hladine v jarných mesiacoch v mesiaci júl, august a november, december.

Ku zmene šikmosti a špicatosti dojde len v malej miere. Kvantilové charakteristiky sa budú meniť najmä v letnom polroku, kedy vzrastie hlavne hodnota horného decilu. V zimnom polroku prevažuje pokles hodnôt horného decilu. Zmenu sú markantnejšie vo vyšších hladinách.

5. ZÁVER

Porovnali sme výstupy pre model CCCM 2000 a model ERA 40 za obdobie 1961-1990. Údaje z projektu ERA 40 dobre reprezentujú skutočné namerané hodnoty meteorologických prvkov a slúžili nám ako referenčný stav pri hodnotení modelu CCCM 2000. V predpovedaní výškových polí vybraných meteorologických polí má model CCCM 2000 svoje nedostatky. Pri teplote vzduchu pozorujeme rozdiely hlavne v priemerných hodnotách a v štandardných odchýlkach. Tento nedostatok sa dá pomerne ľahko opraviť jednoduchým downscalingom, pri ktorom sa na základe nameraných dát upraví priemerná hodnota a štandardná odchýlka výstupov teploty z modelu CCCM 2000. Pre mernú vlhkosť a veľkosť rýchlosti vetra sa líšia rozdelenia aj svojim tvarom (šikmosť a špicatosť), preto navrhujeme pri týchto prvkoch downscaling pomocou dynamickej adaptácie (zjednodušený numerický model s detailnejším rozlíšením).

Model CCCM 2000 predpovedá na obdobie 2011-2040 nárast teploty vzduchu (500 hPa: 1.5°C , 850 hPa: 1.2°C) a jej variability, s tým je spojený aj nárast mernej vlhkosti (v hladine 850 hPa nárast o 0.2 g.kg^{-1} až 0.6 g.kg^{-1} , na Slovensku až 0.8 g.kg^{-1}) a jej variability oproti obdobiu 1961-1990. Merná vlhkosť narastie vo väčšej miere v letnom polroku, čo je spôsobené exponenciálnou závislosťou tlaku nasýtených vodných pár od teploty vzduchu. Zmeny v poli rýchlosti vetra sú zložitejšie. Na Slovensku v 850 hPa hladine očakávame nárast hodnôt na jar (0.5 m.s^{-1}) a mierne v jeseni (0.1 m.s^{-1}) a pokles v zime (-0.5 m.s^{-1}) a v lete (-0.3 m.s^{-1}).

Celkovo môžeme konštatovať, že tvar rozdelenia (šikmosť a špicatosť) vybraných prvkov sa podľa predpovede modelu CCCM 2000 veľmi nemení.

PodĎakovanie Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky na základe Zmluvy č. APVT-20-018804

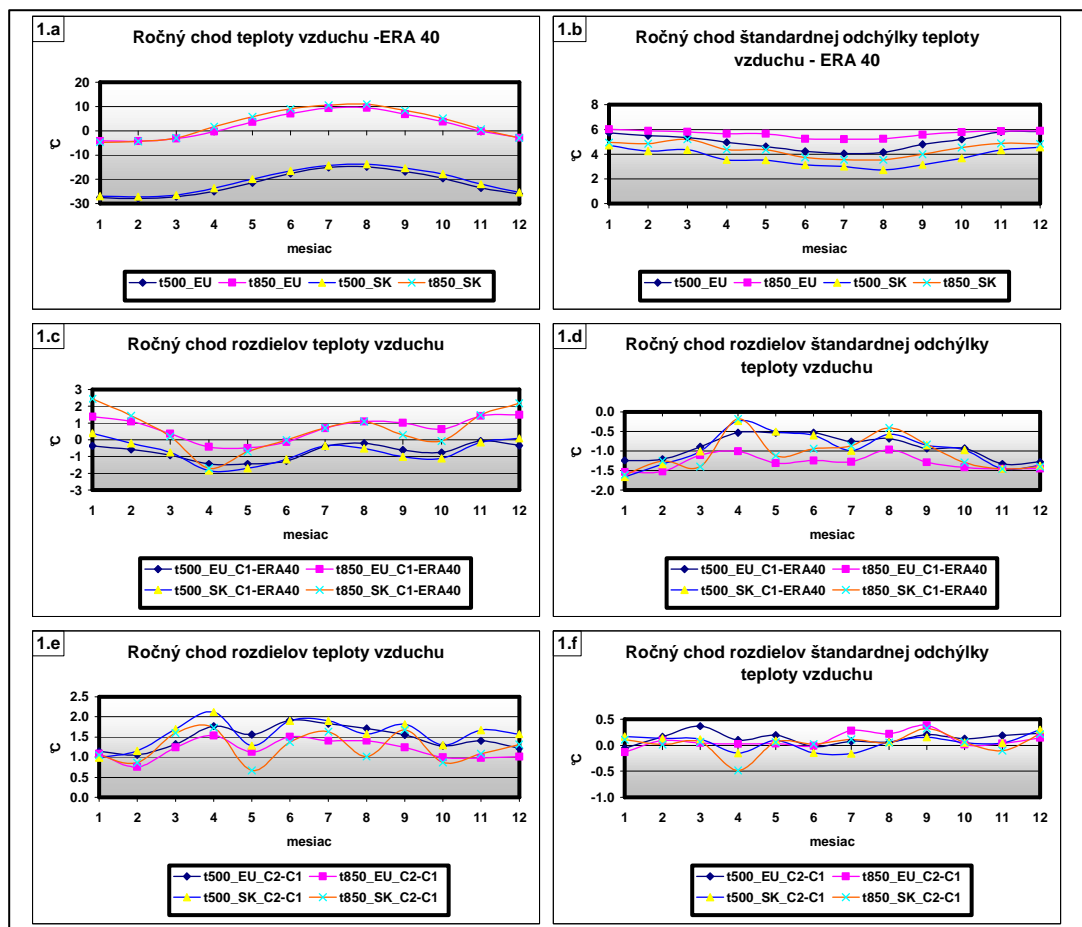
6. LITERATURA:

[1] Petrovič, Š. (ed.) a kol., 1969: Podnebí ČSSR. Souborná studie. Hydrometeorologický ústav, Praha, 357 s.

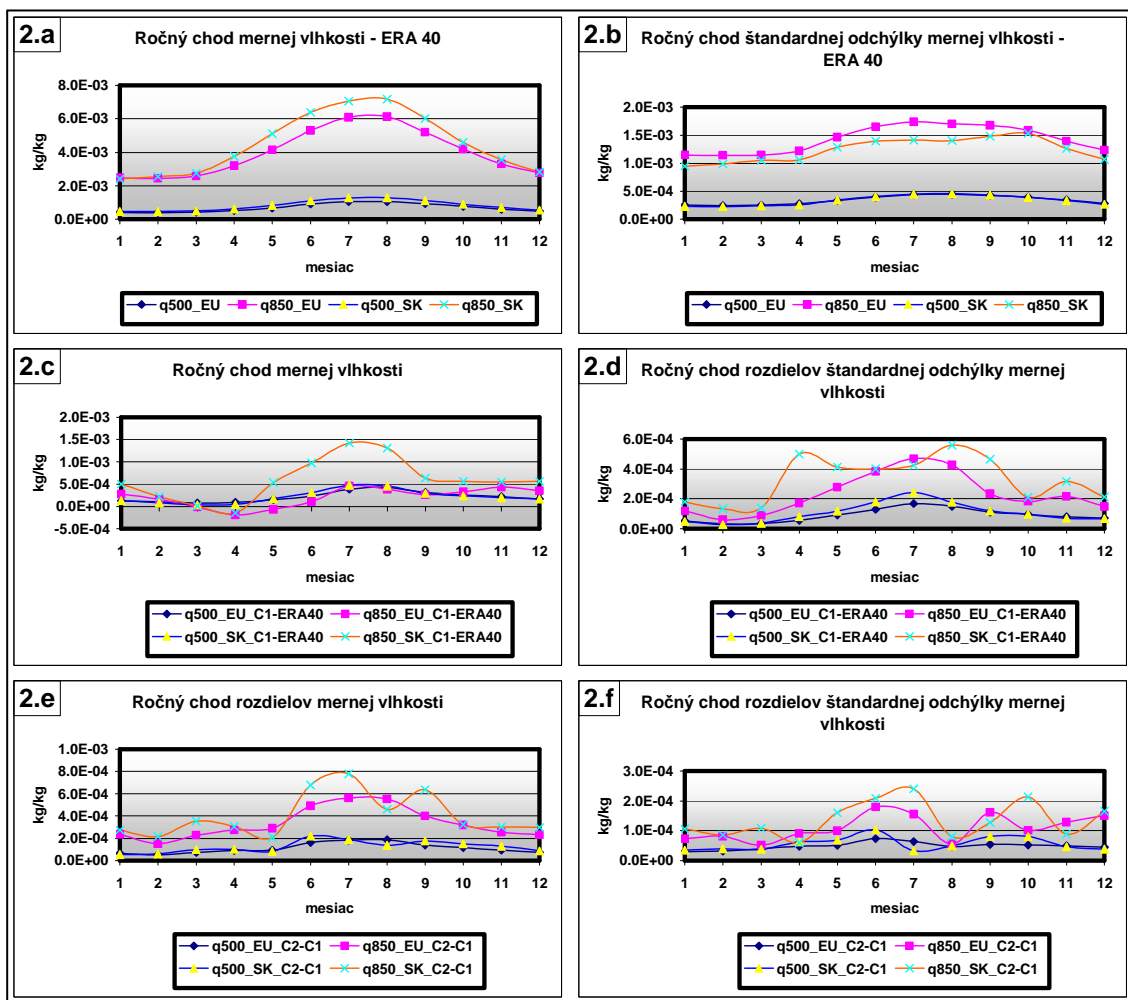
[2] Gera M., Damborská I., Martíni M, 11. november 2004, Analýza zmien prúdenia vzduchu v 500 hPa hladine s využitím výstupov ERA-40 a CCCM 2000, Zborník príspevkov, 7. Konferencia mladých meteorológov a klimatológov, organizátor: Slovenská meteorologická spoločnosť, Bratislava, rozsah 12str., ISBN 80-88907-79-7

[3] M. Lapin, M. Melo, I. Damborská, M. Gera, 11.3.04, Scenáre úhrnov zrážok počas extrémnych zrážkových situácií na Slovensku, Zborník, pp.18, ISBN 80-86690-12-1

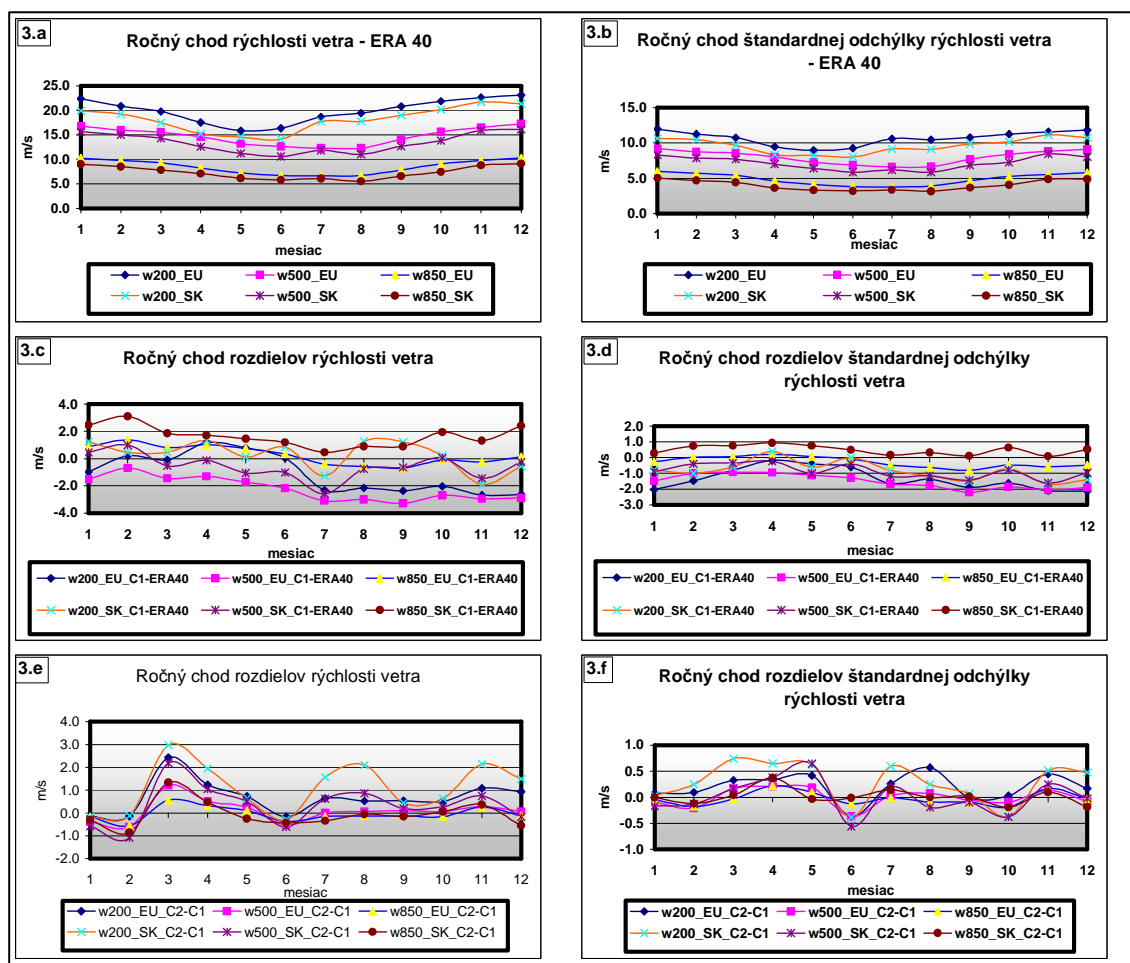
7. PRÍLOHA



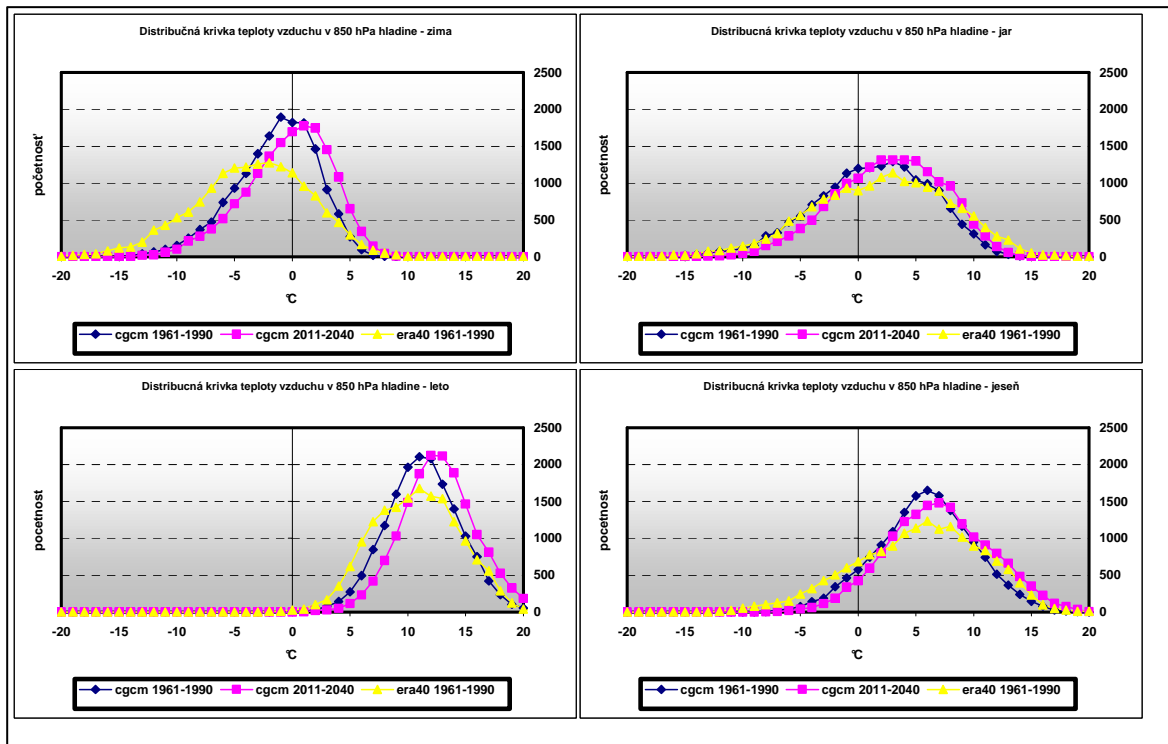
Grafy **1a-1f** Ročný chod priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky **teploty vzduchu** v 850 hPa hladine a 500 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (1a-1b) a ročný chod rozdielov priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky **teploty vzduchu** v 850 hPa hladine a 500 hPa hladine (1c-1f). Vysvetlivky: C1 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 1961-1990, C2 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 2011-2040, ERA40 – údaje z modelu ERA 40 pre obdobie 1961-1990, SK – oblasť Slovenska, EU – oblasť Európy, 500 – 500 hPa hladina, 850 – 850 hPa hladina.



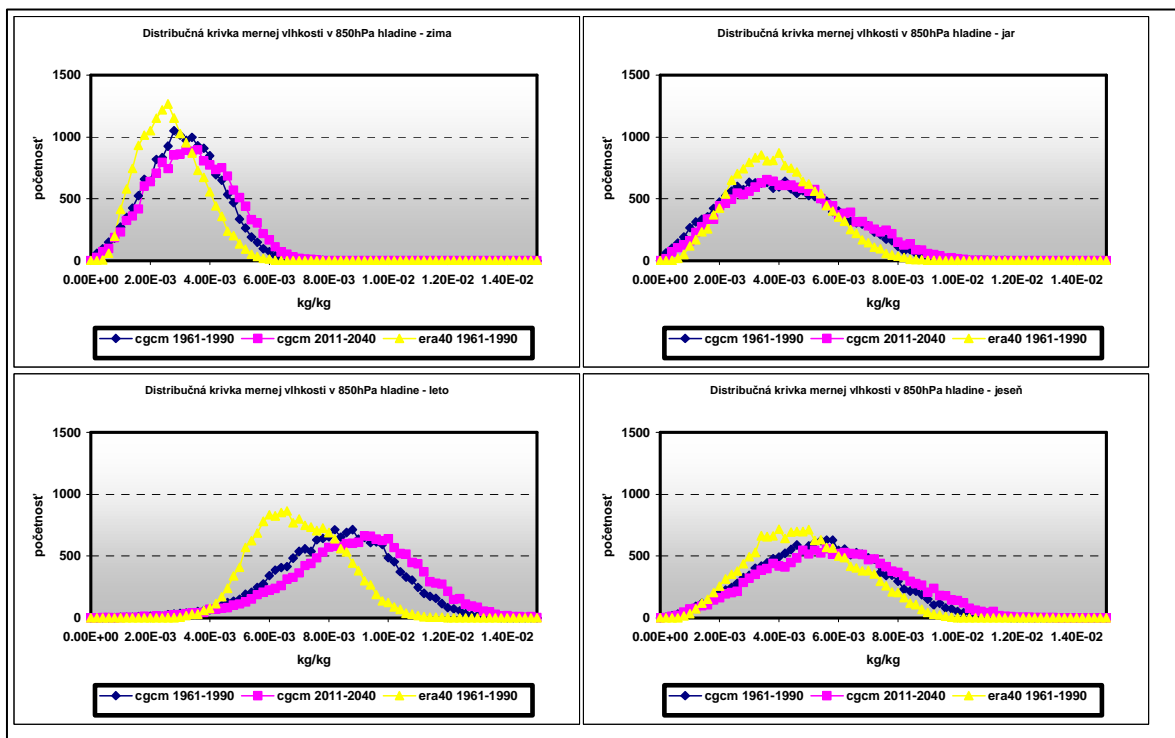
Grafy 2a-2f Ročný chod priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky **mernej vlhkosti** v 850 hPa hladine a 500 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (2a-2b) a ročný chod rozdielov priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky **mernej vlhkosti** v 850 hPa hladine a 500 hPa hladine (2c-2f). Vysvetlivky: C1 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 1961-1990, C2 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 2011-2040, ERA40 – údaje z modelu ERA 40 pre obdobie 1961-1990, SK – oblasť Slovenska, EU – oblasť Európy, 500 – 500 hPa hladina, 850 – 850 hPa hladina.



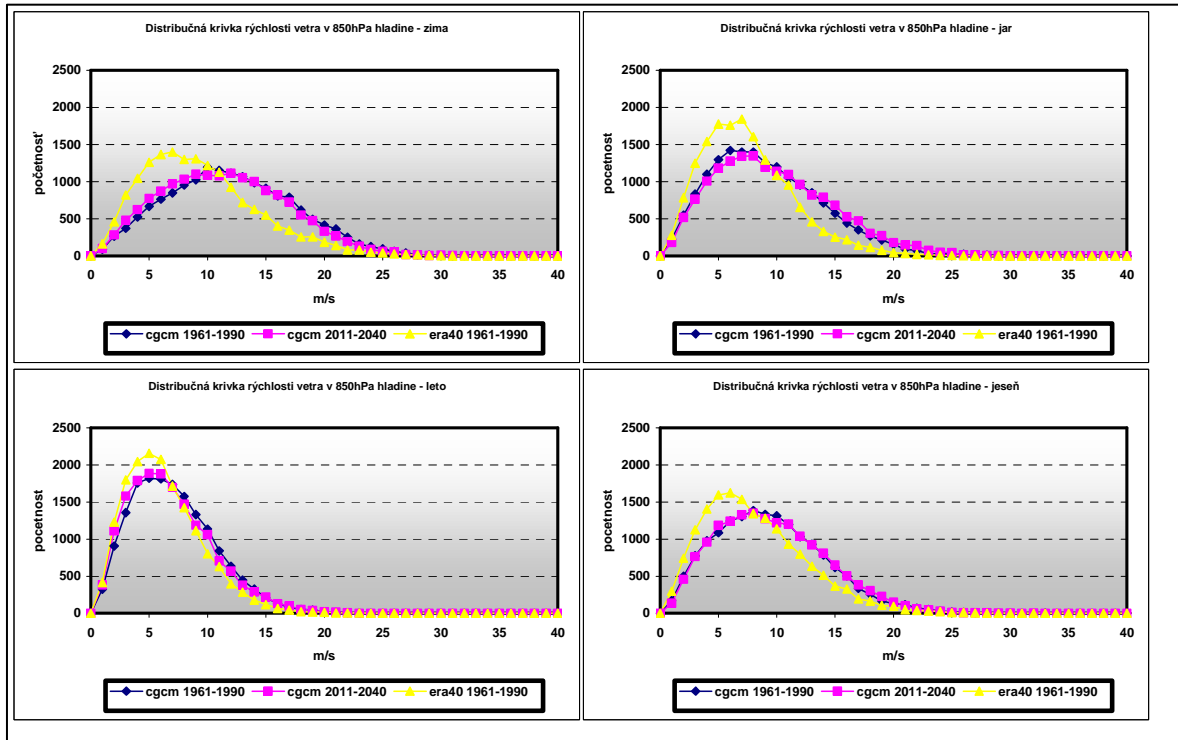
Grafy **3a-3f** Ročný chod priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky veľkosti **rýchlosti vetra** v 850 hPa ,500 hPa a 200 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (3a-3b) a ročný chod rozdielov priemernej hodnoty a štandardnej odchýlky veľkosti **rýchlosti vetra** v 850 hPa ,500 hPa a 200 hPa (3c-3f). Vysvetlivky: C1 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 1961-1990, C2 – údaje z modelu CCCM 2000 pre obdobie 2011-2040, ERA40 – údaje z modelu ERA 40 pre obdobie 1961-1990, SK – oblasť Slovenska, EU – oblasť Európy, 500 – 500 hPa hladina, 850 – 850 hPa hladina, 200 -200 hPa hladina.



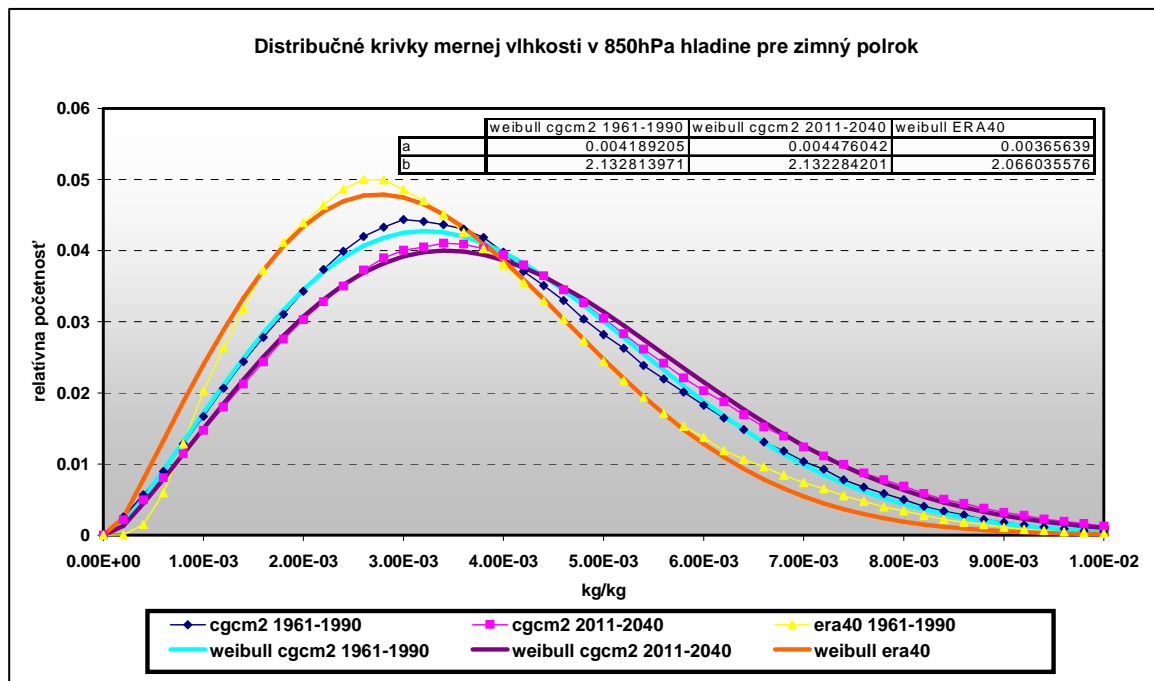
Graf 4 Distribučné krivky **teploty vzduchu** v 850 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (obdobie 1961-1990) a z modelu CCCM 2000 (obdobie 1961-1990 a obdobie 2011-2040) v oblasti Slovensko pre ročné obdobia zima – jeseň.



Graf 5 Distribučné krivky **mernej vlhkosti** v 850hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (obdobie 1961-1990) a z modelu CCCM 2000 (obdobie 1961-1990 a obdobie 2011-2040) v oblasti Slovensko pre ročné obdobia zima – jeseň.



Graf 6 Distribučné krivky veľkosti **rýchlosti vetra** v 850 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (obdobie 1961-1990) a z modelu CCCM 2000 (obdobie 1961-1990 a obdobie 2011-2040) v oblasti Slovensko pre ročné obdobia zima – jeseň.



Graf 7 Distribučné krivky mernej vlhkosti v 850 hPa hladine pre údaje z projektu ERA40 (obdobie 1961-1990) a z modelu CCCM 2000 (obdobie 1961-1990 a obdobie 2011-2040) v oblasti Európy pre zimný polrok ofitované Weibulloým rozdelením.

teplota vzduchu - SK [°C]	priemer	minimum	maximum	št. o dchýlka	šikmosť	špicatosť
cgcm2 1961-1990 850hPa zima	-1.97	-16.03	7.62	3.56	-0.53	0.14
cgcm2 2011-2040 850hPa zima	-0.89	-15.27	9.73	3.71	-0.48	-0.01
ERA40 1961-1990 850hPa zima	-4.01	-23.04	13.32	4.93	-0.27	-0.05
cgcm2 1961-1990 850hPa jar	0.78	-16.25	14.42	5.01	-0.33	-0.13
cgcm2 2011-2040 850hPa jar	2.11	-15.41	14.55	4.66	-0.28	-0.28
ERA40 1961-1990 850hPa jar	1.51	-22.53	18.29	5.92	-0.25	-0.15
cgcm2 1961-1990 850hPa leto	10.80	-2.40	22.89	3.16	-0.03	0.09
cgcm2 2011-2040 850hPa leto	12.14	-0.25	22.98	3.19	0.01	0.07
ERA40 1961-1990 850hPa leto	10.20	-3.31	22.96	3.71	-0.05	-0.39
cgcm2 1961-1990 850hPa jeseň	5.27	-9.29	18.94	4.22	-0.14	-0.05
cgcm2 2011-2040 850hPa jeseň	6.48	-8.61	20.24	4.46	0.02	-0.25
ERA40 1961-1990 850hPa jeseň	4.71	-15.20	20.47	5.49	-0.33	-0.25
cgcm2 1961-1990 500hPa zima	-26.35	-37.97	-15.35	3.18	-0.29	0.17
cgcm2 2011-2040 500hPa zima	-25.11	-37.09	-14.92	3.44	-0.37	-0.01
ERA40 1961-1990 500hPa zima	-26.45	-44.89	-14.38	4.59	-0.59	0.35
cgcm2 1961-1990 500hPa jar	-24.77	-37.64	-12.89	4.00	-0.18	-0.26
cgcm2 2011-2040 500hPa jar	-23.07	-38.50	-12.85	3.90	-0.29	-0.15
ERA40 1961-1990 500hPa jar	-23.34	-42.34	-11.23	4.70	-0.53	0.26
cgcm2 1961-1990 500hPa leto	-15.48	-27.67	-7.98	2.68	-0.51	0.44
cgcm2 2011-2040 500hPa leto	-13.68	-24.93	-5.11	2.57	-0.49	0.32
ERA40 1961-1990 500hPa leto	-14.80	-31.25	-6.85	3.16	-0.65	0.54
cgcm2 1961-1990 500hPa jeseň	-19.15	-34.96	-8.14	3.49	-0.39	0.06
cgcm2 2011-2040 500hPa jeseň	-17.56	-31.72	-6.99	3.59	-0.36	0.01
ERA40 1961-1990 500hPa jeseň	-18.39	-39.92	-7.59	4.60	-0.79	0.67

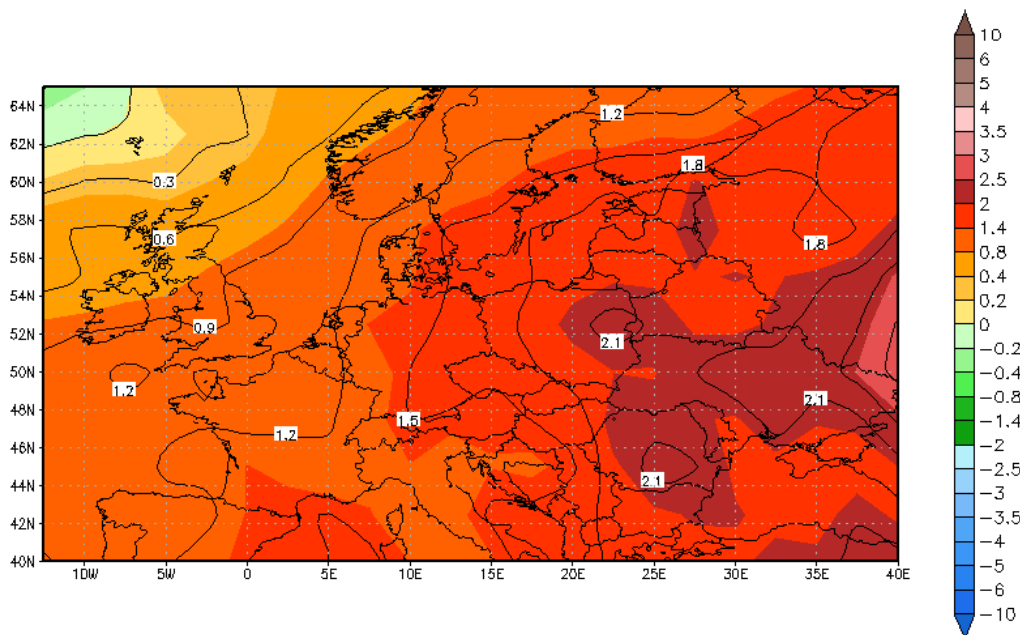
Tabuľka 1 Základné opisné charakteristiky pre **teplotu vzduchu** z modelu CCCM2000 (cgcm2) a ERA40 v 850 hPa a 500 hPa hladine pre ročné obdobia.

merná vlhkosť - SK [kg/kg]	priemer	minimum	maximum	št. odchýlka	šikmosť	špicatosť
cgcm2 1961-1990 850hPa zima	3.03E-03	9.47E-06	7.68E-03	1.21E-03	0.05	-0.38
cgcm2 2011-2040 850hPa zima	3.29E-03	3.05E-06	7.47E-03	1.33E-03	0.10	-0.50
ERA40 1961-1990 850hPa zima	2.59E-03	2.86E-04	6.15E-03	1.02E-03	0.36	-0.36
cgcm2 1961-1990 850hPa jar	4.01E-03	1.54E-06	1.15E-02	1.93E-03	0.28	-0.52
cgcm2 2011-2040 850hPa jar	4.30E-03	4.60E-05	1.09E-02	1.98E-03	0.32	-0.46
ERA40 1961-1990 850hPa jar	3.87E-03	3.66E-04	9.29E-03	1.49E-03	0.31	-0.31
cgcm2 1961-1990 850hPa leto	8.11E-03	4.53E-04	1.52E-02	1.94E-03	-0.34	0.18
cgcm2 2011-2040 850hPa leto	8.75E-03	3.37E-04	1.51E-02	2.10E-03	-0.35	0.16
ERA40 1961-1990 850hPa leto	6.87E-03	2.52E-03	1.18E-02	1.45E-03	0.18	-0.39
cgcm2 1961-1990 850hPa jeseň	5.30E-03	2.63E-05	1.32E-02	2.05E-03	0.11	-0.36
cgcm2 2011-2040 850hPa jeseň	5.72E-03	1.26E-04	1.30E-02	2.24E-03	0.10	-0.49
ERA40 1961-1990 850hPa jeseň	4.72E-03	6.07E-04	1.01E-02	1.75E-03	0.21	-0.54
cgcm2 1961-1990 500hPa zima	6.20E-04	2.58E-06	2.22E-03	3.02E-04	0.59	0.36
cgcm2 2011-2040 500hPa zima	6.87E-04	1.31E-06	2.25E-03	3.41E-04	0.51	-0.03
ERA40 1961-1990 500hPa zima	4.93E-04	4.05E-05	1.79E-03	2.47E-04	0.85	0.77
cgcm2 1961-1990 500hPa jar	7.36E-04	1.54E-06	2.94E-03	4.18E-04	0.87	0.85
cgcm2 2011-2040 500hPa jar	8.30E-04	1.13E-06	3.16E-03	4.66E-04	0.88	0.76
ERA40 1961-1990 500hPa jar	6.53E-04	4.80E-05	2.00E-03	3.16E-04	0.81	0.64
cgcm2 1961-1990 500hPa leto	1.63E-03	2.62E-05	4.02E-03	6.60E-04	0.21	-0.39
cgcm2 2011-2040 500hPa leto	1.81E-03	4.12E-05	4.52E-03	7.13E-04	0.20	-0.36
ERA40 1961-1990 500hPa leto	1.22E-03	1.89E-04	2.89E-03	4.48E-04	0.47	-0.20
cgcm2 1961-1990 500hPa jeseň	1.15E-03	4.07E-06	3.40E-03	5.28E-04	0.49	-0.03
cgcm2 2011-2040 500hPa jeseň	1.30E-03	6.74E-06	3.81E-03	6.01E-04	0.47	-0.16
ERA40 1961-1990 500hPa jeseň	9.10E-04	8.13E-05	2.68E-03	4.23E-04	0.69	0.25

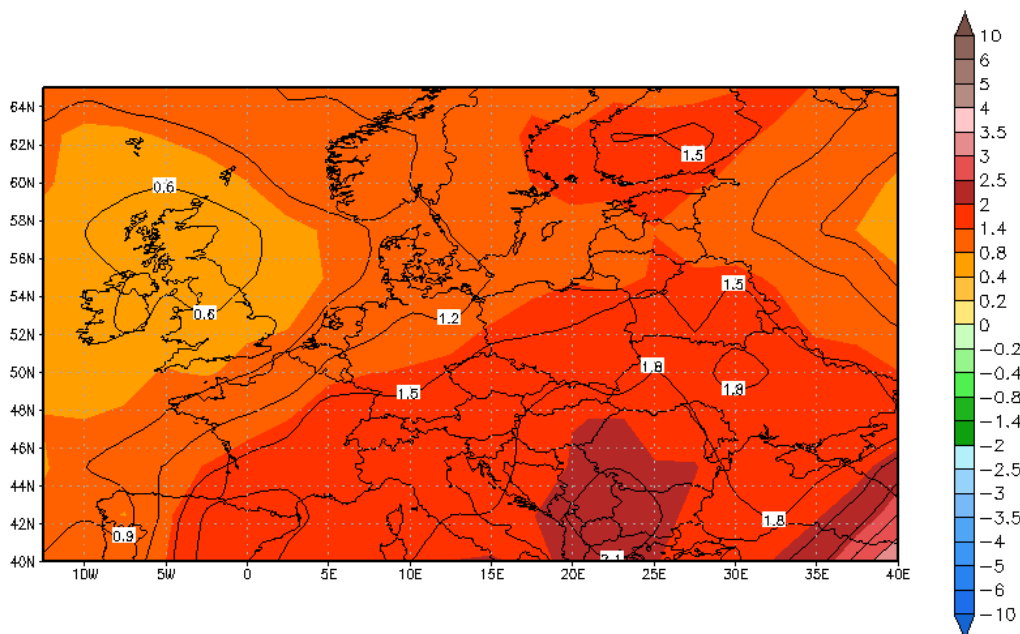
Tabuľka 2 Základné opisné charakteristiky pre **mernú vlhkosť** z modelu CCCM2000 (cgcm2) a ERA40 v 850 hPa a 500 hPa hladine pre ročné obdobia.

rýchlosť vetra - SK [m/s]	priemer	minimum	maximum	št. odchýlka	šikmosť	špicatosť
cgcm2 1961-1990 200 hPa zima	20.57	0.10	59.37	9.56	0.46	0.00
cgcm2 2011-2040 200 hPa zima	20.99	0.14	67.51	9.85	0.45	-0.01
ERA 40 1961-1990 200 hPa zima	20.19	0.17	64.28	10.68	0.58	0.02
cgcm2 1961-1991 200 hPa jar	16.36	0.14	59.17	8.58	0.66	0.02
cgcm2 2011-2041 200 hPa jar	18.22	0.16	58.31	9.43	0.56	0.34
ERA 40 1961-1991 200 hPa jar	15.74	0.06	57.66	8.85	0.72	-0.01
cgcm2 1961-1992 200 hPa leto	16.82	0.14	52.20	8.28	0.49	0.26
cgcm2 2011-2042 200 hPa leto	17.96	0.38	57.11	8.68	0.39	0.07
ERA 40 1961-1992 200 hPa leto	16.55	0.10	50.87	8.94	0.60	-0.27
cgcm2 1961-1993 200 hPa jeseň	20.12	0.40	56.14	9.10	0.36	-0.09
cgcm2 2011-2043 200 hPa jeseň	21.19	0.26	56.90	9.19	0.30	-0.25
ERA 40 1961-1993 200 hPa jeseň	20.26	0.22	61.66	10.44	0.56	-0.28
cgcm2 1961-1994 500 hPa zima	15.97	0.34	46.36	7.29	0.29	-0.33
cgcm2 2011-2044 500 hPa zima	15.38	0.13	44.90	7.19	0.25	-0.45
ERA 40 1961-1994 500 hPa zima	15.60	0.02	47.19	8.07	0.52	-0.13
cgcm2 1961-1995 500 hPa jar	12.10	0.03	45.68	6.72	0.71	0.30
cgcm2 2011-2045 500 hPa jar	13.34	0.05	41.06	7.26	0.53	-0.23
ERA 40 1961-1995 500 hPa jar	12.68	0.08	44.00	7.17	0.73	0.28
cgcm2 1961-1996 500 hPa leto	9.70	0.09	33.18	5.08	0.53	-0.04
cgcm2 2011-2046 500 hPa leto	10.00	0.10	32.26	4.95	0.40	-0.23
ERA 40 1961-1996 500 hPa leto	11.16	0.08	38.38	6.00	0.58	-0.06
cgcm2 1961-1997 500 hPa jeseň	13.45	0.18	40.41	6.36	0.33	-0.27
cgcm2 2011-2047 500 hPa jeseň	13.86	0.05	42.22	6.32	0.29	-0.24
ERA 40 1961-1997 500 hPa jeseň	14.12	0.05	54.05	7.67	0.69	0.33
cgcm2 1961-1998 850 hPa zima	11.54	0.13	36.70	5.39	0.31	-0.30
cgcm2 2011-2048 850 hPa zima	10.98	0.10	31.94	5.28	0.33	-0.33
ERA 40 1961-1998 850 hPa zima	8.90	0.06	34.43	4.89	0.79	0.48
cgcm2 1961-1999 850 hPa jar	8.69	0.06	30.32	4.71	0.65	0.19
cgcm2 2011-2049 850 hPa jar	9.21	0.02	29.06	4.99	0.61	-0.02
ERA 40 1961-1999 850 hPa jar	7.02	0.04	28.27	3.89	0.88	0.97
cgcm2 1961-2000 850 hPa leto	6.61	0.06	22.62	3.56	0.69	0.38
cgcm2 2011-2050 850 hPa leto	6.34	0.03	25.06	3.61	0.79	0.51
ERA 40 1961-2000 850 hPa leto	5.78	0.05	25.78	3.24	0.88	1.05
cgcm2 1961-2001 850 hPa jeseň	8.98	0.03	32.77	4.65	0.59	0.30
cgcm2 2011-2051 850 hPa jeseň	9.07	0.09	32.14	4.67	0.56	0.14
ERA 40 1961-2001 850 hPa jeseň	7.60	0.05	29.12	4.34	0.81	0.59

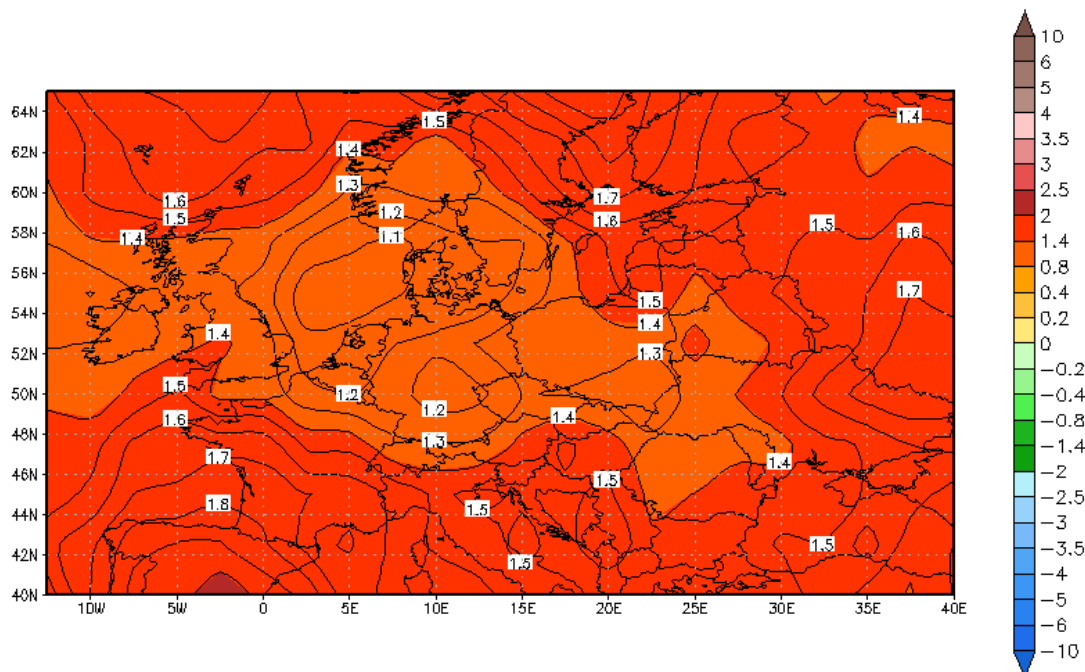
Tabuľka 3 Základné opisné charakteristiky pre veľkosť **rýchlosti vetra** z modelu CCCM2000 (cgcm2) a ERA40 v 850 hPa, 500 hPa a 200 hPa hladine pre ročné obdobia.



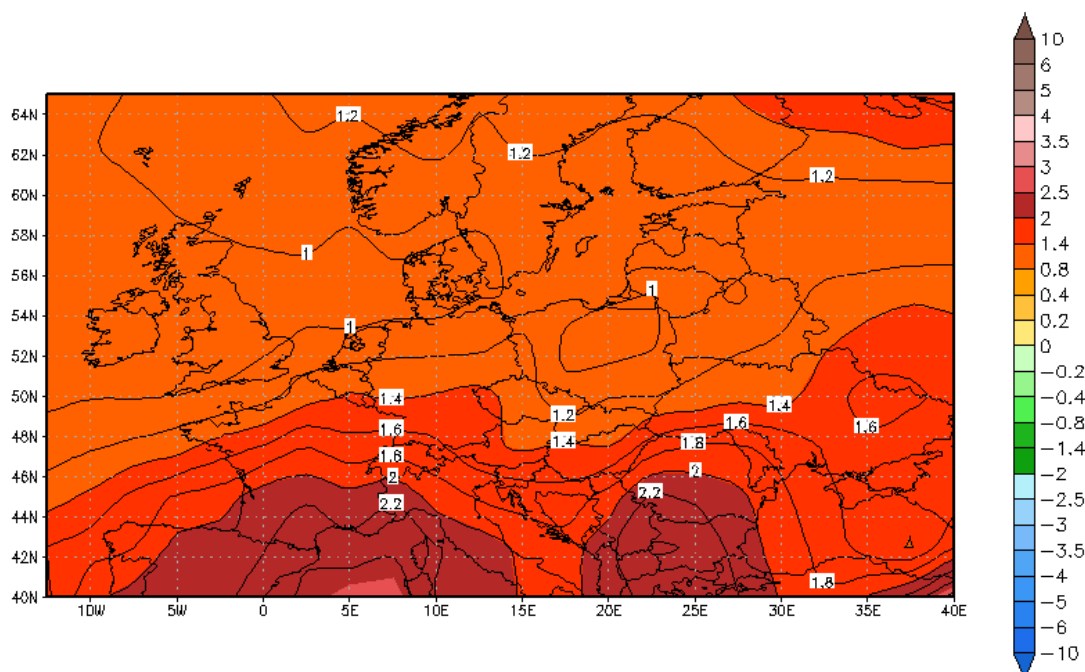
Obr.1a Dolný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v jari, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



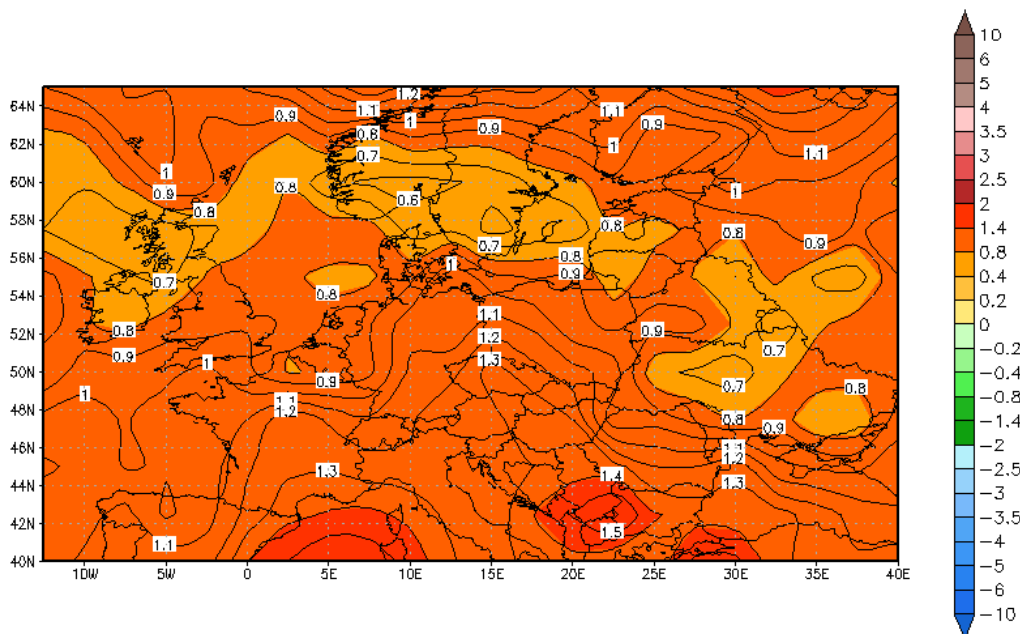
Obr.1b Horný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v jari, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



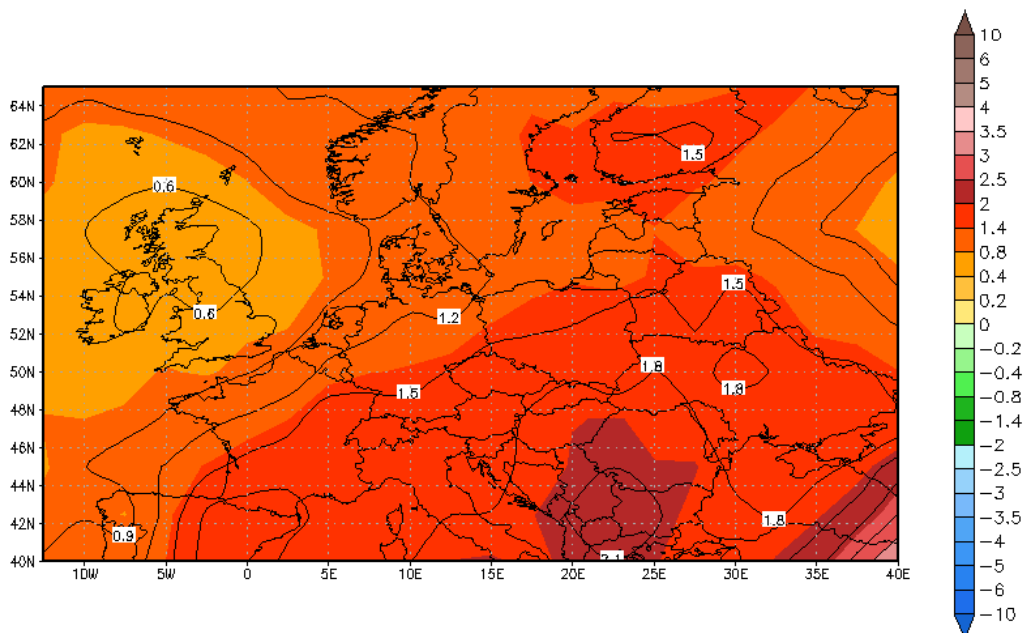
Obr.2a Dolný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v lete, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



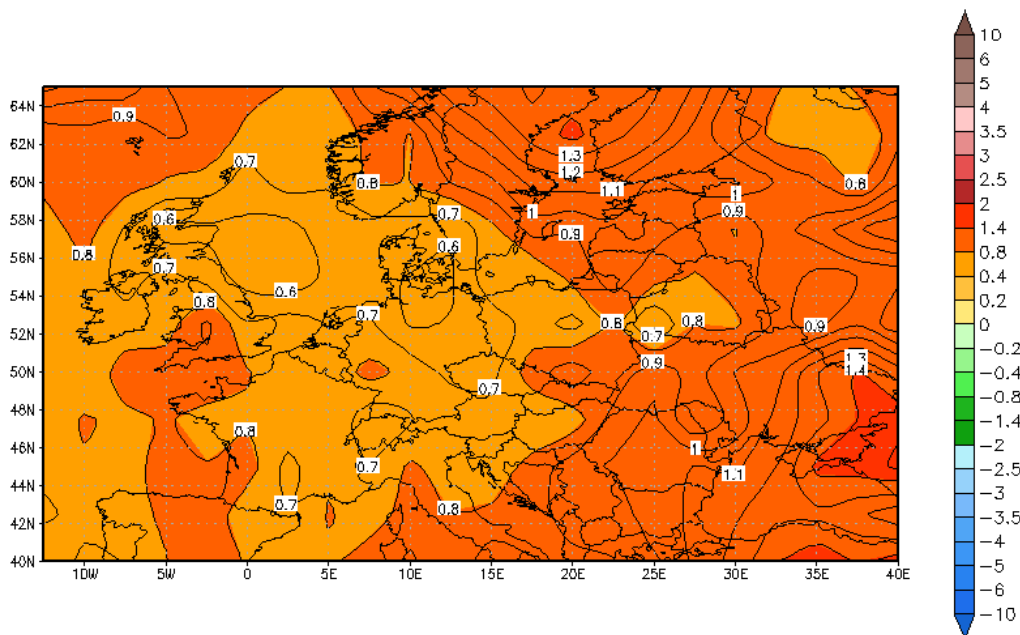
Obr.2b Horný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v lete, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



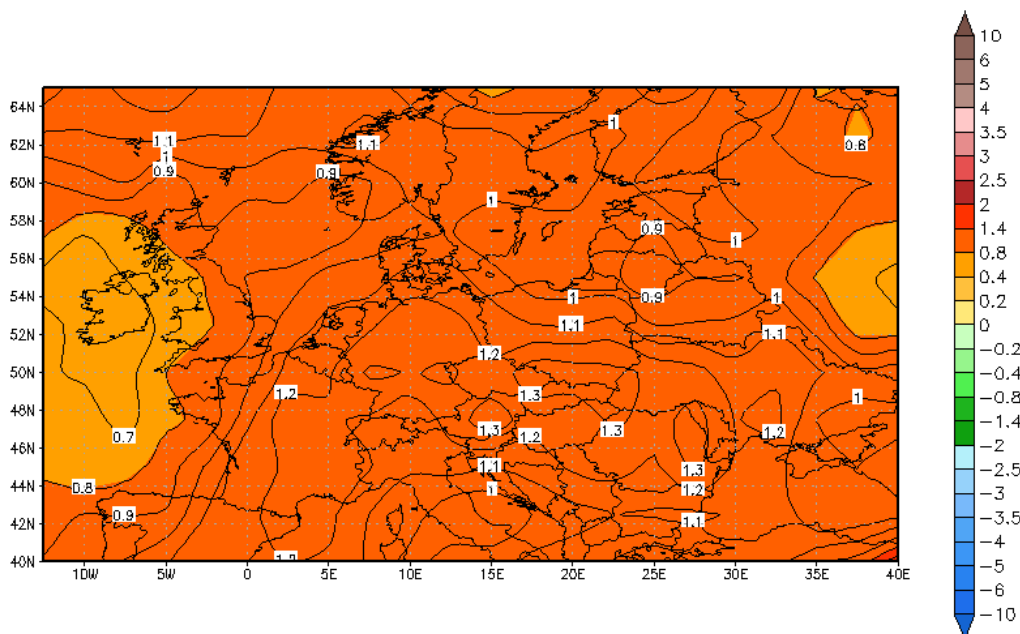
Obr.3a Dolný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v jeseni, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



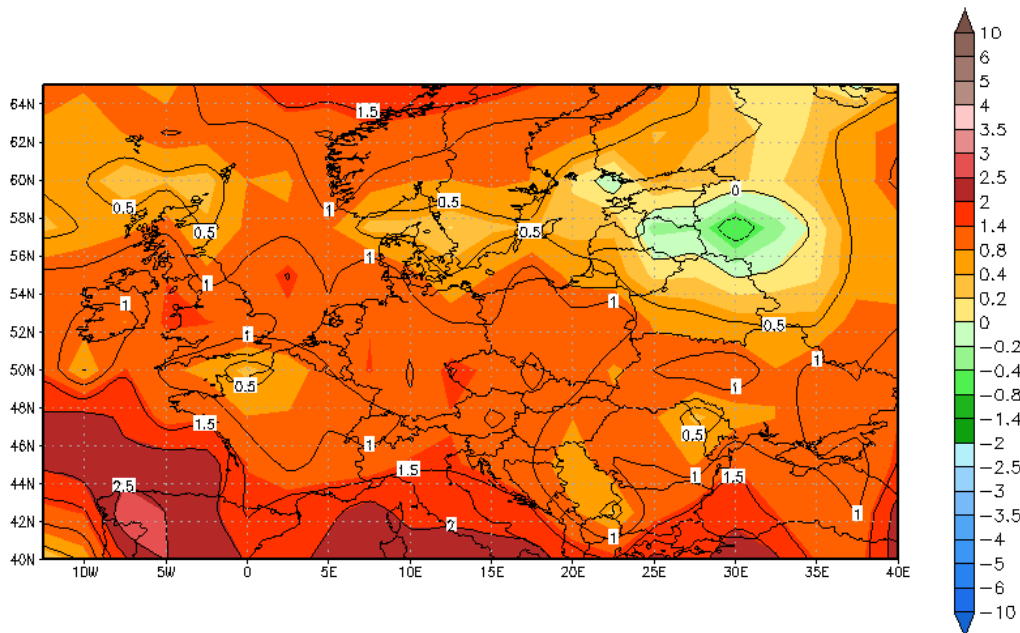
Obr.3b Horný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v jeseni, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



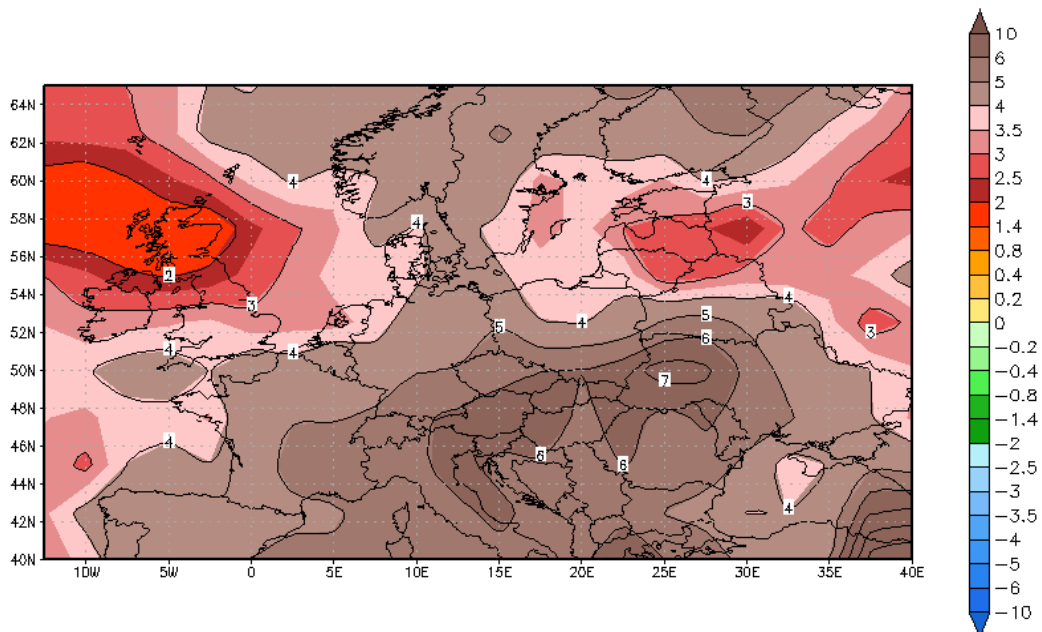
Obr.4a Dolný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v zime, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



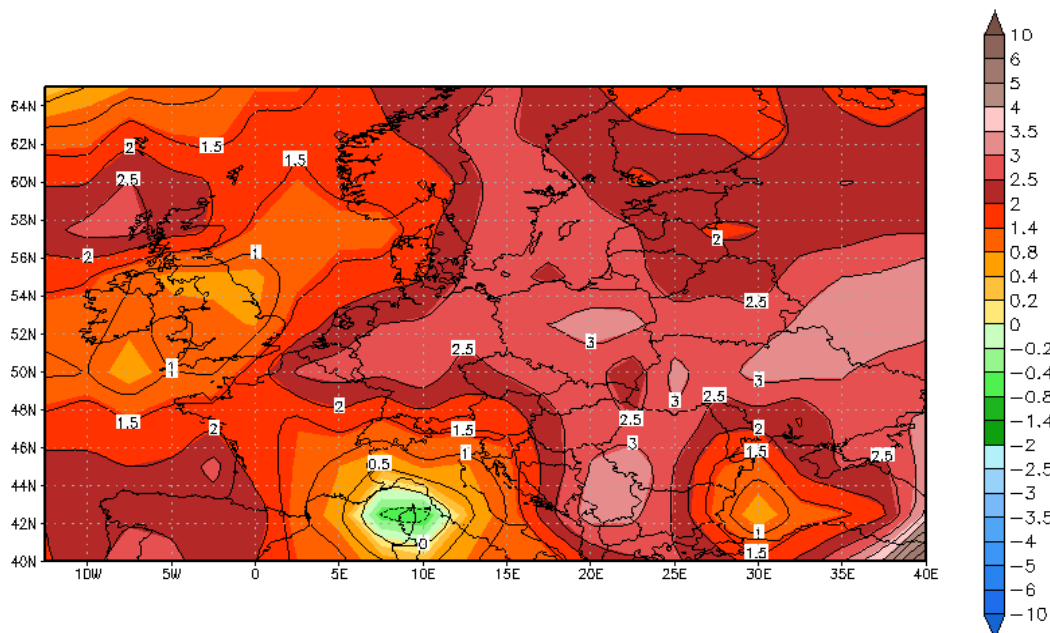
Obr.4b Horný decil pre odchýlku teploty v 850 hPa v zime, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



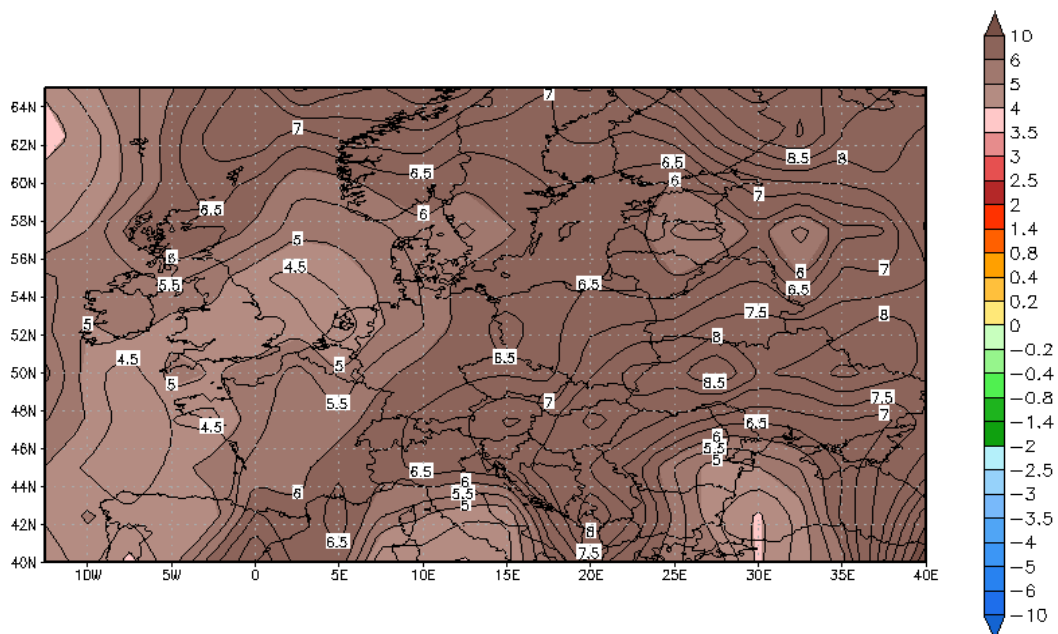
Obr.5a Dolný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



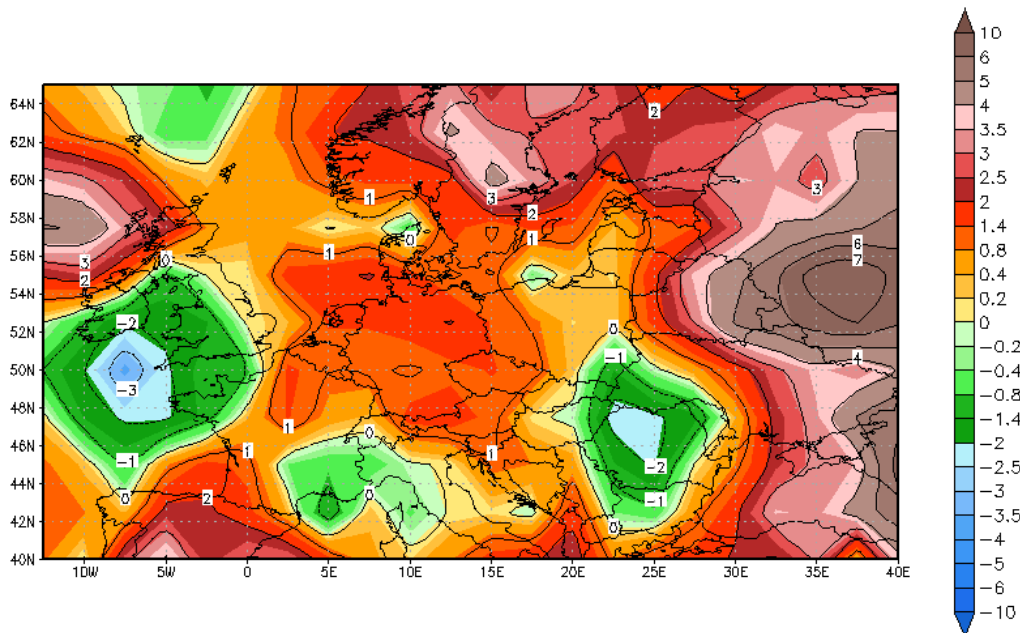
Obr.5b Horný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



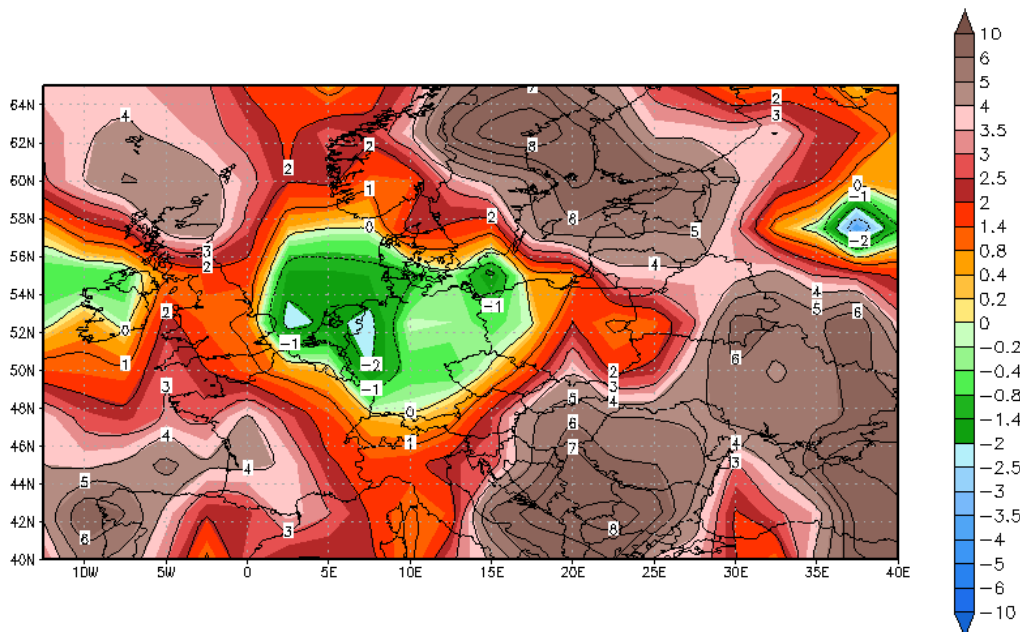
Obr.6a Dolný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



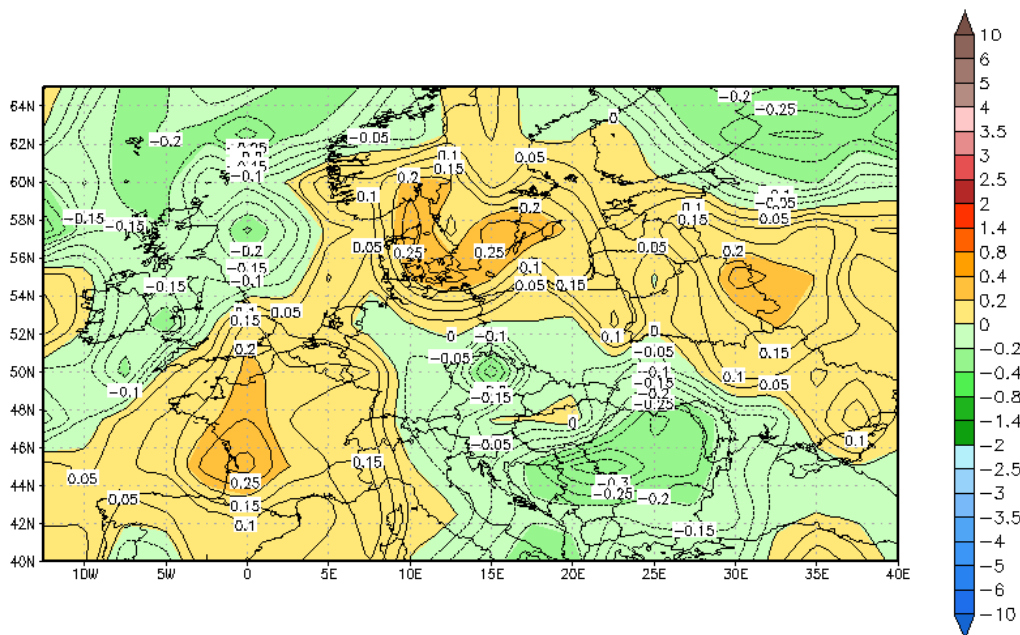
Obr.6b Horný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



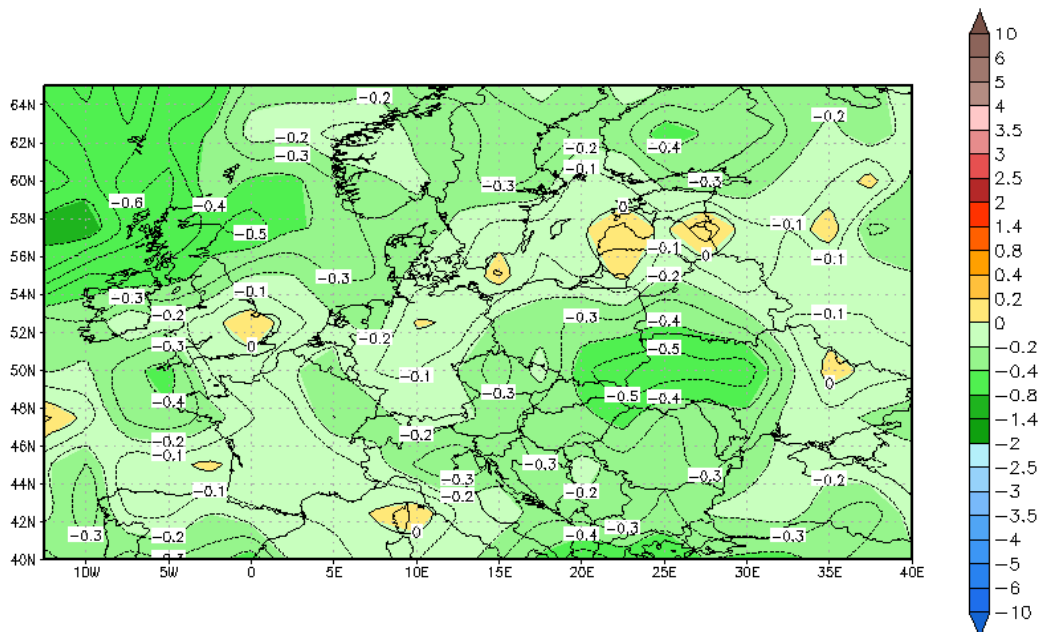
Obr.7a Dolný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v apríli, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



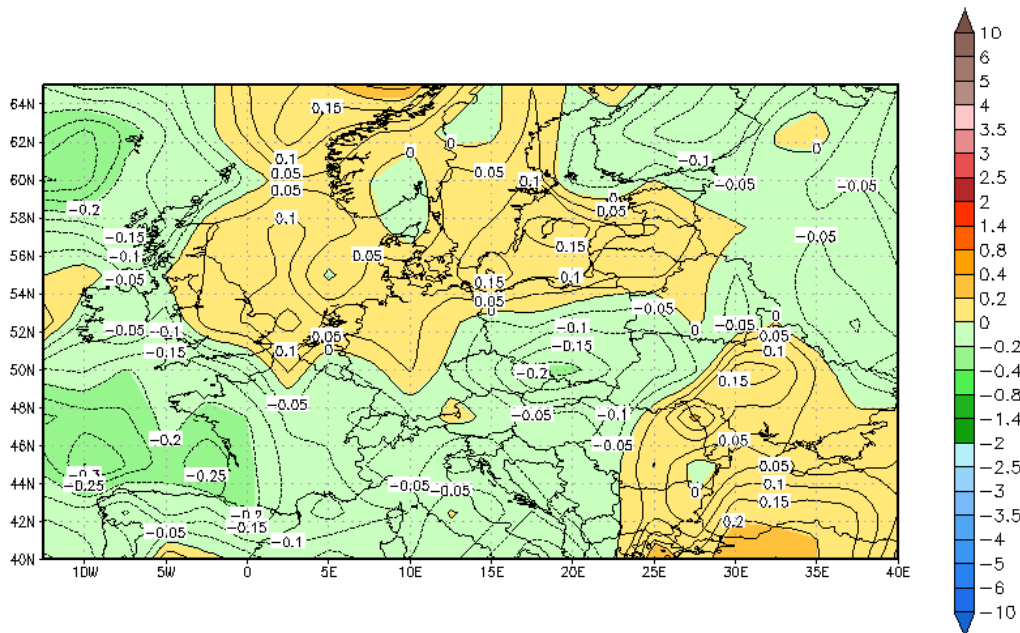
Obr.7b Dolný decil pre odchýlku mernej vlhkosti $\text{kg.kg}^{-1} (\times 10^4)$ v 850 hPa v máji, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



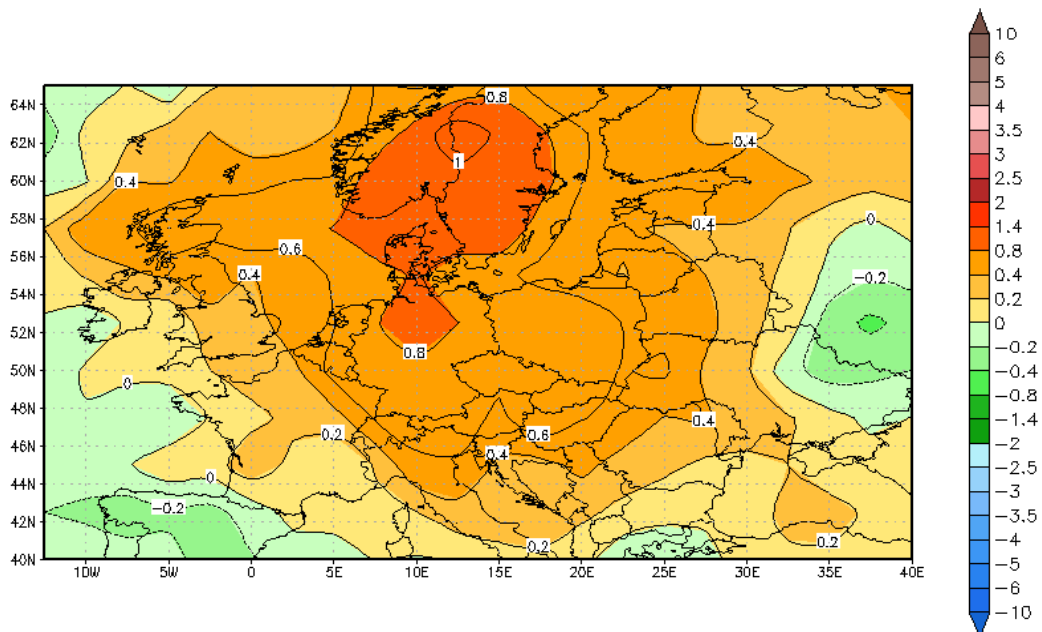
Obr.8a Dolný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m.s}^{-1} (\times 10^1)$ v 850 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



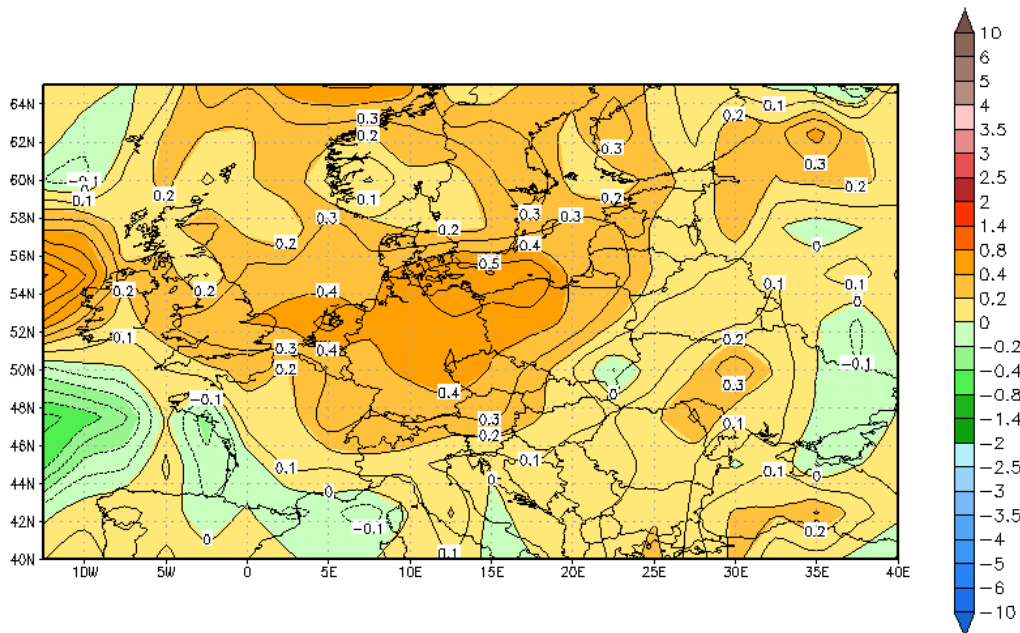
Obr.8b Horný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m.s}^{-1} (\times 10^1)$ v 850 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



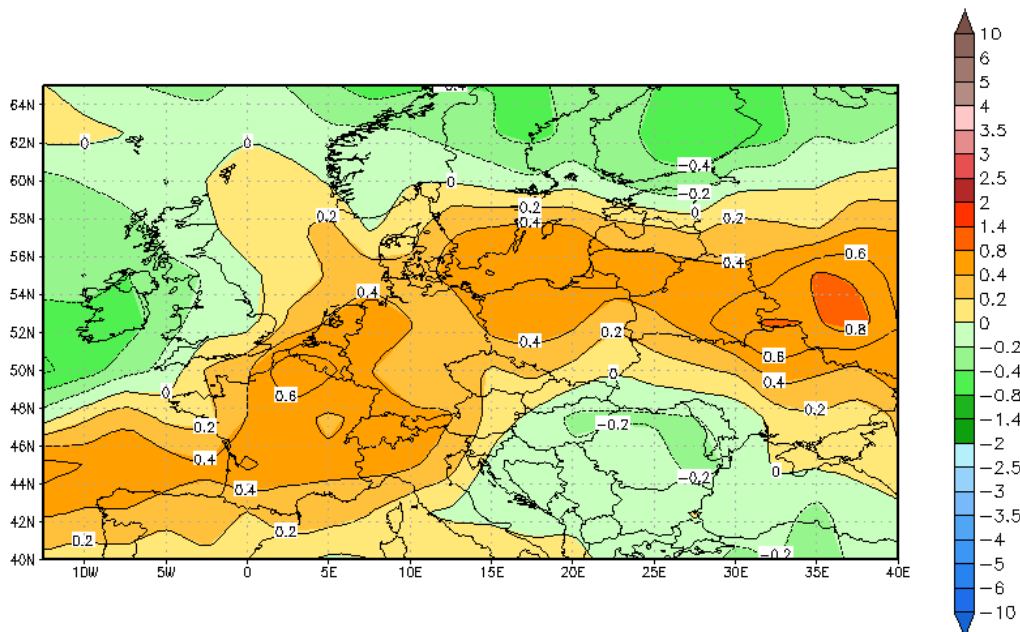
Obr.9a Dolný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\times 10^1$) v 850 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



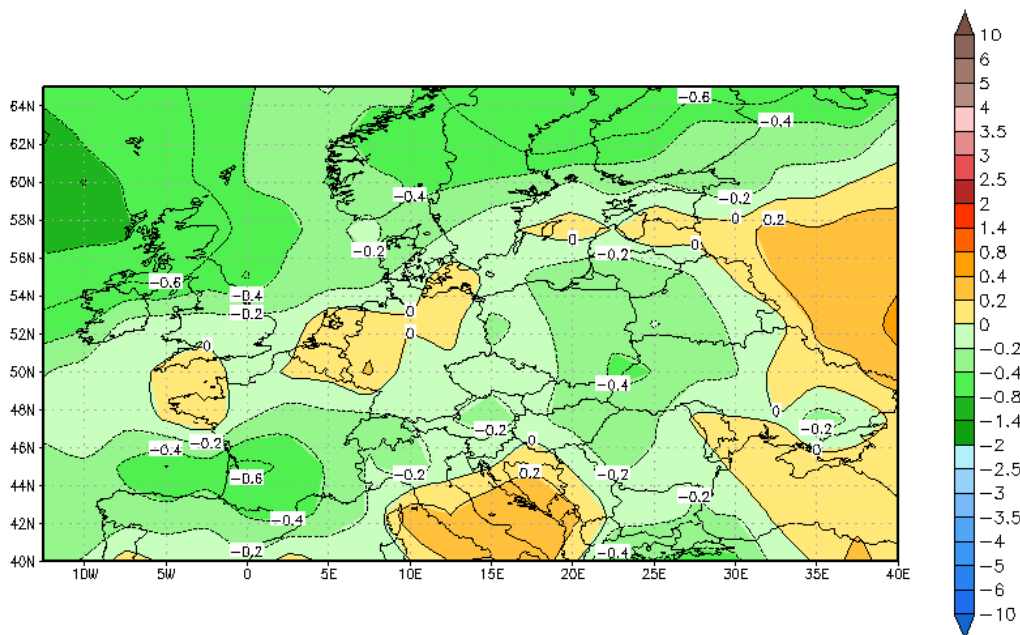
Obr.9b Horný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\times 10^1$) v 850 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



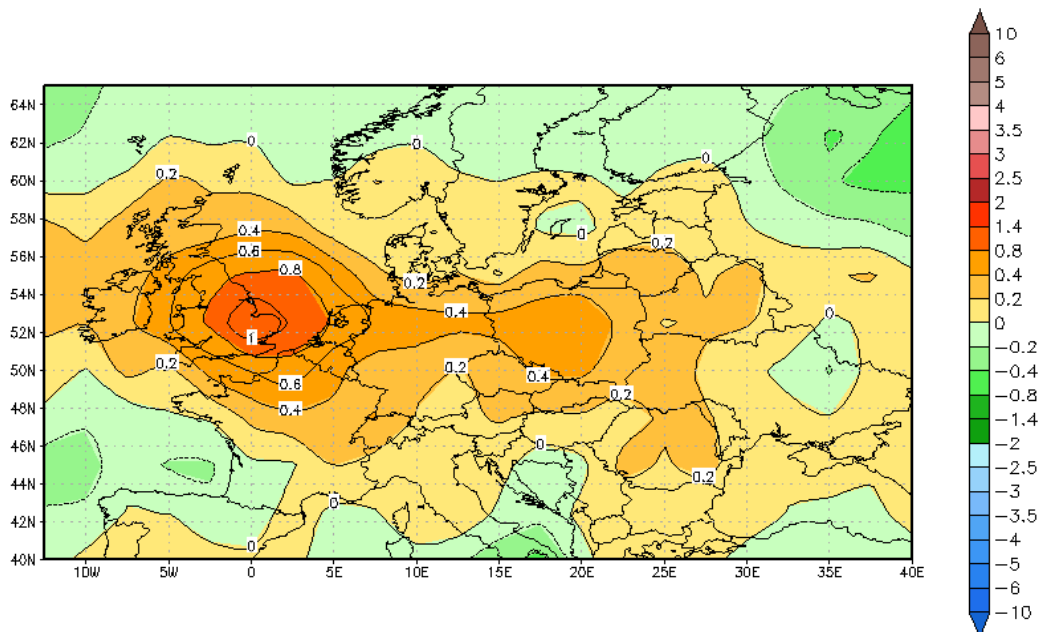
Obr.10a Dolný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $m.s^{-1} (\times 10^1)$ v 850 hPa na jar, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



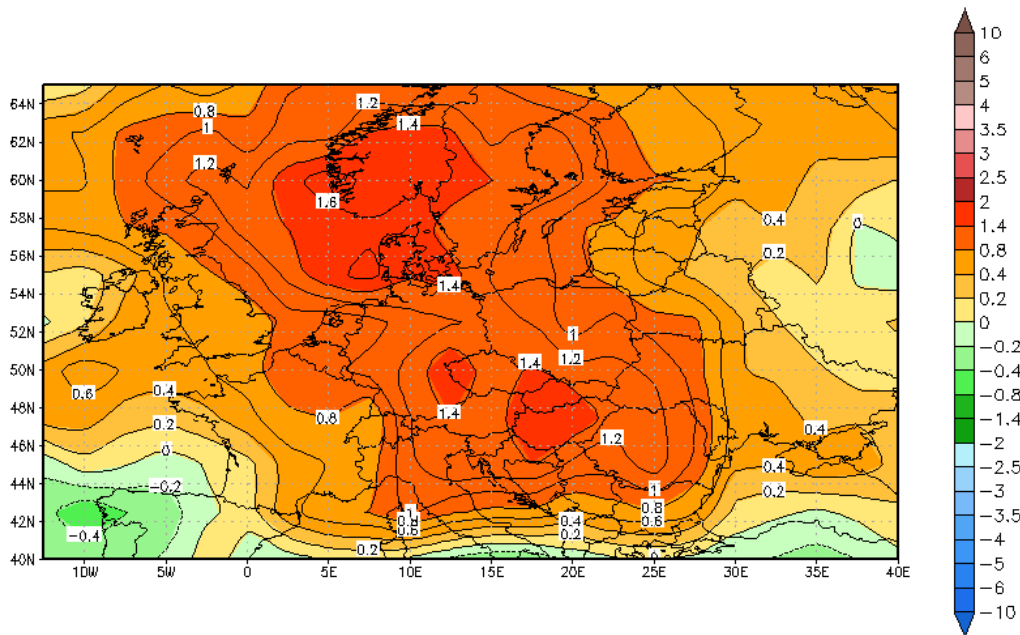
Obr.11a Dolný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $m.s^{-1} (\times 10^1)$ v 500 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



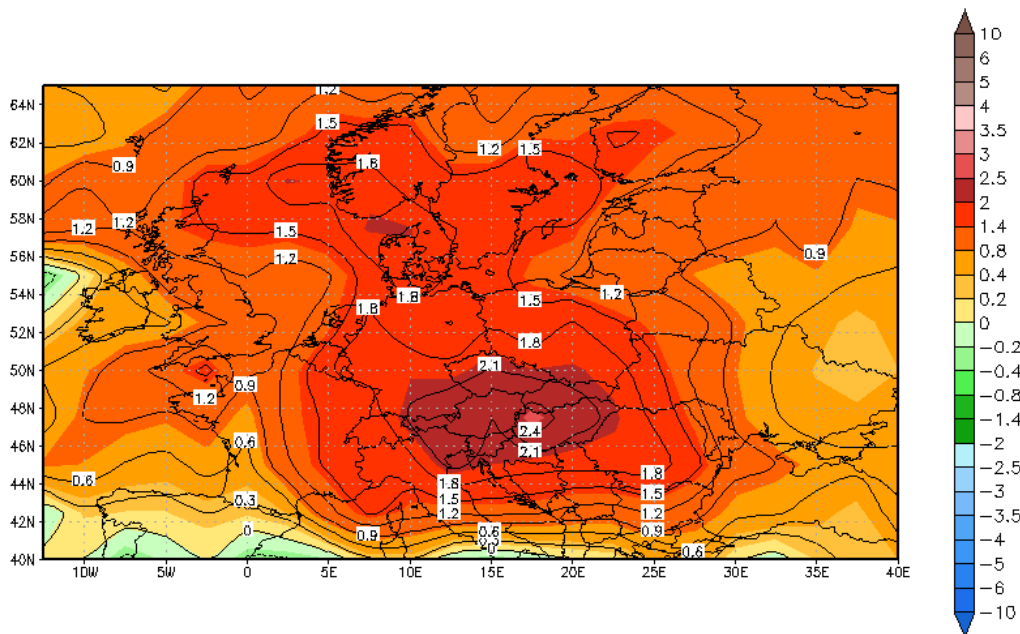
Obr.11b Horný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\times 10^1$) v 500 hPa v studenom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



Obr.12a Dolný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\times 10^1$) v 500 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



Obr.12b Horný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m.s}^{-1} (\times 10^1)$ v 500 hPa v teplom polroku, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2



Obr.13a Horný decil pre odchýlku rýchlosti vetra $\text{m.s}^{-1} (\times 10^1)$ v 500 hPa na jar, odchýlka je počítaná medzi dvomi 30 ročnými obdobiami 2011-2040 a 1961-1990 z modelu CGCM2