

MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ FAKULTA
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ondřej Pitaš

Nové parametrizace v modelu RegCM

Katedra fyziky atmosféry

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Michal Belda, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Obecná fyzika

Praha 2020

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů. Tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V ..... dne ....

Podpis autora

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Michalu Beldovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval. Také mojí rodině za podporu během celého studia.

Název práce: Nové parametrizace v modelu RegCM

Autor: Ondřej Pitaš

Katedra: Katedra fyziky atmosféry

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Michal Belda, Ph.D., Katedra fyziky atmosféry

Abstrakt:

Tato práce se zabývá porovnáním nových fyzikálních parametrizací regionálního klimatického modelového systému RegCM se standardním nastavením používaným na Katedře fyziky atmosféry a se známými klimatickými podmínkami. První část práce je věnována základnímu seznámení s modelem RegCM a jednotlivým parametrizacím. Dále se věnuje přípravě modelu a spuštění simulace. Byly provedeny simulace v rámci Evropy pro desetileté období 1990-1999 pro pět různých nastavení modelu. V referenční simulaci byly použity fyzikální parametrizace mezní vrstvy typu Holtslag PBL (Holtslag, 1990), schéma konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a nad oceánem typu Grell, vlhkostní schéma Explicit moisture (SUBEX; Pal et al 2000). V dalších simulacích se změnila vždy jen jedna fyzikální parametrizace na následující: schéma mezní vrstvy typu UW PBL (Bretherton and McCaa, 2004), vlhkostní parametrizace Explicit moisture Nogherotto/Tompkins, schéma konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a nad oceánem typu Tiedtke (1996) a Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004). Žádná ze simulací s novou fyzikální parametrizací nemá jednoznačně nejlepší výsledek. Denní úhrn srážek je nejlépe popsán referenční simulací a také simulacemi s parametrizacemi typu UW PBL a Kain-Fritsch & Kain. Kain-Fritsch & Kain převážně vyniká v oblastech s větší nadmořskou výškou. Tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu, denní minimální, průměrná a maximální teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem jsou nejlépe popsány simulacemi s parametrizací typu UW PBL a Tiedtke.

Klíčová slova: fyzikální parametrizace, regionální klimatický model, RegCM, Evropa

Title: New parameterizations in the RegCM model

Author: Ondřej Pitaš

Department: Department of Atmospheric Physics

Supervisor: Mgr. Michal Belda, Ph.D., Department of Atmospheric Physics

Abstract:

This thesis compares new physical parameterizations in the regional climate model system RegCM with the standard settings used at the Department of Atmospheric Physics and observed climatic conditions. The first part is dedicated to the description of individual parameterizations and to the essential introduction to the RegCM model. In addition, model preprocessing and running simulations are discussed. The simulations were conducted over Europe domain for the ten-year period (1990-1999) with five different model settings. Holtslag PBL(Holtslag, 1990) type boundary layer scheme, Grell cumulus convention scheme over land and ocean and Explicit moisture scheme (SUBEX; Pal et al 2000) were used in the reference simulation. In the conducted simulations, the following physical parametrizations were used separately: UW PBL (Bretherton and McCaa, 2004) boundary layer scheme, Explicit moisture Nogherotto/Tompkins moisture scheme, Tiedtke (1996) and Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004) cumulus convention schemes over land and ocean. None of the new physical parameterizations showed improvements over standard setting in all analyzed variables at the same time. Precipitation is best described by reference simulation as well as by simulations with UW PBL and Kain-Fritsch & Kain parametrization type. Kain-Fritsch & Kain excels mostly in areas with higher altitudes. Sea level pressure, daily minimum, average and maximum near-surface air temperature are generally best simulated by UW PBL and Tiedtke.

Keywords: physics parameterization, regional climate model, RegCM, Europe

Obsah

Úvod **3**

1 Numerický model **5**
1.1 Obecně o modelu RegCM 5
1.2 Příprava modelu 5
1.3 Fyzikální parametrizace 6
1.3.1 Schéma mezní vrstvy 7
1.3.2 Schéma konvektivní oblačnosti a srážek 7
1.3.3 Vlhkostní schéma 8
1.4 Nastavení modelu 8

2 Zpracování výsledků **9**
2.1 Rozdělení Evropy na regiony 9
2.2 Způsob vyhodnocení 10

3 Výsledky – denní úhrn srážek **11**
3.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období 11
3.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech 11
3.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón 14

4 Výsledky – tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu **20**
4.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období 20
4.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech 23
4.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón 25

5 Výsledky – minimální teplota ve dvou metrech nad povrchem **29**
5.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období 29
5.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech 29
5.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón 33

6 Výsledky – průměrná teplota ve dvou metrech nad povrchem **39**
6.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období 39
6.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech 39
6.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón 44

7 Výsledky – maximální teplota ve dvou metrech nad povrchem **49**
7.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období 49
7.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech 49
7.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón 54

Závěr **59**

Seznam použité literatury **62**

Seznam obrázků **63**

Seznam tabulek **70**

A Přílohy **72**

Úvod

Klima naší planety Země je stále častěji probíraným tématem ve světě. Řeší se, jakým způsobem se mění a do jaké míry na něj má vliv lidstvo. Využitím znalosti fyzikálních zákonů a procesů, které se odehrávají v atmosféře, lze vytvořit počítačové modely simulující atmosféru. Tyto simulace jsou početně velmi náročné, proto je potřeba dělat určitá zobecnění. Zobecnění a chaotické chování atmosféry způsobuje, že už po několika dnech jsou výsledky simulace zcela odlišné od skutečnosti. Proto jsou předpovědi počasí pouze na krátké časové období. Při simulování delšího časového období lze říci, že nám výsledky popisují v daném místě a čase stav, který tomuto času neodpovídá, ale obecně je to stav, který na tomto místě může nastat v určitém období. Nás ale zajímá klima, tedy možné stavy, které mohou nastat v dlouhodobém časovém úseku. V takovém případě nám modely slouží k přibližnému popisu klimatu v dané oblasti a také nám dávají informaci, jaké extrémní podmínky mohou nastat. Další užitečné odvětví jsou takzvané scénáře. Například nevíme, v jakém množství se bude produkovat oxid uhličitý, ale je to jev, který lze do budoucna lidskou činností ovlivnit. Můžeme tedy nastavit v modelu, jakým způsobem předpokládáme, že se bude množství produkce oxidu uhličitého měnit a sledovat, jaký vliv by to mohlo mít na klima.

K simulování klimatu na Zemi se používají globální klimatické modely. Vzhledem k současnému výkonu výpočetních strojů a náročnosti těchto simulací, musí mít tyto modely hrubé rozlišení ($\sim$ 100km), které je zcela nedostačující pro zkoumání klimatu v jednotlivých regionech světa. Z tohoto důvodu existují regionální klimatické modely, které pro scénářové simulace využívají data z globálních modelů pro své okrajových podmínky.

Jedním z používaných modelů je regionální klimatický modelový systém RegCM. Z důvodu výpočetní náročnosti nelze u těchto simulací pro delší časové období používat velké rozlišení. Typicky se pohybuje rozlišení v řádu desítek kilometrů, což je nedostačující pro rozlišení některých procesů. Tyto procesy musí být parametrizovány. Díky vývoji vznikají nové parametrizace. Ty mohou, ale i nemusí vést k zlepšení klimatické predikce. Závisí to na konkrétních oblastech, ve kterých chceme provádět simulace. Proto je zapotřebí nejdříve otestovat modely s novými fyzikálními parametrizacemi a porovnat zda dochází k přesnějším výsledkům, jaké veličiny jsou lépe či hůře popsány. Pokud oblast, ve které chceme vytvářet simulace, popisuje některá fyzikální parametrizace špatně, tak je možnost měnit její nastavení. Tím se dají zásadně ovlivnit aspekty, které jsou pro celou oblast stejné. V celé simulované oblasti nadhodnocená simulace může po úpravě nastavení přinášet velmi dobré výsledky.

V první kapitole se budeme věnovat samotnému modelu RegCM, stručné historii modelu, jakým způsobem se takovýto model nastavuje, spouští, jaké fyzikální parametrizace budeme používat a jaké nastavení bylo použito v našich simulacích. V dalších kapitolách se podíváme na výsledky simulací a budeme je porovnávat se známými klimatickými podmínkami. Jak se liší v simulované oblasti průměr jednotlivých vybraných fyzikálních veličin za celé simulované období a také pro jednotlivá meteorologická roční období. Dále budeme porovnávat měsíční plošné průměry regionů pro jednotlivé vybrané fyzikální veličiny. Mezi vybrané fyzikální veličiny, které budeme porovnávat, patří úhrn denních srážek, tlak vzduchu ve

výšce hladiny oceánu, denní minimální, průměrná a maximální teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem.

Předpokládáme, že simulace budou nejméně úspěšné v reprezentaci denního úhrnu srážek a v popisu veličin v oblasti hor. V této práci se pokusíme odpovědět na následující otázky. Je nějaká fyzikální parametrizace jednoznačně nejlepší pro oblast Evropy? Která z parametrizací popisuje nejlépe jednotlivé vybrané fyzikální veličiny? V jakém směru jsou nynější používané parametrizace horší než nové? Jsou výsledky simulací spíše nadhodnocené nebo podhodnocené?

1. Numerický model

1.1 Obecně o modelu RegCM

Na vývoji regionálního klimatického modelového systému RegCM se podíleli Dickinson et al. (1989), Giorgi a Bates (1989), a Giorgi (1990) dle (ICTP, 2020). Tento model byl vyvinut v National Center for Atmospheric Research roku 1989. Aktuálně se o vývoj stará International Centre for Theoretical Physics – Earth System Physics v Terstu. Počáteční model vychází z modelu Mesoscale Model verze 4 (MM4). Aby byl model schopný dlouhodobé klimatické simulace, tak musely být některé komponenty MM4 nahrazeny. Dynamická část modelu byla založena čistě na MM4 a fyzikální část byla založena na MM4 a dále na modelu Community Climate Model verze 1 (CCM1). Přidalo se z CCM1 schéma popisující radiační přenos, schéma biosféricko–atmosférického přenosu reprezentující povrchové procesy, schéma konvekce typu Kuo, schéma explicitní vlhkosti a schéma mezní vrstvy. Model byl postupně vylepšován. Nová verze RegCM2, vytvořena roku 1993, přinesla nové dynamické jádro založené na modelu MM5 a nové fyzikální parametrizace používané v modelu CCM2. Verze RegCM3 vydána roku 2007 přinesla nové fyzikální parametrizace pro popis mikrofyziky oblačnosti a srážek velkého měřítka, konvektivní oblačnosti a srážek a interakce atmosféry se zemským povrchem. Verze RegCM4 vydána roku 2010 přinesla nová schémata popisující zemský povrch, oceánský led, teplotu povrchu oceánu a aerosoly. Celý model byl z technického hlediska vylepšen pro snadnější používání. Nejnovější verze RegCM4.7, vydána roku 2018, je použita v této práci. Lze použít na jakoukoliv oblast ve světě a je možné využít nové fyzikální parametrizace. Informace o vývoji modelu byly převzaty z (Giorgi, 2010).

1.2 Příprava modelu

Před spuštěním samotné simulace je potřeba podniknout několik kroků. Celý proces je popsán v dokumentu UserGuide.pdf, který je dostupný na internetové stránce (Giorgi a kol., 2016). Zde uvedu základní nástin toho, co je vše potřeba udělat pro spuštění simulace.

Nejdříve je potřeba stáhnout soubor volně přístupného modelu z oficiální stránky modelu RegCM, rozbalit a nainstalovat základní software (GNU Make program, Fortran complier, C complier a netCDF). Dále je výhodné mít program CDO Climatic data Operators pro zpracování výstupů z modelu typu netCDF. Nyní je potřeba použít určité skripty k nakonfigurování modelu a pracovního prostředí.

Pro spuštění modelu je potřeba mít k dispozici následující vstupní data: statická globální data o povrchu obsahující informaci o topografii, typu povrchu, hloubce jezer a klasifikaci textury půdy. Chceme-li použít v modelu nastavení Community Land Model (CLM) nebo CLM verze 4.5 (CLM 4.5), tak musíme stáhnout soubory obsahující globální data o charakteristice zemského povrchu ve zvoleném datovém formátu. Pokud se nepoužije spřažený model oceánu, tak je potřeba dodat globální data SST obsahující teplotu povrchu oceánu. Interpolací dat z globálního klimatického modelu (GCM) na mříž modelu RegCM se

vytvoří okrajové a počáteční podmínky (ICBC) o atmosféře a teplotě povrchu v regionálním měřítku.

Model obsahuje tzv. konfigurační soubor. To je soubor obsahující všechny informace o simulaci. Vzhledem k velkému množství možností nastavení zmíním pro nás jen ty nejdůležitější. Lze nastavit, kam se budou data ukládat, vzdálenost a počet bodů tvořící mříž reprezentující atmosféru, jaké dynamické jádro bude model používat, jakým způsobem jsou geografické body promítnuty do mříže modelu, souřadnice středu mříže (oblast simulace), typ dat SST, GCM a globálních chemických hraničních podmínek, období běhu simulace, časový krok výpočtu, použité fyzikální parametrizace a jejich podrobnější nastavení.

Je-li konfigurační soubor nastaven, tak v závislosti na zvolených datových typech je potřeba spustit určité skripty na předpřipravení globálních dat. Předpřipraví se data SST, data o charakterizaci zemského povrchu a ICBC.

Tímto je vše připraveno a simulace se může spustit. V příkazu na spuštění simulace si lze zvolit kolik jader procesoru bude danou simulaci počítat. To umožňuje zásadně ovlivnit čas potřebný k provedení celé simulace.

1.3 Fyzikální parametrizace

Fyzikální jevy, které nelze explicitně vyřešit modelem, jsou reprezentovány fyzikálními parametrizacemi. Rozhodují, jakými rovnicemi se bude daný proces počítat, a určují se základní konstanty reprezentující určité fyzikální jevy. Neexistuje jedna správná parametrizace, která by byla nejlepší. Ukazuje se, že v různých oblastech mají nejlepší výsledky různé parametrizace a také různé nastavení těchto parametrizací. Proto je potřeba nejdříve vyzkoušet jednotlivé parametrizace na oblast, ve které chceme simulovat klima. Zjistit, které parametrizace jsou pro danou oblast nejvhodnější a pak teprve můžeme vytvářet klimatické simulace.

Na Katedře fyziky atmosféry se pro většinu simulací v Evropě využívá základní nastavení konfigurované s těmito parametrizacemi: schéma mezní vrstvy typu Holtslag PBL (Holtslag, 1990), schéma konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a oceánem typu Grell, vlhkostní schéma Explicit moisture (SUBEX; Pal et al 2000). Pro další simulace byla zachována původní schémata, vždy došlo jen ke změně jednoho typu. Bylo provedeno pět simulací, standardní dále označovaná jako simulace *„normal“* a další dále specifikované. Druhá simulace měla schéma mezní vrstvy typu UW PBL (Bretherton and McCaa, 2004), dále označována jako simulace *„UWPBL“*. Třetí simulace měla vlhkostní schéma Explicit moisture Nogherotto/Tompkins, dále označována jako simulace *„Tompkins“*. Čtvrtá simulace měla schéma konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a oceánem typu Tiedtke (1996), dále označována jako simulace *„Tiedtke“*. Poslední simulace měla schéma konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a oceánem typu Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004), dále označována jako simulace *„Kain-Fritsch“*. Více o výše zmíněných schématech lze zjistit z dokumentu ReferenceMan.pdf dostupný ke stažení z webu (Elguindi a kol., 2017). Používáme stejné nastavení všech schémat jako v dokumentu ReferenceMan.pdf.

1.3.1 Schéma mezní vrstvy

Mezní vrstva je nejnižší část atmosféry, ve které je výrazně ovlivněno vertikální proudění vlastnostmi zemského povrchu viz (ČMeS, 2017). Dochází tam k turbulentnímu proudění, což zásadně ovlivňuje tok energie a látek.

Schéma Holtslag PBL (Holtslag, 1990) je založeno na nelokálním difúzním procesu, proti kterému působí velkoplošné vířivé toky způsobené nestabilní atmosférou. Skládá se z rovnic popisující toto proudění a rovnice definující výšku mezní vrstvy. Obsahuje pouze diferenciální rovnici 1 řádu. Nejdříve je určena výška mezní vrstvy na základě interakční procedury zahrnující formulace kritického Richardsonova čísla. Poté je určen vertikální profil vířivé difúze pro teplo, vlhkost a hybnost od povrchu do výšky mezní vrstvy a proti působící toky tepla a vlhkosti.

Další možností je schéma UW PBL (Bretherton and McCaa, 2004). Toto schéma bylo nejdříve vytvořeno k simulaci stratokumulů a pobřežní mlhy. Vychází z předešlého schématu a vychází ze stejných rovnic, ale tento model je 1.5 řádu. Hlavním rozdílem je, že určuje navíc turbulentní kinetickou energii, na které je založena rychlost proudění. Turbulentní kinetická energie se počítá z rovnováhy vztlakové síly, smykového tření, vertikální disipace energie a horizontální difúze a advekce. V parametrizaci je také obsažen proces vtahování a vypařování z oblakového vzduchu do okolí. Tato parametrizace umožňuje počítat tok proudění i mimo mezní vrstvu.

1.3.2 Schéma konvektivní oblačnosti a srážek

V současné době nabízí model 5 funkčních parametrizací schématu konvektivní oblačnosti a srážek. Jednou z výhod nejnovějšího modelu je, že lze nastavit parametrizace pro schémata konvektivní oblačnosti a srážek nad zemí a nad oceánem zvlášť.

První schéma Kuo je velmi prosté, pouze aktivuje konvekci, když je ve vzduchovém sloupci překročena prahová hodnota vlhkosti.

Nejpoužívanějším schématem je Grell. V této parametrizaci jsou uvažovány dva ustálené stavy cirkulace oblaků zahrnující proud konvektivní vzestupný a sestupný. Schéma se spustí, když vzestupný konvektivní proud dosáhne kritické hodnoty vlhkosti. K mísení oblakového vzduchu s ostatním dochází pouze na spodní a vrchní hranici cirkulace. Nejcitlivějším parametrem je podíl vypařování srážek v sestupném konvektivním proudu.

Další schémata Tiedtke (1996) a Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004) jsou založena na stejných principech. Byla vyvinuta původně pro aplikaci v celosvětovém měřítku. Jsou to parametrizace hmotového toku založeného na metodě Lagrangian Parcel a vertikální dynamice hybnosti pro stanovení nestability a vlastností konvektivních oblaků. Odlišují mělkou a vertikálně mohutnou konvekci. Liší se v spouštěcím mechanismu, procesem vtahování a difúzí vzduchu z oblaku do okolní atmosféry. Spouštěcí mechanismus srážek schéma Tiedtke (1996) je založen na teplotě oblaku. Pokud dojde k určitému rozdílu teploty mezi oblakem a okolím, tak vznikne podmínka nestability. Předpoklad ukončení srážek je založen na vlhkostní konvergenci. Uvažuje turbulentní míchání vzduchu, ale i přítok nového vzduchu. Spouštěcí mechanismus srážek schéma Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004) je založen na rychlosti proudění ve vertikálním směru velkého

měřítka. Předpoklad ukončení je založen na CAPE (konvektivní dostupná potenciální energie) pro vtahování. Uvažuje pouze turbulentní míchání vzduchu.

1.3.3 Vlhkostní schéma

Vlhkostní schéma bylo vytvořeno k popisu nekonvektivních oblaků a řešení srážek. Je to jeden z novějších komponentů modelu.

Vlhkostní schéma Explicit moisture (SUBEX; Pal et al 2000) se používá k popisu vody v atmosféře. Obsahuje prognostické rovnice k popisu oblakové vody. První vypočítá v daném mřížkovém bodě pokrytí oblakem pomocí lokální relativní vlhkosti. Potom je použito v oblakové části schéma typu Kessler, ve kterém je oblaková voda přeměněna na srážky. Vypařování pod oblakem z dešťových kapek je založeno na relativní vlhkosti a koeficientu výparu.

Vlhkostní schéma Explicit moisture Nogherotto/Tompkins přináší nové možnosti. Umožňuje nezávisle popsat obsah vody v tekuté a pevné formě. Díky tomu může v modelu existovat například podchlazená kapalina. Sníh i déšť dopadají konečnou rychlostí a mohou být ovlivněny tří dimenzionálním větrem. Toto schéma řeší pět prognostických rovnic. Jsou to rovnice řešící proměnné: vodní pára, oblaková voda, déšť, led a sníh. Jednotlivé prognostické proměnné jsou propojeny mikrofyzikálními procesy. Mezi ně patří tání, tuhnutí, konvekce, kondenzace, vypařování, sublimace, desublimace a sedimentace. Při procesu může dojít k změně fáze a ta je doprovázena uvolněním nebo absorpcí tepla. Procesy dělíme podle časové délky trvání do dvou skupin. Rychlé procesy se řeší v modelu implicitně a pomalé procesy explicitně. Na konci každého časového intervalu probíhá kontrola zachování celkového množství vody a entalpie.

1.4 Nastavení modelu

V našich simulacích bylo použito následující nastavení konfiguračního souboru, které bylo pro všechny stejné. Byla použita oblast Evropy o středu v bodě o souřadnicích 49.68° severní šířky a 9.75° východní délky s horizontální mříží 144 x 144 a 23 vertikálními vrstvami, kde vrchní vrstva měla tlak 5 cbar neboli 50 hPa. Horizontální rozlišení modelu je 50 km. Je použita Lambertova konformní kuželová projekce. Dynamické jádro jsme zvolili hydrostatické typu MM4. Použili jsme SST data typu weekly optimal interpolation (OIWK), GCM data typu ERA-Interim reanalyses s prostorovým rozlišením 1.5° x 1.5° (EIN15) a zapnuté používání CLM 4.5. Simulace byla provedena od roku 1989 do roku 1999 včetně. Rok 1989 dále neuvažujeme, jelikož je potřeba nechat simulaci probíhat nějaký časový úsek než se ustálí. Data z tohoto roku by se mohla více lišit od skutečnosti, byla by pro další účely nepoužitelná. Časový krok simulace byl na počátku nastaven jako 150 sekund, ale v některých letech během období léta docházelo v simulaci k chybě při řešení parciálních diferenciálních rovnic. Nebyla splněna tzv. Courantova-Friedrichsova-Lewyho (CFL) podmínka konvergence. V obdobích s touto chybou byl volen časový krok 80 sekund. Fyzikální parametrizace byly použity, tak jak je zmíněno v sekci Fyzikální parametrizace. Všechno nastavení konfiguračního souboru, které není zmíněno, je stejné jako v dokumentu (Giorgi a kol., 2016). Simulace jsme nechávali počítat na počítači pomocí 18 jader procesoru. Jedna simulace na celé simulované období trvala přibližně 14 dní.

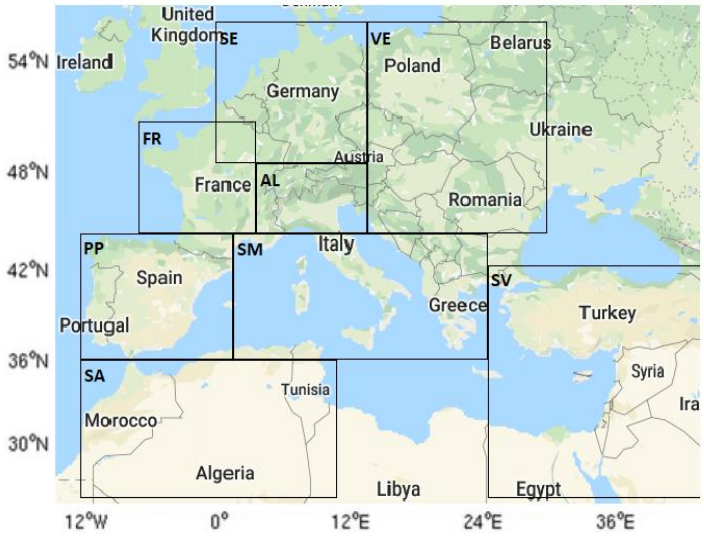
2. Zpracování výsledků

2.1 Rozdělení Evropy na regiony

Vzhledem k rozsáhlé oblasti simulace v celé Evropě je výhodné zkoumat úspěšnost simulací v jednotlivých regionech. Každý region se liší svojí polohou a topografií. Umožní nám to nahlédnout, jak dobře fungují jednotlivé parametrizace v různých regionech Evropy. Budeme používat stejné regiony, jako jsou definované v publikaci (L'He´ve´der a kol., 2012). Jednotlivé regiony jsou definované pomocí okrajových hodnot zeměpisné šířky a délky (viz tabulka 2.1). Na obrázku 2.1 lze vidět polohu jednotlivých regionů, ty jsou znázorněny černými rámečky. Každý region je popsán v levém horním rohu rámečku příslušnou zkratkou definovanou v tabulce 2.1.

Oblast	Západ	Východ	Jih	Sever
PP - Pyrenejský poloostrov	−10	3	36	44
FR - Francie	−5	5	44	50
SE - Střední Evropa	2	16	48	55
AL - Alpy	5	15	44	48
SM - Středomoří	3	25	36	44
VE - Východní Evropa	16	30	44	55
SA - Severozápadní Afrika	−10	12	25	36
SV - Střední východ	25	43	25	42

Tabulka 2.1: Definice jednotlivých regionů Evropy



Obrázek 2.1: Zobrazení jednotlivých regionů Evropy. Podkladová mapa byla převzata z https://www.google.cz/maps

2.2 Způsob vyhodnocení

Provedli jsme pět simulací s různými fyzikálními parametrizacemi. V následujících kapitolách budeme vyhodnocovat úspěšnost jednotlivých simulací pro známé klimatické podmínky let 1990 – 1999. Vyhodnocení bude vycházet z porovnání dat ze simulací s pozorovanými daty. Budeme porovnávat pro jednotlivé vybrané fyzikální veličiny v simulované oblasti pouze na pevnině celkový průměr za celé simulované období a také pro jednotlivá meteorologická roční období. Meteorologická roční období definujeme jako jaro 1.3 – 31.5, léto 1.6 – 31.8, podzim 1.9 – 30.11, zima 1.12 – 28.2. Dále budeme porovnávat měsíční plošné průměry pro jednotlivé vybrané fyzikální veličiny výše definovaných regionů. Mezi vybrané fyzikální veličiny patří denní úhrn srážek, tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu, denní minimální, průměrná a maximální teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem.

Vyhodnocujeme pomocí tří typů obrázků a jednoho typu tabulek. První typ obrázku například obrázek 3.2 má v levém horním rohu mapu, která popisuje průměrné hodnoty pozorování za určité období. Pravá horní mapa popisuje průměrné hodnoty konkrétní simulace za určité období, levá dolní mapa obsahuje v každém mřížovém bodě rozdíl průměrné hodnoty simulace mínus průměrné hodnoty pozorování. Pravá dolní mapa obsahuje procentuální odchylku simulace od pozorování. Procentuální odchylka P v každém mřížovém bodě je vypočtena dle rovnice 2.1,

$$P = 100\frac{K_{simulace} - K_{pozorovani}}{K_{pozorovani}} \tag{2.1}$$

kde $K_{simulace}$ je průměrná hodnota simulace v daném bodě, $K_{pozorovani}$ je průměrná hodnota pozorování v daném bodě. V mřížových bodech, kde jsou hodnoty $K_{pozorovani} = 0$, jsou vynechány ze zobrazení v mapě s procentuální odchylkou. Tento typ obrázku se používá pouze u denního úhrnu srážek.

Druhý typ obrázku například obrázek A.16 je stejný jako předešlý, pouze neobsahuje pravou dolní mapu s procentuální odchylkou. Tento typ je použit u tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu, denní minimální, průměrné a maximální teploty vzduchu ve dvou metrech nad povrchem.

Třetí typ obrázku například obrázek A.4 obsahuje graf reprezentující roční chod zkoumané veličiny pomocí měsíčních plošných průměrů v dané oblasti. Tento typ je použit u všech vybraných fyzikálních veličin, stejně jako tabulky.

Tabulky například tabulka 3.1 obsahují odchylku plošného průměru od pozorovaných hodnot zkoumané fyzikální veličiny za celé simulované období nebo za roční období pro všechny simulace ve všech výše definovaných oblastech.

3. Výsledky – denní úhrn srážek

3.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období

V této části se budeme zabývat průměrným denním úhrnem srážek v oblasti simulace za celé simulované období. Obecně dle tabulky 3.1 jsou všechny simulace v severní části Evropy nadhodnoceny kromě simulace *Kain-Fritsch*. V oblasti Severozápadní Afriky a Středního východu je simulace *Tompkins* jediná nadhodnocená. Největší odchylky mají simulace v oblasti Alp. Simulace *normal*, *UWPBL* a *Tiedtke* mají v této oblasti odchylku 1.4 – 1.9 mm/den a v ostatních oblastech se pohybuje odchylka pod 0.9 mm/den.

V simulaci *normal* jsme dostali docela dobré výsledky. Jak je vidět na obrázku 3.1 v oblasti hor dochází k nadhodnocení srážek převážně v místě Alpského a Skandinávského pohoří a části Velkého Kavkazu.

V simulaci *UWPBL* v porovnání s předchozí simulací máme téměř stejný výsledek. Hodnoty srážek jsou navíc nadhodnoceny v oblasti Středomoří. Na obrázku 3.2 je vidět větší odchylka v oblasti stejných hor, a také navíc i u pohoří Atlas.

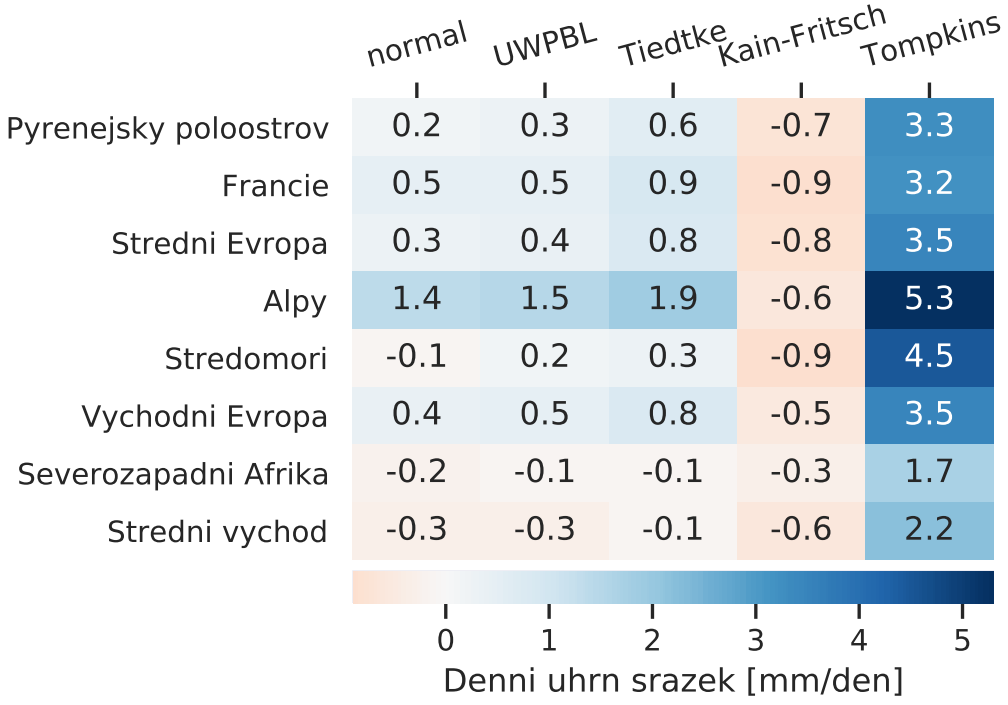
Simulace Tiedtke dává výsledky o trochu horší než simulace *normal* a *UWPBL*. Z obrázku 3.3 vyplývá, že hodnoty srážek jsou téměř všude nadhodnocené. Nejmenší odchylku má tato simulace v oblasti Středního východu a Severozápadní Afriky. Podle tabulky 3.1 jsou tyto odchylky pouze 0.1 mm/den.

Simulace *Kain-Fritsch* je v oblasti hor mírně nadhodnocena. Vůči předešlým simulacím je daleko lépe vystihuje. Dle obrázku A.1 jsou v ostatních oblastech hodnoty srážek podhodnoceny, kde absolutní hodnota odchylky je podobná simulaci *Tiedtke*. Podle tabulky 3.1 jsou odchylky v rozmezí 0.3 – 0.9 mm/den. Oblasti Severozápadní Afriky, Středního východu a Středomoří popisuje hůře než *Tiedtke*.

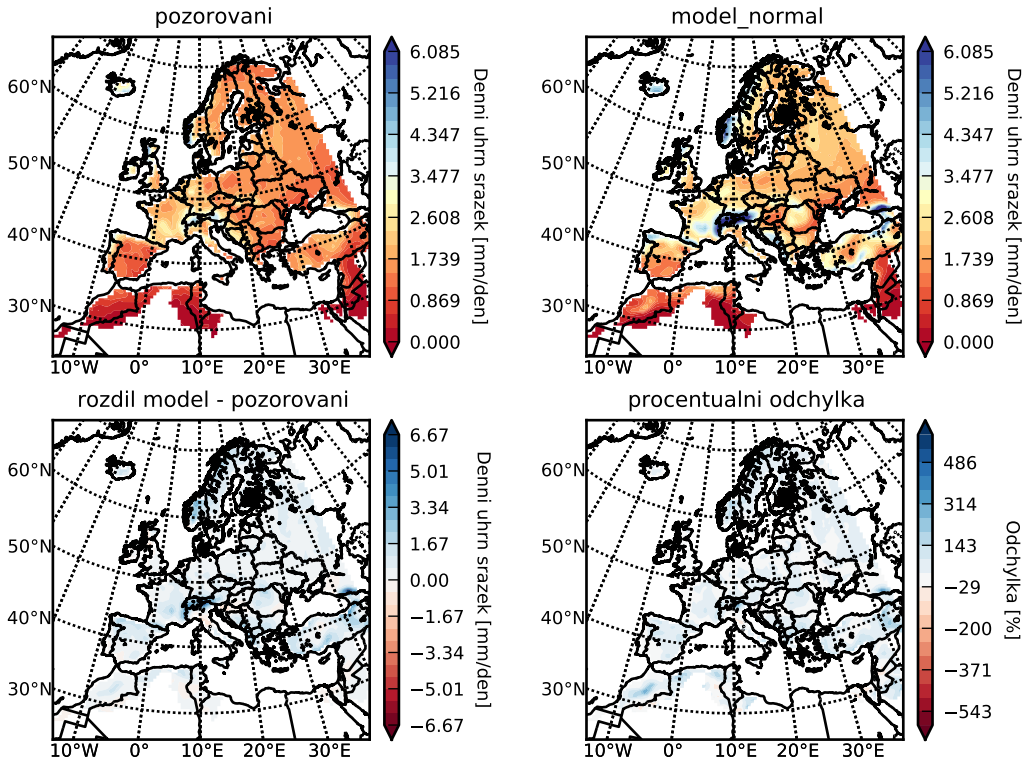
Poslední simulace *Tompkins* je v celé zvolené oblasti silně nadhodnocena (viz obrázek A.2). V tabulce 3.1 se pohybují odchylky mezi 3 – 4 mm/den, kde největší odchylka 5.3 mm/den je v oblasti Alp. Ze všech provedených simulací má nejvíce odlišné výsledky. Vzhledem ke komplexnosti fyzikální parametrizace simulující reálné srážky, použité v této simulaci, je potřeba do budoucna vyzkoušet měnit její jednotlivé parametry, aby byla simulace použitelná v oblasti Evropy. Vzhledem k velké odchylce nebude simulace v další analýze diskutována.

3.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech

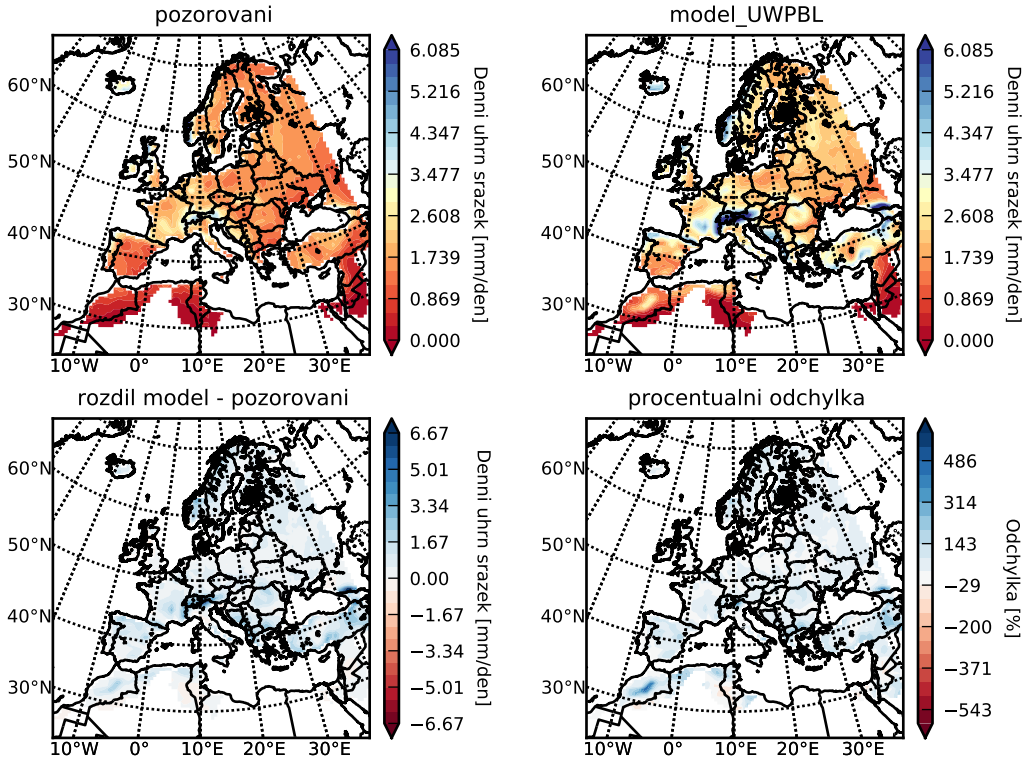
V oblasti Pyrenejského poloostrova z obrázku 3.4 je vidět, že simulace jsou nejvíce přesné v období květen – říjen. Téměř totožné jsou simulace *normal*, *Tiedtke* a *UWPBL*. V letních a podzimních měsících jsou jak nadhodnocené, tak podhodnocené, v ostatních měsících jsou nadhodnoceny. Data ze simulace *Kain-Fritsch* jsou v celém roce podhodnocená a nejvíce se shodují s pozorovanými daty v období léta.



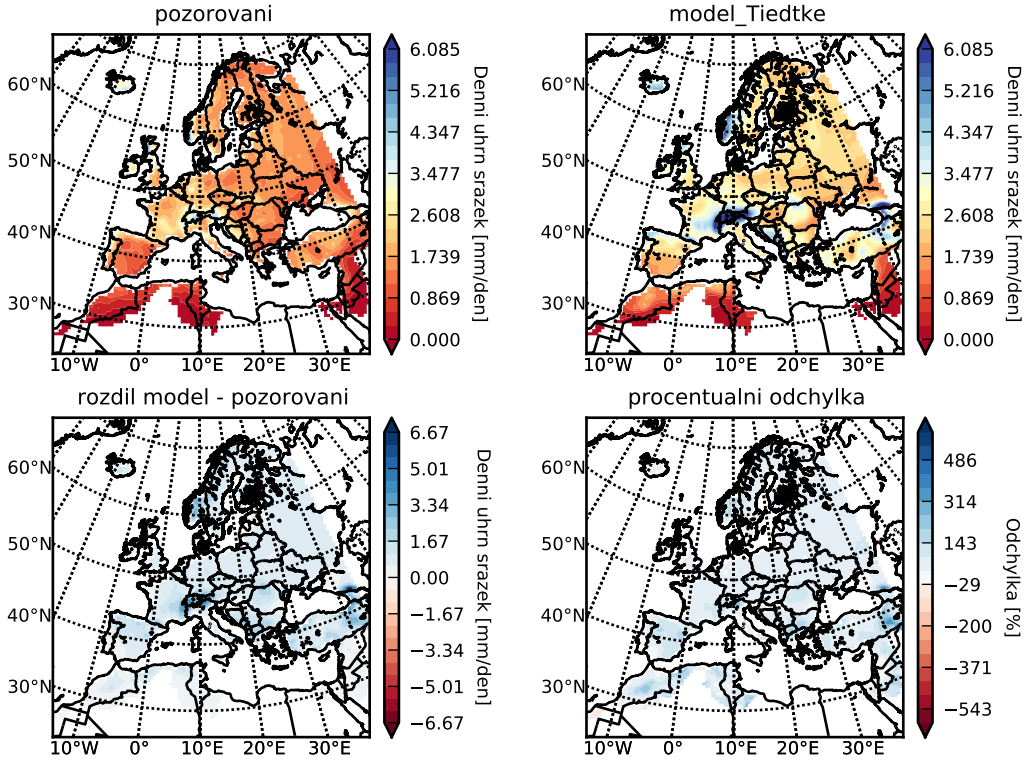
Tabulka 3.1: Odchylka denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999



Obrázek 3.1: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



Obrázek 3.2: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 3.3: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty

Oblast Francie (viz obrázek A.3) je podobná oblasti Pyrenejského poloostrova. Simulace *Kain-Fritsch* nejlépe popisuje období listopad – duben. V období červen – srpen vychází nejlépe simulace *Tiedtke*. Simulace *UWPBL* a *normal* jsou v tomto období podhodnocené a mají o trochu horší výsledek než simulace *Tiedtke*.

V oblasti Střední Evropy mají simulace převážně menší odchylku od pozorovaných hodnot v porovnání s oblastí Francie (viz obrázek A.4). V období červen – srpen jsou simulace *normal* a *UWPBL* podhodnoceny, jinak jsou nadhodnoceny. Simulace *Kain-Fritsch* je podhodnocena všechny měsíce kromě ledna a největší odchylku má v letních měsících. V období leden – duben a v listopadu má nejlepší výsledek. Simulace *Tiedtke* je v celém roce nadhodnocena. V létě a na podzim se nejvíce podobá pozorovaným hodnotám společně se simulacemi *normal* a *UWPBL*

V oblasti Alp je potvrzen výsledek z předešlé podkapitoly. Dle obrázku 3.5 jsou všechny simulace nadhodnoceny mimo simulaci *Kain-Fritsch*. Simulace *Kain-Fritsch* je nadhodnocena pouze v období leden – březen. V období červen – srpen má nejlepší výsledek simulace *normal* a na podzim mají simulace *normal*, *UWPBL* a *Kain-Fritsch* stejně dobrý výsledek. Zbývající části roku má nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch*.

Středomoří je popsáno simulacemi velmi proměnlivě. Z obrázku A.5 vyplývá, že všechny simulace příliš reagují na propad úhrnu srážek v létě. V období květen – červen mají nejlepší výsledek simulace *UWPBL* a *Tiedtke*. Lokálně v jednotlivých měsících březen, duben a listopad má nejlepší výsledek simulace *normal*. Simulace *Kain-Fritsch* je podhodnocena v celém roce a malou odchylku má pouze v období leden – březen.

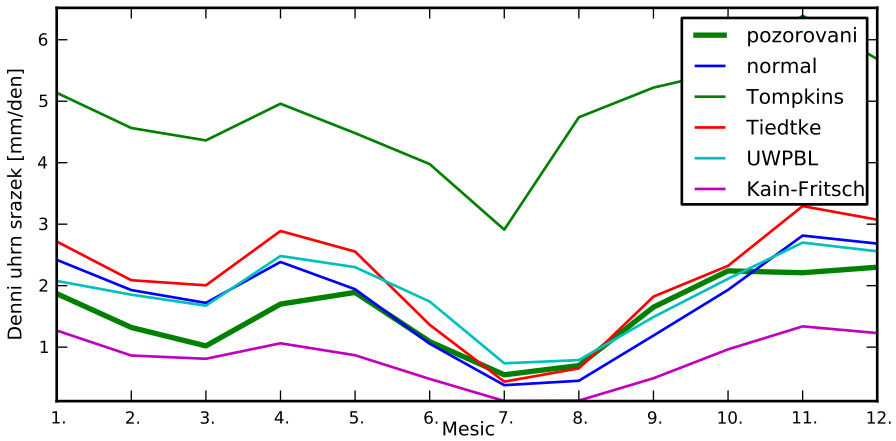
Dle obrázku 3.6 v oblasti Východní Evropy v období leden – duben a v období říjen – prosinec mají data ze simulace *Kain-Fritsch* nejmenší odchylku od pozorovaných dat. Jsou nadhodnocena v období prosinec - březen, ve zbývající části roku jsou podhodnocena. Období květen – září nejlépe popisují simulace *UWPBL* a *normal*. Jejich velmi podobné výsledky jsou nadhodnocené, větší podhodnocení je pouze v srpnu. Simulace *Tiedtke* vyniká pouze v srpnu.

Severozápadní Afrika je odlišná od ostatních oblastí nižším úhrnem denních srážek (viz obrázek A.6). V období leden – duben a období září – prosinec jsou všechny simulace podhodnocené. Období červen – srpen, kdy je denní úhrn srážek téměř nulový, nejlépe popisuje simulace *Kain-Fritsch*. Obecně má v této oblasti nejlepší výsledek simulace *Tiedtke*. V důsledku malého úhrnu srážek jsou malé odchylky u všech simulací.

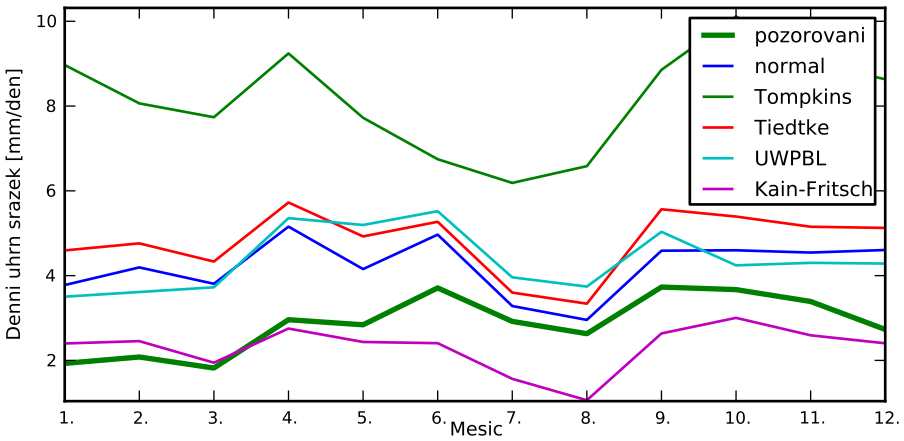
Na obrázku A.7 je patrné, že oblast Středního východu je nejlépe popsána simulacemi *Tiedtke* a v letních měsících společně se simulací *UWPBL*. V měsících červenec a srpen má také velmi dobré výsledky simulace *Tompkins*. Roční období léto je období s nejmenší odchylkou u všech simulací. Simulace bez *Tompkins* jsou po celý rok podhodnoceny.

3.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón

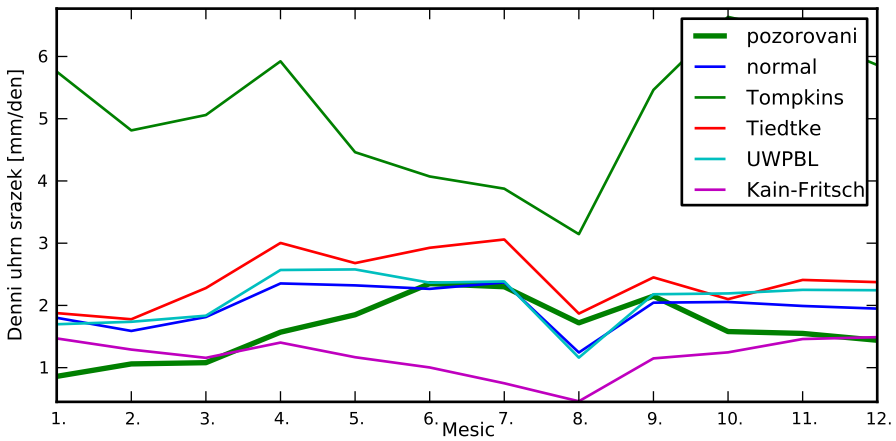
V období jaro máme velmi podobné výsledky jako pro celé simulované období. Dle tabulky A.1 jsou odchylky vůči celému simulovanému období v průměru větší o 0.3 mm/den, ostatní rysy plynoucí z této tabulky jsou stejné. Nejmenší



Obrázek 3.4: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Pyrenejského poloostrova



Obrázek 3.5: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Alp



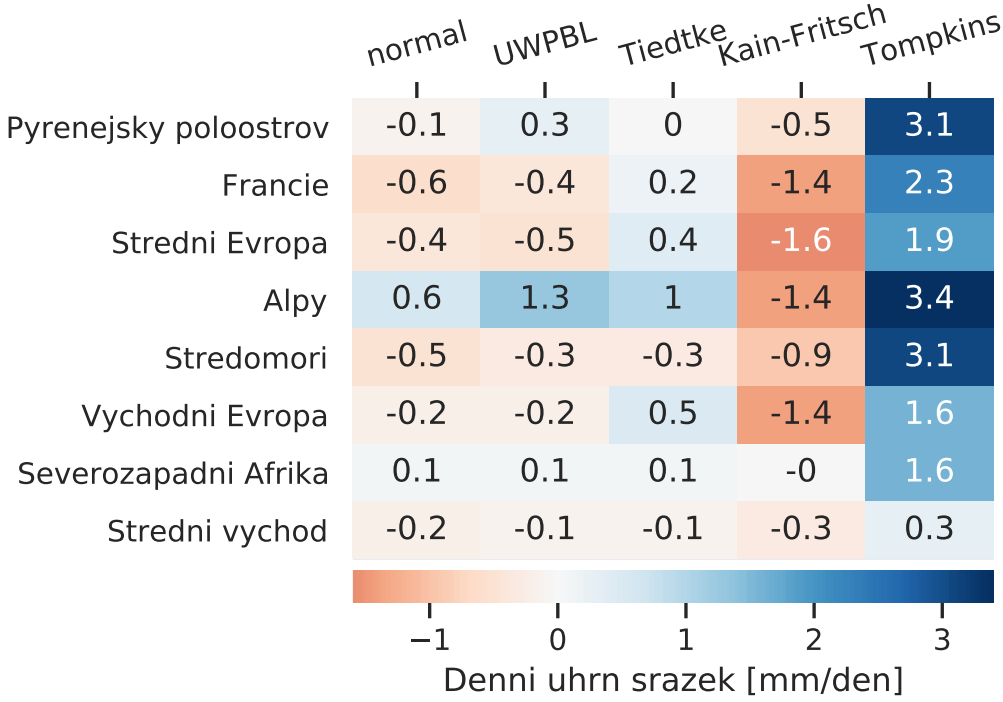
Obrázek 3.6: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Východní Evropy

odchylky od pozorovaných dat má simulace *normal* (viz obrázek A.8) a *Kain-Fritsch* (viz obrázek A.9). Simulace *UWPBL*, *Tiedtke*, *normal* a *Tompkins* mají obecně větší odchylky nadhodnocení v oblasti hor Alp a Velkého Kavkazu. Největší procentuální nadhodnocení mají všechny simulace ve výše zmíněných horách, v oblasti Severozápadní Afriky u pohoří Atlas a na území Saudské Arábie. Simulace *Kain-Fritsch* je jak nadhodnocena, tak podhodnocena. Všechny ostatní simulace jsou převážně nadhodnoceny.

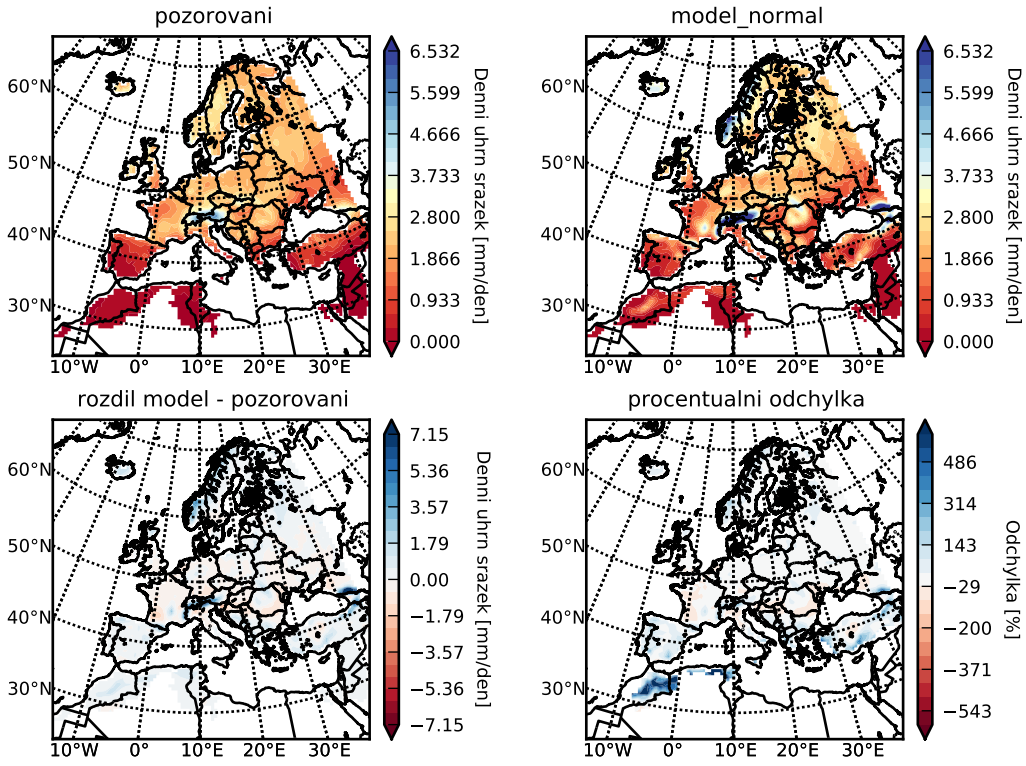
V období léto jsou data ze všech simulací jak nadhodnocená tak podhodnocená. Z tabulky 3.2 vidíme, že nejlepší výsledek mají simulace *UWPBL*, *Tiedtke* a *normal*. Jejich odchylky jsou od 0 do 0.5 mm/den. V oblasti Alp mají odchylky větší *UWPBL* 1.3 mm/den, *Tiedtke* 1.0 mm/den a *normal* 0.6 mm/den. Z obrázku 3.7 je vidět, že malý plošný průměr v této oblasti u simulace *normal* je způsoben podhodnocenými hodnotami v okolí pohoří Alp a v místě pohoří Alp jsou hodnoty nadhodnocené. V oblasti Středního východu mají všechny simulace dobré výsledky, největší odchylku 0.3 mm/den zde mají *Kain-Fritsch* a *Tompkins*. U simulace *Kain-Fritsch* převládají podhodnocené oblasti, u ostatních simulací převládají nadhodnocené oblasti (viz obrázek 3.8). Celkově má nejmenší odchylku simulace Tiedtke (viz obrázek A.10). Z obrázku A.11 vidíme, že v oblasti Velkého Kavkazu má nejlepší výsledky simulace *Tompkins*. V místě pohoří Alp a na západním pobřeží Skandinávského poloostrova má nejmenší odchylku simulace *Kain-Fritsch*. Všechny simulace mimo simulaci *Tiedtke* mají velké procentuální nadhodnocení v oblasti Severozápadní Afriky.

Dle tabulky A.2 v období podzim mají simulace plošné průměry v rozmezí 0.5 – 1 mm/den v oblastech Francie, Střední Evropy a Alp, kde oblast Alp nejhůře popisuje *Tiedtke* s odchylkou 1.8 mm/den. Ve zbývajících oblastech se pohybují odchylky simulací v rozmezí 0.1 – 0.6 mm/den. Simulace *Kain-Fritsch* je pro všechny oblasti podhodnocena. Lokální největší odchylky jsou u všech simulací v oblasti hor Alp, Velkého Kavkazu, celého státu Turecka a západního pobřeží Skandinávského poloostrova. U všech simulací se objevuje větší procentuální nadhodnocení v oblasti pohoří Atlas. Simulace *normal* a *UWPBL* převážně nadhodnocené mají přibližně stejně dobré výsledky (viz obrázky A.12 a A.13). Podle obrázku A.14 *Tiedtke* popisuje lépe Středomoří, Severozápadní Afriku a Střední východ. To je také patrné z tabulky A.2. Všechny simulace mají podhodnocené hodnoty na Norském pobřeží západně od Skandinávského pohoří a kromě simulace *Kain-Fritsch* nadhodnocené hodnoty na Islandu.

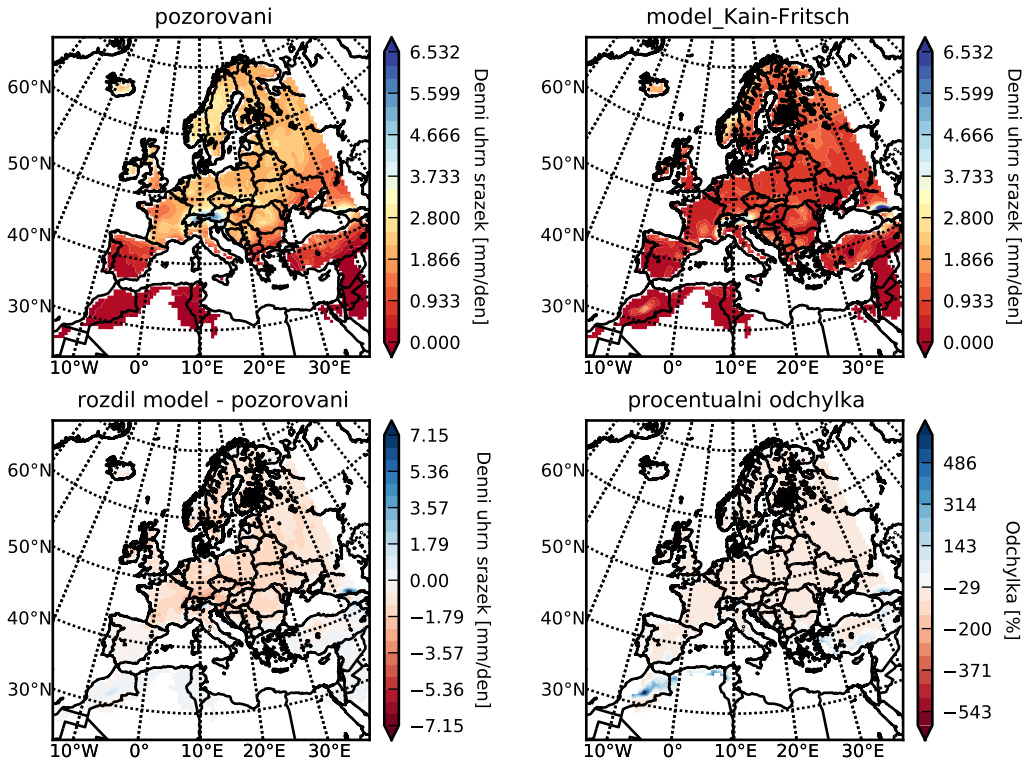
Vyjdeme-li z tabulky 3.3, tak v období zima vychází nejlépe simulace *normal* a *UWPBL*, jejichž odchylky se pohybují pod 0.9 mm/den. Pouze v oblasti Alp mají odchylky *normal* 1.9 mm/den a *UWPBL* 1.6 mm/den. *Kain-Fritsch* má v oblasti Alp odchylku pouhých 0.2 mm/den. Simulace *Tiedtke* má lepší výsledek v oblasti Severozápadní Afriky a Středního východu. Z obrázků 3.9, 3.10 je vidět velmi podobný výsledek simulací *normal* a *UWPBL*. Společně se simulací *Kain-Fritsch* mají nejlepší výsledek (viz obrázek A.15). U simulace *Kain-Fritsch* nejsou navíc žádné lokální extrémy. V oblasti Britských ostrovů a na Norském pobřeží západně od Skandinávského pohoří jsou všechny simulace podhodnocené, simulace *Kain-Fritsch* tam má největší odchylku. Nepočítaje *Kain-Fritsch*, tak mají ostatní simulace velké procentuální nadhodnocení v oblasti Alp, Velkého Kavkazu a východní části Turecka.



Tabulka 3.2: Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999



Obrázek 3.7: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



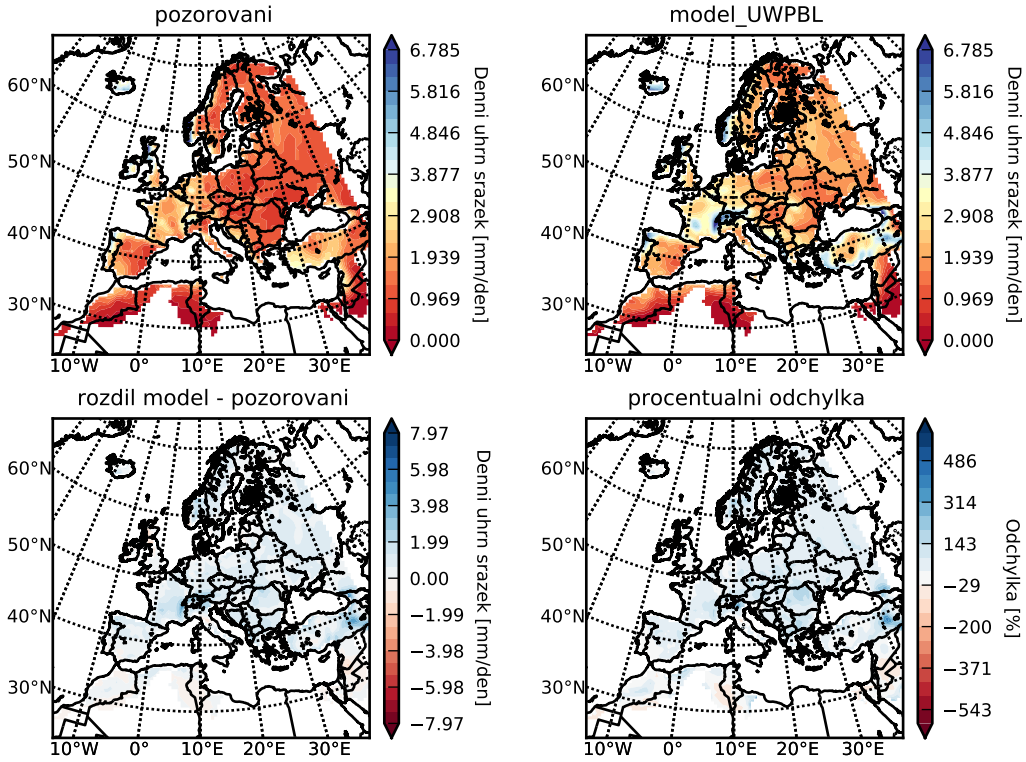
Obrázek 3.8: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty

	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	0.5	0.3	0.8	-0.7	3.3
Francie	0.8	0.9	1.2	-0.5	3.7
Stredni Evropa	0.4	0.7	1	-0.3	4.2
Alpy	1.9	1.6	2.6	0.2	6.3
Stredomori	0.4	0.5	0.6	-0.7	4.5
Vychodni Evropa	0.7	0.8	0.9	0.3	4.4
Severozapadni Afrika	-0.4	-0.4	-0.2	-0.6	1.6
Stredni vychod	-0.5	-0.5	-0.2	-0.9	3.1

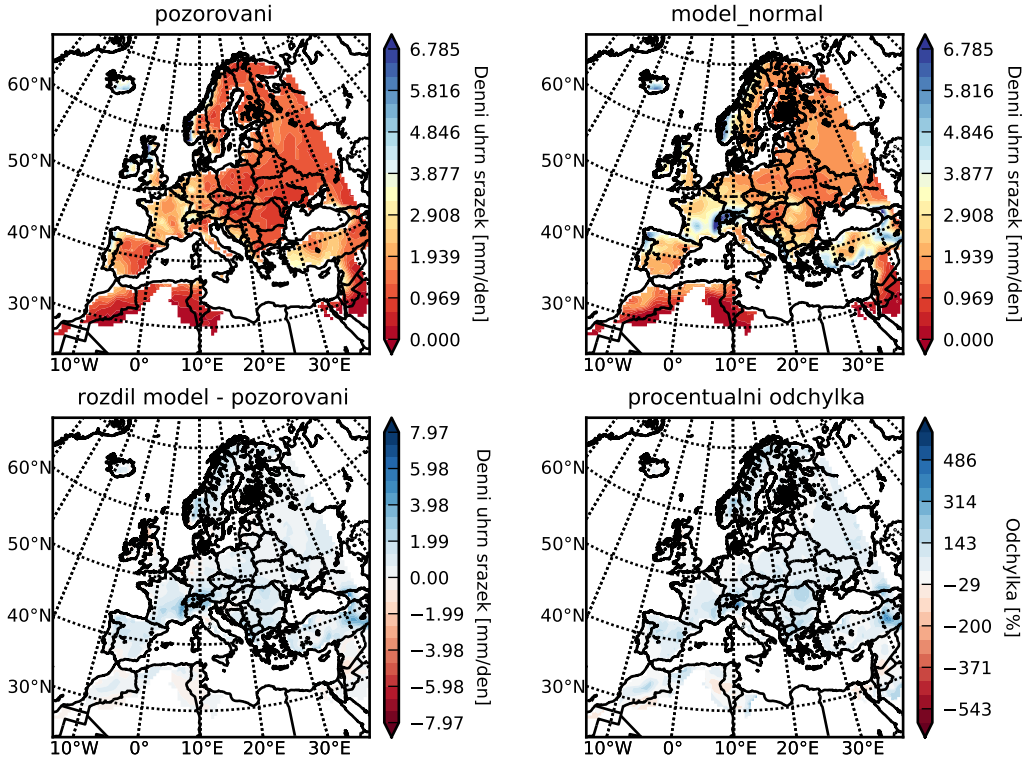
0 2 4 6

Denni uhrn srazek [mm/den]

Tabulka 3.3: Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999



Obrázek 3.9: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 3.10: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty

4. Výsledky – tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu

4.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období

V této části se budeme zabývat průměrným tlakem vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti simulace za celé simulované období. Oblast simulace je menší než u předešlé veličiny, kvůli dostupným datům z pozorování. Vzhledem k výsledkům si pro lepší přehlednost rozdělme Evropu určitou hranící na dvě části. Tato hranice se posouvá u jednotlivých simulací, ale posuv není až tak výrazný. Hranici mezi horní a dolní částí Evropy tvoří přibližně jižní část Francie, severní část Itálie a severní část Řecka. Island většinou patří do horní části. Obecně je horní část Evropy podhodnocená a dolní část nadhodnocená, občas se najdou nějaké výjimky.

Všechny simulace mají stejný problém a to i ve všech zpracováních, která jsme provedli. V okolí pohoří Prokletije (Černá Hora) a přibližně okolí města Stuttgart v Německu mají všechny simulace velkou, téměř bodovou odchylku od pozorování proti okolí. To je dobře vidět například v obrázku A.16. U všech simulací je tato odchylka přibližně stejná. Také je vidět z obrázků, že v těchto bodech je odchylka způsobena zvláštním nárůstem tlaku v pozorovaných datech. Mohlo by se jednat o chybné hodnoty pozorovaných dat.

Nepočítaje dva body výše zmíněné, je u všech simulací kromě *Tompkins* největší chyba v oblasti hranice Baltských států s Ruskem a Běloruskem.

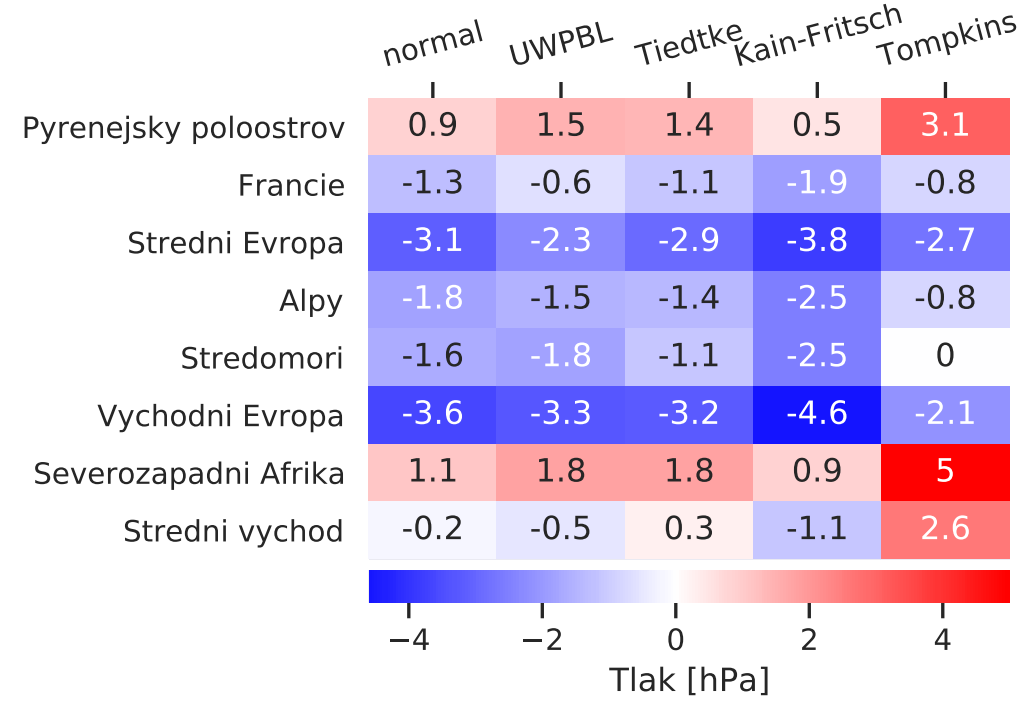
Simulace *Tompkins* popisuje nejlépe horní část Evropy, ale má velké odchylky v dolní části Evropy (viz obrázek A.16).

Simulace *Kain-Fritsch* má velmi malou odchylku v dolní části Evropy, ale celá hranice je posunuta jižněji (viz obrázek 4.1). V horní části jsou velké odchylky. V tabulce 4.1 má například *Kain-Fritsch* odchylku v plošném průměru 0.5 hPa v oblasti Pyrenejského poloostrova. Simulace *normal* má odchylku 0.9 hPa a ostatní simulace ještě větší.

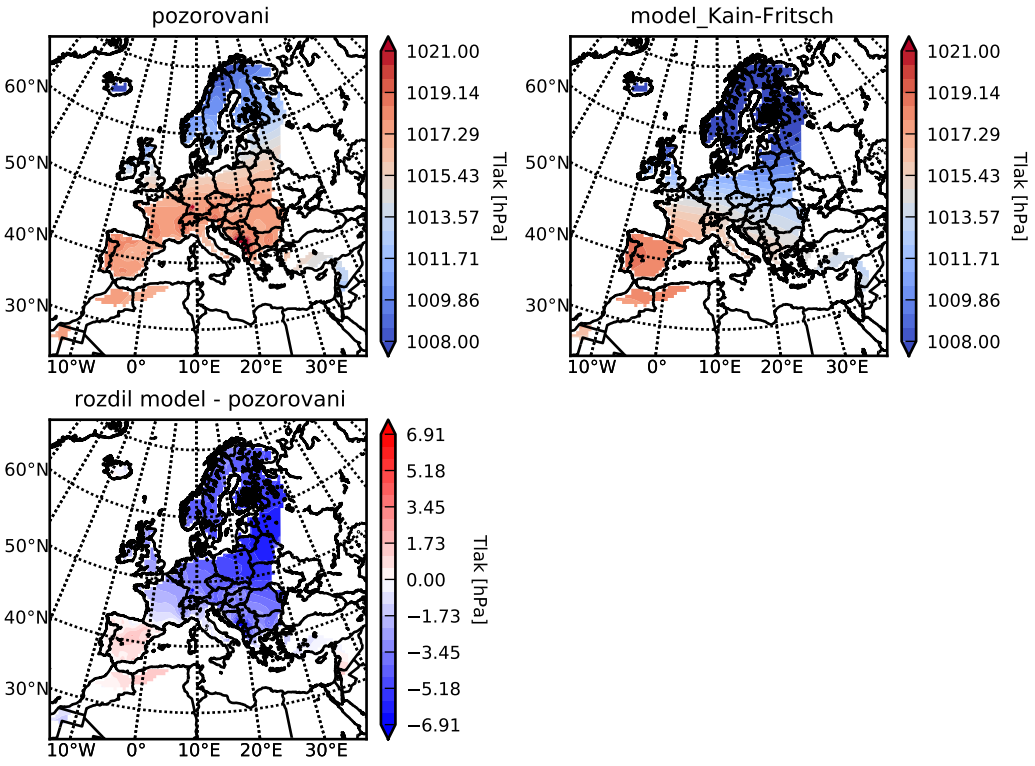
V průměru nejvíce odpovídá pozorovaným hodnotám simulace *Tiedtke*. Ostatní simulace sice lépe popisují určitou část, ale ve výsledku mají daleko větší odchylku v ostatních částech. To je pozorovatelné v tabulce 4.1. Také je v této tabulce patrné, že simulace *normal* se odchylkami hodnot nachází někde mezi simulací Tiedtke a simulací *Kain-Fritsch* ve všech oblastech. Například plošné odchylky v oblasti Francie *Kain-Fritsch* -1.9 hPa, *normal* -1.3 hPa a *Tiedtke* -1.1 hPa, v oblasti Severozápadní Afriky *Kain-Fritsch* 0.9 hPa, *normal* 1.1 hPa a *Tiedtke* 1.8 hPa.

Porovnáme-li obrázek 4.2 a obrázek 4.3, tak vidíme, že simulace *UWPBL* má podobný výsledek jako simulace *Tiedtke*. Má výrazně větší odchylku ve Středomoří, v plošném průměru o 0,7 hPa. Na druhou stranu popisuje lépe v plošném průměru oblast Francie o 0.5 hPa a oblast Střední Evropy o 0.6 hPa.

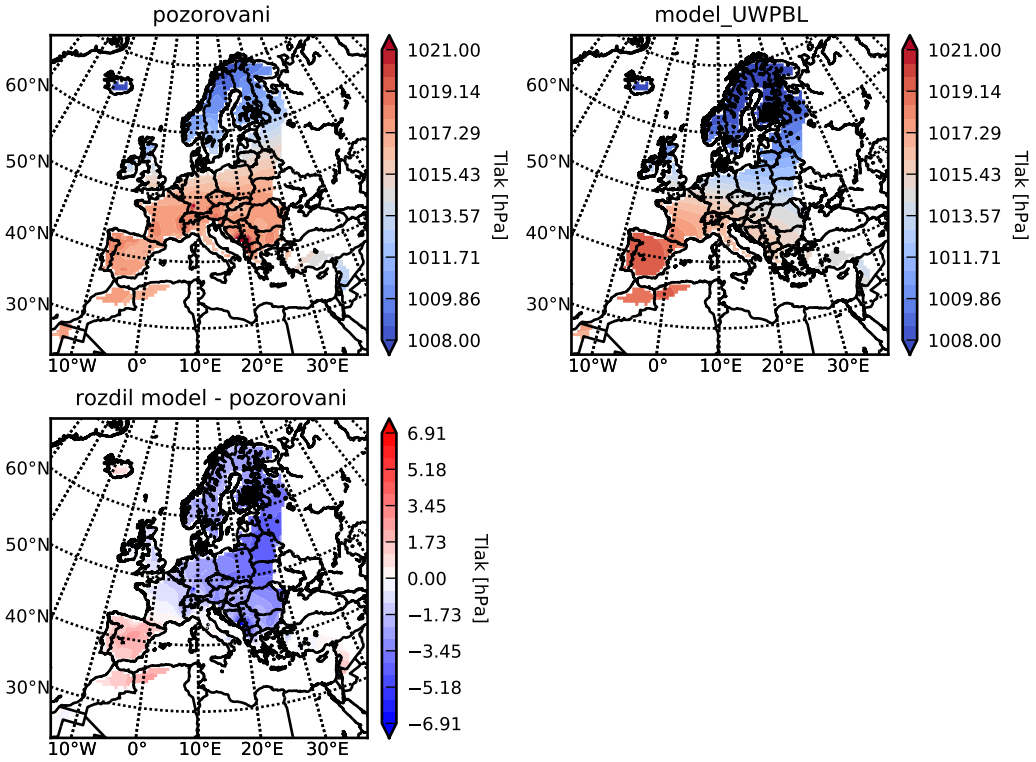
	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	0.9	1.5	1.4	0.5	3.1
Francie	-1.3	-0.6	-1.1	-1.9	-0.8
Stredni Evropa	-3.1	-2.3	-2.9	-3.8	-2.7
Alpy	-1.8	-1.5	-1.4	-2.5	-0.8
Stredomori	-1.6	-1.8	-1.1	-2.5	0
Vychodni Evropa	-3.6	-3.3	-3.2	-4.6	-2.1
Severozapadni Afrika	1.1	1.8	1.8	0.9	5
Stredni vychod	-0.2	-0.5	0.3	-1.1	2.6



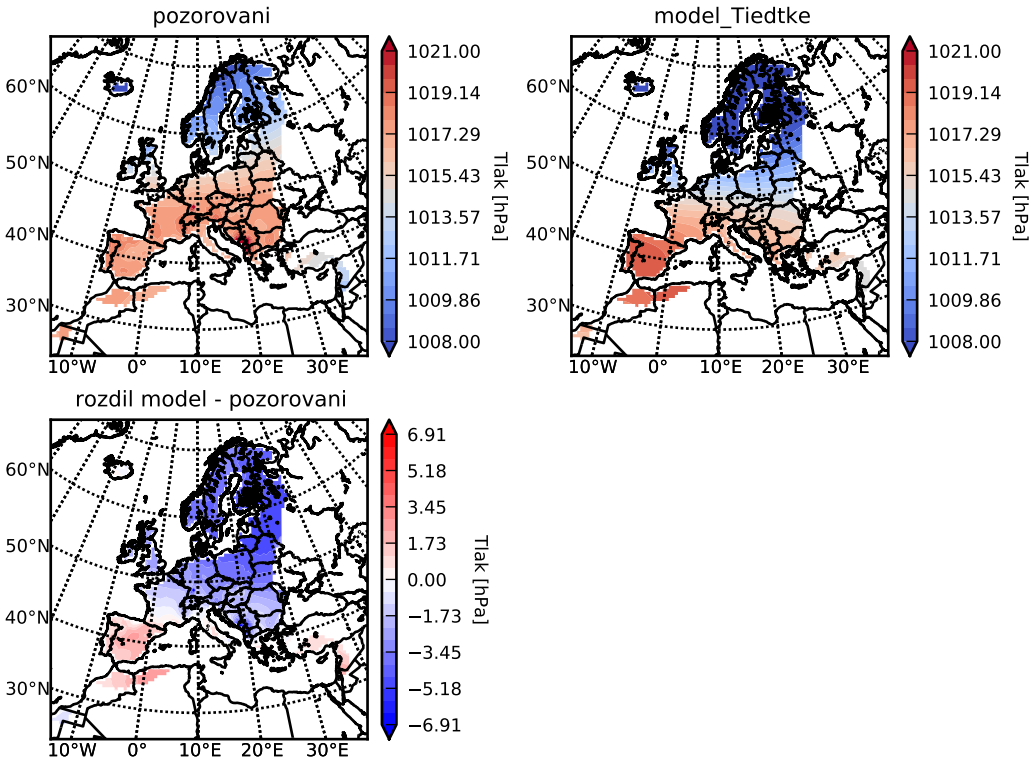
Tabulka 4.1: Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999



Obrázek 4.1: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



Obrázek 4.2: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 4.3: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty

4.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech

V oblasti Pyrenejského poloostrova z obrázku 4.4 je vidět, že v průměru jsou všechny simulace nadhodnocené. Odlišný je listopad, tam jsou všechny simulace podhodnoceny. Simulace *Kain-Fritsch* se v období leden – duben pohybuje těsně pod hodnotami z pozorování. Největší odchylku má simulace *Tompkins* a to v měsících červenec a srpen. V lednu a únoru je tato oblast nejlépe popsána simulací *Tiedtke* a v ostatních měsících až na výjimky simulací *Kain-Fritsch*. V dubnu a říjnu má nejlepší výsledek simulace *Tompkins* a v listopadu simulace *normal* a *UWPBL*.

Oblast Francie nepopisuje žádná simulace úplně dobře (viz obrázek A.17). V období leden – duben, listopadu a prosinci jsou všechny simulace podhodnocené. Květen – srpen jsou simulace *Tiedtke*, *UWPBL* a *Tompkins* nadhodnocené. V květnu a září se pozorované data shodují nejvíce se simulací *Tompkins*. Simulace *Tompkins* má největší výkyvy v odchylce. V období červen – září a v prosinci má nejlepší výsledky simulace *Kain-Fritsch* a v ostatních měsících simulace *UWPBL*. Listopad je popsán ze všech měsíců simulacemi nejhůře.

V oblasti Střední Evropy z obrázku A.18 vidíme, že jsou výrazné dva aspekty. Za prvé jsou všechny simulace podhodnoceny s celkem velkou odchylkou v období leden – duben a září – prosinec. Simulace *Tiedtke* nadhodnocená v září a podhodnocená v říjnu vystihuje tyto dva měsíce nejlépe. Za druhé až na simulaci *Tompkins* jsou všechny simulace velmi přesné v období květen – srpen. Simulace jsou v celém období jak nadhodnoceny, tak podhodnoceny.

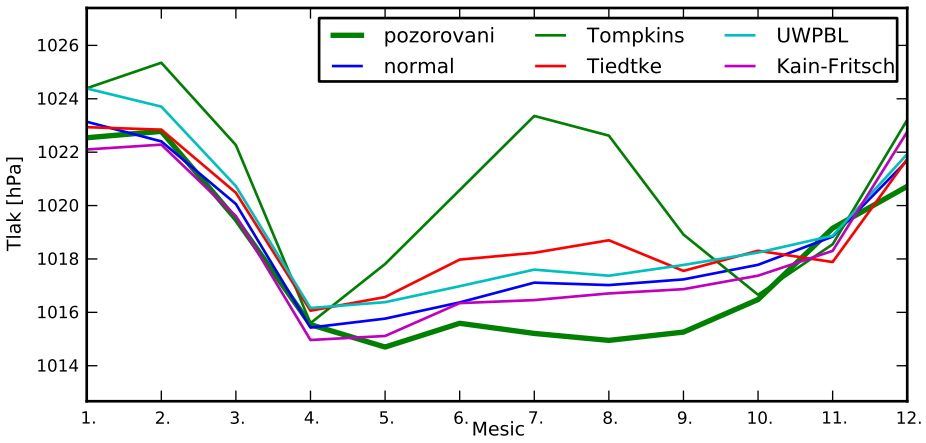
Dle obrázku 4.5 jsou v oblasti Alp výsledky v podstatě stejné jako v oblasti Střední Evropy. Liší se menší odchylkou simulací v období leden – duben a září – prosinec. V období květen – červen je simulace *Tiedtke* nadhodnocena a má větší odchylku než simulace *UWPBL*, *Kain-Fritsch* a *normal*.

Stejné výsledky jako oblast Alp má Středomoří (viz obrázek A.19).

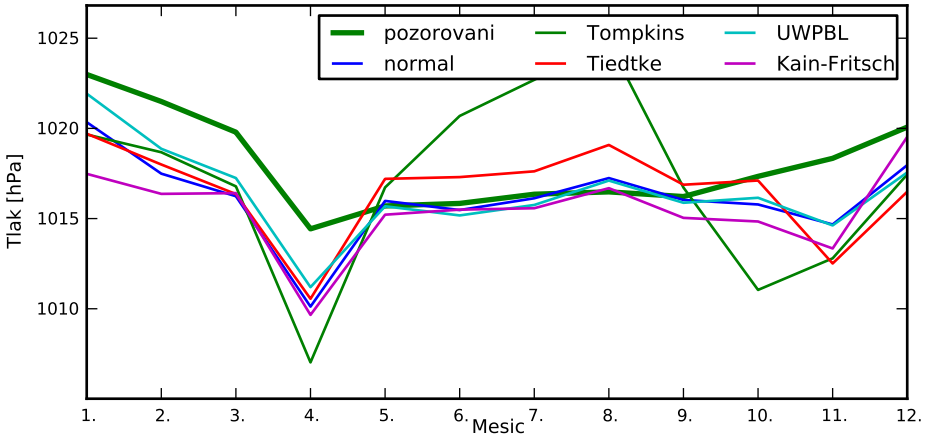
Z obrázku 4.6 vyplývá, že Východní Evropa je popsána stejně jako oblast Střední Evropy. Liší se pouze v období květen – září. Simulace *Kain-Fritsch*, *UWPBL* a *normal* jsou podhodnocené a trochu se liší od pozorovaných hodnot. Simulace *Tiedtke* je nadhodnocena i podhodnocena, ale toto období popisuje nejlépe. Největší odchylky mají simulace v měsících ze zimního ročního období.

Oblast Severozápadní Afriky je dobře popsána simulacemi *Kain-Fritsch*, *UWPBL* a *normal* (viz obrázek A.20). Simulace *Tompkins* a *Tiedtke* jsou všude hodně nadhodnoceny. Nejlepší výsledek má simulace *Kain-Fritsch* mimo období duben – červen. Charakteristické pro simulace *Kain-Fritsch*, *UWPBL* a *normal* je, že jsou nadhodnocené v období leden – březen a červenec – prosinec a podhodnocené v květnu a červnu.

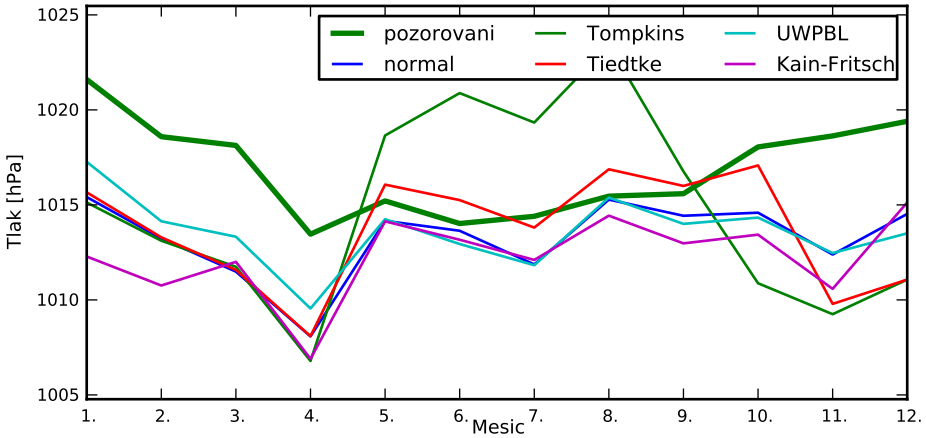
Z obrázku A.21 plyne, že oblast Středního východu je nejlépe popsána simulacemi *normal* a *UWPBL* v období březen – září a v ostatních měsících ji nejlépe popisuje pokaždé jiná simulace. Simulace *Tompkins* je nadhodnocena v celém roce mimo listopad a prosinec. V únoru, říjnu a prosinci má velmi dobré výsledky. Simulace *Tiedtke* je nadhodnocena v období duben – říjen, jinak je podhodnocena. Ostatní simulace jsou podhodnoceny kromě ledna.



Obrázek 4.4: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Pyrenejského poloostrova



Obrázek 4.5: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Alp



Obrázek 4.6: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Východní Evropy

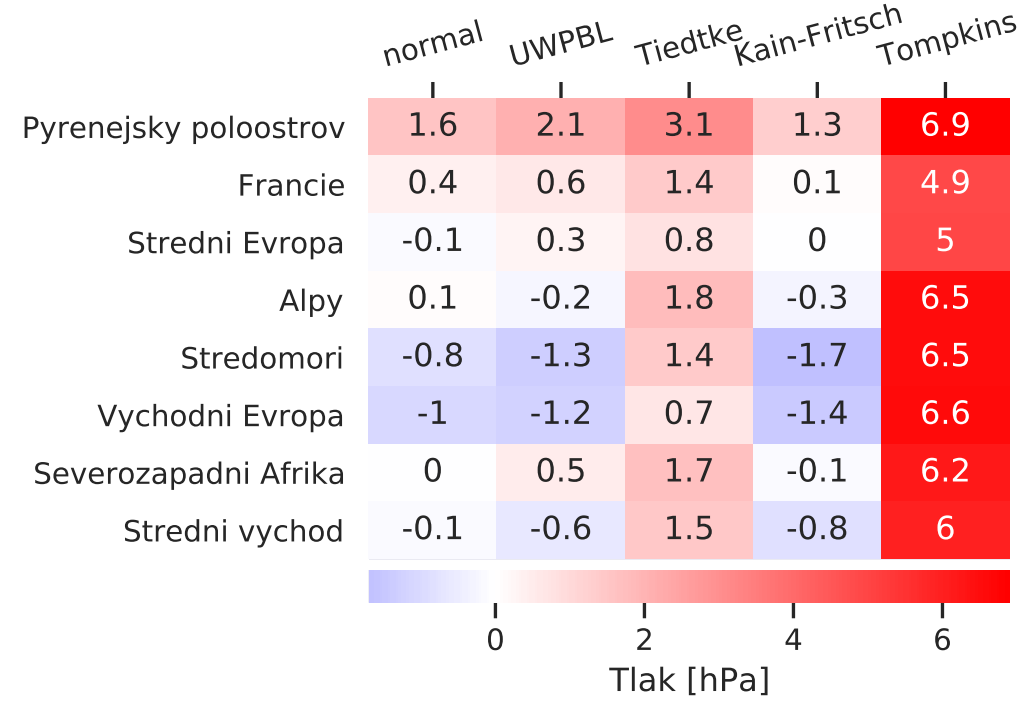
4.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón

V období jaro mají výsledky podobnou strukturu jako v celém simulovaném období. Z tabulky A.3 lze zjistit, že simulace mají největší odchylky v oblastech Střední Evropy a Východní Evropy. Plošný průměr odchylky se v těchto oblastech pohybuje kolem hodnoty 3 – 4.5 hPa. V oblasti Severozápadní Afriky a Středního východu mají simulace menší odchylku než 1 hPa. To neplatí pro simulaci *Tompkins*. Evropa lze rozdělit na dvě části dle nadhodnocených a podhodnocených hodnot. Výsledek s velkou odchylkou nadhodnocení má simulace *Tompkins* a to v oblasti Pyrenejského poloostrova, Severozápadní Afriky a Středního východu (viz obrázek A.22). V ostatních částech jsou hodnoty podhodnocení přibližně velké jako u ostatních simulací. Z obrázku A.23 vyplývá, že má extrémní výsledek simulace *Kain-Fritsch*. Má hodně podhodnocené hodnoty v oblasti Skandinávie a Baltských států. Oblast Pyrenejského poloostrova je touto simulací popsána nejlépe. Dle tabulky A.3 tam má odchylku od plošného průměru 0 hPa. V průměru má nejlepší výsledek simulace *UWPBL* (viz obrázek A.24). Simulace *Tiedtke* má podobný výsledek jako simulace *UWPBL*, jen má o trochu vetší odchylky (viz obrázek A.25).

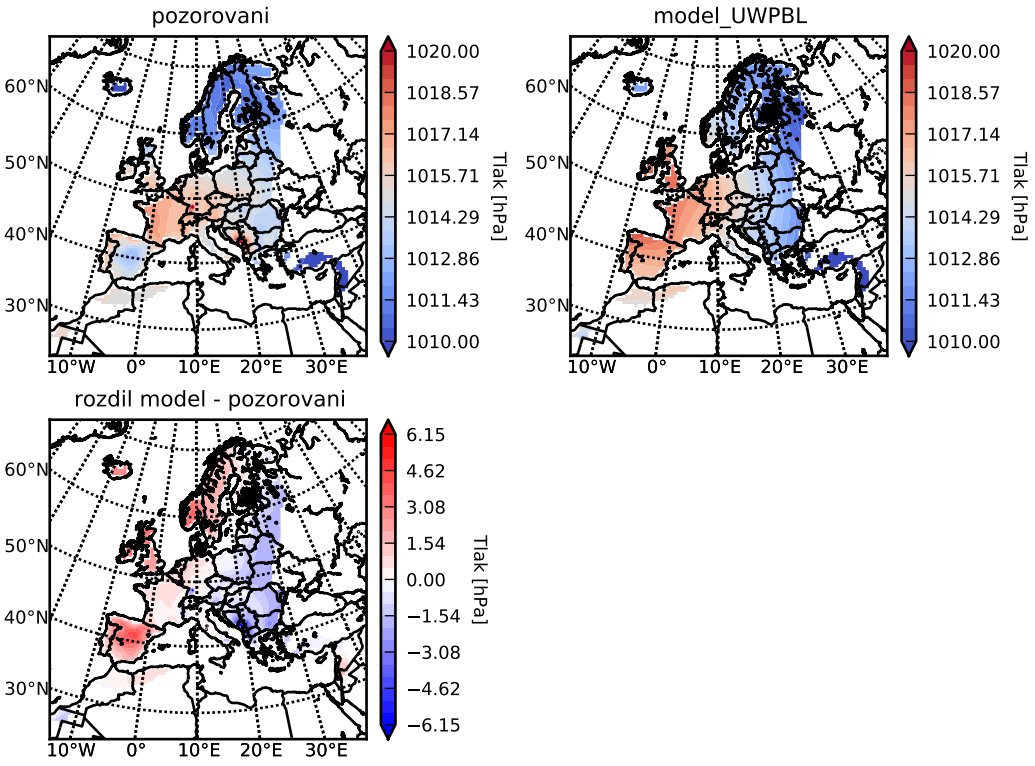
V období léto mají všechny simulace společný jev velkého nadhodnocení hodnot v oblasti Pyrenejského poloostrova, Britských ostrovů, Islandu a Skandinávského poloostrova. V oblasti Pyrenejského poloostrova to je patrné z tabulky 4.2. Tabulka také dává informaci, že simulace Tompkins je všude extrémně nadhodnocena a to v průměru od 5 do 6.9 hPa. Pro porovnání: v každé oblasti se najde nějaká simulace, která má menší odchylku než 1.3 hPa. U simulací *UWPBL*, *normal* a *Kain-Fritsch* se více hodí rozdělení Evropy na západní a východní. Všimneme si z obrázků 4.7, 4.8 a A.26, že hranice není všude stejná, ale pohybuje se kolem 15° východní zeměpisné délky. Západní část je u těchto simulací nadhodnocena a východní část podhodnocena. Výsledky s nejmenšími odchylkami v průměru mají simulace *normal* a *Kain-Fritsch*. Simulace *Tiedtke* je z většiny nadhodnocena, v oblasti Skandinávie a Baltských států podhodnocena s nejmenší odchylkou ze všech simulací v těchto oblastech (viz obrázek A.27). Dle tabulky 4.2 je ve všech zkoumaných oblastech nadhodnocena s odchylkou v rozmezí 0.7 – 3.1 hPa.

V období podzim jsou výsledky stejné jako v období jaro. Mapy nepřináší žádné nové informace. Podle tabulky A.4 mají simulace většinou menší odchylku. K zlepšení výsledků dochází převážně v místech s podhodnocením a k zhoršení převážně v místech s nadhodnocením.

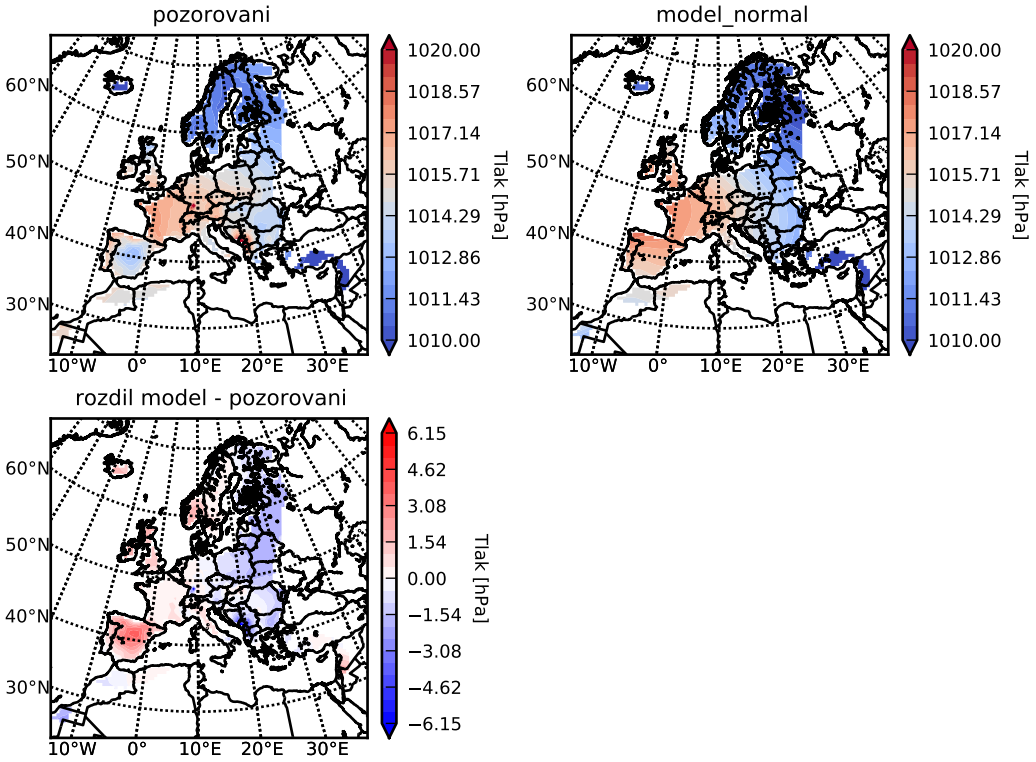
Období zima je podobné jako období jaro. V jižní části Evropy jsou hodnoty nadhodnoceny a v severní části podhodnoceny. Společný znak u všech simulací je nadhodnocení v oblasti Severozápadní Afriky, Středního východu a Pyrenejského poloostrova a podhodnocení v ostatních oblastech. To je dobře patrné z tabulky 4.3. Největší odchylku mají simulace v následujících oblastech: ve Střední Evropě a Východní Evropě. Nejmenší odchylku tam má simulace *UWPBL*. V první oblasti má -3.7 hPa a v druhé -4.9 hPa. K extrémnímu podhodnocení dochází u všech simulací v oblasti poloostrova Kola Peninsula, jižně směrem až k Středopolské nížině. Vyčnívá simulace *UWPBL*, která má v této oblasti nejmenší odchylky od pozorovaných dat (viz obrázek 4.9). Severozápadní Afriku nejlépe popisuje simulace *Kain-Fritsch* (viz obrázek 4.10).



Tabulka 4.2: Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999



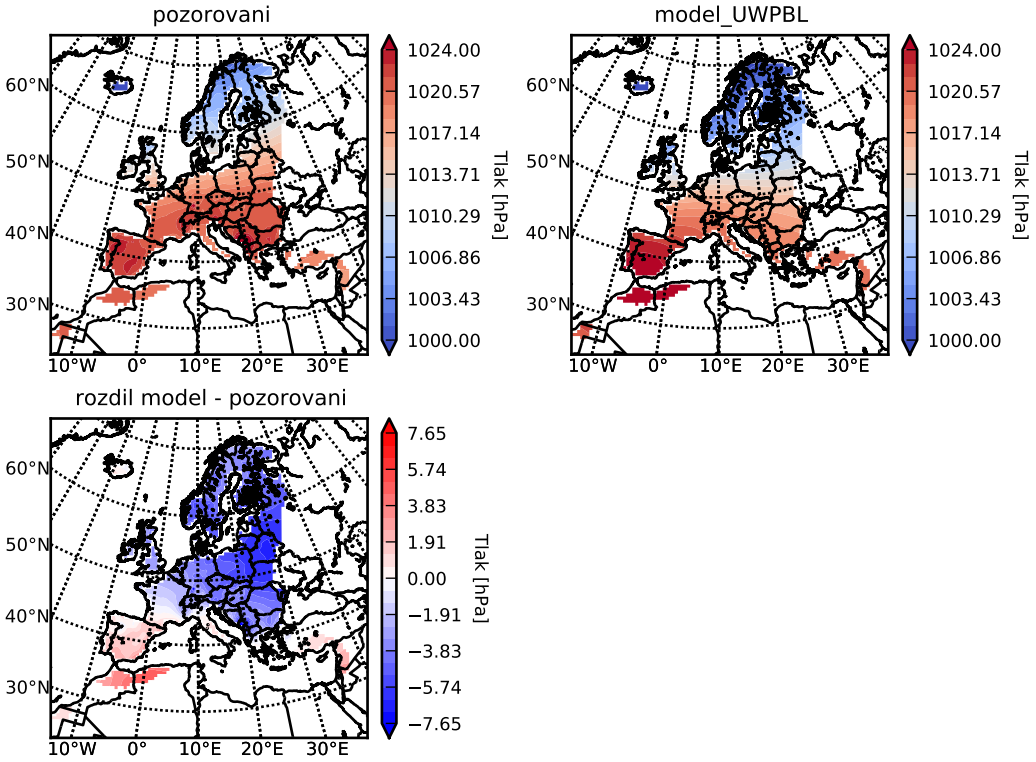
Obrázek 4.7: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



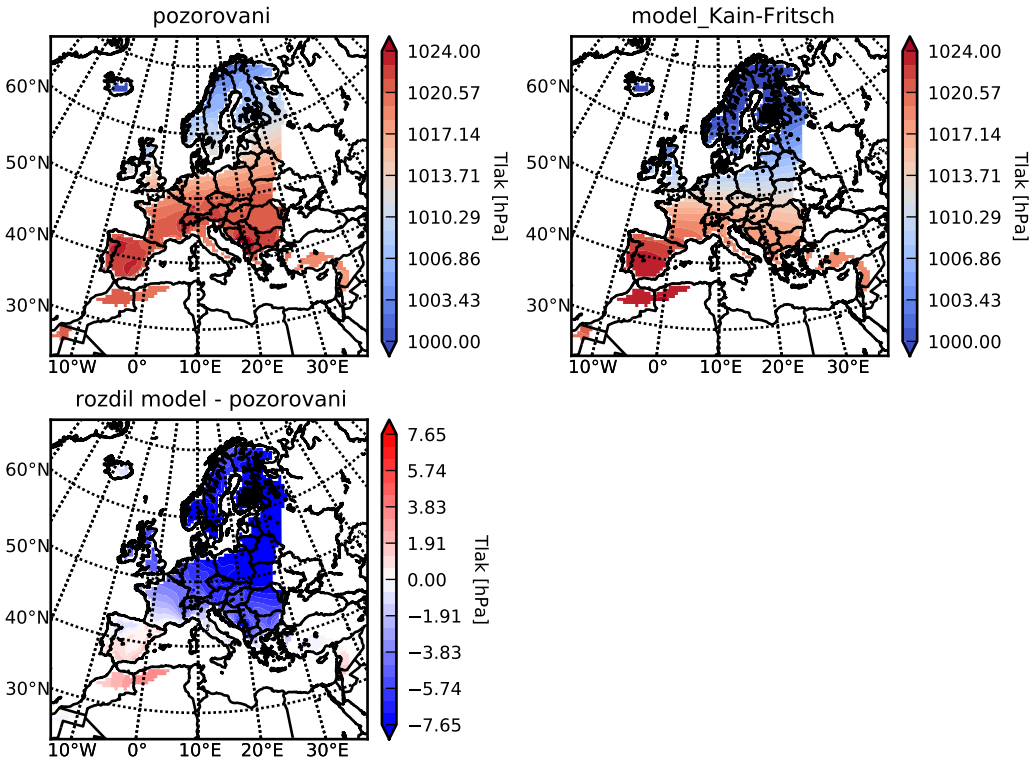
Obrázek 4.8: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty

	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	0.4	1.3	0.5	0.4	2.3
Francie	-2.3	-1.2	-2.7	-2.8	-1.7
Stredni Evropa	-4.8	-3.7	-5.7	-6	-5.2
Alpy	-2.9	-2.1	-3.5	-3.7	-2.9
Stredomori	-2	-1.7	-2.5	-3	-2
Vychodni Evropa	-5.5	-4.9	-6.5	-7.1	-6.8
Severozapadni Afrika	2.8	3.8	3	2.7	5.8
Stredni vychod	0.2	0.1	-0.3	-1.1	0.6

Tabulka 4.3: Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999



Obrázek 4.9: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 4.10: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty

5. Výsledky – minimální teplota ve dvou metrech nad povrchem

5.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období

V této části se budeme zabývat minimální teplotou ve dvou metrech nad povrchem za celé simulované období. U této veličiny tabulka 5.1 s plošným průměrem ukazuje převážně nadhodnocení pro všechny simulace. Simulace mají odchylku menší než 1 °C v oblasti Alp, v ostatních oblastech se odchylka pohybuje mezi 1 – 2 °C. Dle této tabulky vychází výrazně lépe simulace *Tompkins* a *UWPBL* až o 1.5 °C, ale v rozboru níže uvidíme, že se v těchto dvou simulacích nadhodnocení a podhodnocení v odchylce plošného průměru kompenzuje a díky tomu je takovýto výsledek. Všechny simulace mají podobný rys v podhodnocení hodnot v oblasti pohoří Alp a Velkého Kavkazu a na ostrově Island. To lze pozorovat například v obrázku 5.1. Simulace mají velké nadhodnocení v místě dvou ruských jezer Oněžského a Ladožského a také jsou nadhodnoceny v rámci Britských ostrovů.

Dle následujících obrázků mají tři simulace *Kain-Fritsch* A.28, *normal* 5.2 a *Tiedtke* A.29 navíc podhodnocené hodnoty v jižní části Skandinávského pohoří. Mimo výše zmíněné oblasti jsou všude nadhodnoceny. Největší odchylky mají simulace *Kain-Fritsch* a *normal*.

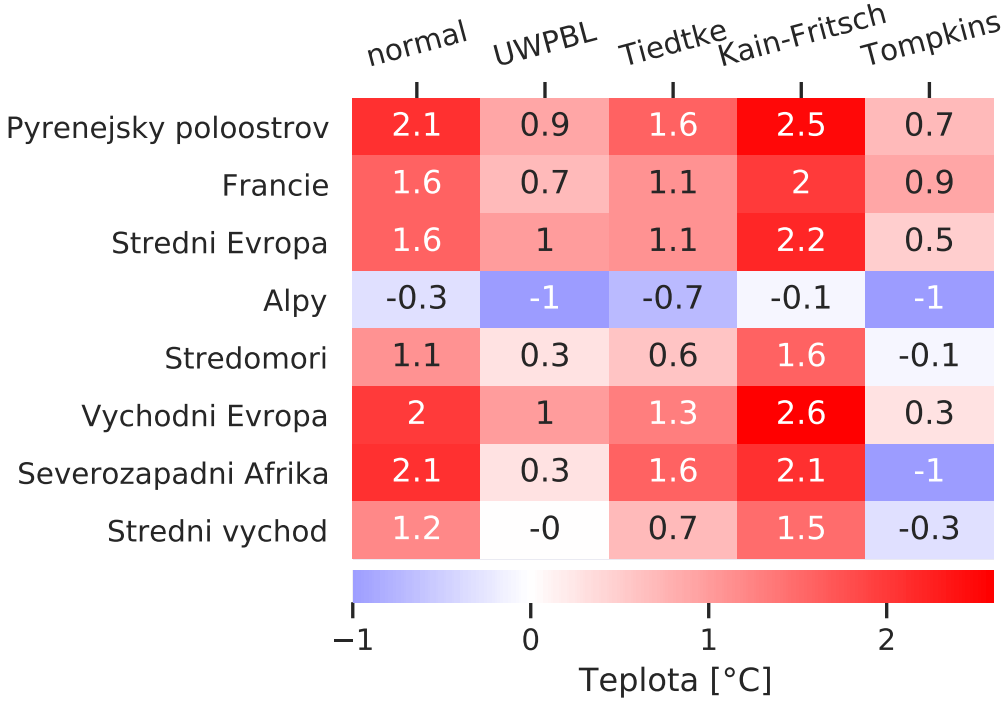
Simulace *UWPBL* má podobně dobré výsledky jako simulace *Tiedtke*. Rozdílná je v tom, že u ní nepřevládá nadhodnocení. Na obrázku 5.1 pozorujeme jak nadhodnocení, tak podhodnocení dat. Nadhodnocení je přibližně mezi 35 – 55° severní šířky. Podhodnocena je již v zmíněných společných oblastech a ve zbytku simulované oblasti.

Nejlepší výsledky přináší simulace *Tompkins*, ale jen někde (viz obrázek 5.3). Má téměř nulové odchylky v celé oblasti mezi 35 – 60° severní šířky. Hůře popisuje Severozápadní Afriku, kde jsou hodnoty podhodnoceny. V oblasti Skandinávie a části Ruska je tato simulace dokonce nejvíce nadhodnocena.

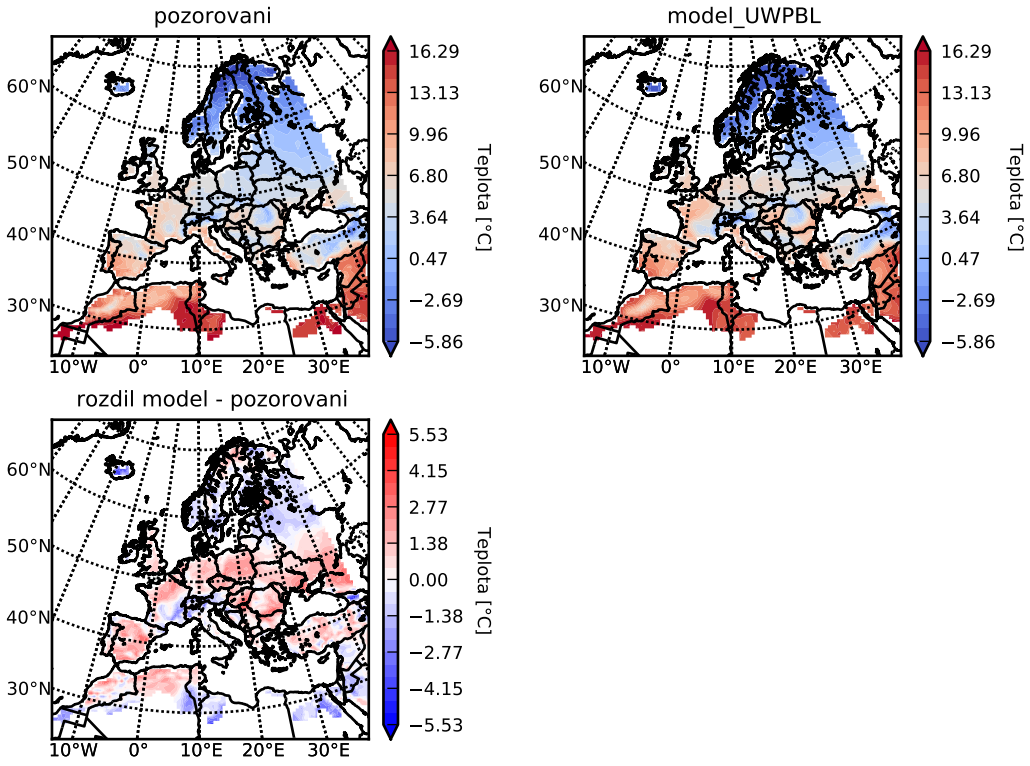
5.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech

Rozdělme oblasti na dvě skupiny. Do první skupiny patří oblasti: Pyrenejský poloostrov, Francie, Střední Evropa, Východní Evropa a Severozápadní Afrika. Tyto oblasti mají společné, že v nich jsou obecně všechny simulace nadhodnoceny až na simulaci *Tompkins* a občasné výjimky. Obecně jsou nejlépe popsány v letních měsících simulací *Tompkins* a v ostatních měsících simulací *UWPBL*. Do druhé skupiny patří oblasti: Alpy, Středomoří a Střední východ. Simulace jsou jak nadhodnoceny, tak podhodnoceny. Rozdíly mezi jednotlivými simulacemi nejsou tak velké proti první skupině.

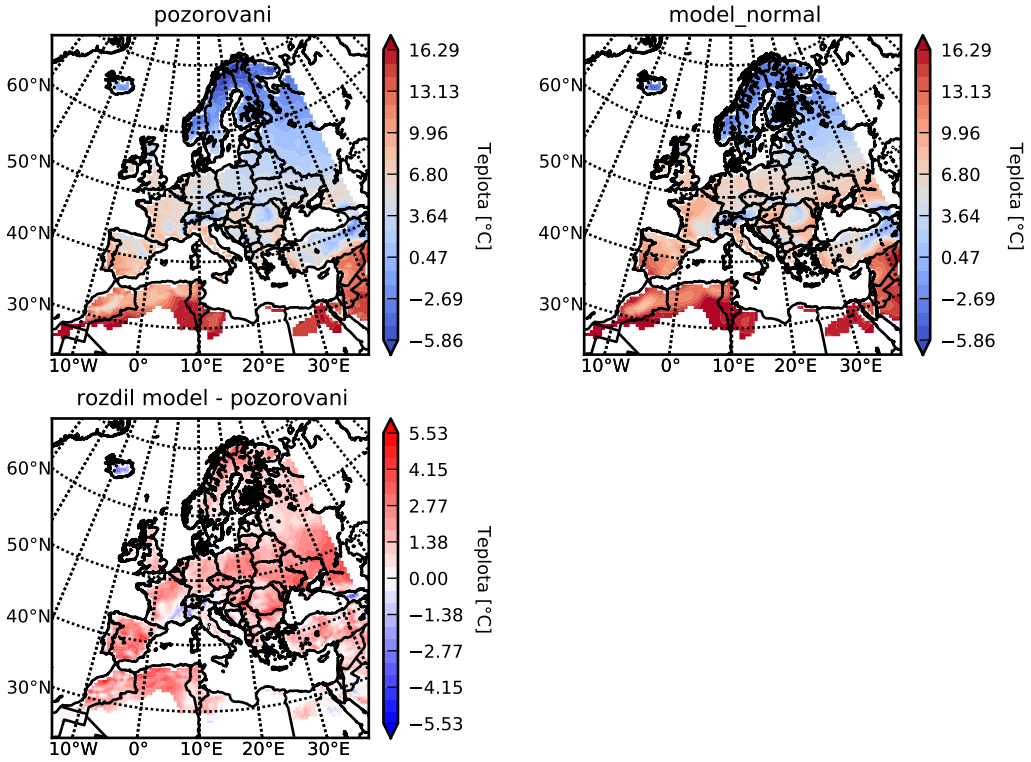
Oblast Pyrenejského poloostrova je nejlépe popsána simulací *UWPBL* v období leden – květen a v listopadu a prosinci (viz obrázek 5.4). Zbývající období červen – říjen má nejmenší odchylku od pozorovaných dat simulace *Tompkins*.



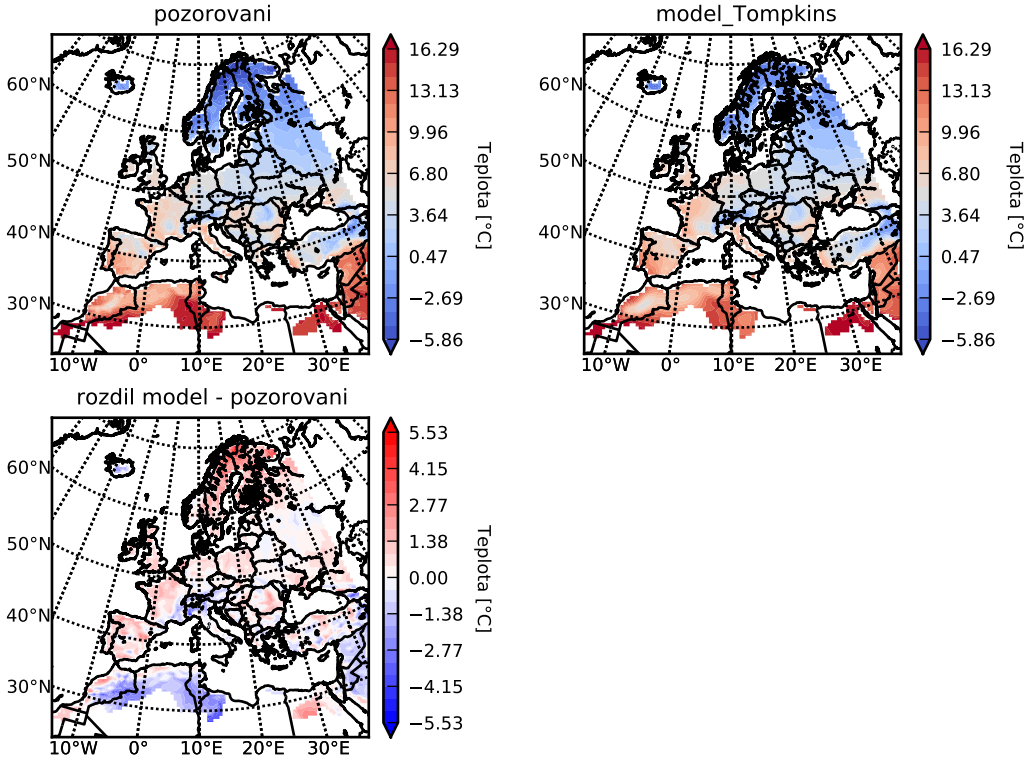
Tabulka 5.1: Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999



Obrázek 5.1: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 5.2: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



Obrázek 5.3: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty

Simulace *Tompkins* je jediná podhodnocená a to v období duben – červenec. Největší odchylky má simulace *Kain-Fritsch*. Simulace mají větší odchylky v letním období.

V Oblasti Francie máme velmi podobné výsledky jako v oblasti Pyrenejského poloostrova (viz obrázek A.30). Liší se tím, že simulace mají celkově menší odchylku a simulace *UWPBL* má nejlepší výsledek v období leden – květen a období září – prosinec. Ve zbývajícím období má nejmenší odchylku simulace *Tompkins*. Jako jediná je podhodnocena a to v období duben – červen.

Střední Evropa je oblast, ve které mají všechny simulace podobné výsledky mimo letní měsíce (viz obrázek A.31). Simulace *Tompkins* je jediná podhodnocená a to v období březen – červenec. Nejlepší výsledek mají simulace *Tompkins*, *Tiedtke* a *UWPBL*. V první třetině roku jsou simulace *Tiedtke* a *UWPBL* stejné, v druhé třetině má lepší výsledky *Tiedtke* a v třetí třetině simulace *UWPBL*. Simulace *Tompkins* má lepší výsledky než *UWPBL* a *Tiedtke* v období červen – srpen. Výsledky simulace *normal* jsou pro všechny měsíce o trochu horší než u simulace *UWPBL*. V letních měsících se nejvíce odchyluje od pozorovaných dat simulace *Kain-Fritsch*, jinak má velmi podobné výsledky se simulací *normal*.

Oblast Alp je odlišná od předešlých oblastí podhodnocením skoro všech simulací (viz obrázek 5.5). Hlavním rozdílem jsou daleko menší odchylky všech simulací. Když se podíváme zpětně na předešlou podkapitolu do map jednotlivých simulací, tak lze usoudit, že nízká odchylka je způsobená částečným velkým podhodnocením a částečným velkým nadhodnocením v této oblasti. Tyto odchylky se v plošném průměru vykompenzovaly. To se nestalo u simulace *Tompkins*, proto má od dubna do srpna nejhorší výsledky. K tomuto se vrátíme u map pro jednotlivé sezóny, ze kterých získáme více informací. Simulace *Tompkins* je jako jediná nadhodnocená v období prosinec – únor a simulace *Kain-Fritsch* zase jediná nadhodnocená v období červen – srpen. Nejlépe popisují danou oblast simulace *UWPBL* a *Kain-Fritsch*.

Obrázek A.32 nám přináší informace o oblasti Středomoří. Tato oblast je nejlépe popsána v letním období simulací *Tiedtke*, v zimním období simulací *UWPBL*. Ve zbývajících měsících mají všechny simulace malou odchylku. Simulace *Tompkins* je podhodnocena v období duben – září a simulace *UWPBL* je podhodnocena v měsících říjen a listopad. Ostatní simulace jsou celý rok nadhodnoceny nebo mají téměř stejný výsledek jako pozorované data.

Dle obrázku 5.6 v oblasti Východní Evropy mají simulace největší odchylky v letním období, kde největší odchylku má simulace *Kain-Fritsch* a nejmenší *Tiedtke* a *Tompkins*. Podhodnocené jsou simulace *UWPBL* v lednu a simulace *Tompkins* v období duben – srpen. Nejlepší výsledek mimo letní období má simulace *UWPBL*.

Severozápadní Afrika je popsána simulacemi *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch* téměř stejně (viz obrázek A.33). Nejlepší výsledek má simulace *UWPBL* v období březen – červen a září – listopad. Simulace *Tompkins* má nejlepší výsledek v letním období. Zbylé tři simulace mají nejlepší výsledek v lednu a prosinci. Simulace *Tompkins* je podhodnocena v období březen – říjen, *UWPBL* je podhodnocena v období leden – březen. Jinak jsou všechny simulace nadhodnoceny.

Z obrázku A.34 vyplývá, že oblast Středního východu má téměř stejné výsledky jako oblast Severozápadní Afriky. Liší se většími odchylkami mezi jednotlivými simulacemi v letním období, kde největší odchylku od pozorovaných dat

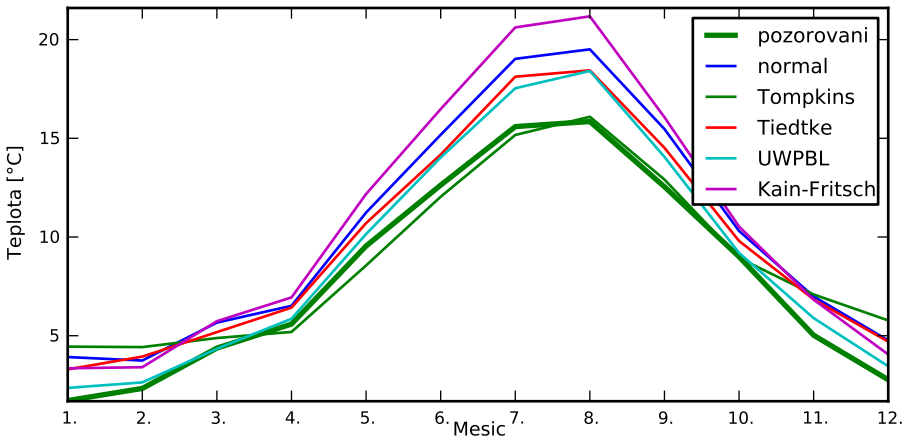
má simulace *Kain-Fritsch*. Jinak mají simulace menší odchylky od pozorovaných hodnot.

5.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón

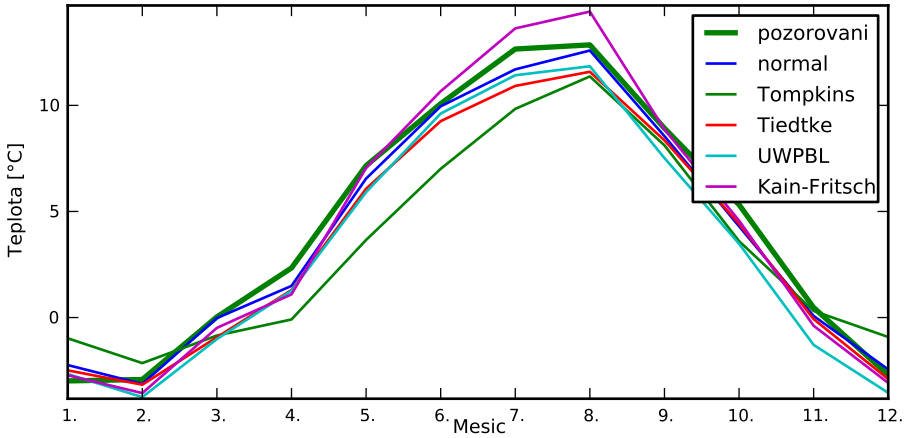
V období jaro se opakují podobné rysy jako ve vyhodnocení za celé simulované období. Stejné rysy můžeme vidět například v tabulce A.5. Liší se obecně menšími odchylkami. V průměru se pohybují kolem 1 °C. Další odlišností jsou větší odchylky někde i o 1.5 °C u simulace *Tompkins*. Všechny simulace mají podobný rys, dobře viditelný na obrázku A.35, v podhodnocení hodnot v oblasti pohoří Alp, zasahující až do celé jižní části Francie, oblasti pohoří Velkého Kavkazu, jižní části Skandinávského poloostrova, jižní části oblasti Blízkého východu a na ostrově Island. Další podobný rys je velké nadhodnocení v místě dvou ruských jezer Oněžského a Ladožského. Převážně nadhodnocená je simulace *Kain-Fritsch* (viz obrázek A.36) a simulace *normal* (viz obrázek A.35) s menšími extrémy. Simulace *Tompkins* je převážně podhodnocena, pouze v severní části Skandinávie je nadhodnocena (viz obrázek A.37). Porovnáme-li obrázek A.38 s ostatními obrázky a vyjdeme-li z tabulky A.5, tak simulace *UWPBL* vychází ze všech simulací nejlépe. Simulace *Tiedtke* má téměř stejně malé odchylky jako simulace *UWPBL* (viz obrázek A.39).

Období léto má velmi podobné výsledky jako roční období jaro. Všechny aspekty je možné zjistit z tabulky 5.2 a následujících obrázků: 5.7, 5.8, A.40, A.41 a A.42. Opakují se u všech simulací určité podobnosti. Všechny simulace mají podhodnocení v oblasti pohoří Alp, Velkého Kavkazu a na ostrově Island. Dále mají velké nadhodnocení v místě dvou ruských jezer Oněžského a Ladožského a v okolí těchto jezer podhodnocená data. U simulace *Tompkins* je u těchto jezer téměř nulová odchylka. Pro všechny simulace platí to stejné, jako je uvedeno v ročním období jaro. Odlišná je simulace *Tompkins* (viz obrázek 5.7). Je podhodnocená všude kromě oblasti Britských ostrovů a pobřeží západní Evropy. Všechny simulace mají vetší odchylky než v předešlém období. Tentýž výsledek jsme dostali z grafů pro jednotlivé oblasti. Oblast Alp je u všech simulací kromě simulace *Tompkins* částečně nadhodnocena a částečně podhodnocena. Je tedy potvrzen důvod větší odchylky plošného průměru simulace *Tompkins* v grafu pro oblast Alp.

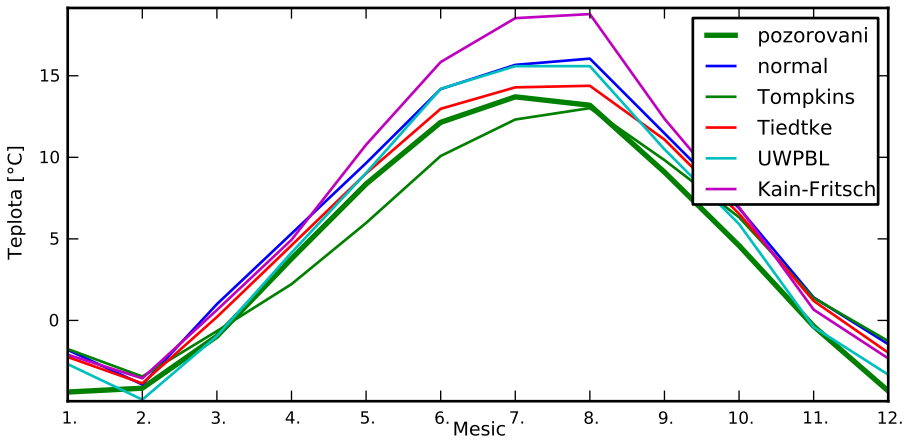
V obrázku A.43 jsou dobře vidět společné charakteristiky období podzim pro všechny simulace. Všechny simulace jsou podhodnocené v oblasti pohoří Alp, Velkého Kavkazu a na ostrově Island. Nadhodnocení je společné pro oblasti Pyrenejského poloostrova, Skandinávie, Turecka a Východoevropské nížiny. Nadhodnocení v místě dvou ruských jezer Oněžského a Ladožského je stále, ale v tomto ročním období není tak výrazné jako v předešlých. Tyto charakteristiky také vyplývají z tabulky A.6. V oblasti Alp mají simulace zápornou odchylku v rozmezí -0.6 – -0.9 °C, simulace *UWPBL* má dokonce -1.7 °C. V ostatních zkoumaných oblastech mají simulace *normal* a *Kain-Fritsch* odchylku o velikosti kolem 2 °C, *Tiedtke* kolem 1.5 °C, *Tompkins* kolem 1 °C a *UWPBL* méně než 1 °C. Podle obrázku A.43 a obrázku A.44 mají nejmenší odchylku od pozorovaných dat simulace *UWPBL* a *Tompkins*. Ve Skandinávii má nejmenší odchylku simulace *UWPBL* a ve Východoevropské nížině simulace *Tompkins*. Simulace *Tompkins* špatně popisuje oblast mimo 35° – 60° severní šířky. Britské ostrovy popisují



Obrázek 5.4: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova



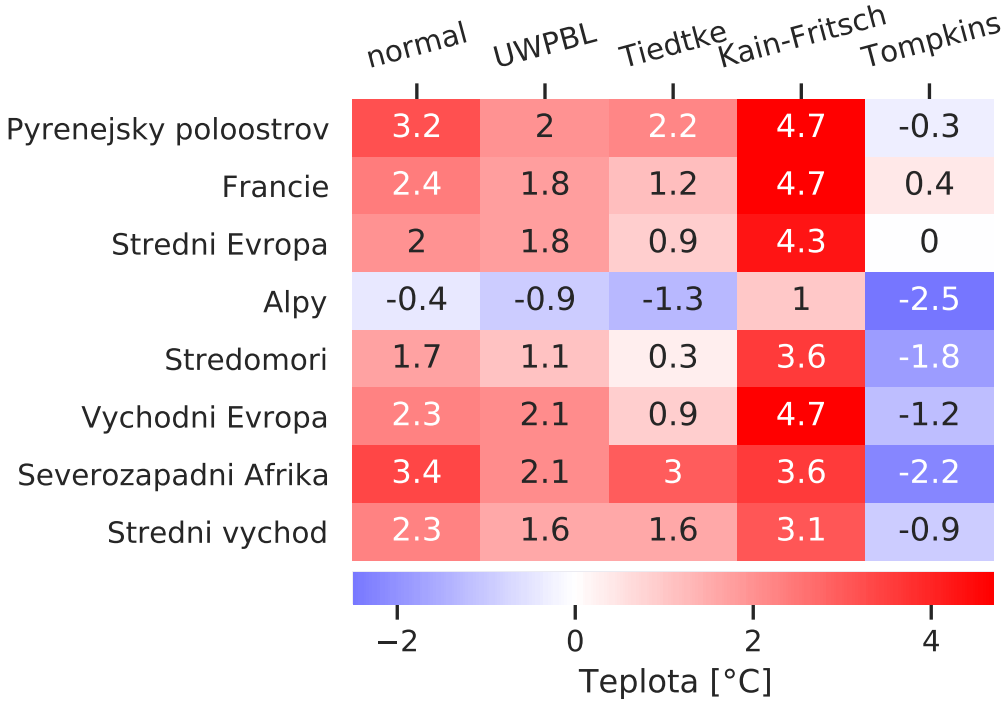
Obrázek 5.5: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp



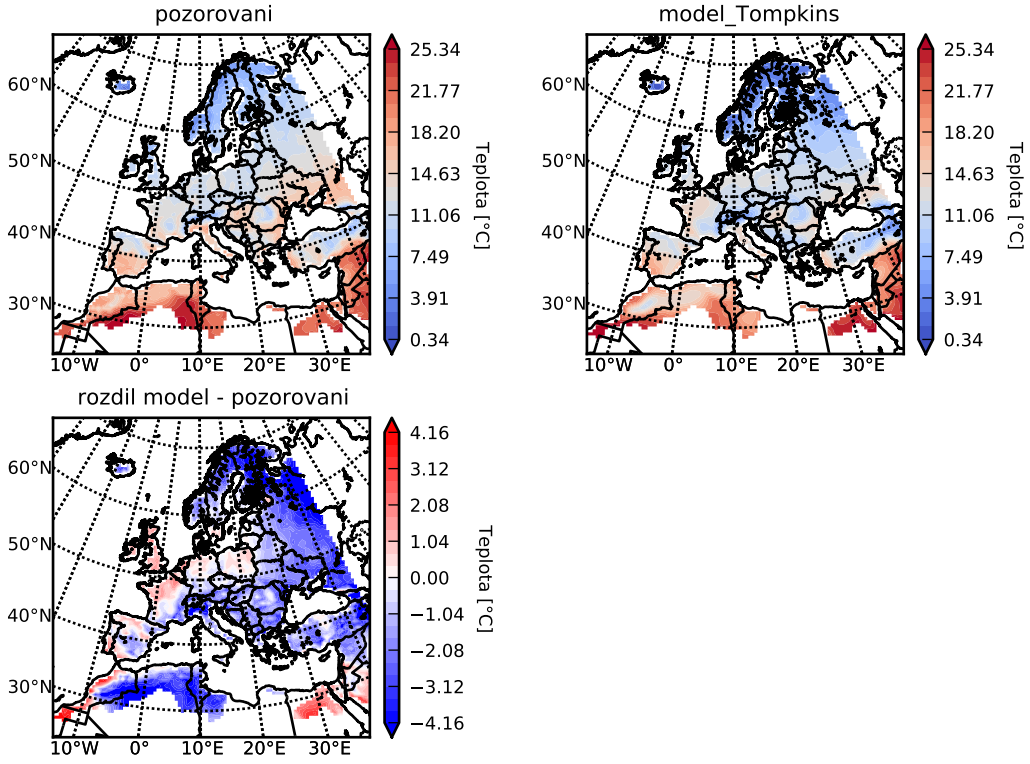
Obrázek 5.6: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropy

všechny simulace s velmi malou odchylkou.

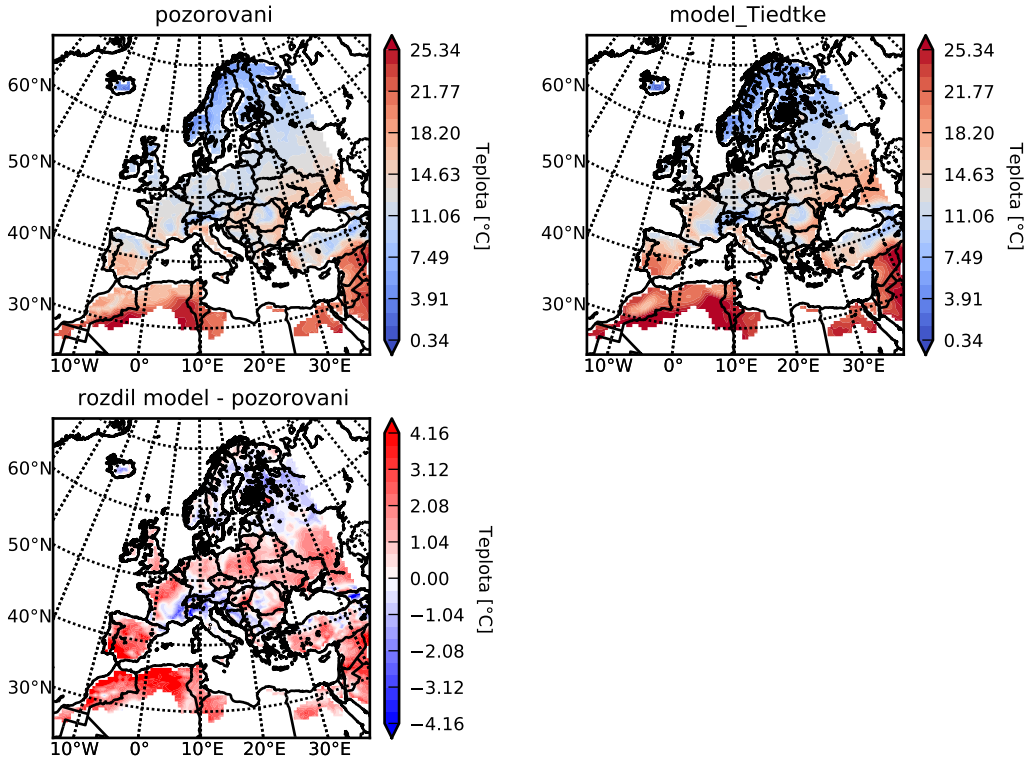
V období zima si jsou všechny simulace podobné. Rozborem tabulky 5.3 vidíme, že všechny simulace mají nadhodnocené hodnoty v rámci Pyrenejského poloostrova, Francie, Střední Evropy, Středomoří, Východní Evropy a také v rámci Severozápadní Afriky mimo simulaci *UWPBL*. Odchylky se pohybují mezi hodnotami 1 – 1.9 °C, *Tompkins* má odchylky kolem 2 °C. Nepočítaje *Tompkins*, tak oblast Alp má odchylky pod 0.4 °C. Simulace jsou také nadhodnoceny v oblasti Balkánského poloostrova, Britských ostrovů, Skandinávského pohoří a také ve Východoevropské nížině mimo simulaci *UWPBL*. Podhodnocené jsou všechny simulace v oblasti Islandu a Blízkého východu. Na těchto obrázcích: A.47, 5.9, A.45, A.46 a 5.10 vidíme, že největší odchylku mají simulace v oblasti Skandinávie a okolí ruských jezer Oněžského a Ladožského. Nejmenší odchylku tam má simulace *UWPBL*. Tato simulace má ale největší odchylku v oblasti Blízkého východu. V oblasti Severozápadní Afriky mají simulace nejmenší odchylky. Nejlepší výsledek má v průměru simulace *UWPBL*.



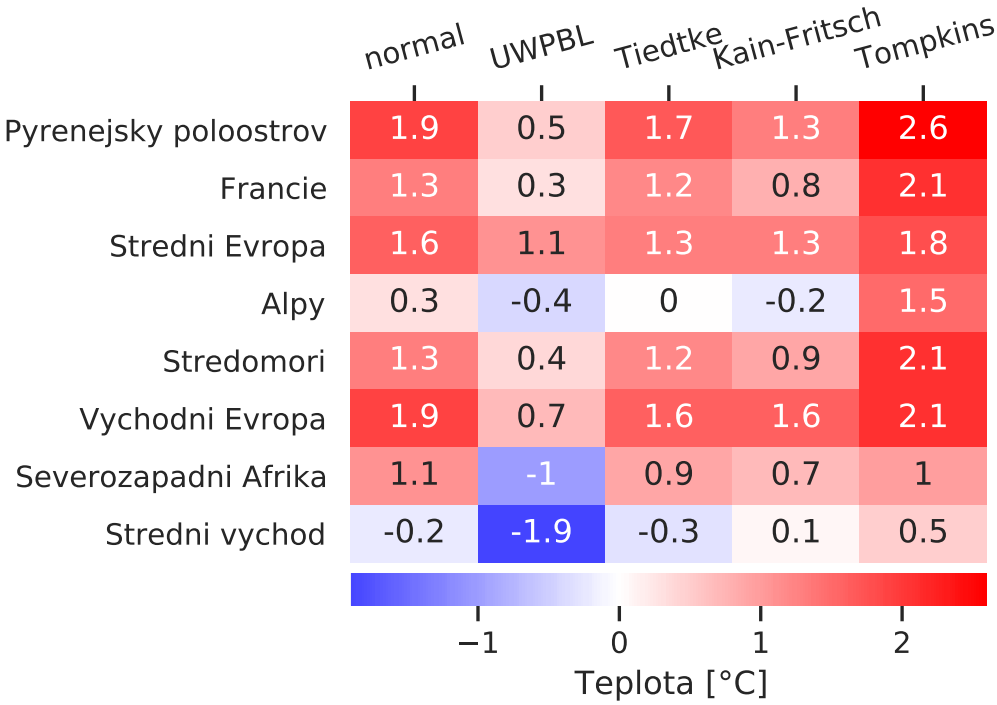
Tabulka 5.2: Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999



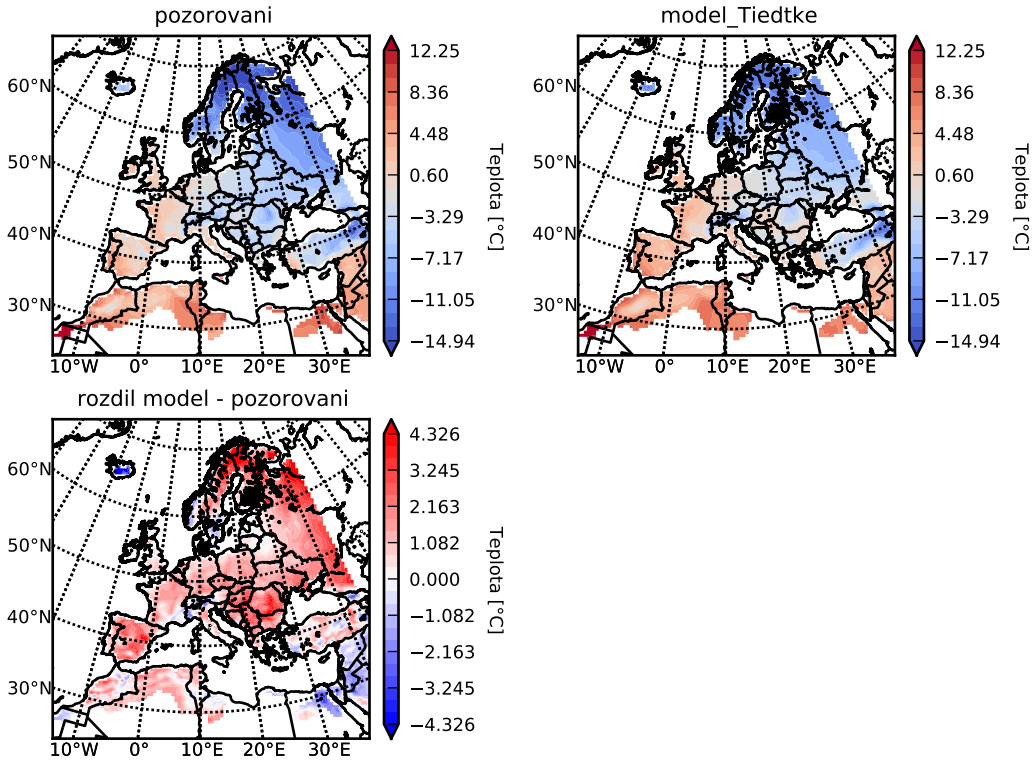
Obrázek 5.7: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



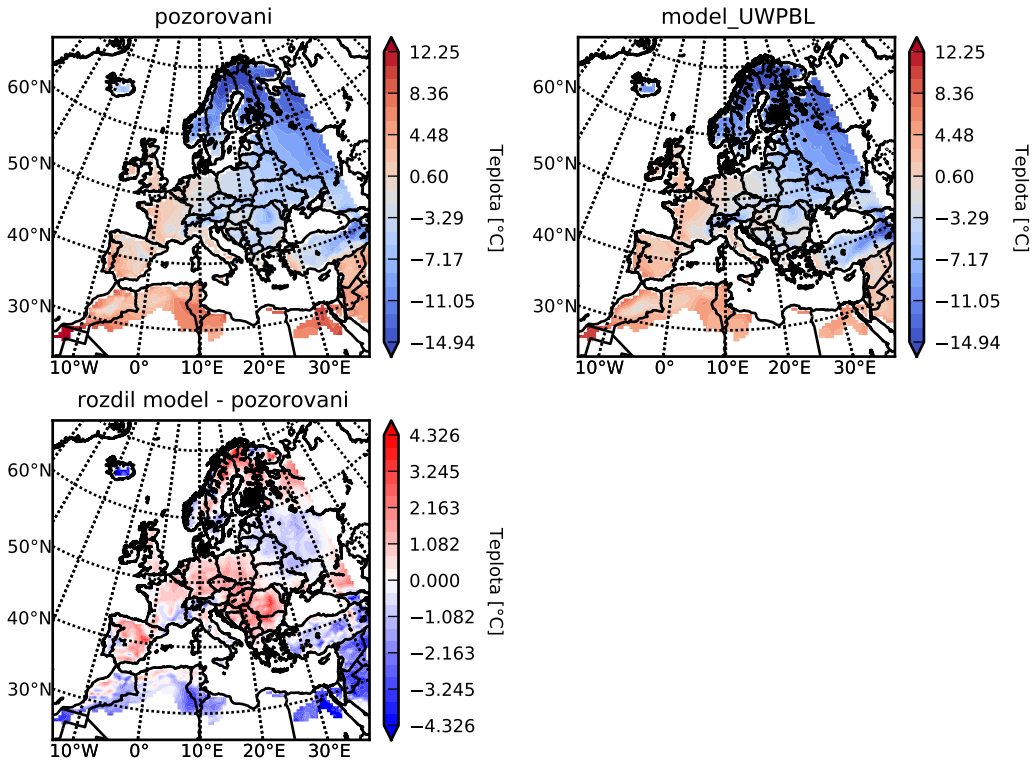
Obrázek 5.8: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Tabulka 5.3: Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999



Obrázek 5.9: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Obrázek 5.10: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty

6. Výsledky – průměrná teplota ve dvou metrech nad povrchem

6.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období

V této části se budeme zabývat průměrnou teplotou ve dvou metrech nad povrchem za celé simulované období. Výsledky jednotlivých simulací se více liší v porovnání s výsledky u minimální teploty. Dle tabulky 6.1 plyne, že simulace *Tompkins* je všude podhodnocena s odchylkou 1.7 – 4 °C. Největší odchylku má v Severozápadní Africe. Ostatní simulace jsou převážně nadhodnoceny. Nejlepší výsledky mají *Tiedtke* s odchylkou všude menší než 1 °C a *UWPBL* s pěti oblastmi o odchylce menší než 0.4 °C. Odchylky simulace *normal* se pohybují kolem 1.5 °C a u simulace *Kain-Fritsch* kolem 2.3 °C. Každá simulace má lokální oblast, kde jsou lepší výsledky než výše zmíněné plošné průměry. U všech simulací se objevují podhodnocené hodnoty v místě pohoří Alp, Velkého Kavkazu a také na ostrově Island.

Nadhodnocené v celé simulované oblasti, kromě již zmíněných míst, jsou simulace *Kain-Fritsch* a *normal*. Podle obrázku 6.1 a obrázku A.48 má *Kain-Fritsch* větší odchylky než simulace *normal*. Největší odchylky má v oblasti Balkánských států a Východoevropské nížiny.

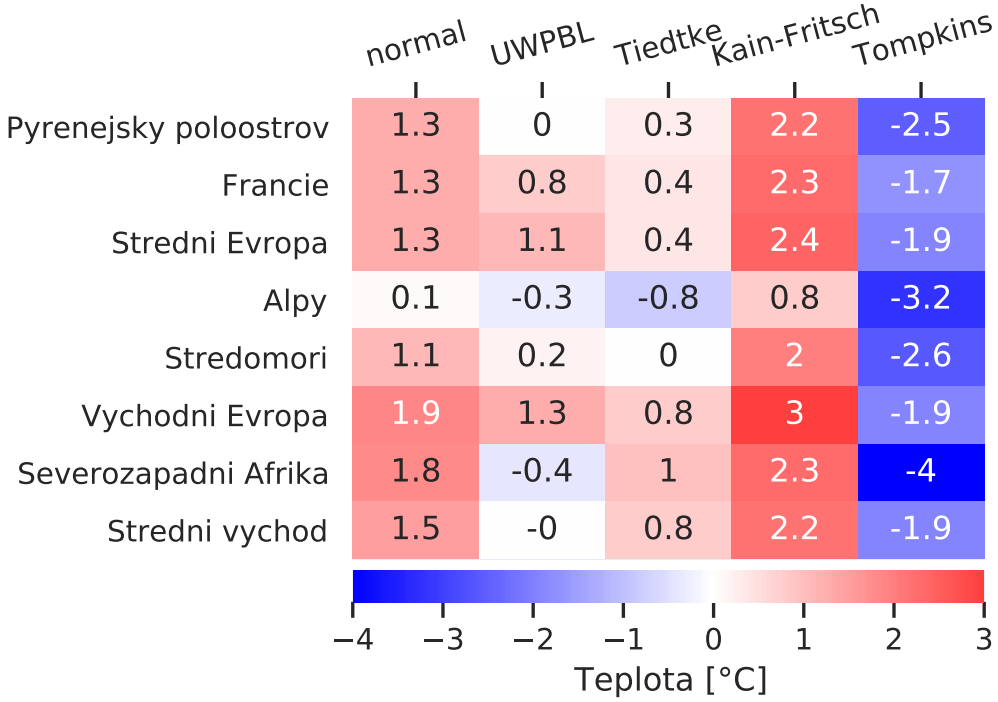
Simulace *Tompkins* je podhodnocená na celé simulované oblasti až na oblast u poloostrova Kola Peninsula a západní části Severozápadní Afriky, kde je simulace nadhodnocena (viz obrázek A.49). Odchylky má podobné jako simulace *Kain-Fritsch*. Největší odchylky má v jižní oblasti Severozápadní Afriky, oblasti Turecka a výše zmíněných pohoří.

Simulace *Tiedtke* a *UWPBL* mají ze všech simulací nejmenší odchylky. Z obrázku 6.2 a obrázku 6.3 vidíme, že simulace jsou jak nadhodnocené, tak podhodnocené. Simulace *Tiedtke* má lepší výsledek než simulace *UWPBL* západně od 25° východní délky. Větší odchylky má hlavně v severovýchodní části simulované oblasti. Simulace *UWPBL* má největší odchylky ve Střední Evropě.

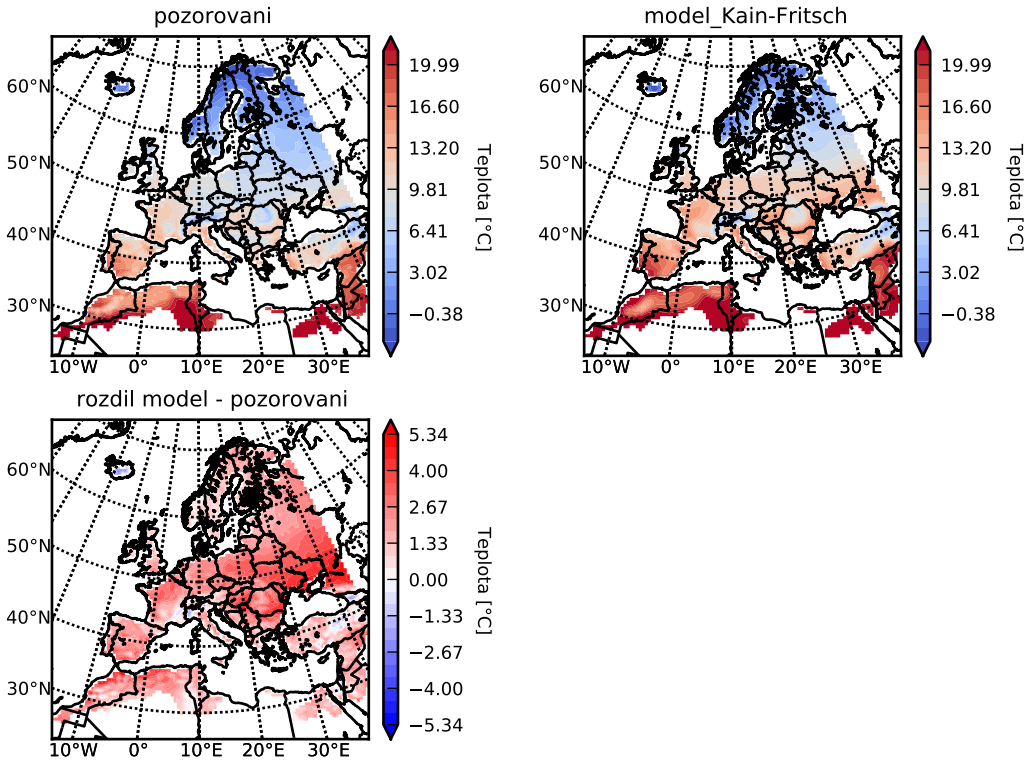
6.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech

Obecně lze v této sekci shrnout určité vlastnosti pro všechny oblasti. Ve většině případů je simulace *Tompkins* podhodnocená a zbývající simulace jsou převážně nadhodnocené. Největší odchylky mají simulace v letních měsících. Lokálně mají nejlepší výsledek simulace *Tiedtke*, *normal* a *UWPBL*, kde simulace *Tiedtke* převládá. V průměru největší odchylku od pozorovaných dat mají simulace *Kain-Fritsch* a *Tompkins*.

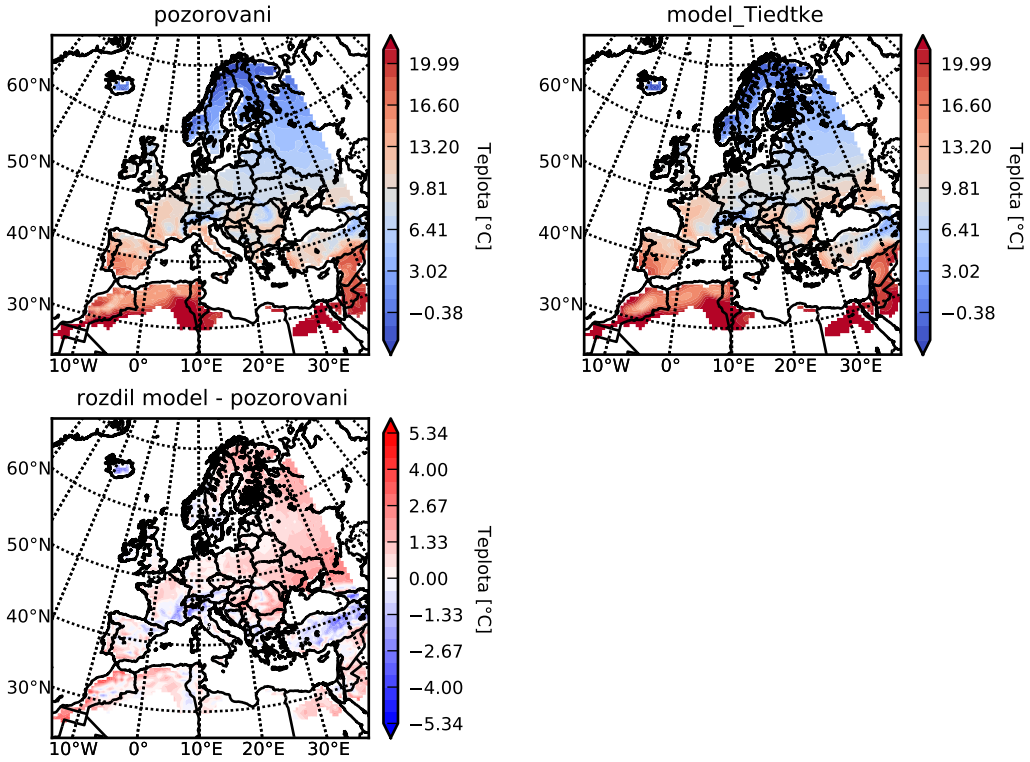
Oblast Pyrenejského poloostrova je výrazně nejhůře popsána simulacemi v červenci a srpnu. V obrázku 6.4 vidíme, že v průměru mají nejlepší výsledek simulace *UWPBL* a *Tiedtke*. Nejlépe si vedou od května do srpna. V období leden – duben mají nejlepší výsledek simulace *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch*. V období říjen – prosinec popisují danou oblast všechny simulace velmi dobře. Simulace



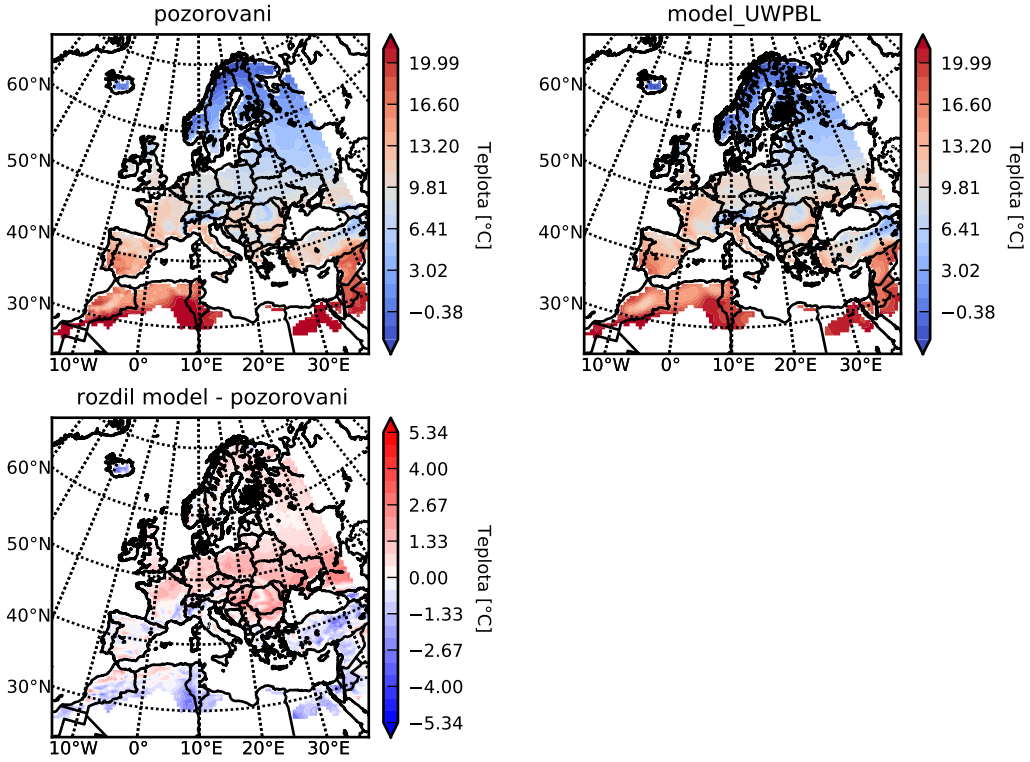
Tabulka 6.1: Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999



Obrázek 6.1: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



Obrázek 6.2: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Obrázek 6.3: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty

Tompkins je podhodnocena celý rok. Výsledek stejně dobrý alespoň jako ostatní simulace má v měsících leden, listopad a prosinec. Simulace *Tiedtke* a *UWPBL* jsou podhodnoceny v některých měsících mimo období květen – září.

V oblasti Francie má nejmenší odchylku od pozorovaných dat simulace *Tiedtke* v období květen – září (viz obrázek A.50). Ve zbylé části roku mají velmi dobré výsledky také simulace *UWPBL*, *normal* a *Kain-Fritsch*. Simulace *Tompkins* má dobrý výsledek pouze v lednu, únoru a listopadu. V období listopad – leden je nadhodnocena, jinak je podhodnocena. Ostatní simulace jsou nadhodnoceny s výjimkou měsíců březen, duben a říjen, kde jsou simulace *UWPBL* a *Tiedtke* podhodnoceny.

Dle obrázku A.51 je Střední Evropa velmi podobně popsaná simulacemi jako oblast Francie. Liší se pouze tím, že simulace *UWPBL* je v celém roce nadhodnocená. Také mají simulace větší odchylku od pozorovaných dat mimo období duben – srpen.

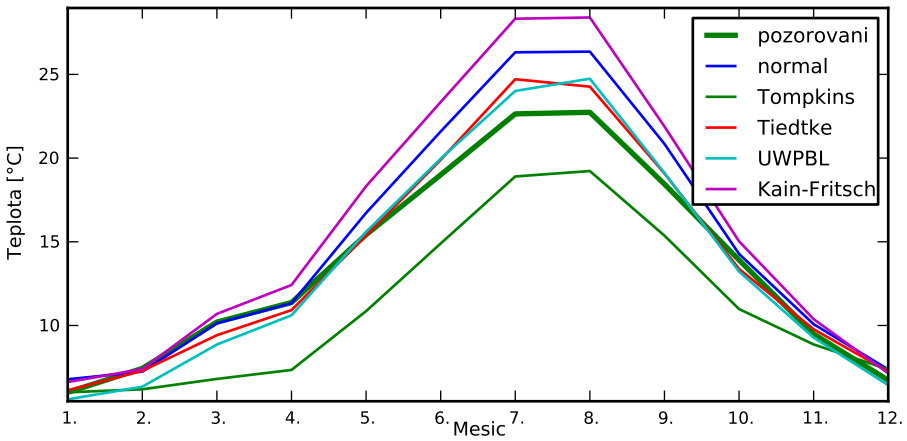
V Oblasti Alp z obrázku 6.5 plyne, že od října do dubna bez ledna jsou všechny simulace podhodnoceny. Nadhodnoceny jsou pouze simulace *UWPBL*, *normal* a *Kain-Fritsch* v období květen – září. V průměru mají nejlepší výsledek simulace *normal* a *UWPBL*. V období červen – prosinec má také dobrý výsledek simulace *Tiedtke*. Největší odchylku má simulace *Tompkins*, v letních měsících se odchyluje od pozorovaných dat více než simulace *Kain-Fritsch*.

Oblast Středomoří je podobná oblasti Francie a Střední Evropy. Podle obrázku A.52 má jednoznačně nejlepší výsledek simulace *Tiedtke* v celém roce až na měsíc leden. V období červen – srpen je jediná dobře popisující tuto oblast. Nepočítaje červen – srpen a listopad – únor, tak má *UWPBL* také dobré výsledky. Simulace *Kain-Fritsch* a *normal* mají podobně dobré výsledky jako simulace *UWPBL* a *Tiedtke*, ale odchylují se více postupně s největším píkem v období červen – srpen. Celkově má nejhorší výsledek simulace *Tompkins*. V období červen – srpen mají nejhorší výsledek podhodnocená simulace *Tompkins* a nadhodnocená simulace *Kain-Fritsch*. Simulace *Tiedtke* a *UWPBL* jsou jak nadhodnocené, tak podhodnocené.

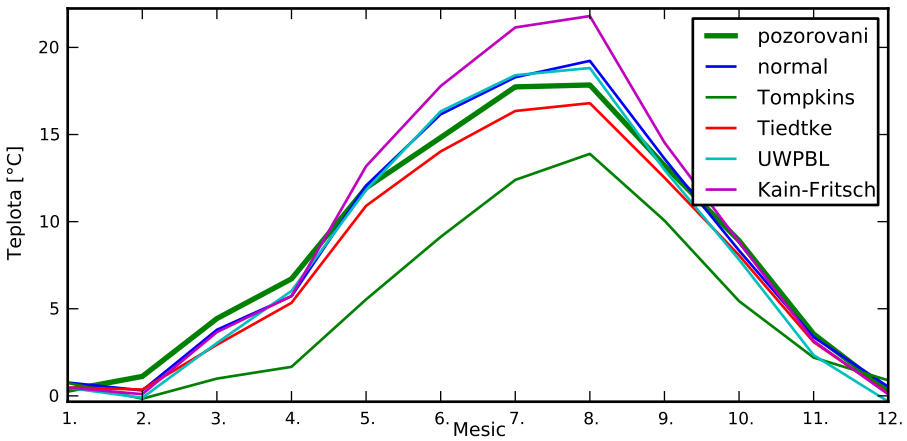
Oblast Východní Evropy je téměř stejná jako oblast Středomoří. Z obrázku 6.6 vychází simulace *Tompkins* s menší odchylkou než ve Středomoří a to převážně v období říjen – únor. Všechny simulace se odchylují od pozorovaných dat více než ve Středomoří v měsících září a říjen.

Oblast Severozápadní Afriky nevystihuje žádná simulace nejlépe (viz obrázek A.53). Simulace *UWPBL* je nadhodnocena v období květen – září, jinak je podhodnocena. Nejlépe vystihuje pozorovaná data v období duben – září. V lednu a prosinci jsou všechny simulace podhodnocené. Měsíce únor, březen, říjen a listopad popisuje nejlépe simulace *Tiedtke*. V lednu a prosinci má nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch*. Simulace *Tompkins* je v celém roce podhodnocena.

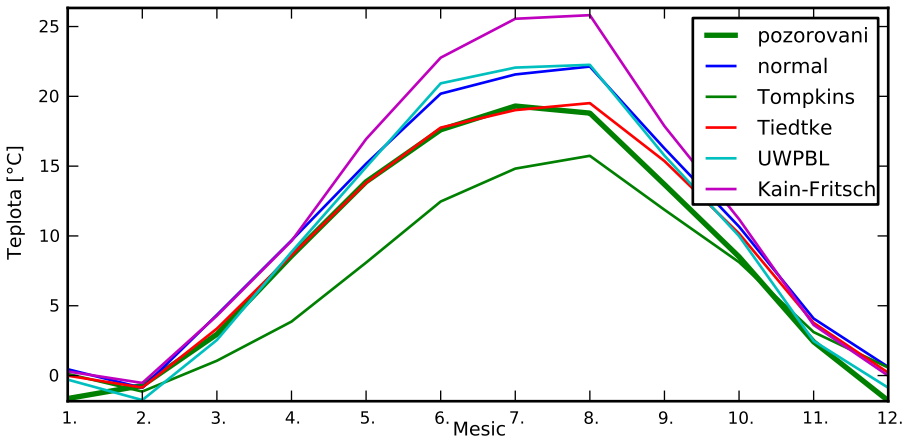
Vyjdeme-li z obrázku A.54, tak Střední východ je v průměru nejlépe popsán simulací *UWPBL*. V období leden – březen a v prosinci mají lepší výsledek simulace *normal* a *Tiedtke*. Simulace *Kain-Fritsch* je v celém roce nadhodnocena, s tím že největší odchylku má v červenci a srpnu. Simulace *Tompkins* je v celém roce podhodnocena, ale tuto oblast popisuje nejlépe v porovnání s odchylkou v ostatních oblastech. Nejlépe si vede v období červenec – leden, má téměř stejně dobrý výsledek jako *UWPBL*.



Obrázek 6.4: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova



Obrázek 6.5: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp



Obrázek 6.6: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropy

6.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón

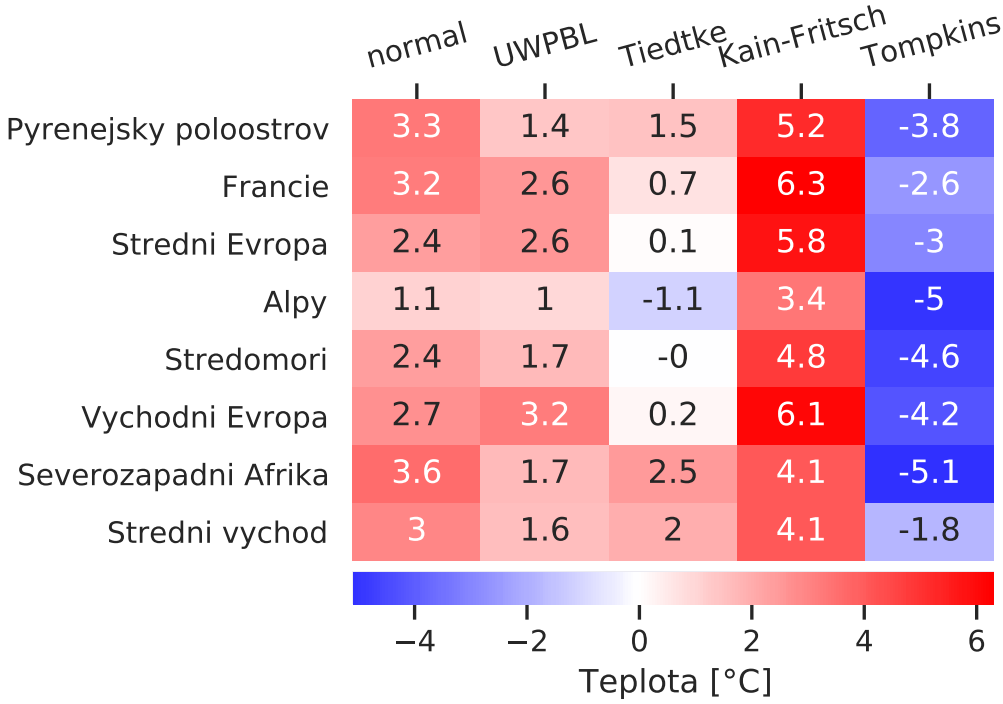
V období jaro jsou stejné společné rysy simulací jako ve vyhodnocení za celé simulované období. Vyjdeme-li z tabulky A.7, tak vidíme, že simulace *Tompkins* je ve všech zkoumaných oblastech podhodnocena a její plošné odchylky jsou v rozmezí 3.3 – 5 °C. Simulace *Kain-Fritsch* je všude nadhodnocena s odchylkou mezi 1.2 – 2.8 °C. Odlišná je oblast Alp, tam je odchylka pouze 0.2 °C. Nejlepší výsledek má simulace *UWPBL* s odchylkou menší než 0.4 °C, odchylka je větší pouze na Pyrenejském poloostrově -0.6 °C a v Alpách -0.7 °C. Podobně dobrý výsledek má i simulace *Tiedtke* s odchylkou menší než 0.6 °C, odchylka je větší pouze v Alpách -1.3 °C a v Severozápadní Africe 1.2 °C. Z obrázku A.55 jsou dobře vidět následující společné rysy pro všechny simulace. Mají podhodnocené hodnoty v oblasti pohoří Alp, Velkého Kavkazu a na ostrově Island. Také mají podhodnocené hodnoty ve východní části Turecka a nadhodnocené hodnoty v okolí poloostrova Kola Peninsula. Porovnáním obrázku A.56 a obrázku A.57 vypadá, že má v průměru nejlepší výsledek *Tiedtke*. Simulace *UWPBL* je o trochu horší v oblasti Východoevropské nížiny a východní části Severozápadní Afriky. Simulace *normal* má téměř všude horší výsledky než *Tiedtke* klidně i o 1 °C (viz obrázek A.55). Popisuje nejlépe oblast Turecka a část Ruska jižně pod Rybinskou přehradní nádrží.

Období léto je popsáno jednotlivými simulacemi daleko hůře než období jaro. Porovnáním tabulky A.7 pro jaro a tabulky 6.2 pro léto je vidět přibližné zhoršení plošných průměrů u simulace *normal* o 2 °C, *UWPBL* o 1 °C a *Kain-Fritsch* o 3 °C. Tyto tři simulace jsou všude nadhodnoceny. *Tiedtke* se zhoršil přibližně o 1.2 °C pouze v oblasti Pyrenejského poloostrova, Severozápadní Afriky a Středního východu. V Alpách s odchylkou 1 °C, na Pyrenejském poloostrově 1.4 °C, v Severozápadní Africe 1.7 °C a ve Středním východě 1.6 °C má nejlepší výsledek *UWPBL*. Zbývající oblasti má nejlepší výsledek *Tiedtke* s odchylkou pod 0.7 °C. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena a má odchylku v rozmezí 1.8 – 5.1 °C. Jediné v čem se simulace shodují je podhodnocení v místě pohoří Velkého Kavkazu a nadhodnocení v oblasti Sinajského poloostrova. Z obrázku 6.7 je vidět, že *UWPBL* má velké odchylky hlavně v pásu mezi 40 – 60° severní šířky. V jižní části pod 40° severní šířky má nejmenší odchylku ze všech simulací. Simulace *Tiedtke* má dle obrázku 6.8 nejlepší výsledek ze všech simulací. Od 40° severní šířky směrem na sever má nejmenší odchylky.

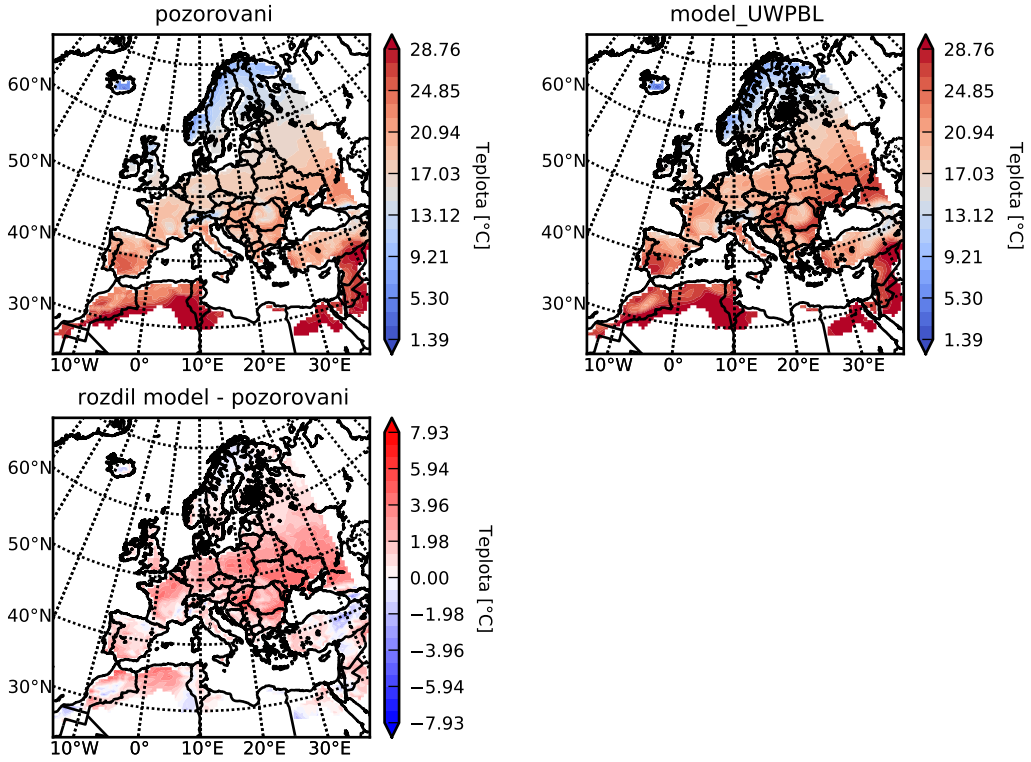
V období podzim má nejmenší odchylky simulace *UWPBL* a *Tiedtke* (viz tabulka A.8). V oblasti Východní Evropy mají odchylku o velikosti 1.2 °C a 1.6 °C. Ve zbývajících částech se odchylka od plošného průměru pohybuje pod 0.9 °C. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena a v oblasti Východní Evropy má nejmenší odchylku o velikosti 0.5 °C. *Kain-Fritsch* a *normal* jsou převážně nadhodnoceny a jejich odchylky jsou o 1 °C větší než u *UWPBL* a *Tiedtke*. Oblast Alp popisují nejlépe s odchylkou 0.3 °C a -0.1 °C. Simulace *UWPBL* a *Tiedtke* mají v oblasti Alp odchylku -0.8 °C a -0.7 °C. Pro toto období je charakteristické u všech simulací podhodnocení v oblasti hor Alp, Velkého Kavkazu a ostrova Island. Také nadhodnocení v oblasti od severní části Skandinávie, přes Východoevropskou nížinu k Černému moři. Největší odchylky mají simulace v oblasti Východoevropské nížiny. Na následujících obrázcích jsou simulace *Kain-Fritsch* A.58, *normal* A.59 a *Tiedtke* A.60 převážně nadhodnoceny. Nejhorší výsledek z nich má

simulace *Kain-Fritsch* a nejlepší *Tiedtke*. Z obrázku A.61 a obrázku A.60 je vidět, že simulace *UWPBL* má v oblastech nadhodnocení menší odchylky než simulace *Tiedtke*, ale zase v oblastech s téměř nulovou odchylkou simulace *Tiedtke*, má simulace *UWPBL* větší podhodnocené odchylky. Lze říci, že simulace *UWPBL* popisuje lépe severní část Evropy a simulace *Tiedtke* jižní část. Hranice mezi severní a jižní částí je přibližně kolem 40° severní šířky.

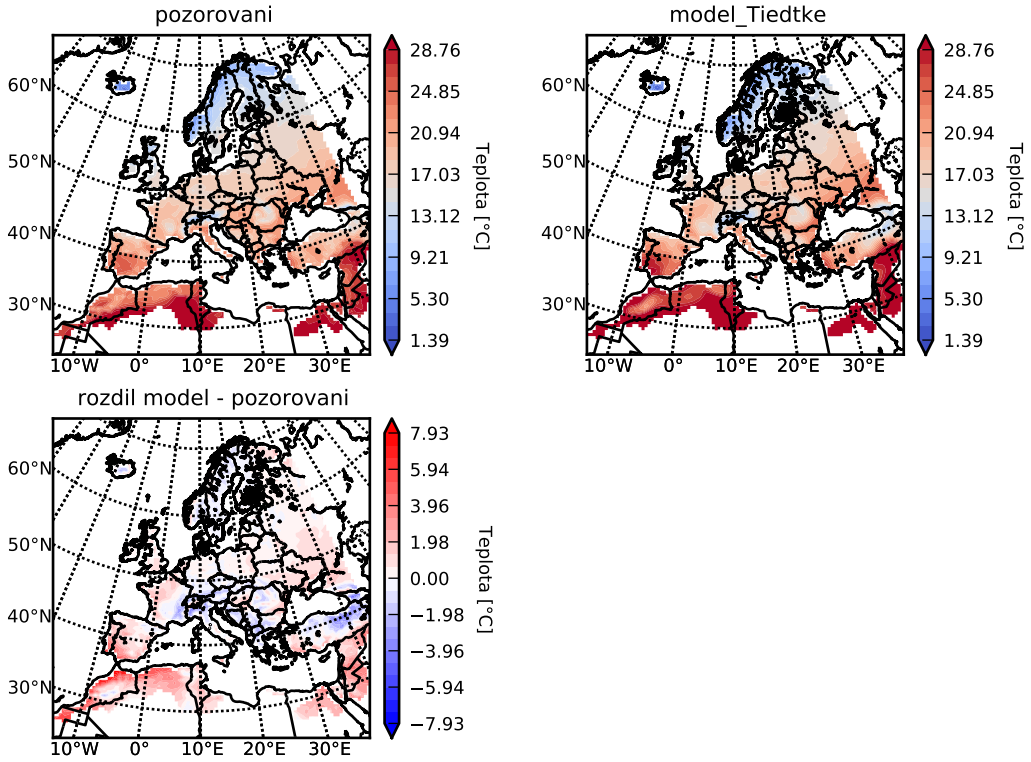
Pro zimu výsledky v tabulce 6.3 ukazují, že v oblasti Východní Evropy má nejmenší odchylku o velikosti 0.4 °C simulace *UWPBL* a ostatní simulace kolem hodnoty 1.3 °C. Všechny simulace tam jsou nadhodnoceny. Oblast Severozápadní Afriky a Středního východu je nejlépe popsána simulacemi *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch*. Podle tabulky 6.3 mají odchylku menší i o 2 °C vůči *UWPBL* a *Tompkins*. například z obrázku 6.9 vidíme, že odchylky v těchto oblastech jsou větší. Díky nadhodnocení a podhodnocení dat se v plošném průměru odchylka zmenší. Zbývající oblasti mají pro všechny simulace velmi dobré výsledky s odchylkou menší než 0.9 °C. Všechny simulace jsou podhodnocené v oblasti hor Alp zasahující do jižní části Francie dále v oblasti Velkého Kavkazu, Turecka, Sinajského poloostrova a ostrova Island. Nadhodnocené jsou všechny simulace na Balkánském poloostrově, v oblasti Střední Evropy, na severu Skandinávie a v okolí Bílého moře. Na Balkánském poloostrově je vidět nadhodnocení u všech simulací převážně v rámci celých Karpat, to je dobře patrné například z obrázku 6.9. V severovýchodní části Evropy mají na následujících obrázcích simulace *Tompkins* A.62, *normal* 6.9, *Tiedtke* A.63 a *Kain-Fritsch* A.64 největší odchylky. Díky obrázku 6.10 vidíme, že severovýchodní část Evropy popisuje *UWPBL* ze všech simulací nejlépe. Na druhou stranu má se simulací *Tompkins* nejhorší výsledek v oblasti celé Afriky a Turecka. Jižní část Evropy obsahující celou Afriku a Turecko popisují s velmi malými odchylkami simulace *Kain-Fritsch* a *normal*. Britské ostrovy jsou popsány všemi simulacemi s téměř nulovou odchylkou.



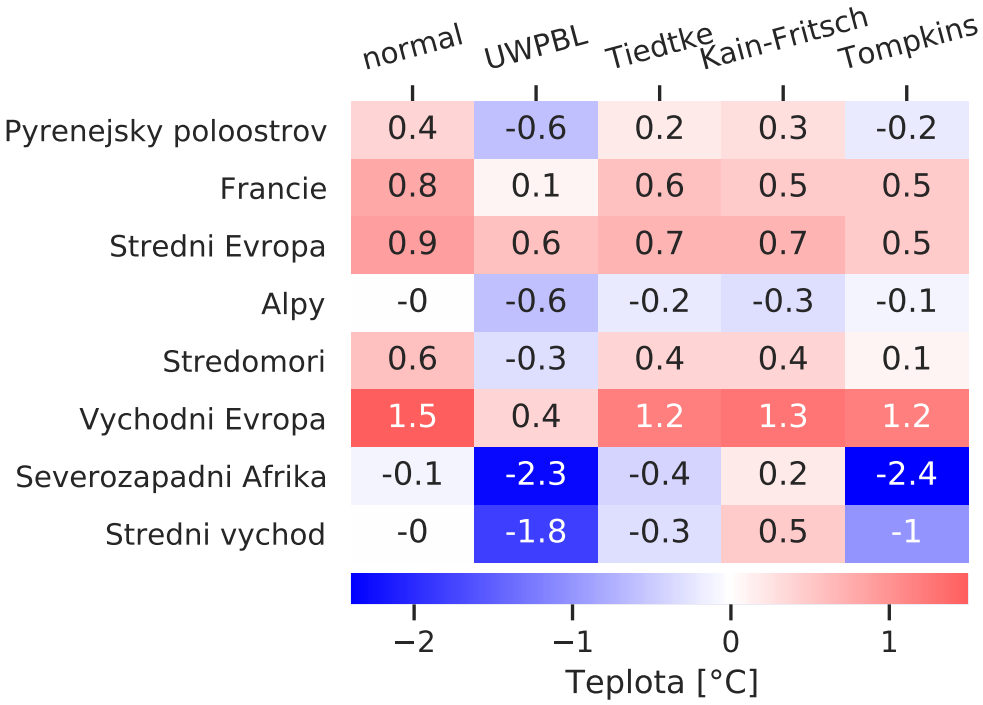
Tabulka 6.2: Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999



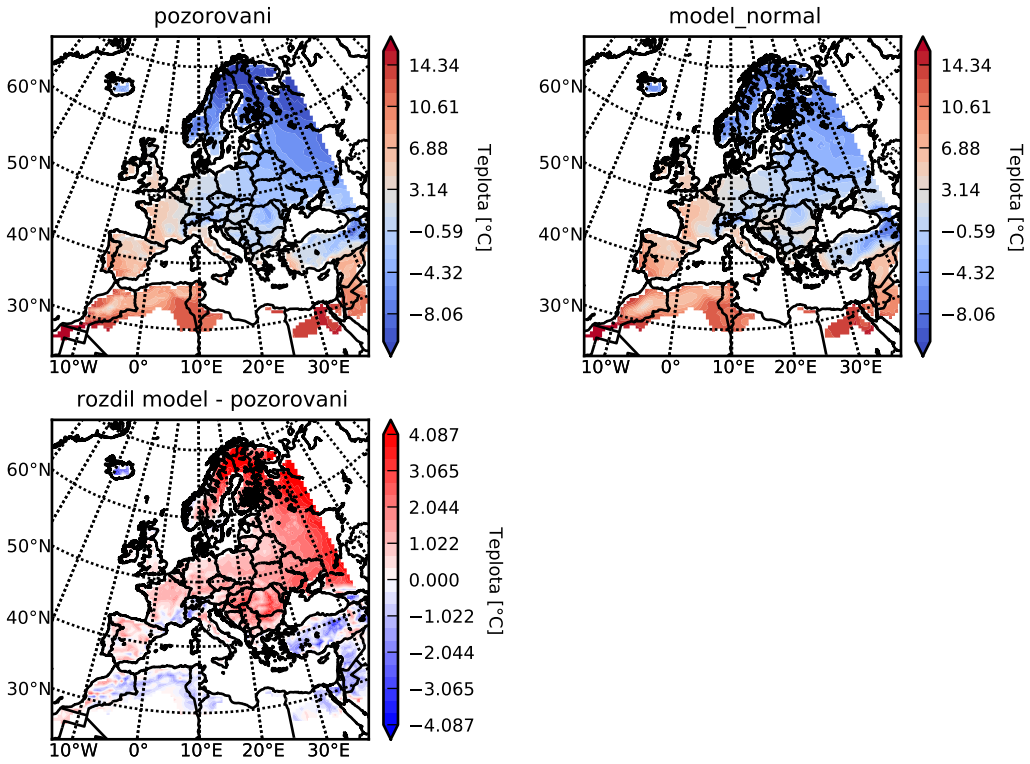
Obrázek 6.7: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



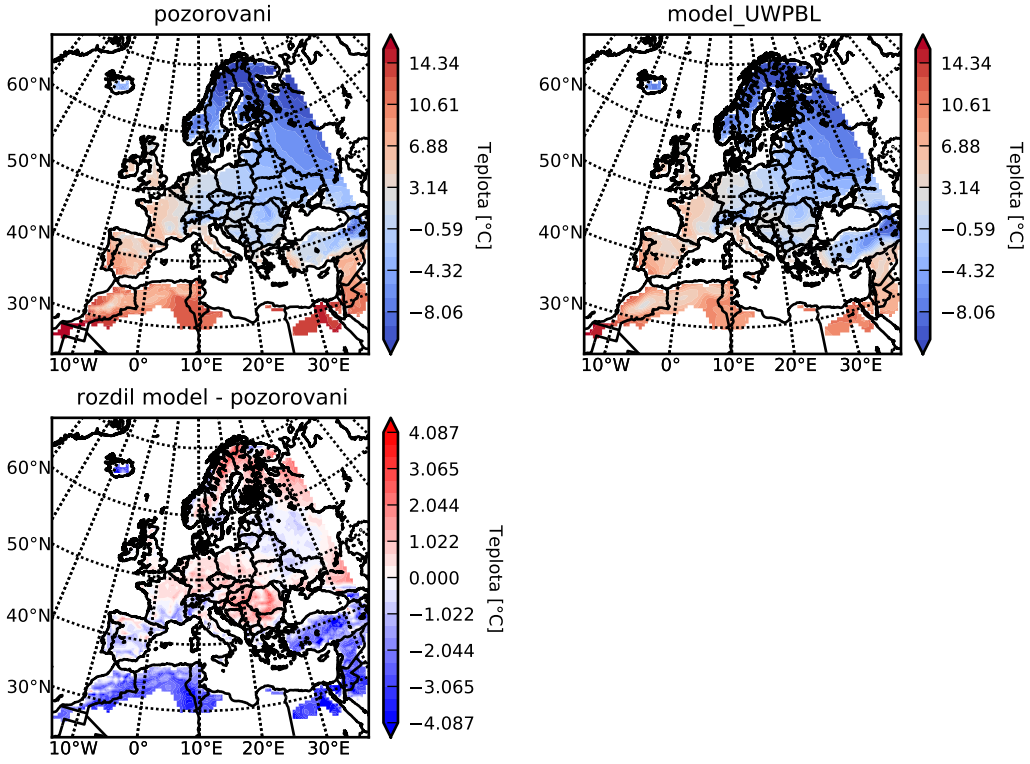
Obrázek 6.8: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Tabulka 6.3: Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999



Obrázek 6.9: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



Obrázek 6.10: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty

7. Výsledky – maximální teplota ve dvou metrech nad povrchem

7.1 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci simulovaného období

V této části se budeme zabývat maximální teplotou ve dvou metrech nad povrchem za celé simulované období. Dvě simulace mají extrémní odchylky vůči pozorovaným datům a tři simulace mají poměrně dobré výsledky. Tento výsledek je vidět v tabulce 7.1. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena s odchylkou 4.3 – 7.2 °C a *Kain-Fritsch* nadhodnocena s odchylkou 1.4 – 2.5 °C, pouze ve Středním východě je odchylka 0.6 °C. Nejmenší odchylky mají *normal*, *UWPBL* a *Tiedtke* s odchylkou skoro všude pod 1 °C. V severozápadní Africe má *UWPBL* odchylku -1.6 °C a ve Středním východě *UWPBL* -2 °C a *Tiedtke* -1.1°C. Mezi společné rysy patří: podhodnocení v oblasti Turecka, na ostrově Island, v oblasti pohoří Alp a Velkého Kavkazu. U některých simulací je podhodnocení pouze lokální v místě již zmíněných hor.

Simulace *normal* dobře popisuje celou Evropu. Nejhorší výsledek má v oblasti Středního východu (viz obrázek 7.1). Obecně je nadhodnocená, souvisle ve Východoevropské nížině, jinak je lokálně podhodnocena. Podhodnocena je ve výše zmíněných oblastech, ale také částečně na Pyrenejském poloostrově, Skandinávském poloostrově a v oblasti Severozápadní Afriky.

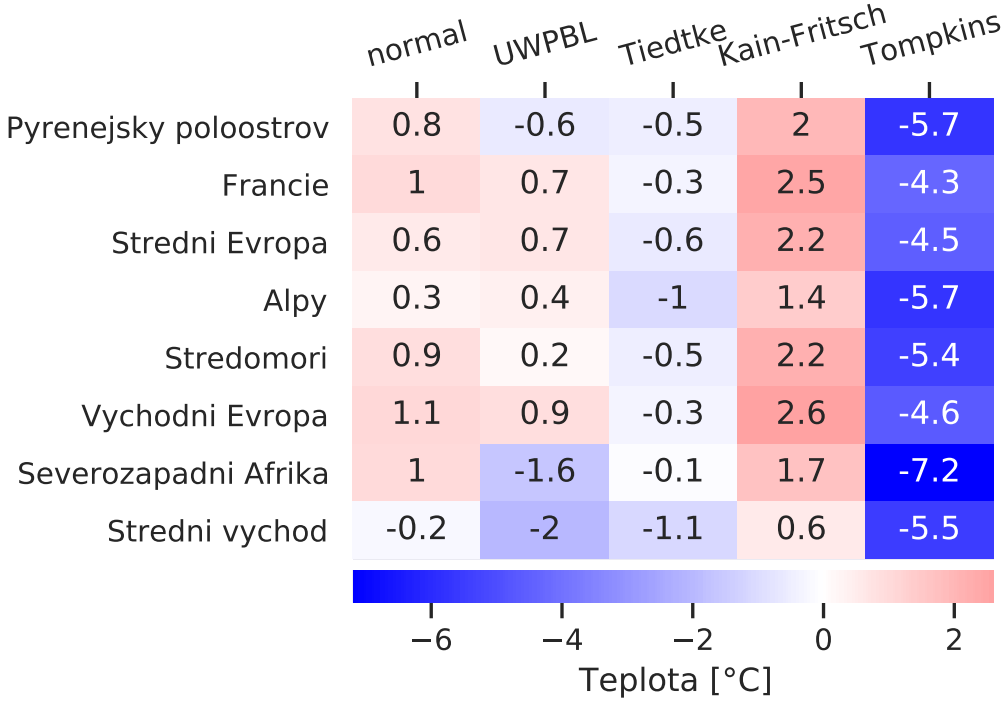
Simulace *UWPBL* dle obrázku 7.2 popisuje lépe než simulace *normal* severní část Evropy nad 45° severní šířky. V severní části jsou hodnoty nadhodnoceny, kromě Islandu a Skandinávského poloostrova. V jižní části je simulace téměř všude podhodnocena, kde nejhorší výsledek má v oblasti Turecka.

Tiedtke má podobně velké odchylky jako simulace *normal* a *UWPBL* (viz obrázek 7.3). Simulace je převážně podhodnocená s lokálním nadhodnocením skoro ve všech oblastech. Výraznější nadhodnocené oblasti jsou severní část Severozápadní Afriky, jižní část Středního východu a okolí Bílého moře. Největší odchylky jsou v oblasti Turecka a Západní Sahary.

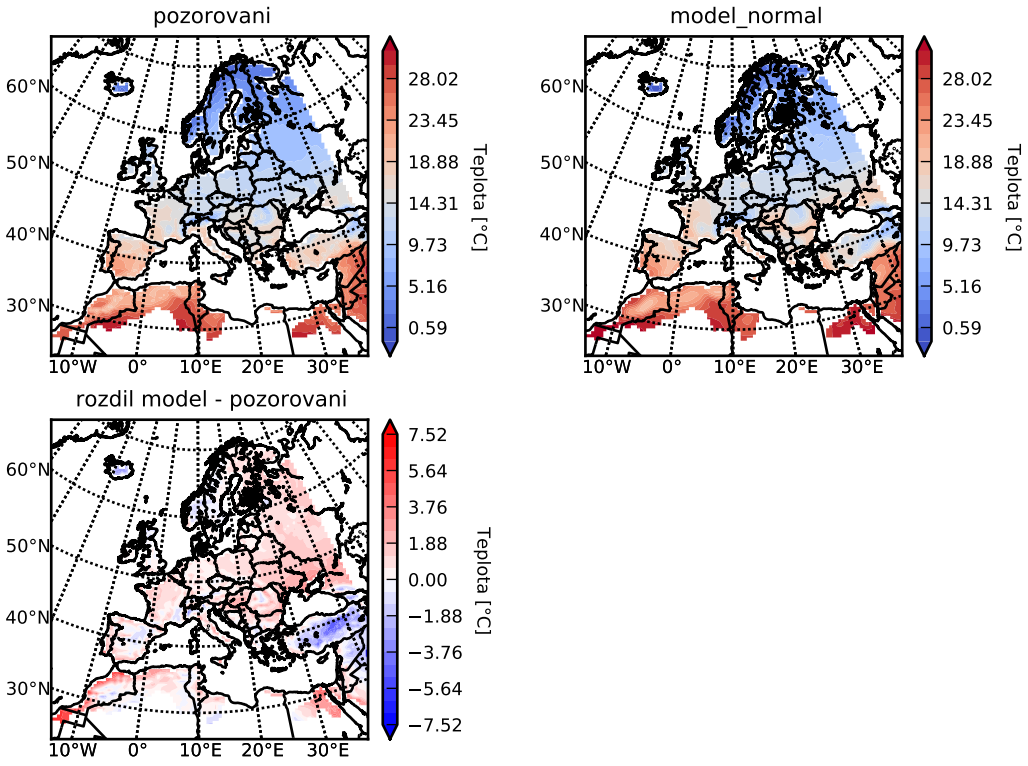
7.2 Vyhodnocení v jednotlivých regionech

U všech oblastí je simulace *Tompkins* silně podhodnocena v celém roce a nejvíce se přibližuje pozorovaným datům v období listopad - prosinec. Má nejhorší výsledky ze všech simulací, proto pokud v této sekci dále mluvíme o simulacích, tak simulaci *Tompkins* už neuvažujeme. Simulace *Kain-Fritsch* má ve všech oblastech ze všech simulací největší nadhodnocení v období červen – srpen. Nejlepší výsledek v letních měsících má simulace *Tiedtke* a v některých oblastech také simulace *UWPBL*. V ostatních měsících mají všechny simulace malé odchylky.

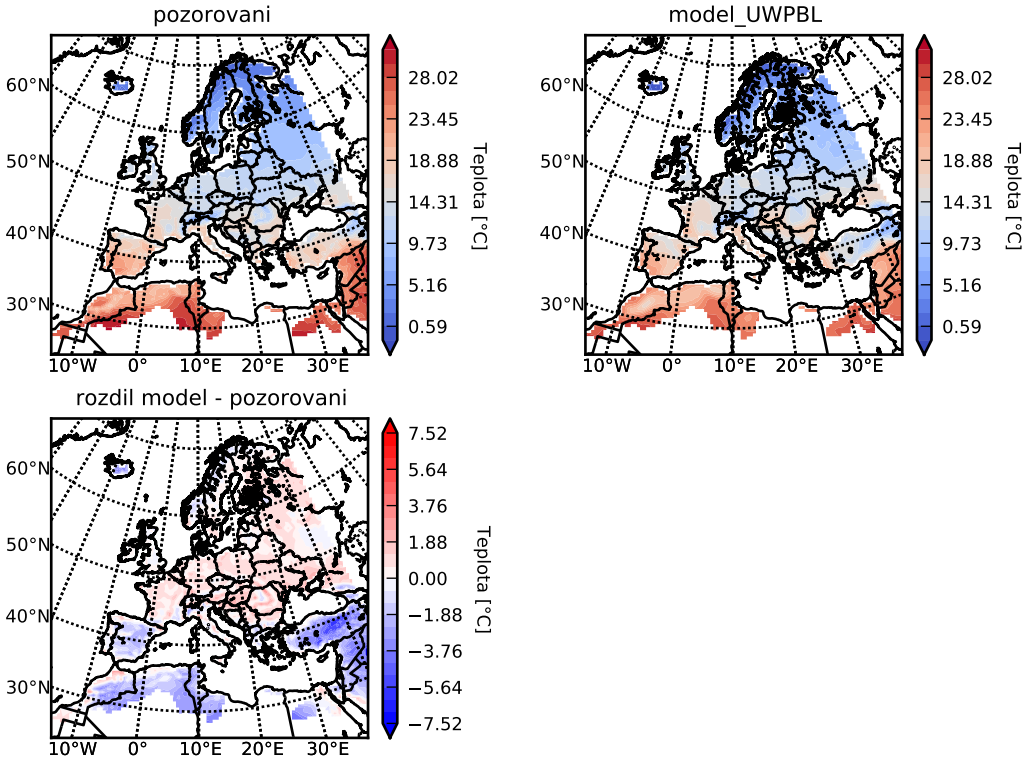
Z obrázku 7.4 vidíme, že v oblasti Pyrenejského poloostrova si můžeme rozdělit rok na tři části, kde každá část je nejlépe vystihnuta jinou simulací. V první části od prosince do dubna má nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch*, potom simulace *normal* s *Tiedtke* a *UWPBL* je nejhorší. Druhá část květen – září je



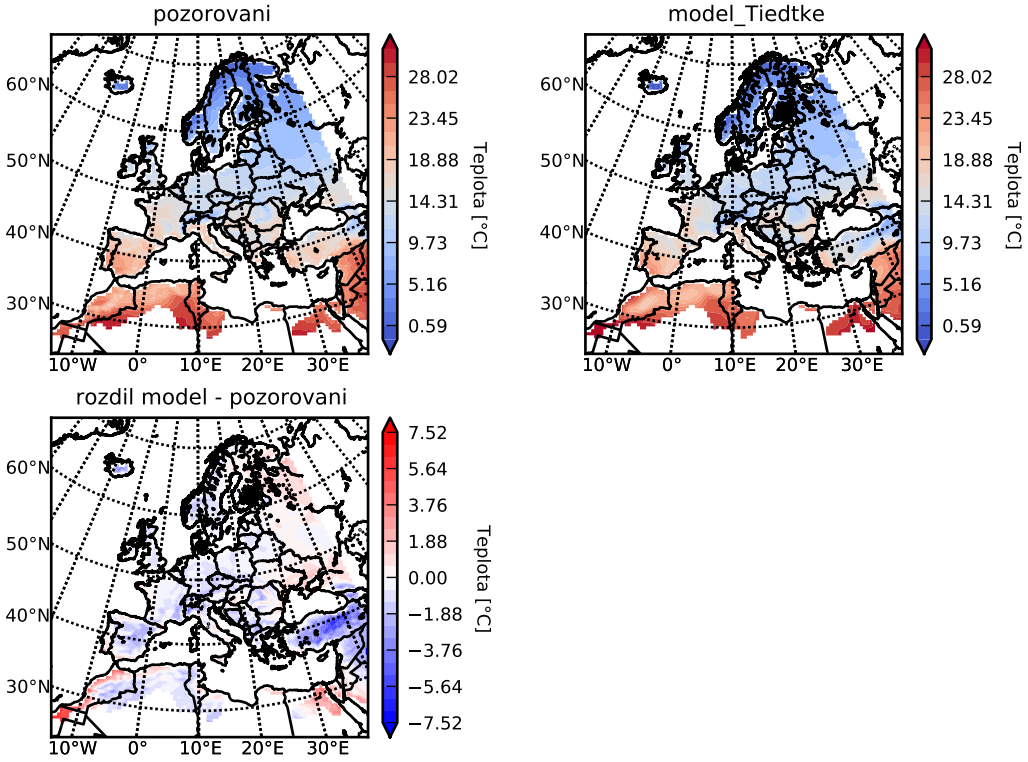
Tabulka 7.1: Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999



Obrázek 7.1: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



Obrázek 7.2: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 7.3: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty

nejlépe popsána simulací *Tiedtke* a *UWPBL*. V poslední části října a prosinci má nejlepší výsledek simulace *normal*. V červenci a srpnu jsou všechny simulace nadhodnoceny a v období říjen – duben jsou simulace *Tiedtke*, *UWPBL* a *normal* podhodnocené.

Oblast Francie má v období květen – srpen daleko větší odchylky u všech simulací než předešlá oblast (viz obrázek A.66). Jediná simulace *Tiedtke* popisuje toto období velmi dobře. Simulace *normal*, *UWPBL* a *Kain-Fritsch* jsou v tomto období nadhodnoceny. Simulace *Tiedtke* je jak nadhodnocena, tak podhodnocena. V období únor – duben má nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch*, ostatní simulace mají také malou odchylku. Zbývající část roku září – leden mají všechny simulace velmi dobré výsledky.

Ve Střední Evropě vychází z obrázku A.67 jako nejlepší simulace *Tiedtke*. Od února do září je podhodnocena, jinak nadhodnocena. V měsících únor, březen a duben mají lepší výsledek ostatní simulace. Období květen – září jsou simulace *normal*, *UWPBL* a *Kain-Fritsch* nadhodnoceny, a mají zde velkou odchylku. Ve zbývajících částech roku mají všechny simulace podobně malé odchylky od pozorovaných dat.

Oblast Alp je velmi podobně popsána simulacemi jako oblast Střední Evropy (viz obrázek 7.5). Hlavní rozdíl je větší odchylka všech simulací v období únor – duben.

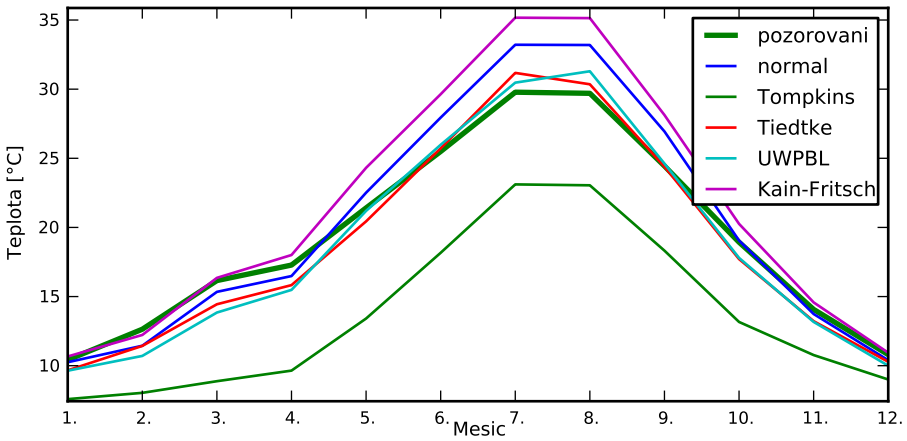
V oblasti Středomoří v období léta má nejlepší výsledek simulace *Tiedtke* (viz obrázek A.68). Je v celém roce podhodnocena kromě srpna. Ve zbývajících ročních období mají většinou lepší výsledek ostatní simulace, ale všechny simulace se liší jen málo od pozorovaných dat. Zajímavý je propad všech simulací v únoru, což vůbec neodpovídá pozorovaným hodnotám. V období listopad – prosinec si vede *UWPBL* nejhůře. Simulace *normal* a *Kain-Fritsch* jsou nadhodnoceny v období březen – září.

Porovnáním oblasti Francie (viz obrázek A.66) a Východní Evropy (viz obrázek 7.6) vidíme podobný charakter výsledků. V období březen – květen má nejlepší výsledek simulace *normal*, stejný výsledek má i *Kain-Fritsch* v březnu a dubnu. Červenec – říjen má nejmenší odchylku simulace *Tiedtke*. *Tiedtke* je v období únor – srpen podhodnocena, ve zbytku roku je nadhodnocena. Poslední tři měsíce vyniká simulace *UWPBL*. Simulace Tompkins je v této oblasti jedna z nejlepších v měsíci leden. Simulace *UWPBL*, *normal* a *Kain-Fritsch* jsou nadhodnoceny v období květen – říjen.

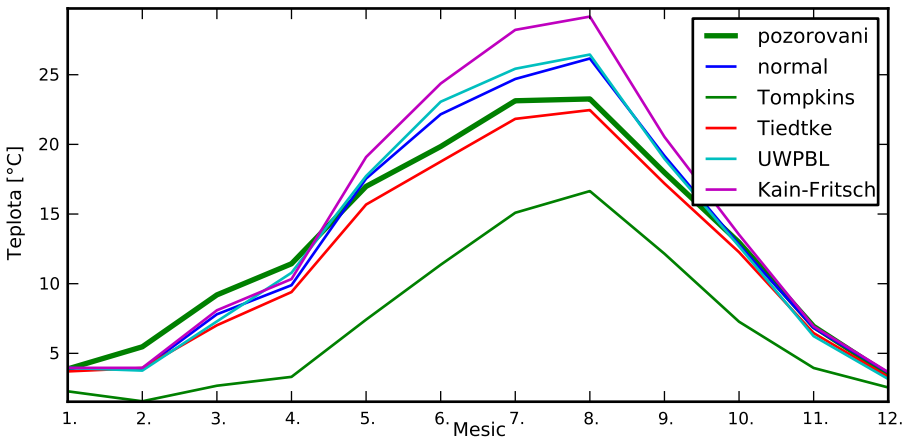
Oblast Severozápadní Afriky a Středního východu jsou odlišné od ostatních simulací a mají určité společné rysy. Společným rysem jsou menší odchylky všech simulací nezávisle na měsíci v porovnání s červencem a srpnem u ostatních oblastí.

Severozápadní Afrika je nejlépe popsána simulací *Tiedtke*, v letních měsících simulací *UWPBL* (viz obrázek A.69). V zimním období prosinec – únor má nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch* a *normal*.

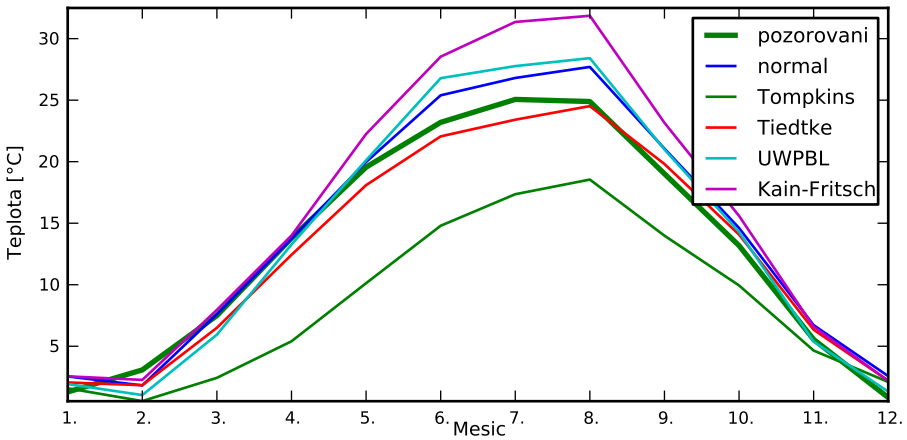
Střední východ je popsán nejlépe různými simulacemi v závislosti na měsíci (viz obrázek A.70). Listopad – únor má nejmenší odchylku od pozorovaných dat simulace *Kain-Fritsch*, v říjnu společně se simulací *normal*. Simulace *normal* také popisuje o trochu lépe období březen – květen než *Kain-Fritsch*. *UWPBL* je v celém roce podhodnocena. Nejmenší odchylky má v letních měsících. Červenec a srpen má nejlepší výsledek simulace *Tiedtke*, v září společně se simulací *normal*.



Obrázek 7.4: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova



Obrázek 7.5: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp



Obrázek 7.6: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropa

7.3 Vyhodnocení v celé Evropě v rámci sezón

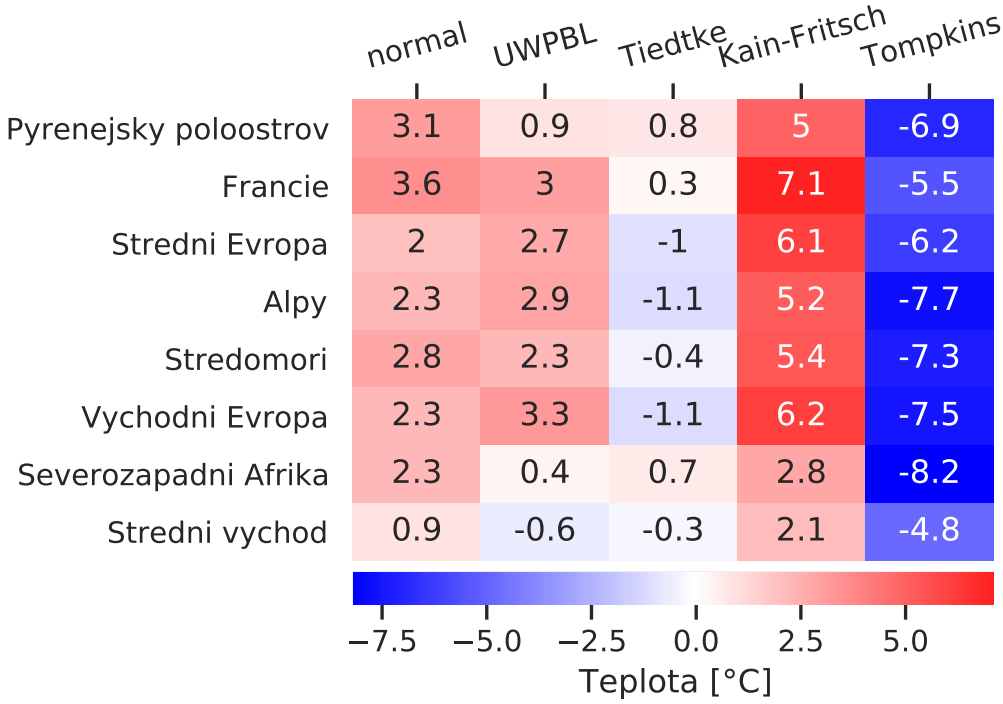
Z tabulky A.9 vyplývá, že v období jaro jsou čtyři simulace s podobnými výsledky s odchylkou do 2.5 °C a simulace *Tompkins* zcela odlišná. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena s odchylkou 6.6 až 8.3 °C. *UWPBL* a *Tiedtke* jsou převážně podhodnoceny. *Kain-Fritsch* je převážně nadhodnocena. Na následujících obrázcích mají simulace *Tiedtke* A.71, *normal* A.72, *UWPBL* A.73 a *Kain-Fritsch* A.74 společně nadhodnocené hodnoty v oblasti ostrova Island, Skandinávského poloostrova, Východoevropské nížiny, u pohoří Velkého Kavkazu, Turecka a v okolí pohoří Alp a Karpat. Nadhodnocené jsou v místě pohoří Karpat, Alp a v okolí Bílého moře. V průměru mají nejlepší výsledek simulace *Kain-Fritsch* a *normal*. Je patrné, že simulace mají největší odchylky v západní části Severozápadní Afriky a západně od Sinajského poloostrova. Simulace *UWPBL* má podobně dobrý výsledek v oblasti Francie a Střední Evropy, ale má větší odchylku například v Turecku a Východoevropské nížině. Simulace *Tiedtke* popisuje nejlépe Severozápadní Afriku.

Pro období léto vidíme v tabulce 7.2 jednoznačně nejlepší výsledek pro simulaci *Tiedtke*. Její odchylka od plošného průměru je všude menší než 1.1 °C. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena s odchylkou v rozmezí 4.8 – 8.2 °C, nadhodnocené jsou *Kain-Fritsch* 2.1 – 7.1 °C a *normal* 0.9 – 3.6 °C. Simulace *normal* má dobrý výsledek jako *Tiedtke* v oblasti Pyrenejského poloostrova, Severozápadní Afriky a Středního východu. Ve zbývajících částech je nadhodnocena s odchylkou 2.3 – 3.3 °C. Díky kompenzacím v plošném průměru popisuje *Tiedtke* některé oblasti hůře, než se zdá z tabulky 7.2 (viz obrázek 7.7). Největší odchylky má na pobřeží Severozápadní Afriky, západně od Sinajského poloostrova a na východě Turecka. V těchto částech má lepší výsledek *UWPBL* (viz obrázek 7.8). Dle obrázku A.75 má v oblasti Turecka, Skandinávie a okolí Bílého moře simulace *normal* stejně dobrý výsledek jako *Tiedtke*.

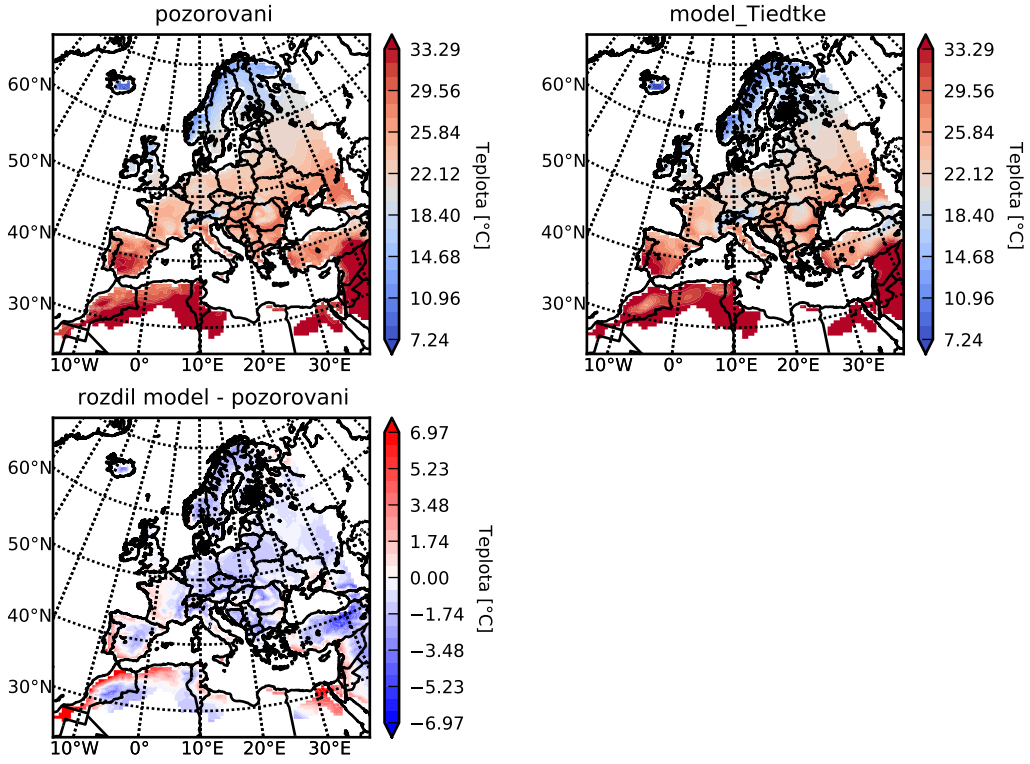
Z porovnání tabulky A.9 pro jaro a tabulky A.10 pro podzim vidíme několik podobností. V období podzim máme čtyři simulace s podobnými výsledky s odchylkou do 2.5 °C a výrazně nejhorší výsledek simulace *Tompkins*. V porovnání s obdobím jaro má *Tompkins* menší odchylky. Všude je podhodnocena s odchylkou od plošného průměru v rozmezí 3.1 – 6.5 °C. Simulace *Kain-Fritsch* je všude nadhodnocena a její odchylka je přibližně všude větší o 1 °C v porovnání se simulacemi *Tiedtke* a *normal*. V oblasti Středního východu má odchylku pouze 0.4 °C. Pro porovnání tam mají *normal* -0.3 °C a *Tiedtke* -1 °C. U všech simulací je charakteristické podhodnocení v oblasti Turecka, Alp, Velkého Kavkazu a na ostrově Island. Nadhodnocené jsou v místě Západní Sahary. Tyto rysy lze dobře vidět například v obrázku A.76. Simulace *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch* mají nadhodnocení v oblasti Skandinávie, Východoevropské nížiny a velké odchylky nadhodnocení mají v oblasti Západní Sahary a v okolí Sinajského poloostrova. Všechny tyto oblasti popisuje nejlépe *UWPBL* (viz obrázek A.77). U všech simulací kromě *Tompkins* se objevuje výrazné nadhodnocení vůči okolí v místě Karpat. Obecně v tomto meteorologickém období popisují maximální teplotu v simulované oblasti nejlépe *UWPBL* a *Tiedtke* (viz obrázek A.78).

Podle tabulky 7.3 vidíme, že v období zima mají simulace spíše podhodnocené výsledky. Simulace *Tompkins* je všude podhodnocena s nejhorším výsledkem ze všech simulací. Odchylku má v rozmezí 1 – 6 °C, pouze ve Východní

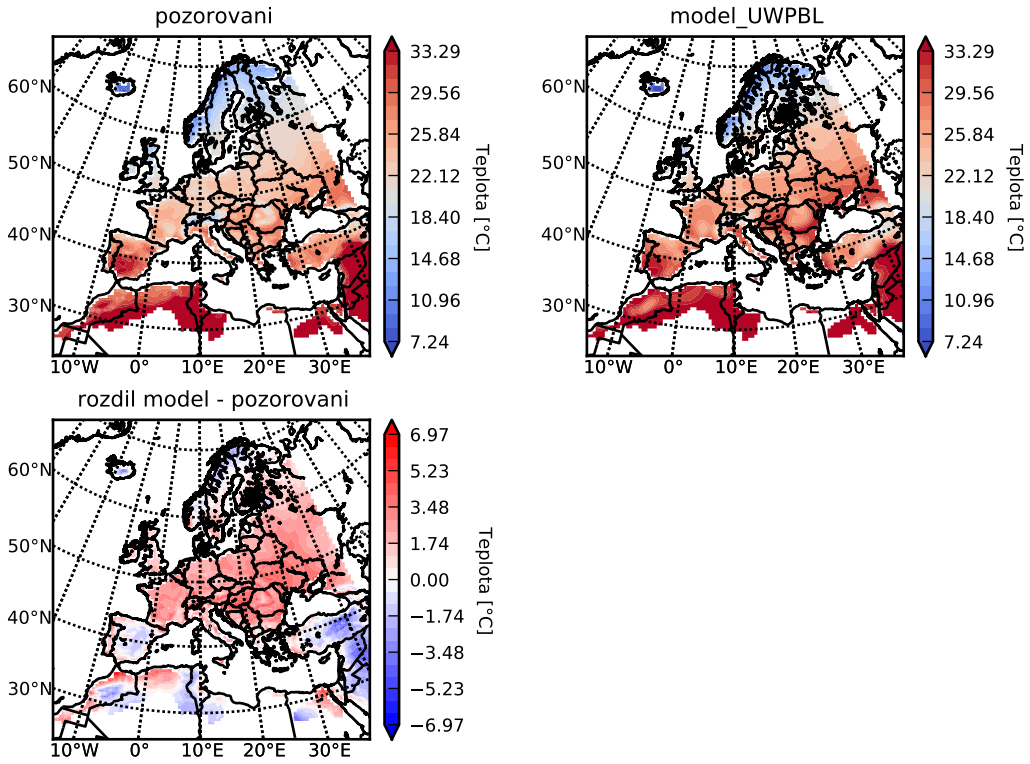
Evropě -0.3°C. Oblast Severozápadní Afriky a Středního východu popisuje dobře pouze *Kain-Fritsch* s odchylkou -0.1 °C a -0.6 °C. Na Pyrenejském poloostrově má *Tiedtke* odchylku -0.8 °C a *UWPBL* odchylku -1.2 °C. Ve středomoří má *UWPBL* odchylku -0.9 °C. Ve zbývajících oblastech mají simulace odchylku menší než 0.6 °C. U všech simulací jsou podhodnocené hodnoty v oblasti středu Severozápadní Afriky, východní části Pyrenejského poloostrova, Britských ostrovů, Islandu, Turecka a okolí pohoří Alp zasahující do jižní Francie. Nadhodnocené jsou v místě pohoří Kavkaz a okolí Bílého moře. Simulace *UWPBL* má nejlepší výsledky ze všech simulací v severní části Evropy nad 40° severní šířky, to je vidět z obrázku 7.9. V jižní části Evropy je hodně podhodnocena. Jižní část Evropy popisuje nejlépe simulace *Kain-Fritsch* (viz obrázek 7.10). Je tam jak nadhodnocena, tak podhodnocena. Simulace *normal* (viz obrázek A.79) a *Tiedtke* (viz obrázek A.80) si jsou velmi podobné. Jižní část Evropy popisují hůře než *Kain-Fritsch*, ale lépe než *UWPBL*. Severní část popisují velmi podobně jako *Kain-Fritsch*. Simulace *Tompkins* je v severovýchodní části simulované oblasti nadhodnocena, jinak je podhodnocena. Na severu a na jihu má extrémní odchylky v porovnání s ostatními simulacemi. Z obrázku A.81 vidíme, že nejmenší odchylky má kolem 50° severní šířky.



Tabulka 7.2: Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999



Obrázek 7.7: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



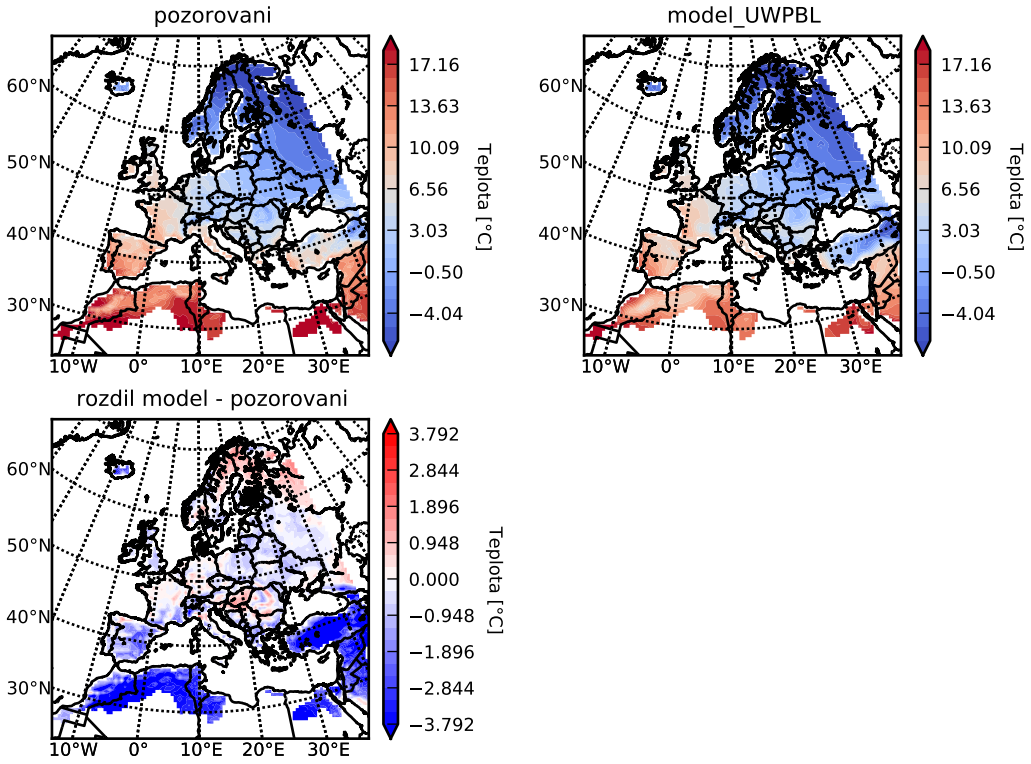
Obrázek 7.8: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty

	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	-0.6	-1.2	-0.8	-0	-3.1
Francie	0.2	-0.1	0.1	0.4	-1.4
Stredni Evropa	0.2	-0	-0.1	0.2	-1
Alpy	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-2.1
Stredomori	-0.3	-0.9	-0.5	0.1	-2.4
Vychodni Evropa	0.6	-0.3	0.3	0.6	-0.3
Severozapadni Afrika	-0.9	-3.5	-1.3	-0.1	-6
Stredni vychod	-1.4	-3.5	-1.8	-0.6	-4.5

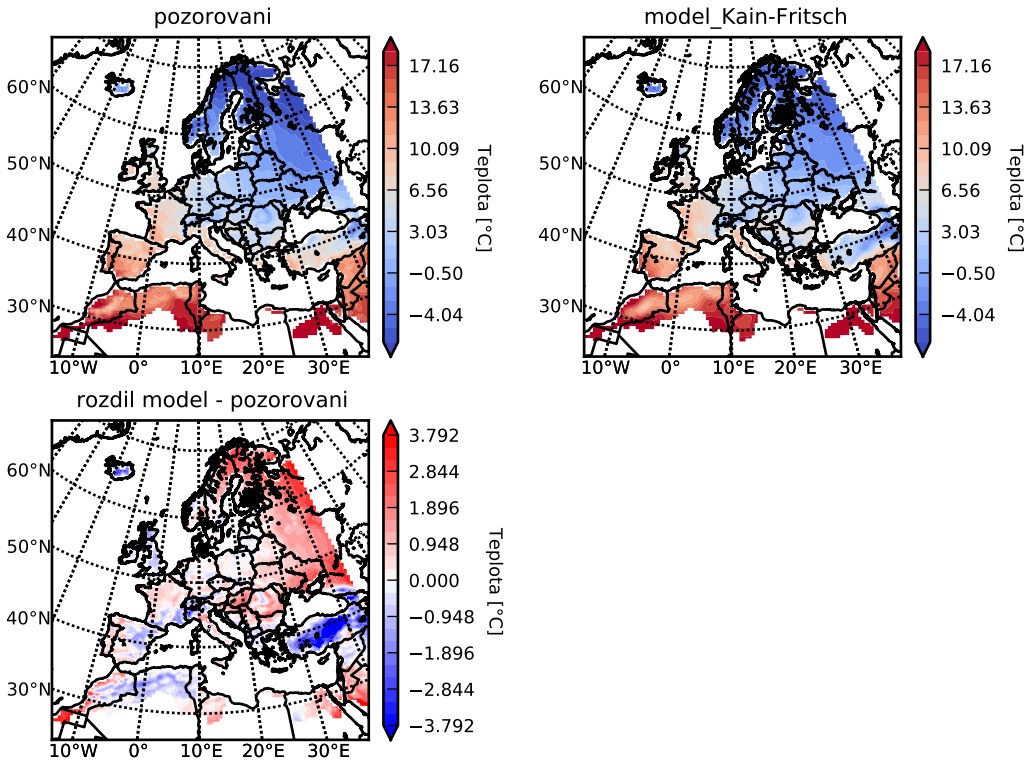
−6 −5 −4 −3 −2 −1 0

Teplota [°C]

Tabulka 7.3: Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999



Obrázek 7.9: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek 7.10: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty

Závěr

V této práci jsme se zabývali, jakým způsobem lze nastavit a spustit simulace regionálního klimatického modelového systému RegCM. Vytvořili jsme pět simulací v oblasti Evropy v desetiletém období 1990 – 1999 s různým nastavením fyzikálních parametrizací. Poté jsme porovnali výsledky vzniklých simulací s pozorovanými daty v simulované oblasti pomocí průměru jednotlivých vybraných fyzikálních veličin za celé simulované období a také pro jednotlivá meteorologická roční období. Dále jsme je porovnali pomocí měsíčních plošných průměrů ve zvolených regionech pro jednotlivé vybrané fyzikální veličiny. Mezi vybrané fyzikální veličiny, které jsme porovnávali, patří denní úhrn srážek, tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu, denní minimální, průměrná a maximální teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem.

Zjistili jsme, že denní úhrn srážek je na simulované oblasti popsán velmi podobně simulacemi *UWPBL*, *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch*. Jednoznačně lze říci, že nejhorší výsledek má simulace *Tompkins*. V měsících spadající do meteorologického ročního období léto má nejlepší výsledek simulace *Tiedtke*. V ostatních měsících mají lepší výsledky simulace *UWPBL*, *normal* a *Kain-Fritsch*. *Kain-Fritsch* ze všech simulací obecně nejlépe popisuje oblasti s větší nadmořskou výškou. Ostatní simulace mají velké odchylky hlavně v místě pohoří Alp a Velkého Kavkazu. Simulace *Kain-Fritsch* je převážně podhodnocena a ostatní simulace převážně nadhodnoceny.

U veličiny tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu lze pozorovat stejný problém u všech simulací. Nejčastěji mají podhodnocené hodnoty v severní části simulované oblasti a v jižní části jsou nadhodnocené. To neplatí pro období léto. U každé simulace lze najít určitá oblast, či měsíc, kde je její konkrétní výsledek nejlepší. V průměru je nejlepší simulace *UWPBL*, ale *normal*, *Kain-Fritsch* a *Tiedtke* mají také dobré výsledky.

Denní minimální teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem je jednoznačně nejlépe popsána simulací *UWPBL*. Hlavně vychází nejlépe v měsících z meteorologického ročního období zima. V období léto má lepší výsledek simulace *Tompkins*. Tato simulace je převážně podhodnocena. Zbylé simulace *normal*, *Tiedtke* a *Kain-Fritsch* mají také dobré výsledky, hlavně na jaře a na podzim nejsou mezi simulacemi většinou žádné velké odchylky. Simulace *Kain-Fritsch* je v podstatě všude nadhodnocena, kde její nadhodnocení je největší v měsících červenec a srpen. Obecně simulace popisují lépe střední část simulované oblasti mezi 40 – 60° severní šířky a na okrajích mají největší odchylky.

Z výsledků vyplývá, že průměrná teplota vzduchu ve dvou metrech nad povrchem je nejlépe popsána simulací *Tiedtke*. Simulace *UWPBL* má také malé odchylky od pozorovaných dat v porovnání s ostatními simulacemi. Obě simulace mají výsledky jak nadhodnocené, tak podhodnocené. V některých situacích je lepší simulace *Tiedtke* a v některých zase *UWPBL*. První situace se vyskytují častěji. V některých případech mají lepší výsledek ostatní simulace. Největší rozdíly mezi simulacemi jsou v měsících spadající do období léto. V tom období mají malé odchylky simulace *Tiedtke* a *UWPBL*.

Maximální teplotu vzduchu ve dvou metrech nad povrchem popisují dobře simulace *normal*, *UWPBL*, *Kain-Fritsch* a *Tiedtke*. U všech těchto simulací jsou

situace, kdy je jedna lepší než všechny ostatní. Ve výsledku nejlépe vychází simulace *Tiedtke* a to hlavně kvůli velmi dobrému popisu v letních měsících. Další o trochu horší simulace jsou *normal* a *UWPBL*. Simulace *Kain-Fritsch* má také dobré výsledky, ale v letních měsících v porovnání se simulací *Tiedtke* má daleko větší odchylky.

Obecně lze shrnout, že žádné nastavení modelu není jednoznačně nejlepší. Pokud nás bude zajímat celá simulovaná oblast, tak mezi nejlepší simulace patří *UWPBL*, *Tiedtke* a *normal*. Pokud nás budou zajímat pouze letní měsíce, tak je jednoznačně nejlepší simulace *Tiedtke*. Pro zimní měsíce má také dobré výsledky simulace *Kain-Fritsch*.

Podíváme-li se na výsledky simulace *Tompkins* (viz obrázek A.2), tak je vidět, že tato simulace všude nadhodnocuje denní úhrn srážek. Nadhodnocení je způsobené větším výparem, tedy množstvím vody v atmosféře, tedy větší oblačností, která způsobuje srážky. S tímto jevem jsou spojené další pozorované důsledky. V důsledku radiačního záření dopadajícího na zemský povrch dochází k maximálním teplotám přibližně mezi 14 – 15 hodinou. Při větší oblačnosti dopadá na zemský povrch méně energie a nedochází k takovému zahřátí. V důsledku toho z tabulky 7.1 vidíme, že simulace má menší maximální teploty vzduchu ve dvou metrech nad povrchem. K minimální teplotě vzduchu ve dvou metrech nad povrchem dochází v čase kolem východu slunce. V noci nedopadá na danou část Země sluneční záření. Dochází k ochlazování zemského povrchu v důsledku vyzařování dlouhovlnného záření. Toto dlouhovlnné záření je částečně absorbováno oblačností a následně je část energie vyzářena zpět směrem k povrchu. Díky tomu je úbytek energie zemského povrchu menší, a proto by se měla minimální teplota méně lišit od maximální teploty. Podíváme-li se na obrázek 5.3 a obrázek A.65, tak z velikostí odchylek je náš předpoklad jednoznačně potvrzen. Tlak vzduchu ve výšce hladiny oceánu se v důsledku stoupání teplého vzduchu zmenšuje. Máme-li kvůli oblačnosti méně zahřátý povrch, tak bychom měli pozorovat větší tlak. Výsledky tento jev potvrzují pouze v některých oblastech. Dle obrázku A.16 pozorujeme spíše v severní části Evropy podhodnocení v tlakové níži a v jižní části nadhodnocení v tlakové výši, tedy větší rozdíly tlaků v Ferrelově buňce. U simulace *Tompkins* by mohlo zmenšení konstanty vypařování vést k vyřešení většiny problémů. U simulace *Kain-Fritsch* jsme pozorovali tyto jevy s opačným působením, jelikož má podhodnocený denní úhrn srážek (viz obrázek A.1).

V simulacích nebyl použit lake model, takže výsledky u velkých vodních ploch tím mohou být ovlivněny. Například tím mohou být způsobené větší odchylky v místě dvou ruských jezer Oněžského a Ladožského (viz obrázek A.41).

Schéma UW PBL (Bretherton and McCaa, 2004) nemělo na výsledky srážek téměř žádný vliv, stejně jako ve studii (Giorgi a et. al., 2011). Téměř stejný výsledek je patrný v tabulce 3.1. Z tabulky 5.1 vidíme, že hlavní změnou je výrazné zlepšení u minimálních teplot, což studie (Giorgi a et. al., 2011) nezaznamenala. Schémata konvektivní oblačnosti a srážek Tiedtke (1996) a Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004) byly zkoumány v práci (Adeniyi, 2019) v oblasti západní Afriky. Dospěli jsme pouze ke stejným následujícím faktům: pro úhrn srážek měla simulace s nastavením Kain-Fritsch (1990) & Kain (2004) všude trochu podhodnocené výsledky a oblasti s velkým úhrnem zachytila nejlépe (viz obrázek A.1). Schéma Explicit moisture Nogherotto/Tompkins ovlivnilo výsledky všech veličin. Dle tohoto konferenčního příspěvku (Kalmár a kol., 2018), pojednávající pouze o části

Evropy, odchylka u srážek není známá a potřebuje další zkoumání. Odchylky u ostatních veličin mohou být důsledkem nadhodnocení srážek.

Bylo by dobré udělat další zkoumání, které by bralo ohled na jednoznačné chyby u jednotlivých parametrizací a měnilo by se nastavení konkrétních parametrizací za účelem potlačení těchto chyb. Také by bylo možné udělat podrobnější zkoumání jednotlivých parametrizací pro menší oblasti. Při simulaci větší oblasti, například v rámci celé Evropy, by se pak složily výsledky jednotlivých simulací podle toho, jakou oblast daná simulace popisuje nejlépe. Otázkou zůstává, jestli simulace s větším rozlišením, výpočetně stejně náročná jako několik simulací s menším rozlišením, nepřinese lepší výsledek. Navíc skládání částí, které jednotlivé simulace popisují nejlépe, by bylo technicky náročné.

Seznam použité literatury

Adeniyi, M. O. (2019). Sensitivities of the tidtke and kain-fritsch convection schemes for regcm4.5 over west africa. *Meteorology Hydrology and Water Management*, **7**(2), 27–37. ISSN 2299-3835. doi: 10.26491/mhwm/103797.

Elguindi, N. a kol. (2017). Regional climate model regcm reference manual version 4.7.

Giorgi, F. a et. al. (2011). Regcm4: Model description and preliminary tests over multiple cordex domains. *Climate research*, **936**, 577X. doi: 10.3354/cr01018.

Giorgi, F. (2010). A brief history of the regional brief history of the regional climate model climate model regcm: From regcm1 towards regcm4. URL `http://indico.ictp.it/event/a09151/session/2/contribution/1/material/0/0.pdf`. Poslední přístup 1.5.2020.

Giorgi, F., Solmon, F. a Giuliani, G. (2016). Regional climatic model regcm user's guide version 4.6.

ICTP (2020). Regional model: Regcm4. URL `https://www.ictp.it/research/esp/models/regcm4.aspx`. Poslední přístup 1.5.2020.

Kalmár, T., Pieczka, I., Pongracz, R. a Bartholy, J. (2018). Regional climate model validation for central/eastern europe using hydrostatic vs non-hydrostatic approaches.

L'He´ve´der, B., Li, L., Sevault, F. a Somot, S. (2012). Interannual variability of deep convection in the northwestern mediterranean simulated with a coupled aorcm. *Climate Dynamics*, **41**. doi: 10.1007/s00382-012-1527-5.

ČMeS (2017). Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). URL `http://slovnik.cmes.cz/fulltext/boundary%20layer`. Poslední přístup 8.5.2020.

Seznam obrázků

2.1 Zobrazení jednotlivých regionů Evropy. Podkladová mapa byla převzata z https://www.google.cz/maps 9

3.1 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 12
3.2 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 13
3.3 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 13
3.4 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Pyrenejského poloostrova 15
3.5 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Alp 15
3.6 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Východní Evropy . 15
3.7 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 17
3.8 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . . . 18
3.9 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 19
3.10 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 19

4.1 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . 21
4.2 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 22
4.3 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 22
4.4 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Pyrenejského poloostrova 24
4.5 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Alp 24
4.6 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Východní Evropy 24
4.7 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 26
4.8 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 27
4.9 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 28
4.10 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 28

5.1 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 30
5.2 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty . . . 31
5.3 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty . . . 31
5.4 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova . . . 34
5.5 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp . . . 34
5.6 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropy . . . 34
5.7 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty . . . 36
5.8 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 37
5.9 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 38
5.10 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 38

6.1 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . . . 40
6.2 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 41
6.3 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 41
6.4 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova . . . 43
6.5 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp . . . 43
6.6 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropy . . . 43
6.7 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 46
6.8 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 47

6.9 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 48
6.10 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 48

7.1 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 50
7.2 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 51
7.3 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 51
7.4 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Pyrenejského poloostrova 53
7.5 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Alp 53
7.6 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Východní Evropa 53
7.7 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 56
7.8 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 57
7.9 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 58
7.10 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 58

A.1 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 72
A.2 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 73
A.3 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Francie 73
A.4 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Střední Evropy . . 74
A.5 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Středomoří 74
A.6 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Severozápadní Afrika 74
A.7 Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Středního východu 75
A.8 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 76
A.9 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . . . 76

A.10 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 77
A.11 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 77
A.12 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 78
A.13 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 79
A.14 Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 79
A.15 Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . . 80
A.16 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty . . . 80
A.17 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Francie 81
A.18 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Střední Evropy 81
A.19 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Středomoří 81
A.20 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Severozápadní Afrika 82
A.21 Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Středního východu 82
A.22 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 83
A.23 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 84
A.24 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 84
A.25 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 85
A.26 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 85
A.27 Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 86
A.28 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 87
A.29 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 87

A.30 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie 88
A.31 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropy 88
A.32 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří 88
A.33 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky 89
A.34 Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu 89
A.35 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 90
A.36 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 91
A.37 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 91
A.38 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 92
A.39 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 92
A.40 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 93
A.41 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 93
A.42 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 94
A.43 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 95
A.44 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 95
A.45 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 96
A.46 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 96

A.47 Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 97
A.48 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 97
A.49 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 98
A.50 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie 98
A.51 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropy 99
A.52 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří 99
A.53 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky 99
A.54 Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu 100
A.55 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 101
A.56 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 101
A.57 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 102
A.58 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 103
A.59 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty 103
A.60 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 104
A.61 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty 104
A.62 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty 105
A.63 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty 105
A.64 Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty 106

A.65 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty . . . 106
A.66 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie . . . 107
A.67 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropa . . . 107
A.68 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří . . . 107
A.69 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky . . . 108
A.70 Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu . . . 108
A.71 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 109
A.72 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty . . . 110
A.73 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 110
A.74 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty . . . 111
A.75 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty . . . 111
A.76 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty . . . 112
A.77 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty . . . 113
A.78 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 113
A.79 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty . . . 114
A.80 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty . . . 114
A.81 Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty . . . 115

Seznam tabulek

2.1 Definice jednotlivých regionů Evropy 9

3.1 Odchylka denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999 12
3.2 Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999 17
3.3 Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999 18

4.1 Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999 21
4.2 Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999 . 26
4.3 Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999 . 27

5.1 Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999 30
5.2 Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999 36
5.3 Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999 37

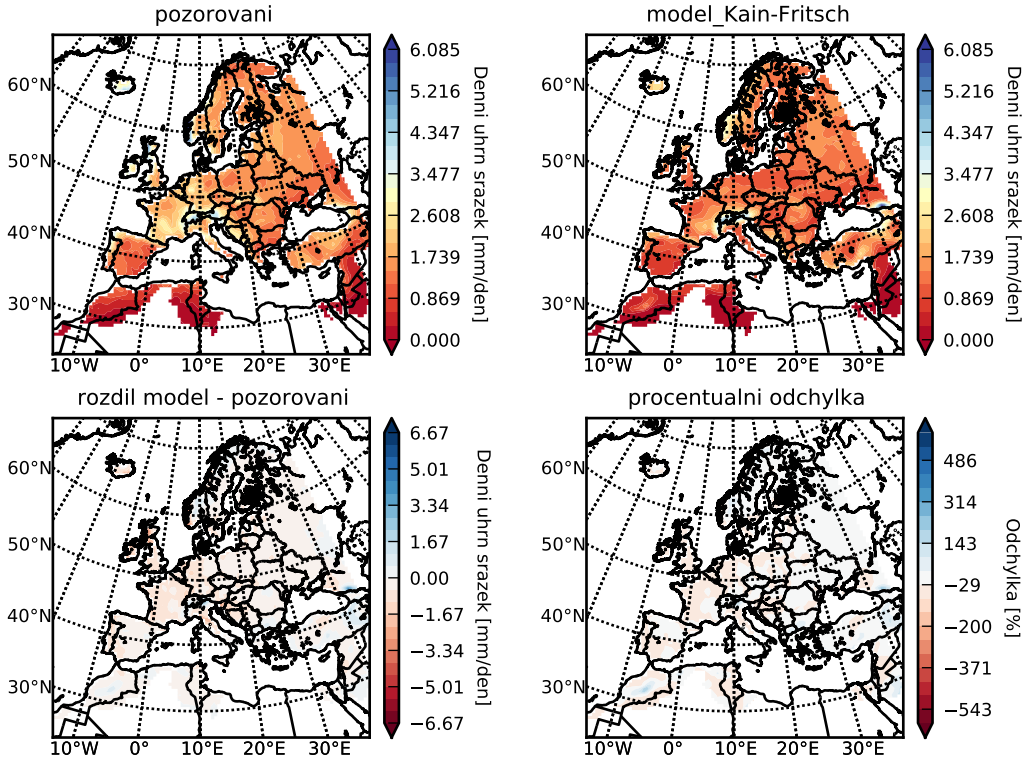
6.1 Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999 40
6.2 Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999 46
6.3 Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999 47

7.1 Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období 1990-1999 50
7.2 Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období léto v letech 1990-1999 56
7.3 Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období zima v letech 1990-1999 57

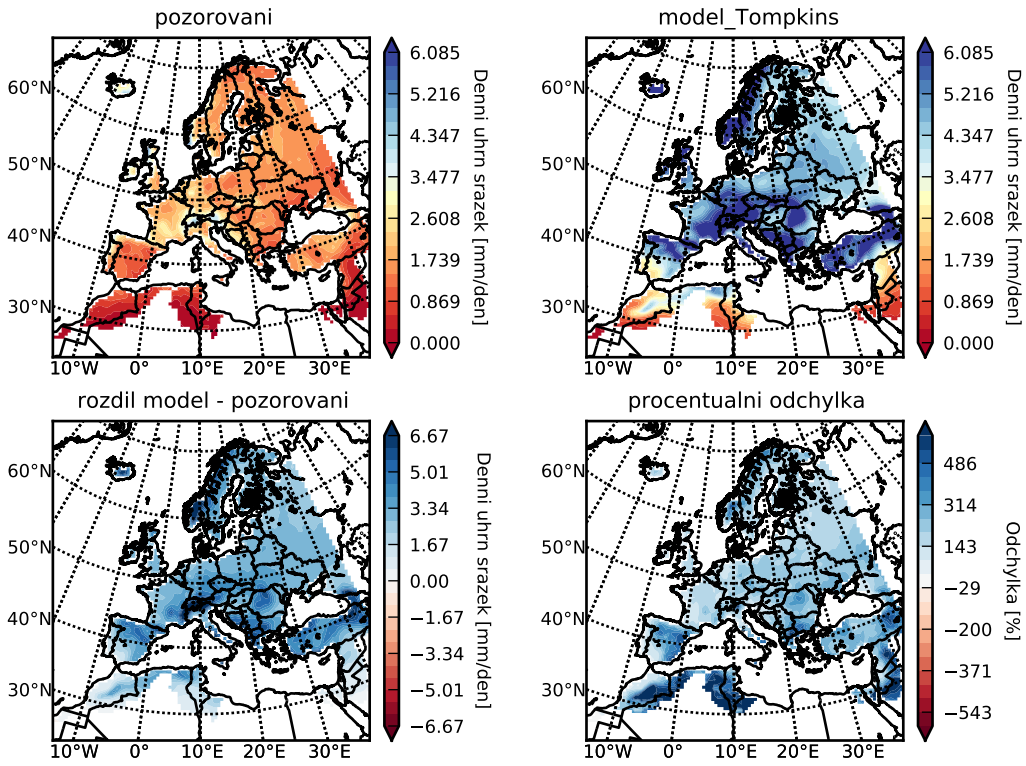
A.1 Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999 75
A.2 Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999 78

A.3 Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999 . 83
A.4 Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999 86
A.5 Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999 90
A.6 Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999 94
A.7 Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999 100
A.8 Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999 102
A.9 Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999 109
A.10 Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999 112

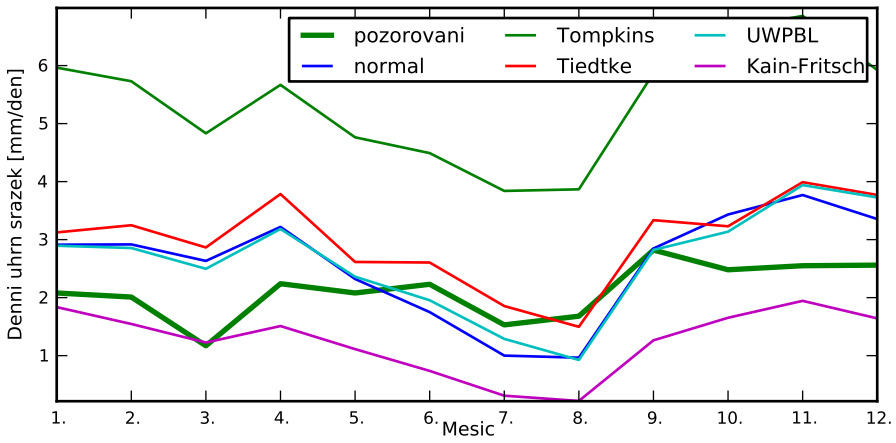
A. Přílohy



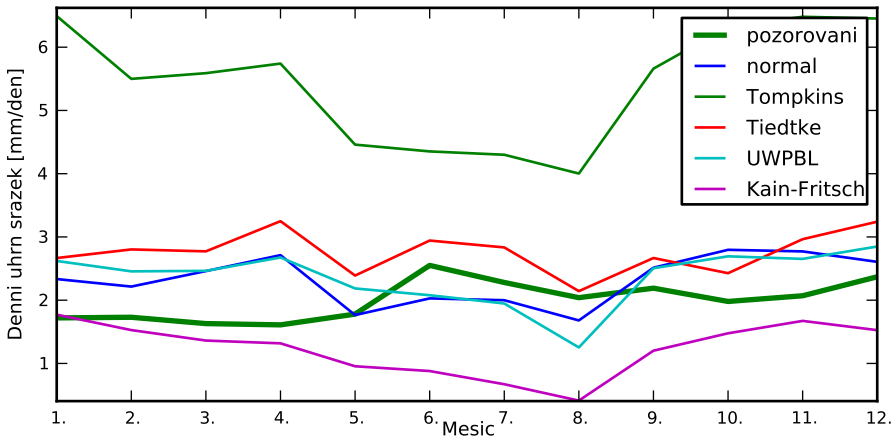
Obrázek A.1: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



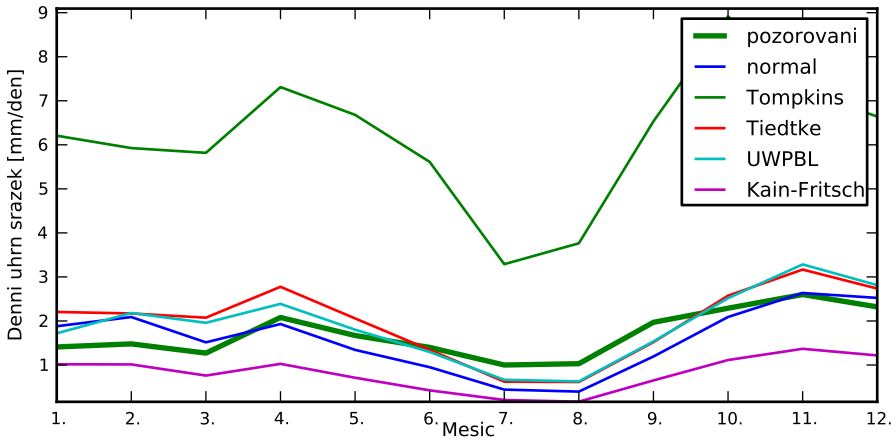
Obrázek A.2: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



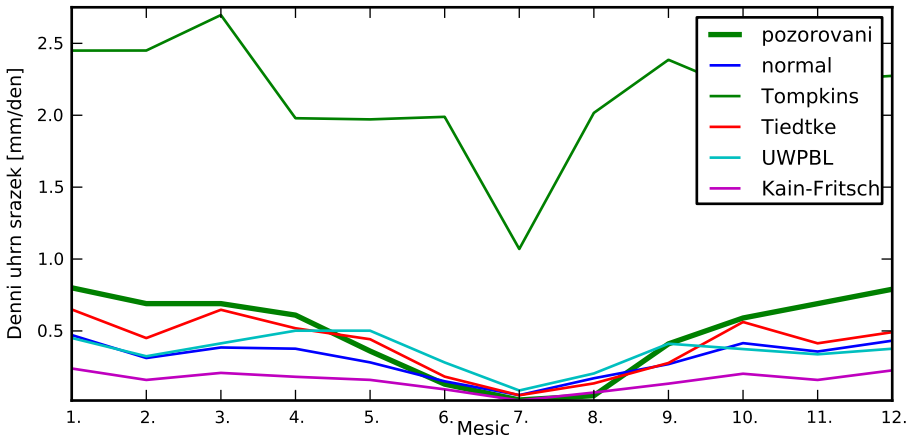
Obrázek A.3: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Francie



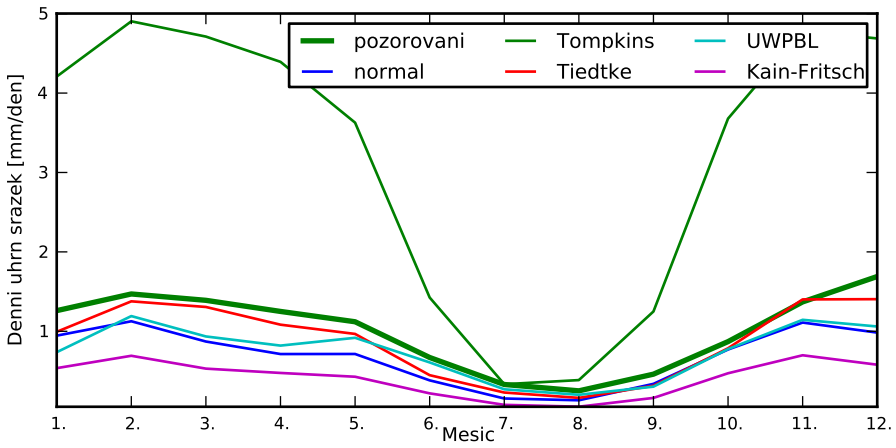
Obrázek A.4: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Střední Evropy



Obrázek A.5: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Středomoří



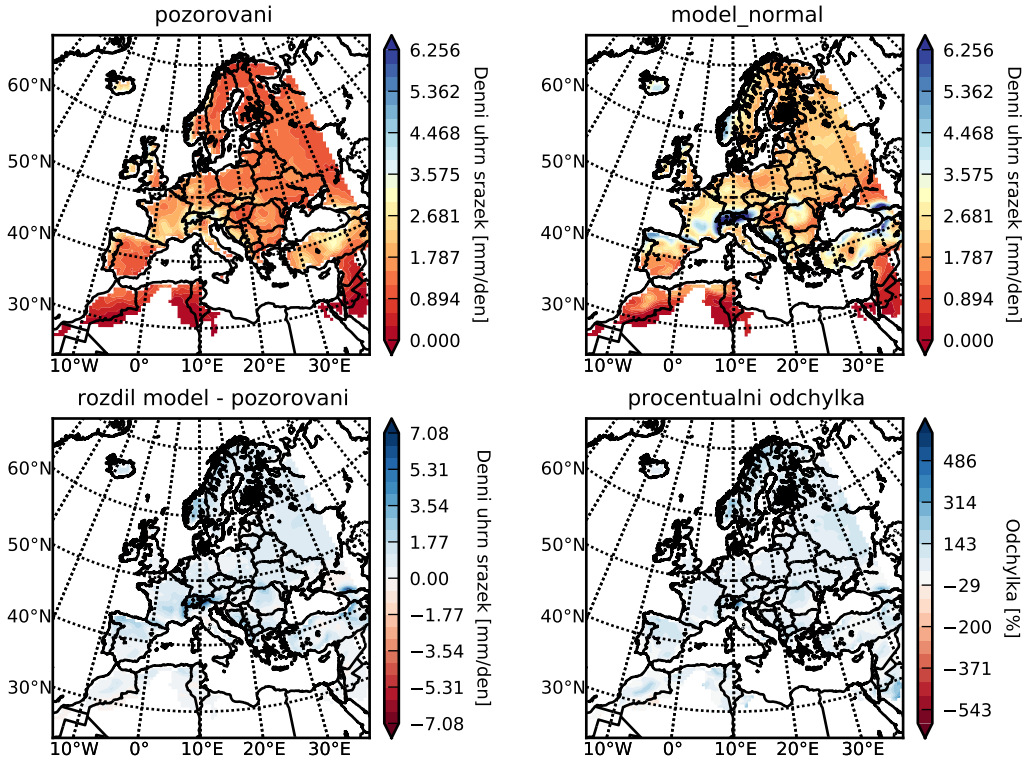
Obrázek A.6: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Severozápadní Afrika



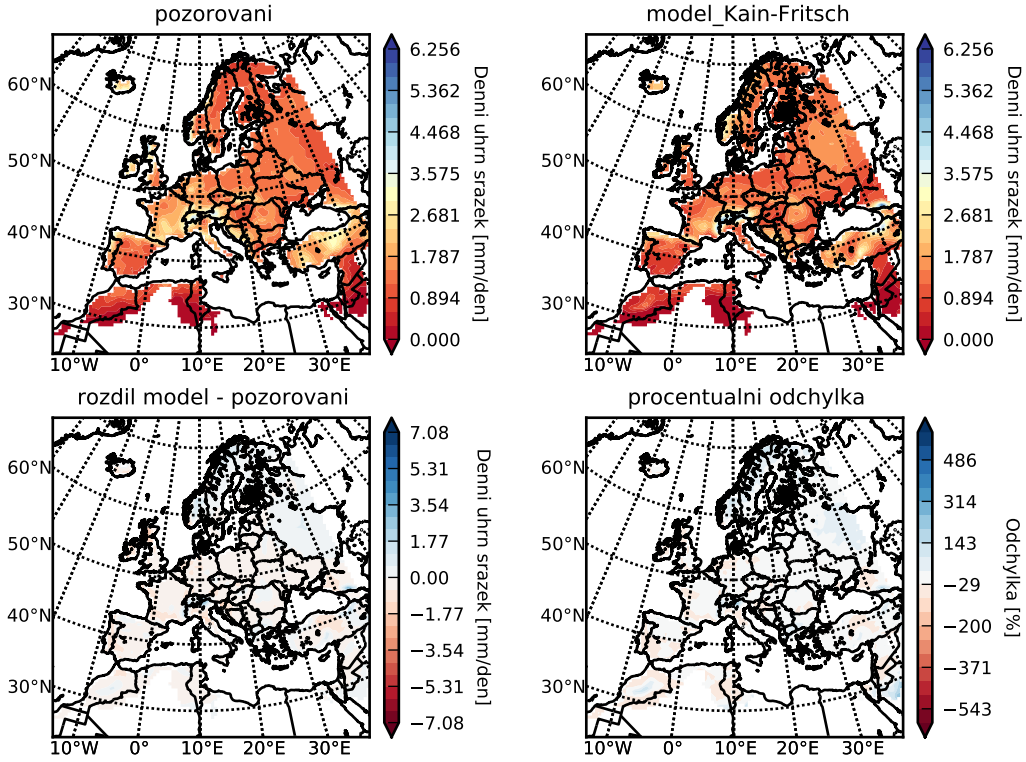
Obrázek A.7: Měsíční průběh denního úhrnu srážek v oblasti Středního východu

	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	0.5	0.6	0.9	-0.6	3.1
Francie	0.9	0.9	1.3	-0.5	3.3
Stredni Evropa	0.6	0.8	1.1	-0.5	3.6
Alpy	1.8	2.2	2.5	-0.2	5.7
Stredomori	-0.1	0.4	0.6	-0.8	4.9
Vychodni Evropa	0.7	0.8	1.2	-0.3	3.6
Severozapadni Afrika	-0.2	-0.1	-0	-0.4	1.7
Stredni vychod	-0.5	-0.4	-0.1	-0.8	3

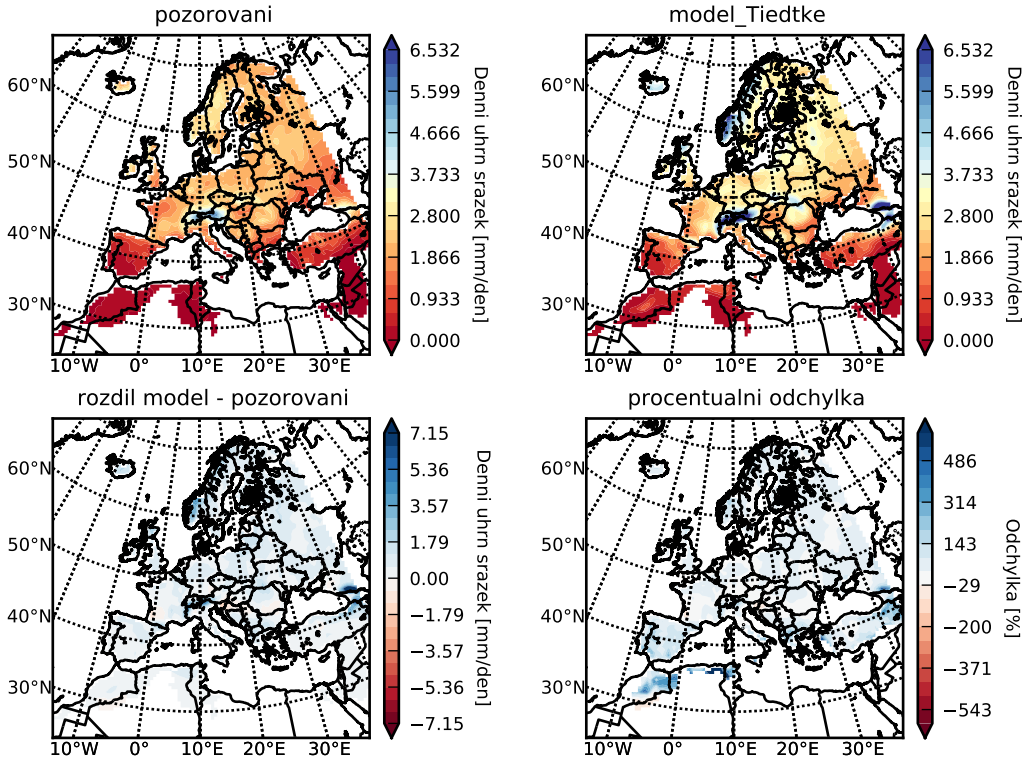
Tabulka A.1: Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999



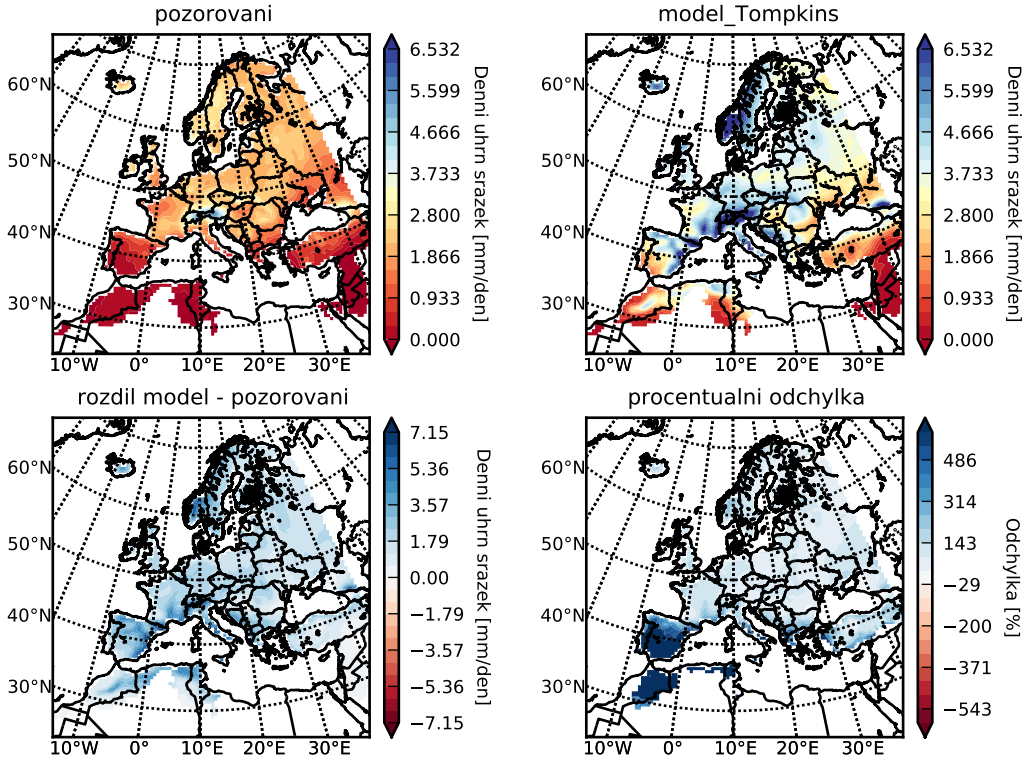
Obrázek A.8: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



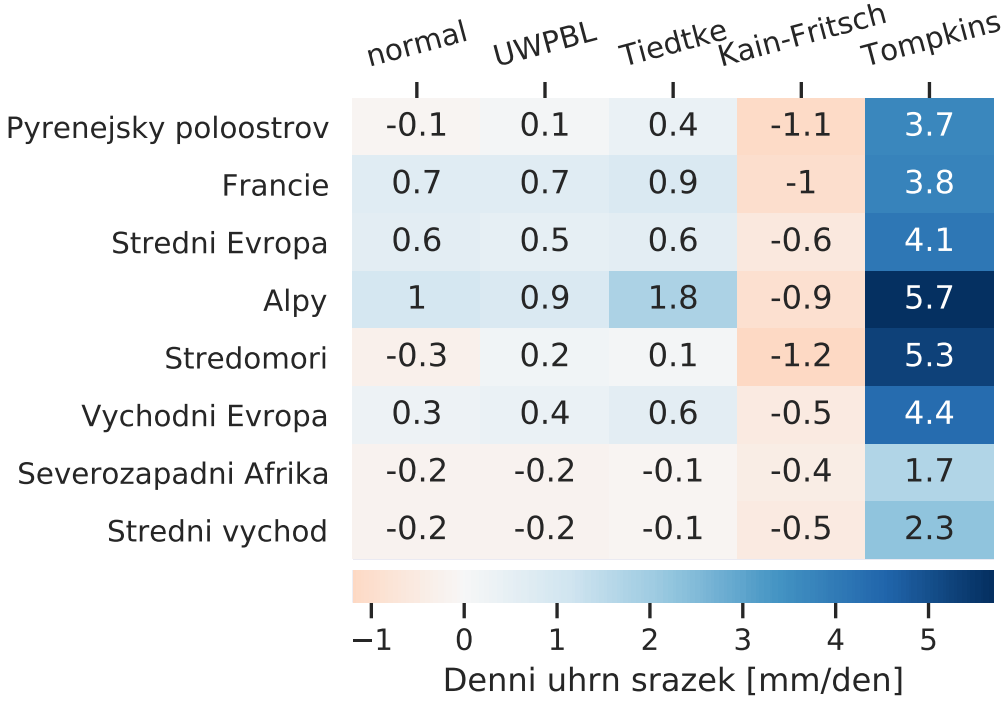
Obrázek A.9: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



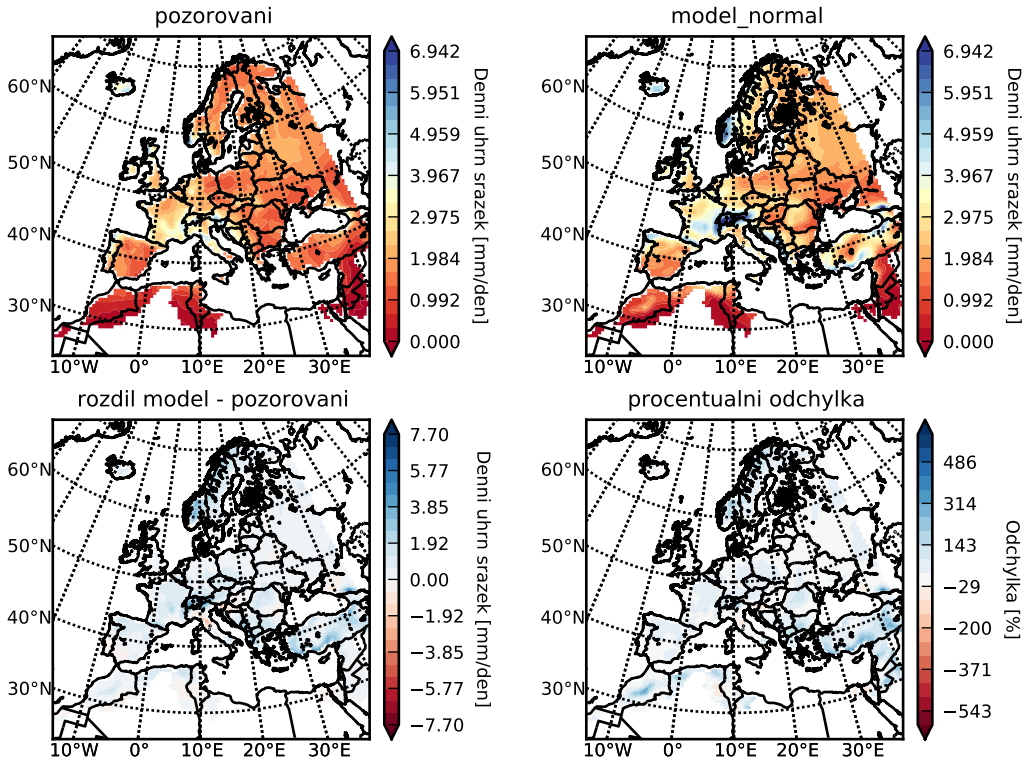
Obrázek A.10: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



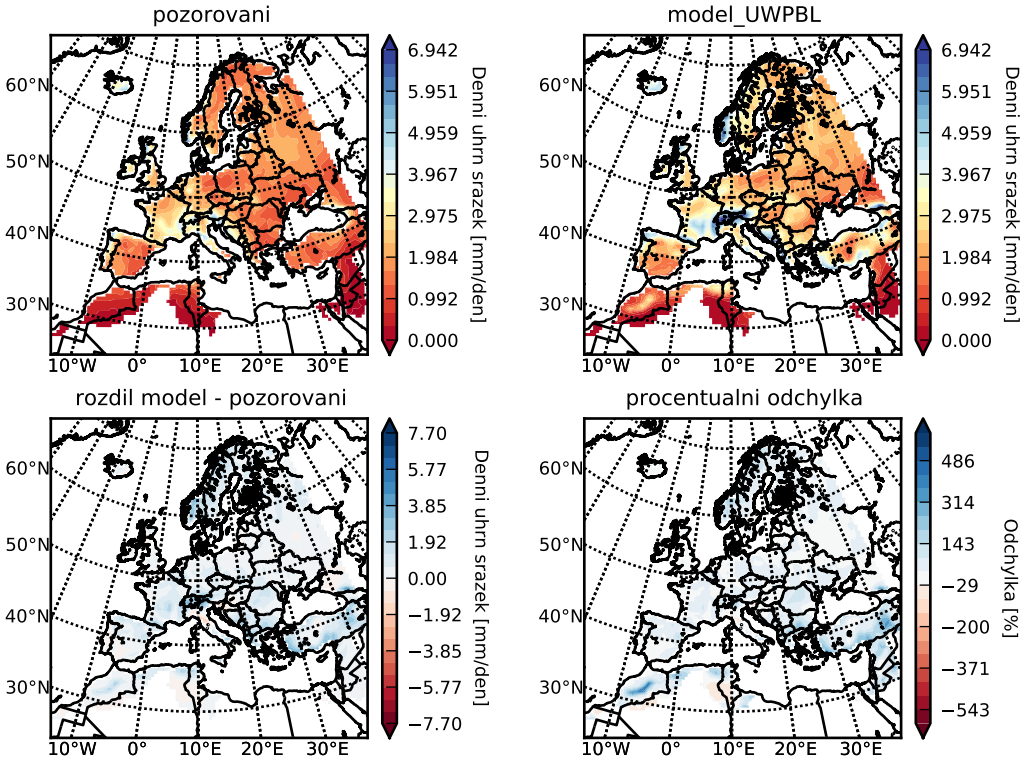
Obrázek A.11: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



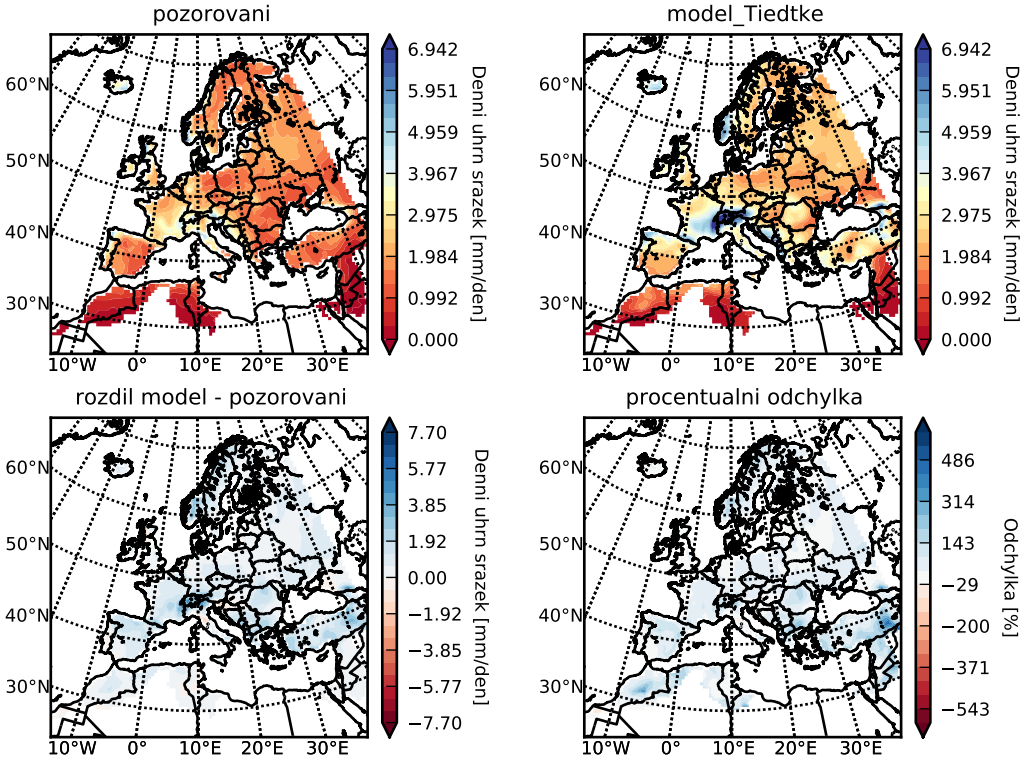
Tabulka A.2: Odchylka plošného průměru denního úhrnu srážek simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999



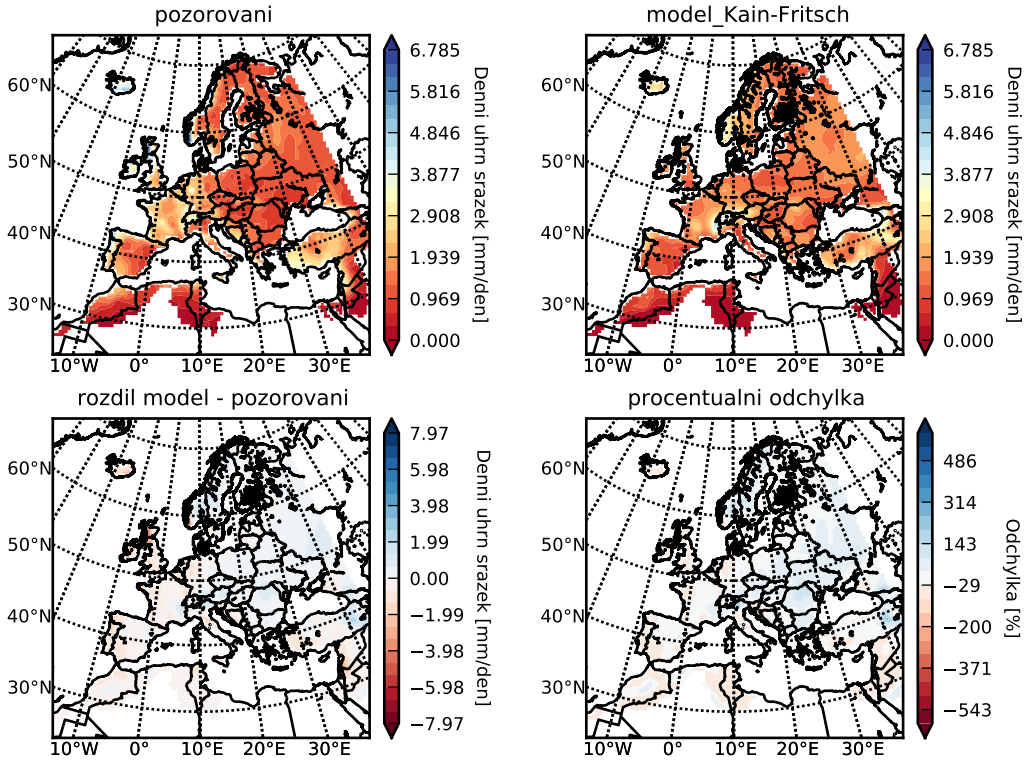
Obrázek A.12: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



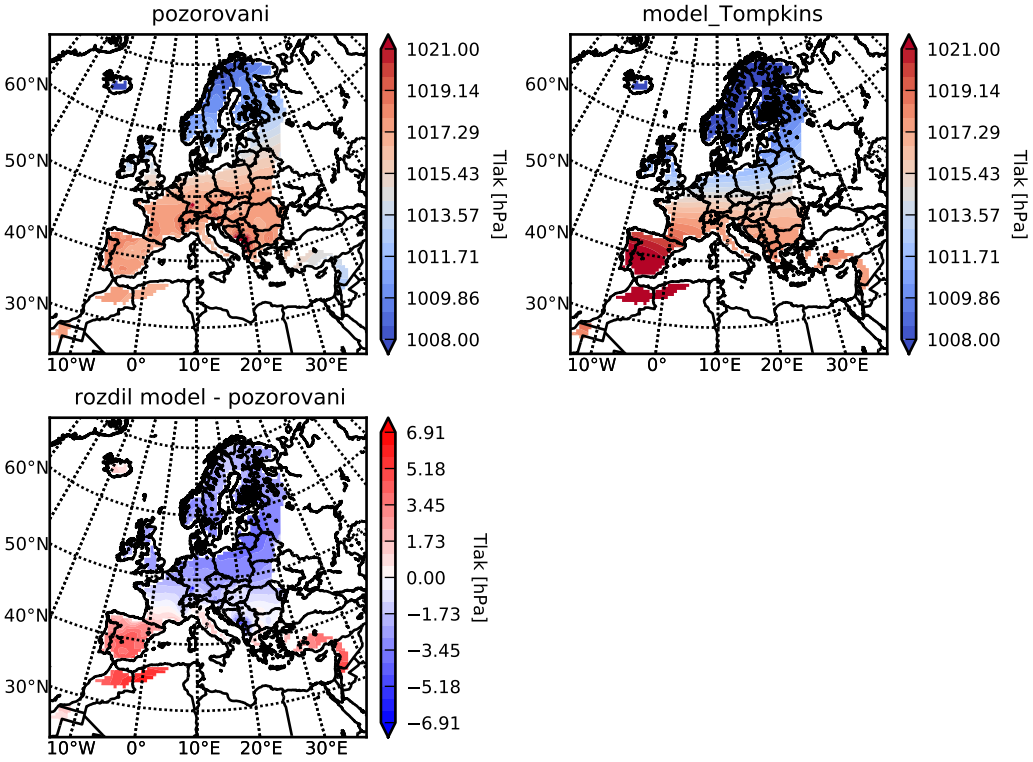
Obrázek A.13: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



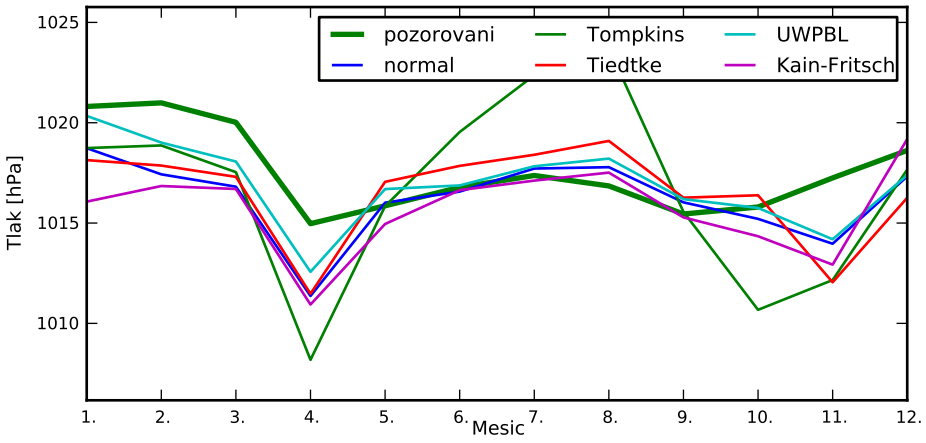
Obrázek A.14: Porovnání průměrného denního úhrnu srážek za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



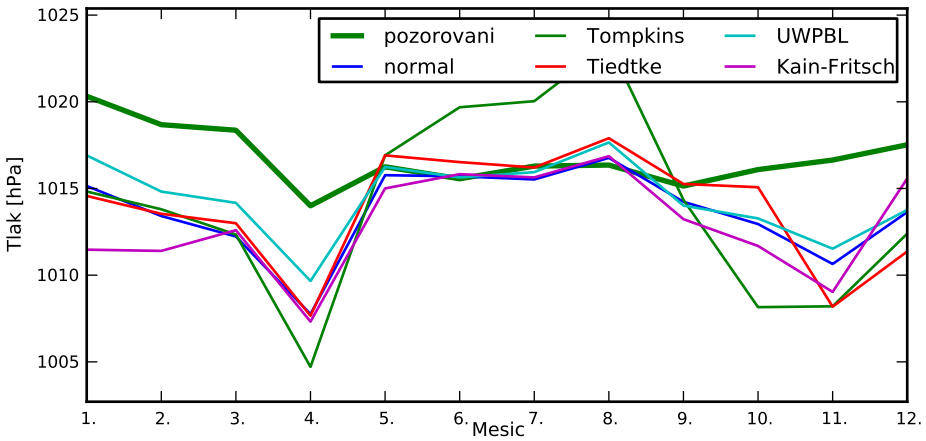
Obrázek A.15: Porovnání průměrného úhrnu denních srážek za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



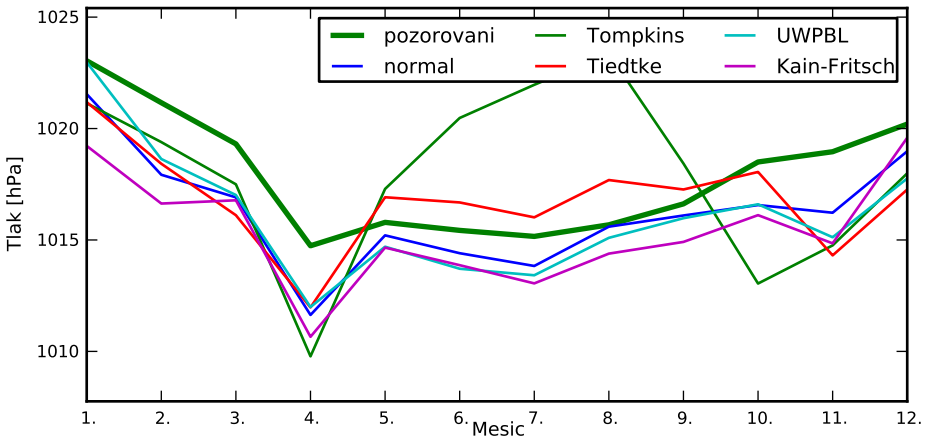
Obrázek A.16: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



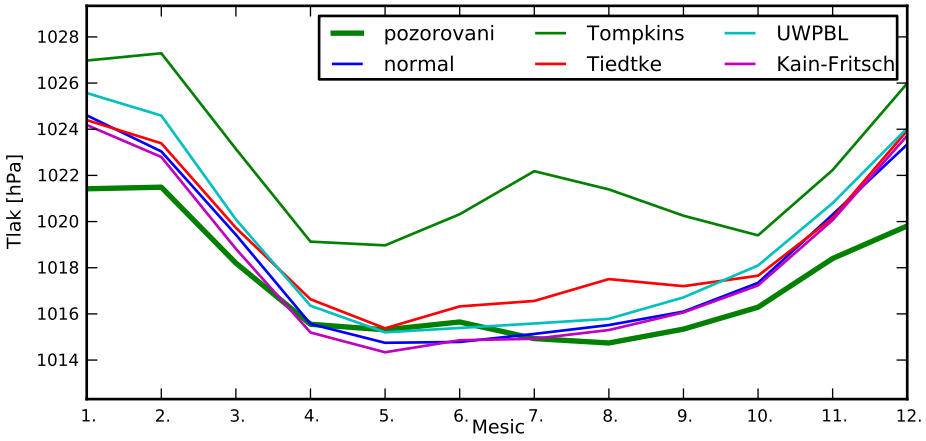
Obrázek A.17: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Francie



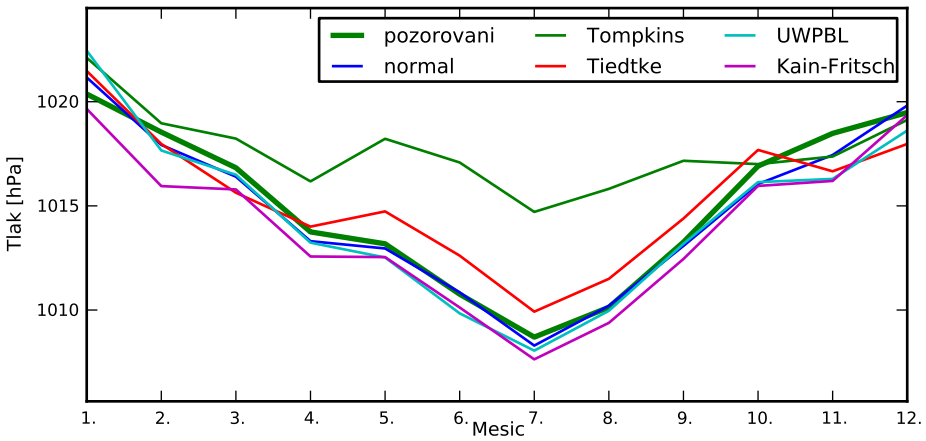
Obrázek A.18: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Střední Evropy



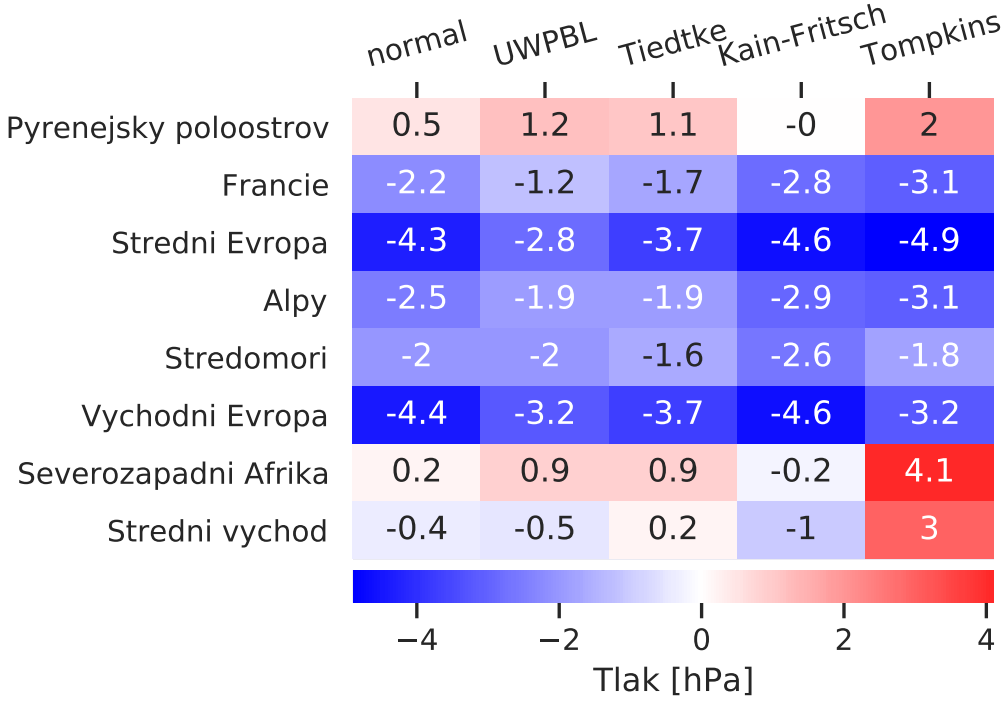
Obrázek A.19: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Středomoří



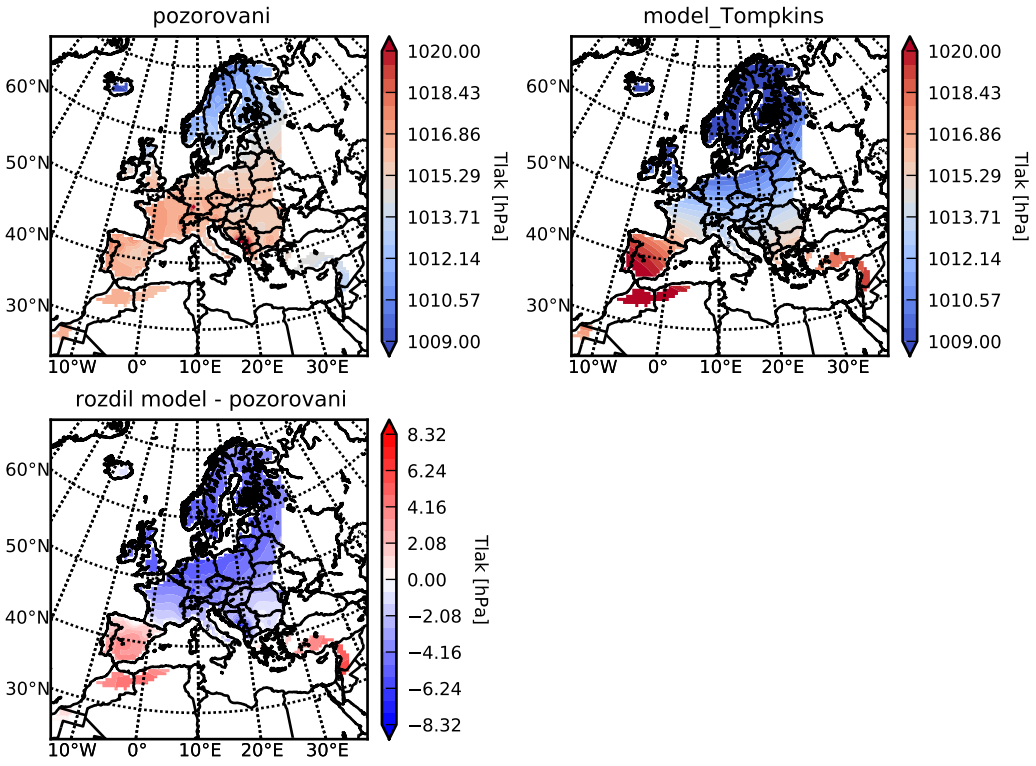
Obrázek A.20: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Severozápadní Afrika



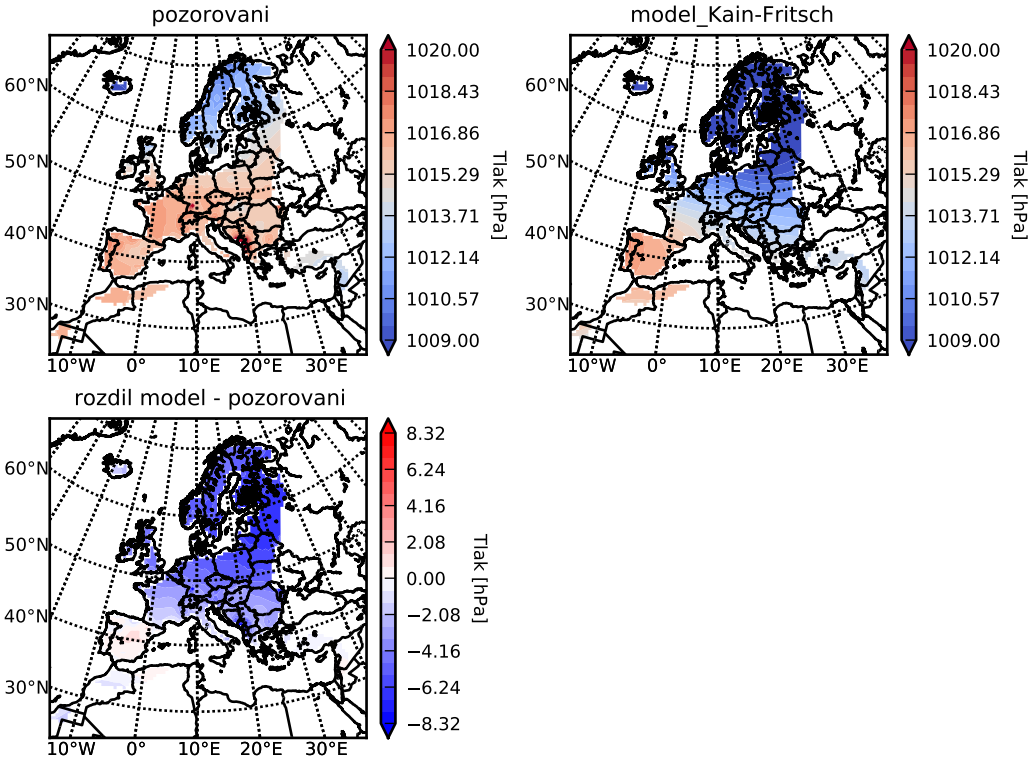
Obrázek A.21: Měsíční průběh tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu v oblasti Středního východu



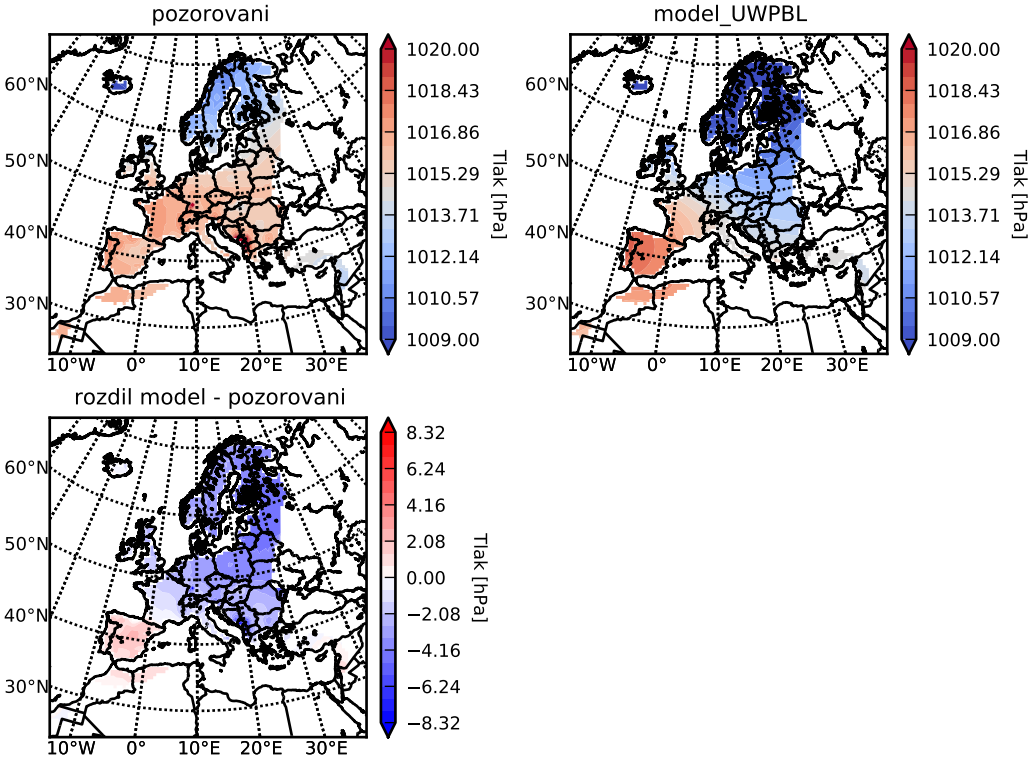
Tabulka A.3: Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999



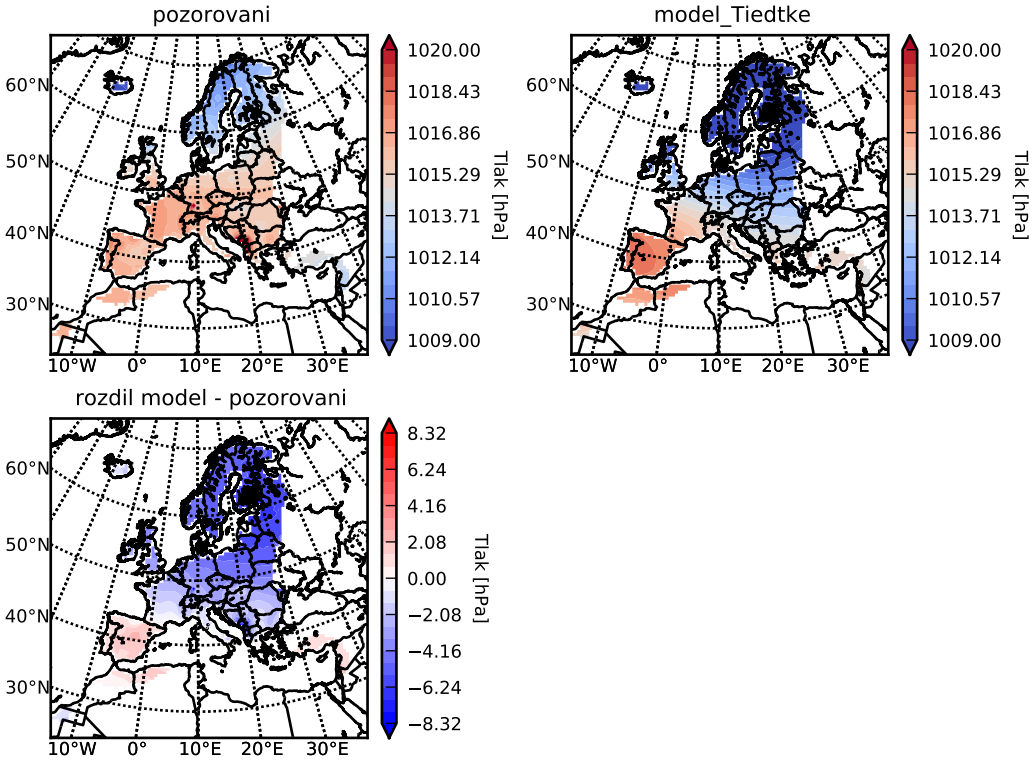
Obrázek A.22: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



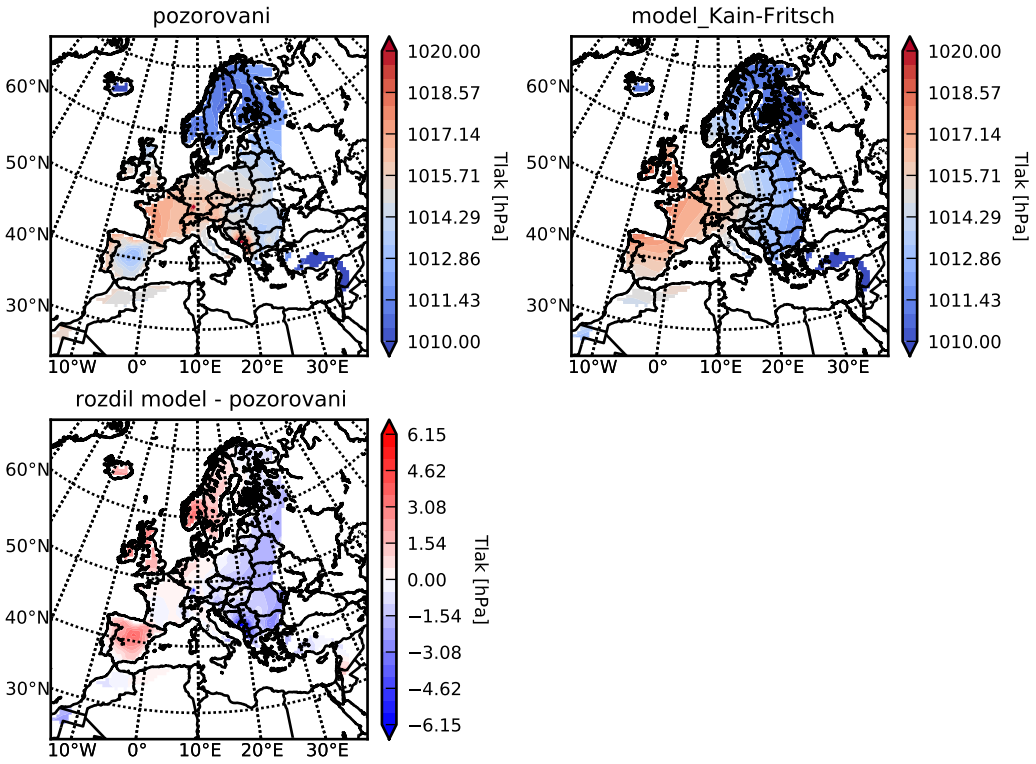
Obrázek A.23: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



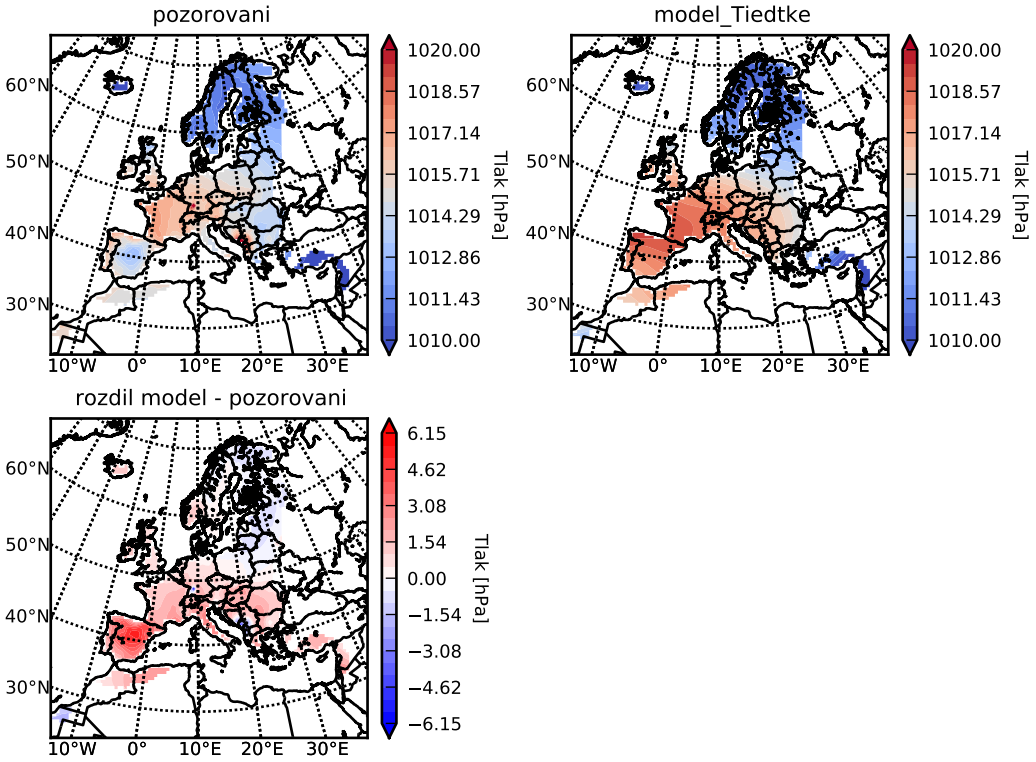
Obrázek A.24: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



Obrázek A.25: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Obrázek A.26: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



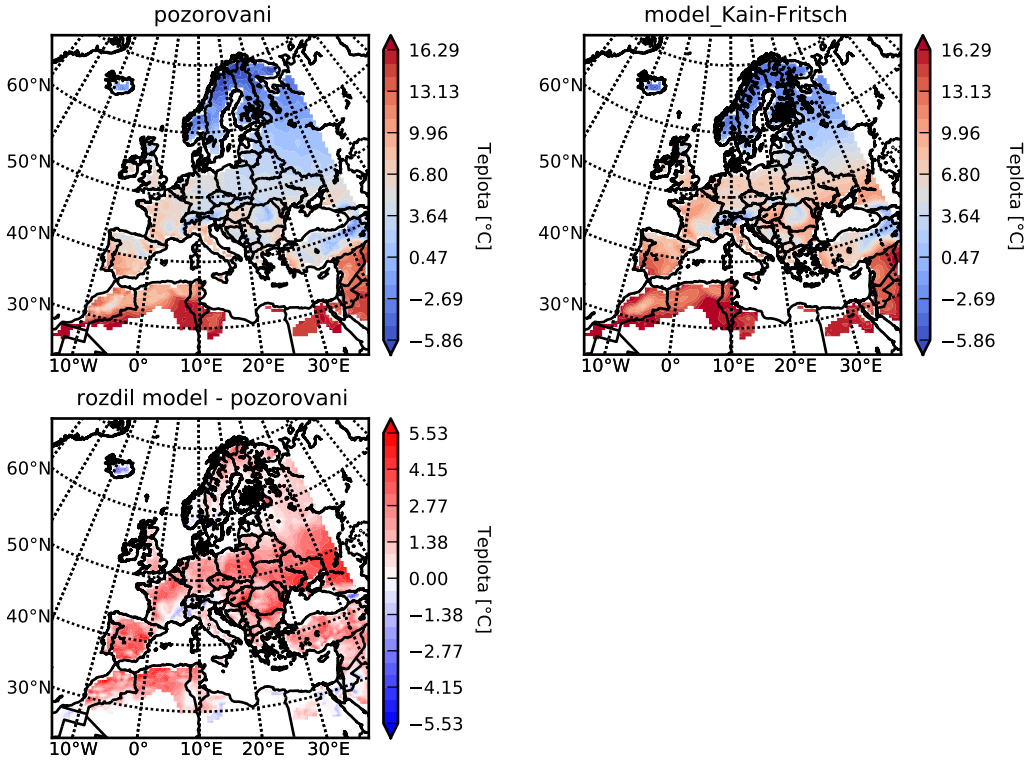
Obrázek A.27: Porovnání průměrného tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty

	normal	UWPBL	Tiedtke	Kain-Fritsch	Tompkins
Pyrenejsky poloostrov	1	1.3	1	0.6	1.1
Francie	-1.1	-0.8	-1.3	-2	-3.4
Stredni Evropa	-3.3	-3	-3.1	-4.6	-5.7
Alpy	-1.8	-1.8	-1.8	-2.9	-3.8
Stredomori	-1.7	-2.1	-1.5	-2.7	-2.6
Vychodni Evropa	-3.6	-3.8	-3.1	-5.1	-5.1
Severozapadni Afrika	1.2	1.9	1.7	1.1	4
Stredni vychod	-0.7	-1	0	-1.3	1

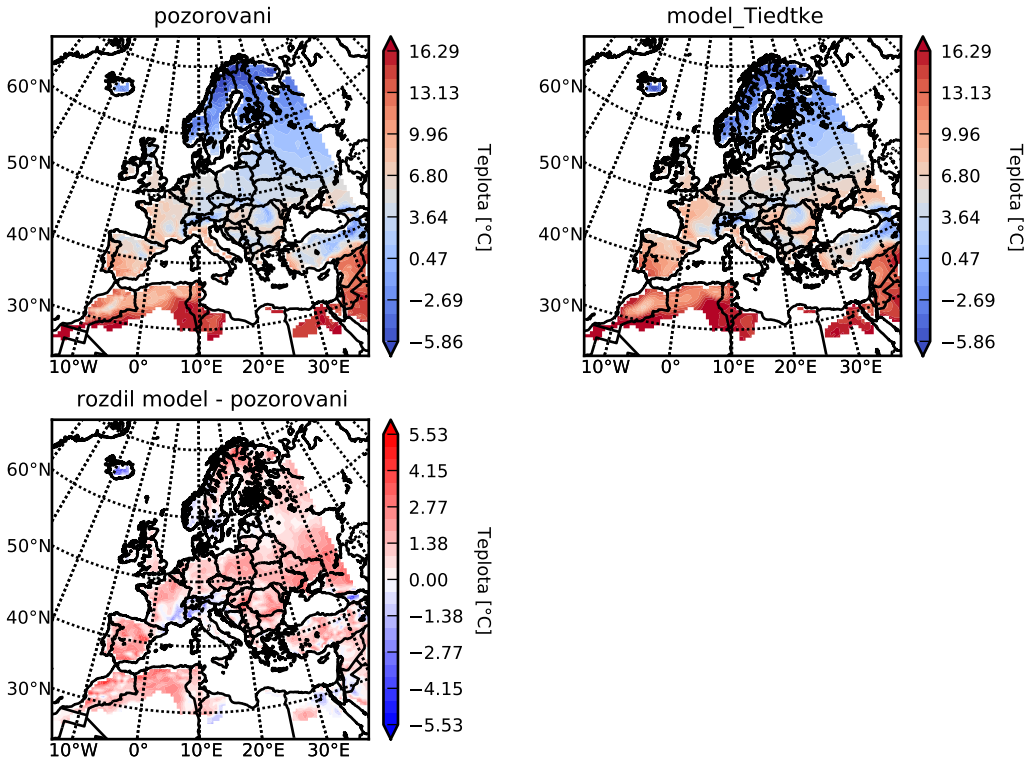
−4 −2 0 2 4

Tlak [hPa]

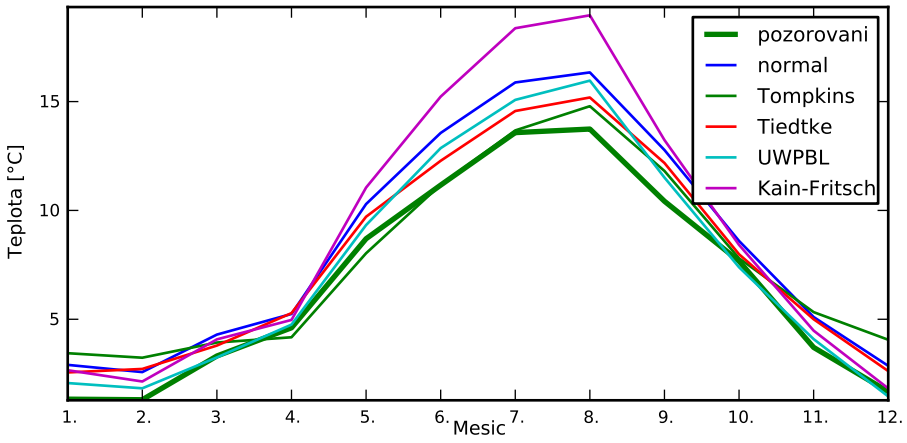
Tabulka A.4: Odchylka plošného průměru tlaku vzduchu ve výšce hladiny oceánu simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999



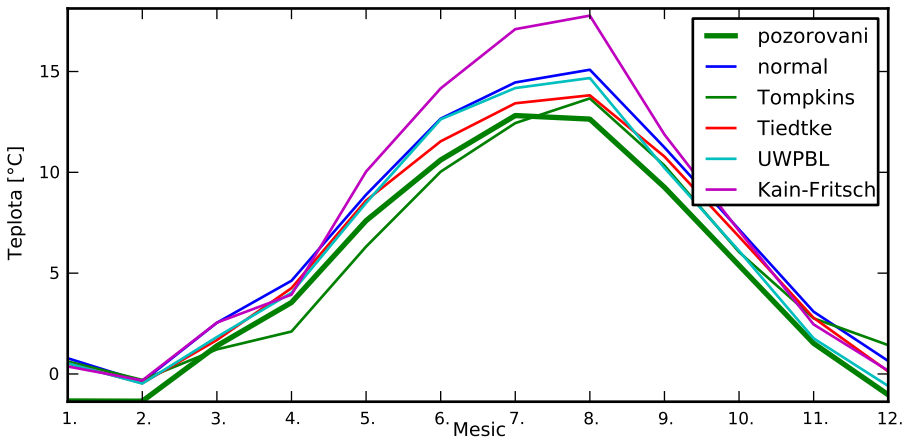
Obrázek A.28: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



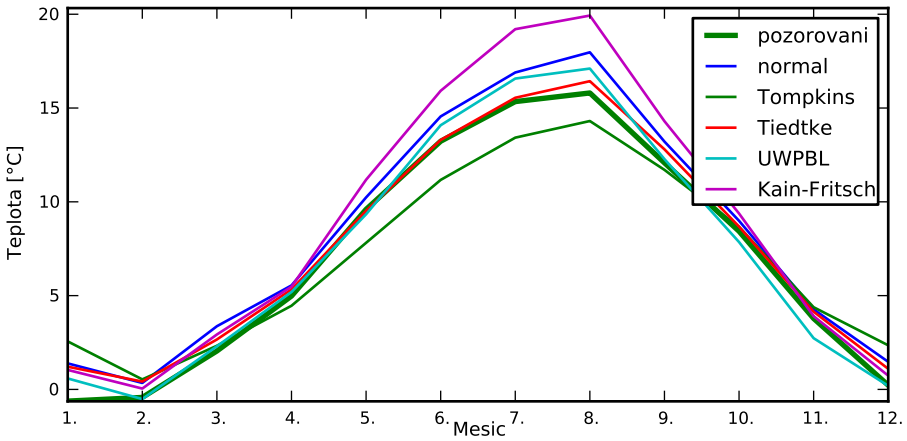
Obrázek A.29: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



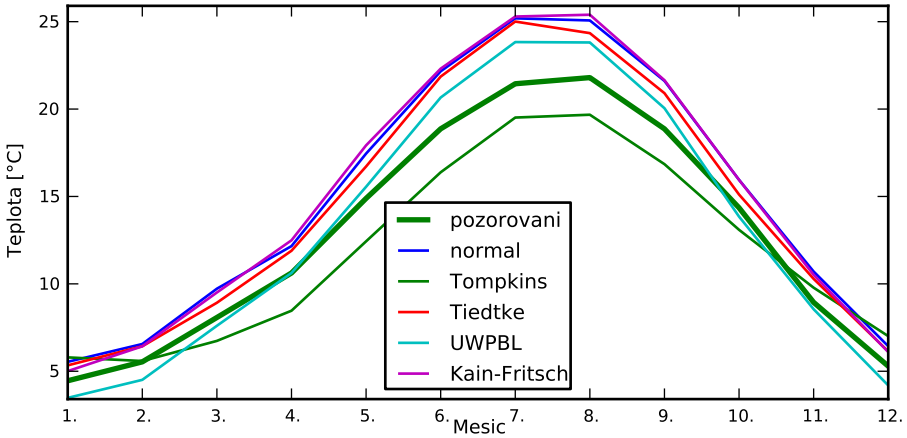
Obrázek A.30: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie



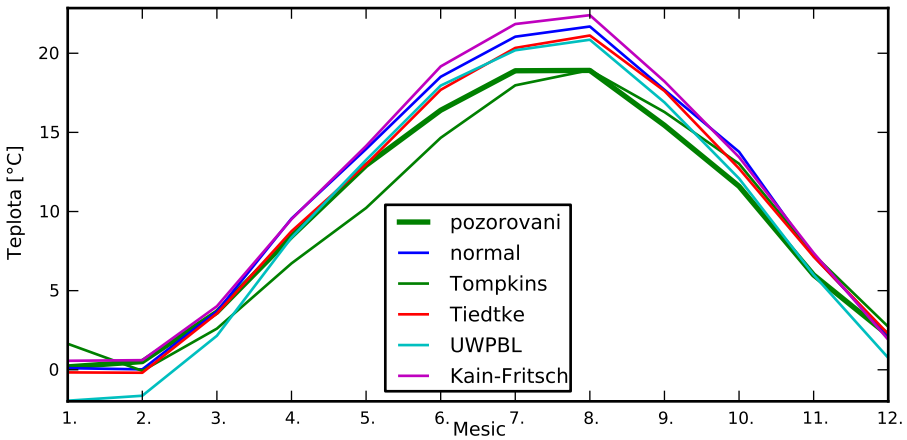
Obrázek A.31: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropy



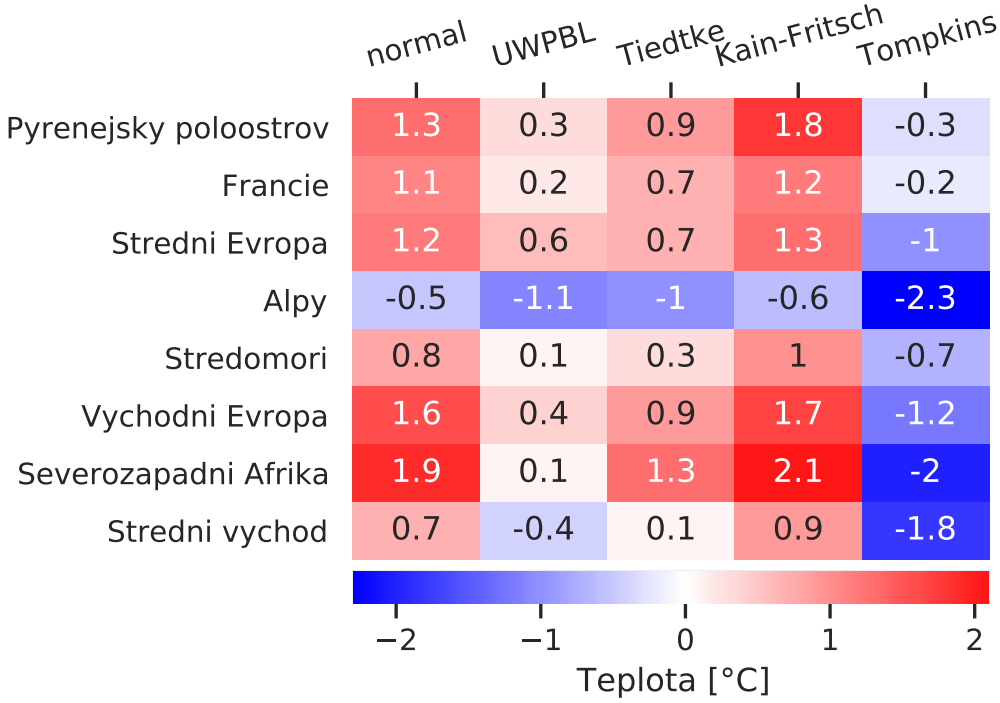
Obrázek A.32: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří



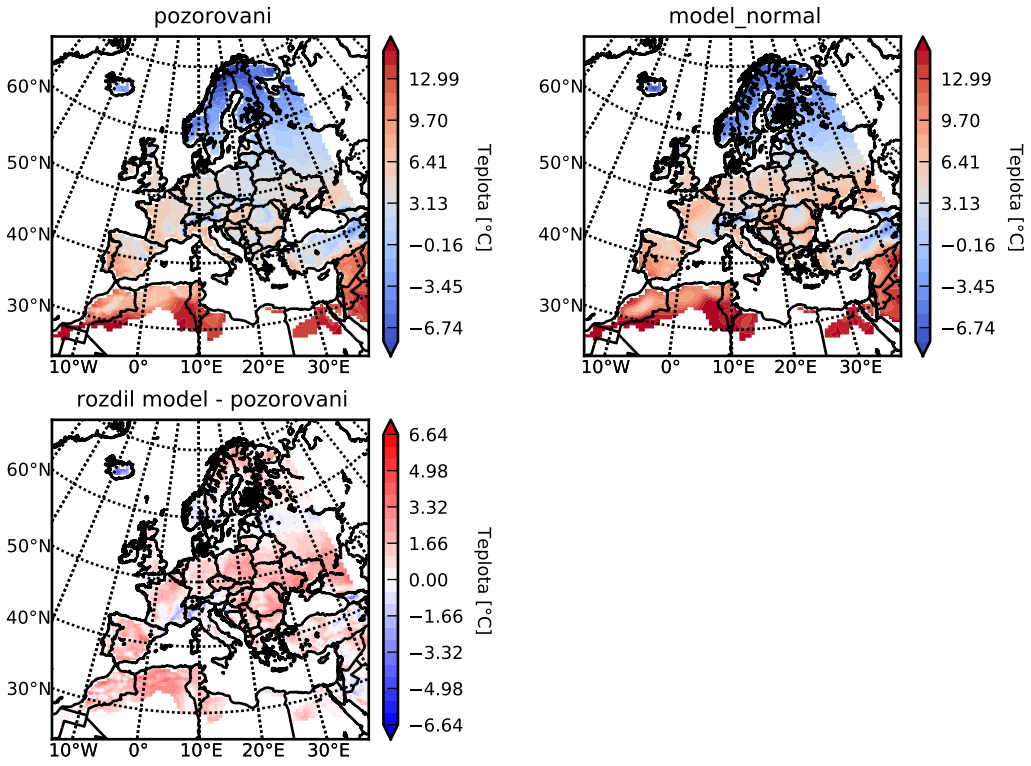
Obrázek A.33: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky



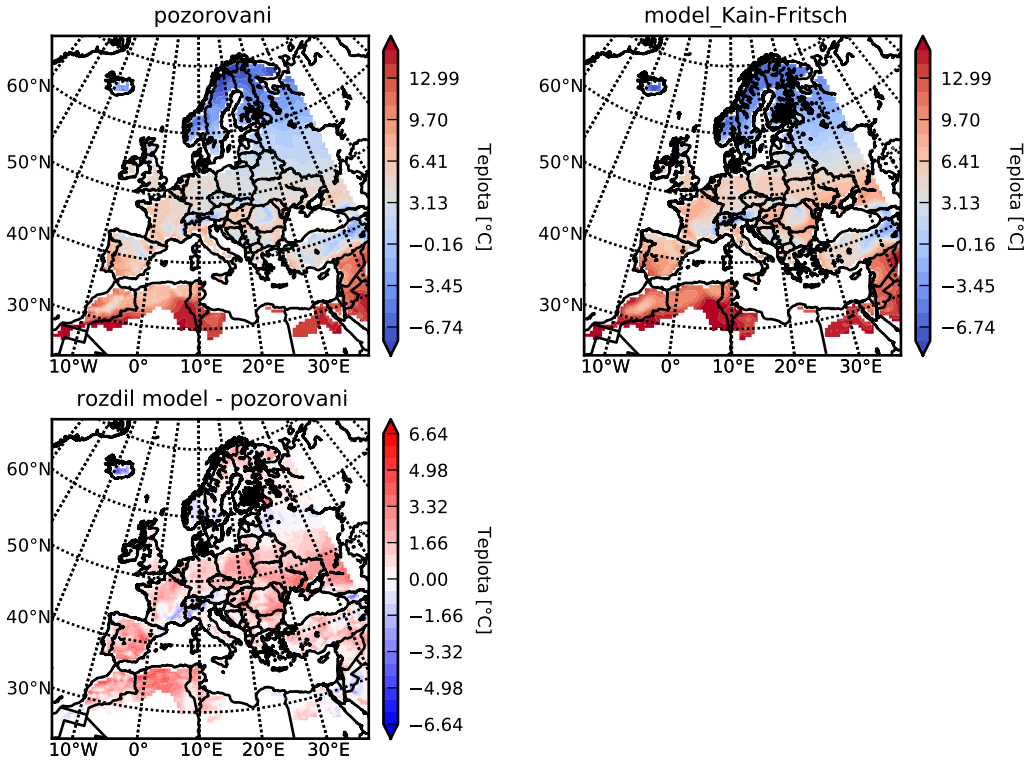
Obrázek A.34: Měsíční průběh minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu



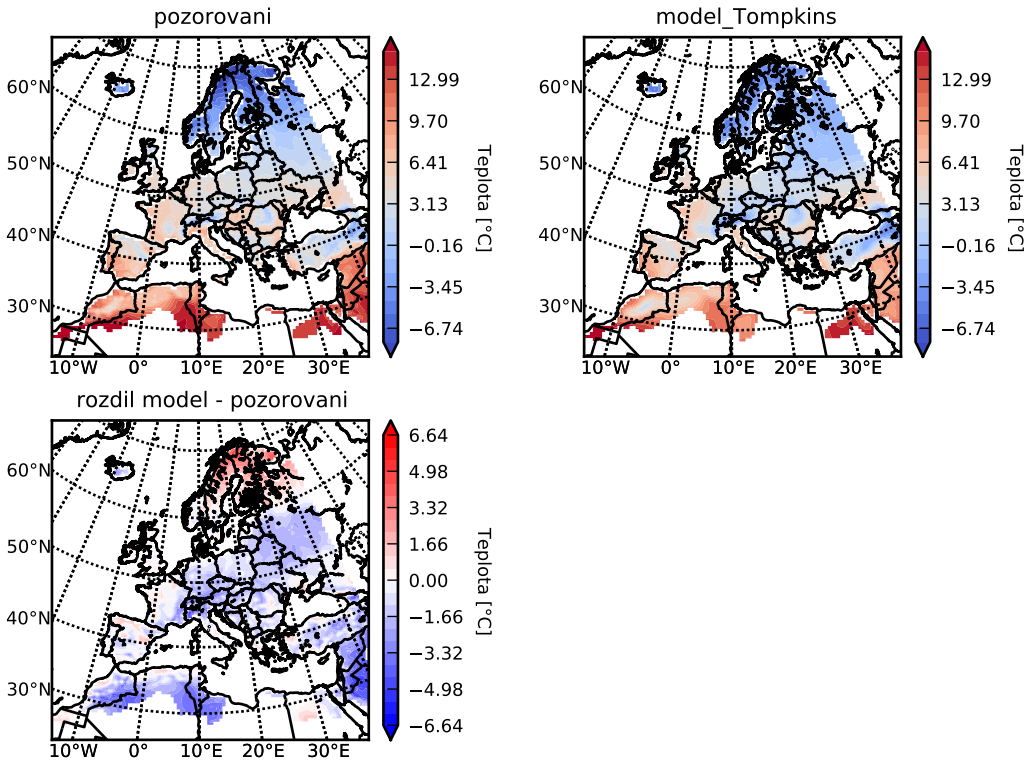
Tabulka A.5: Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999



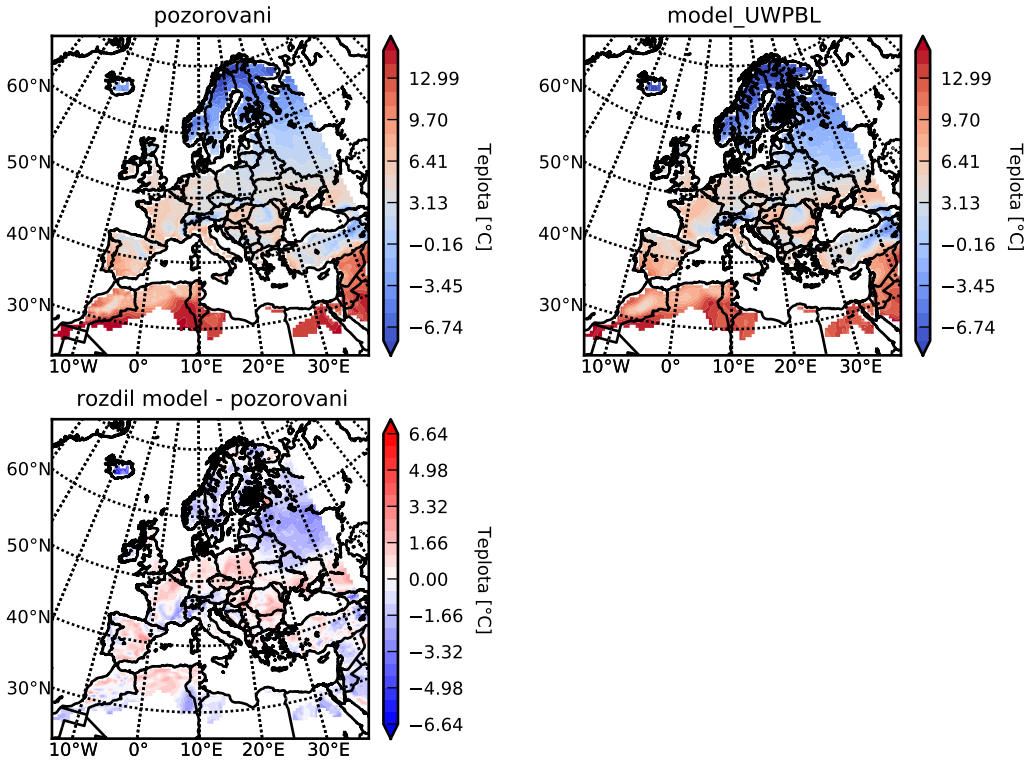
Obrázek A.35: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



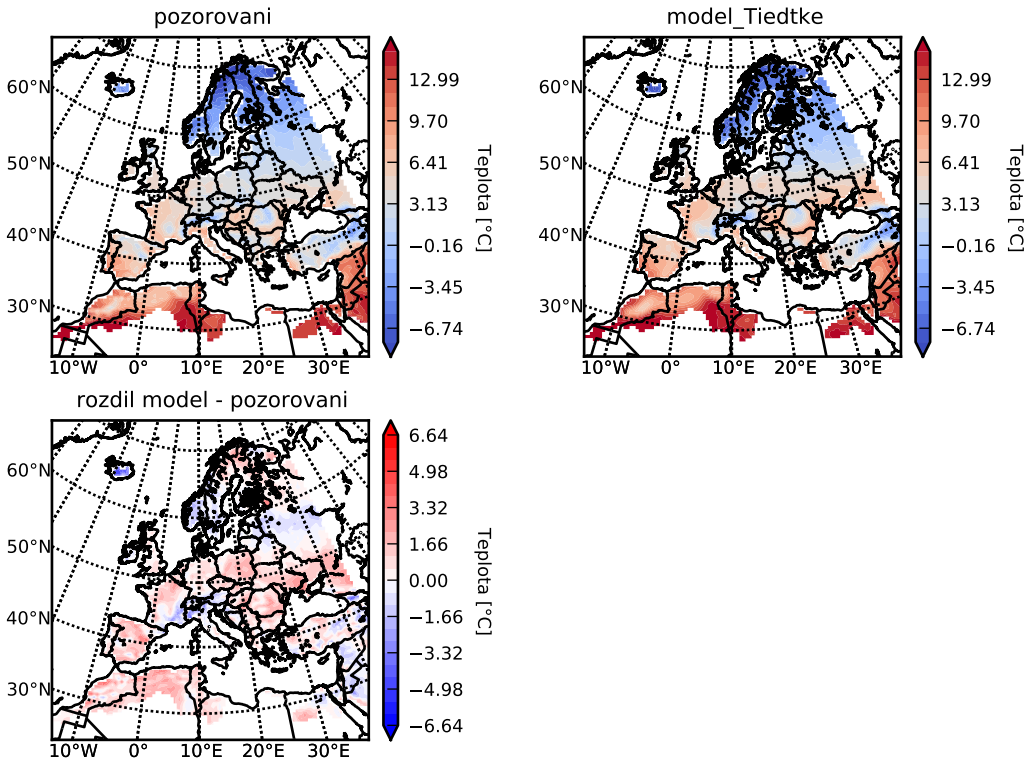
Obrázek A.36: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



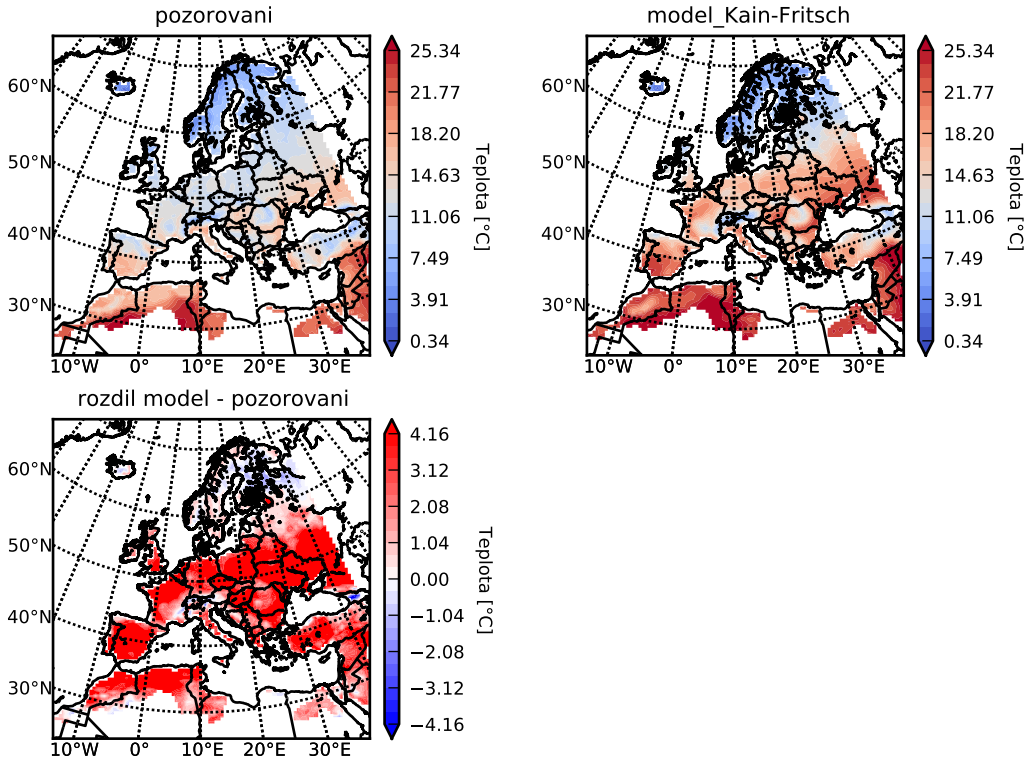
Obrázek A.37: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



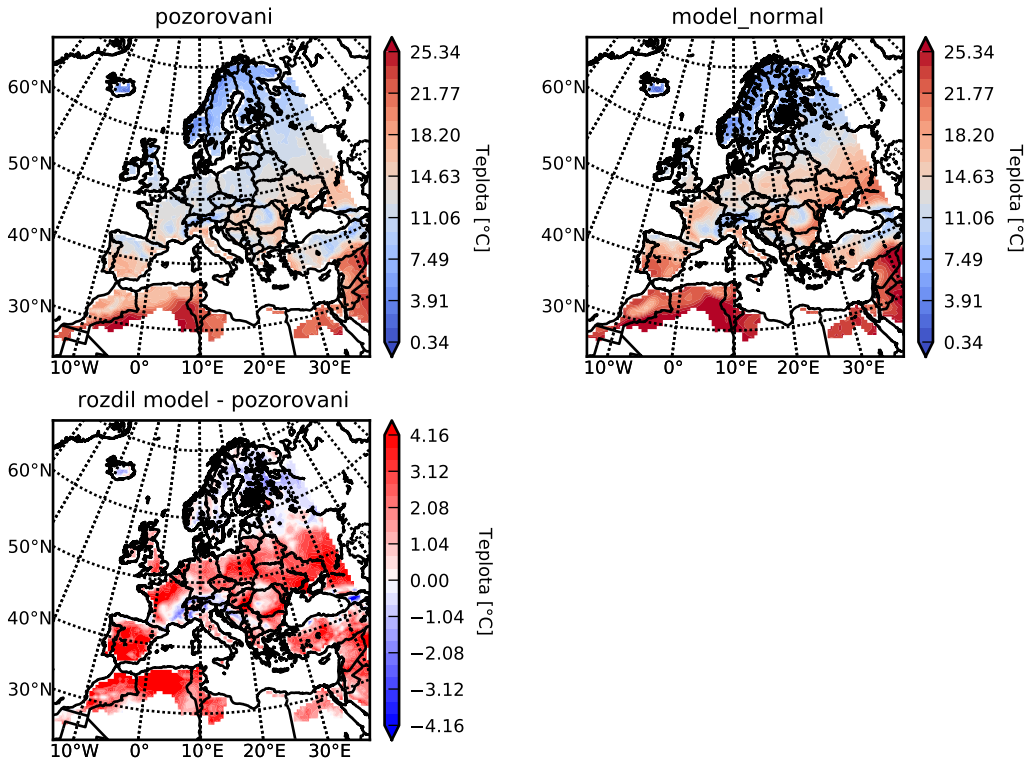
Obrázek A.38: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



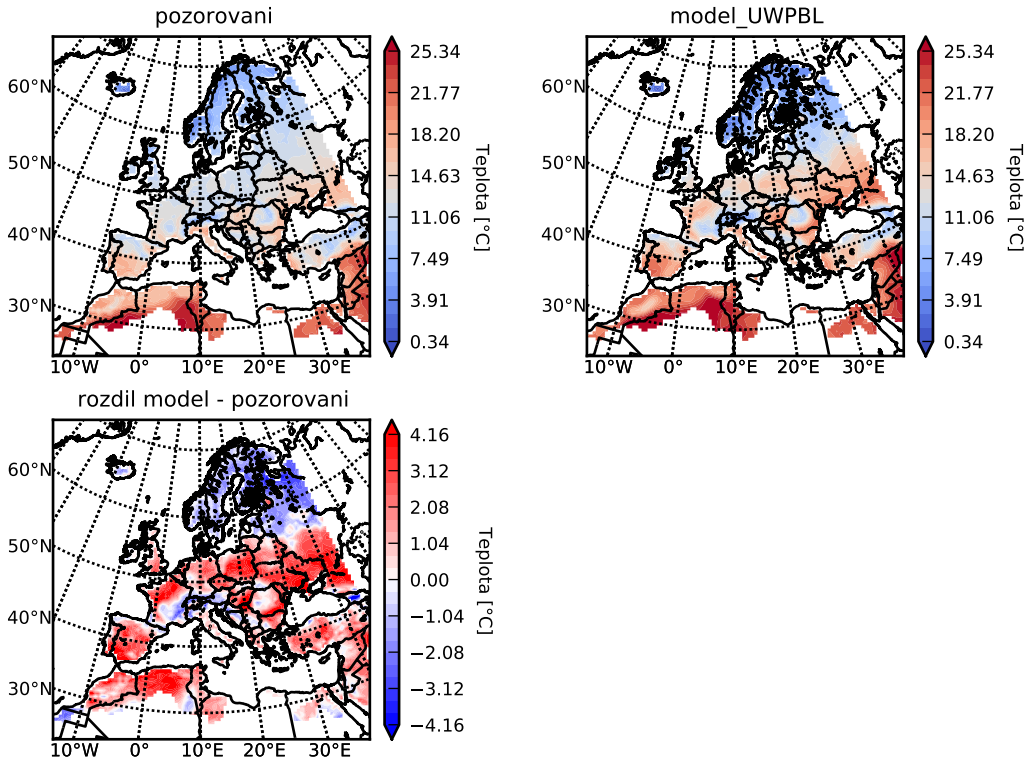
Obrázek A.39: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



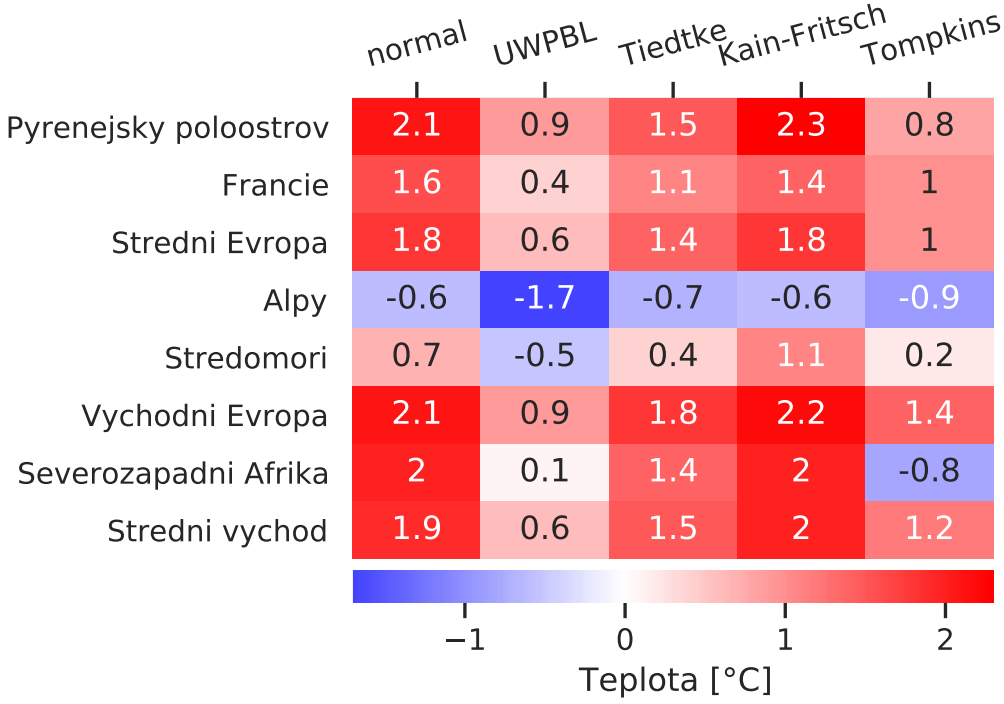
Obrázek A.40: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



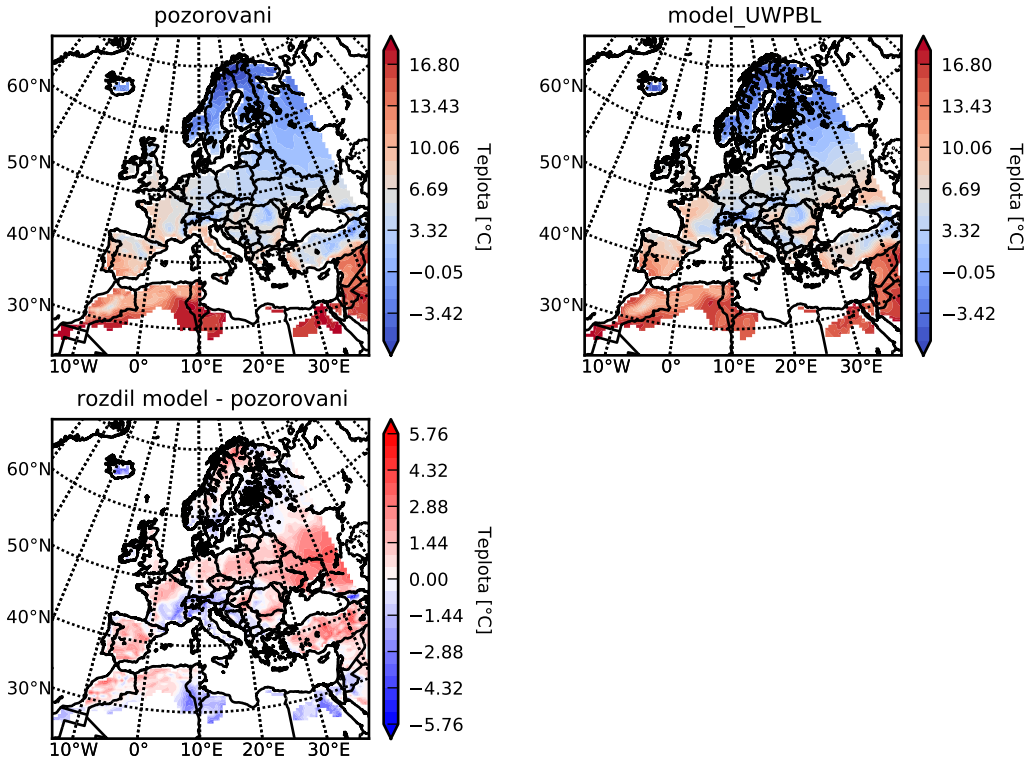
Obrázek A.41: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



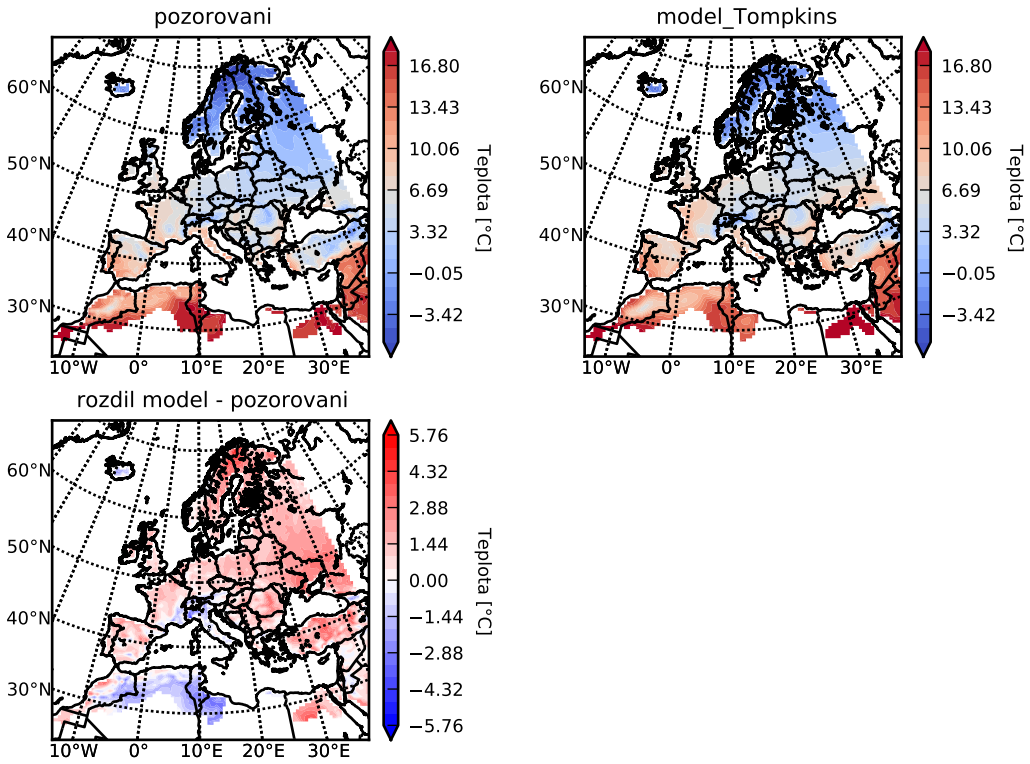
Obrázek A.42: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



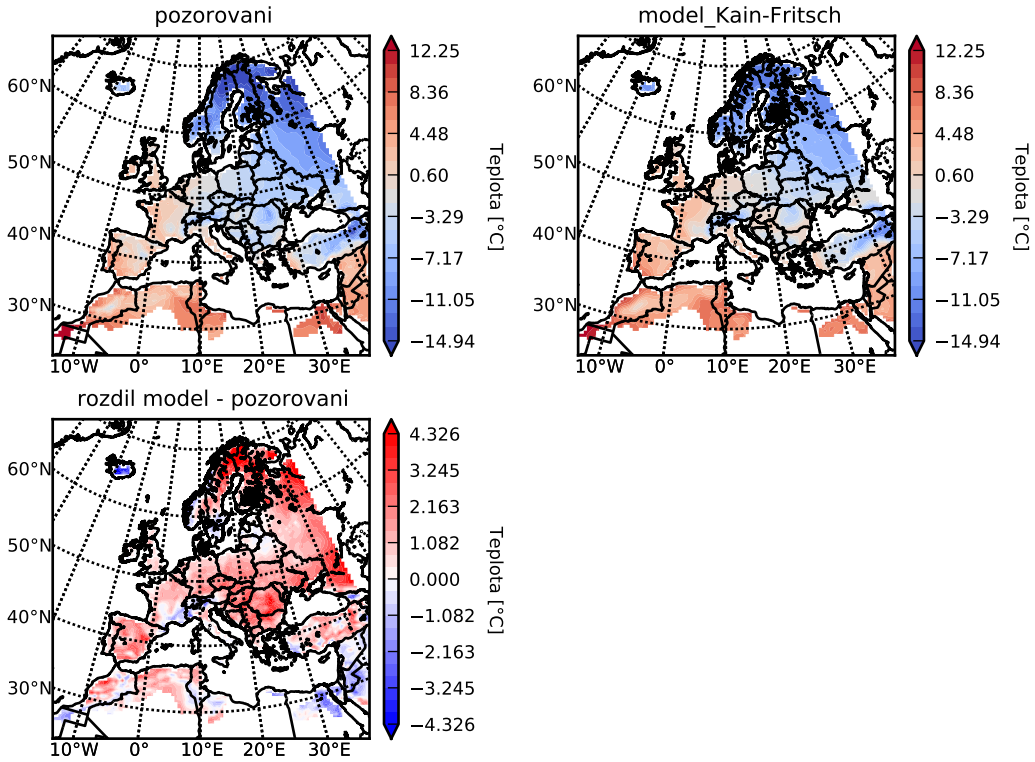
Tabulka A.6: Odchylka plošného průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999



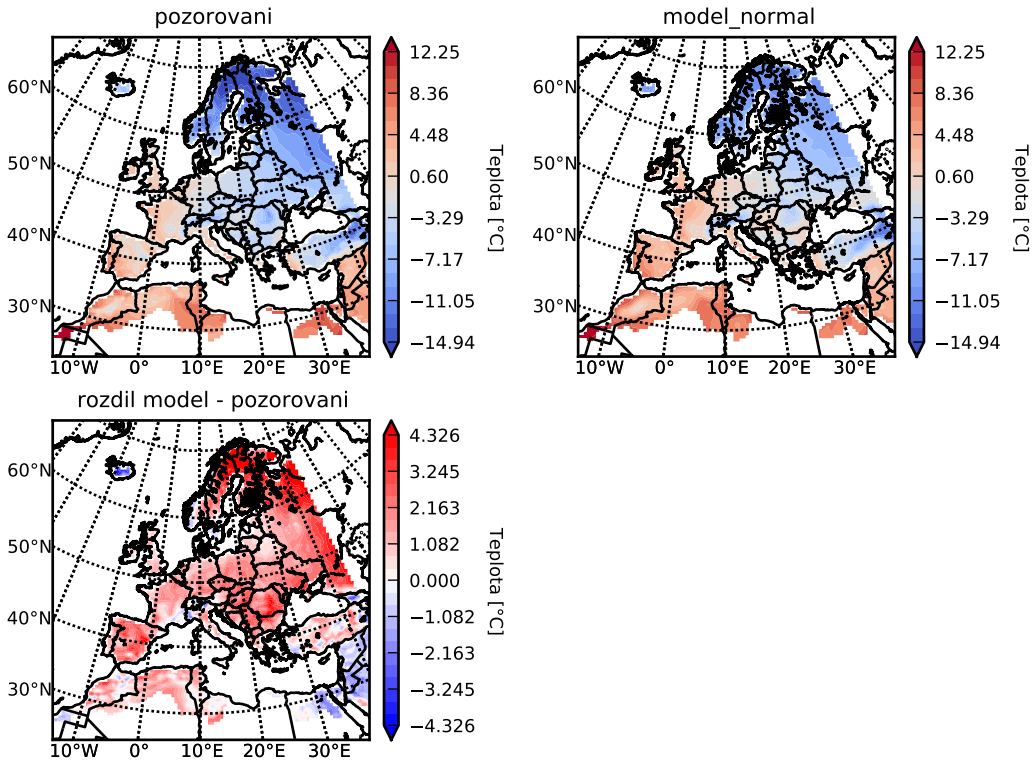
Obrázek A.43: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



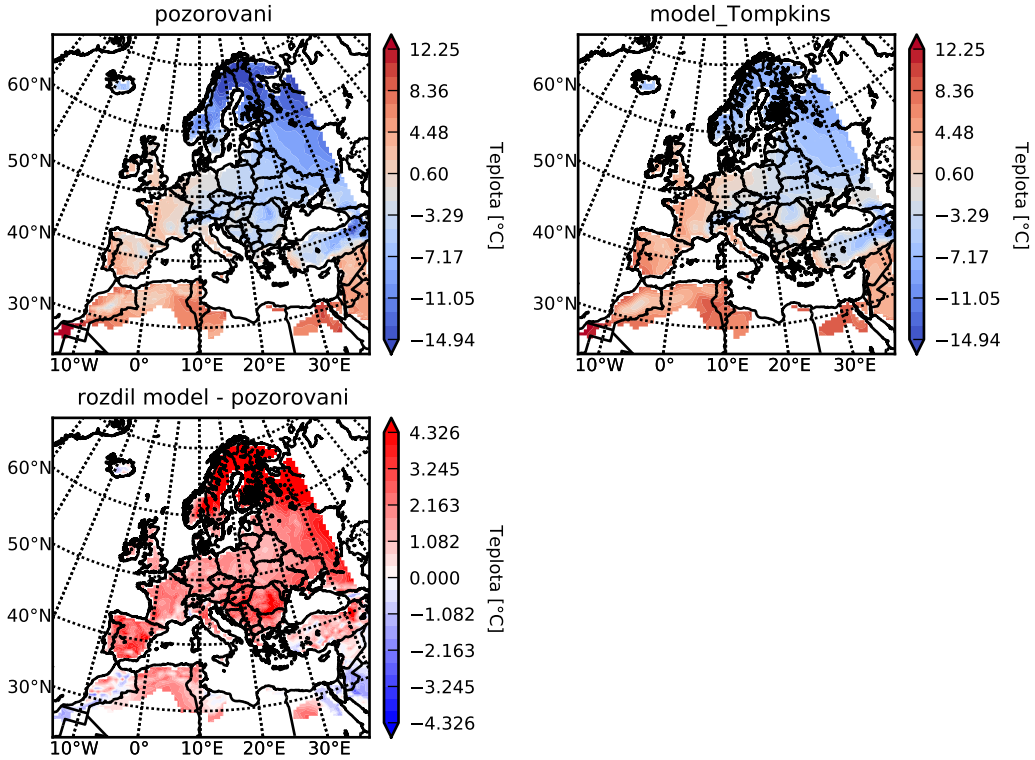
Obrázek A.44: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



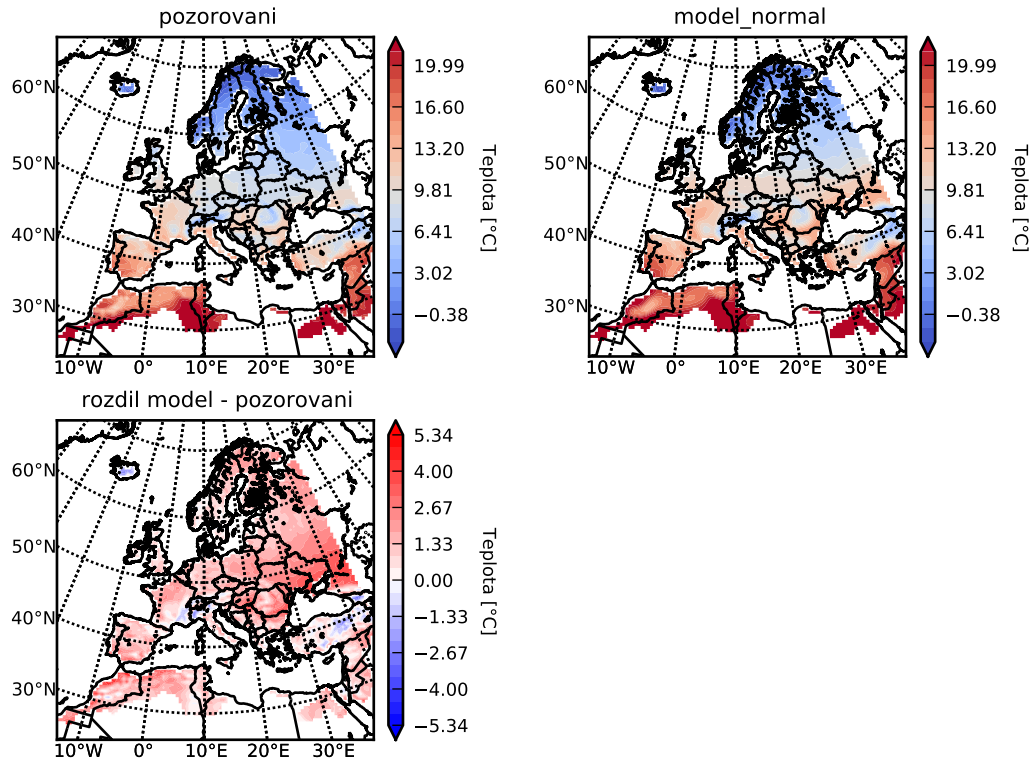
Obrázek A.45: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



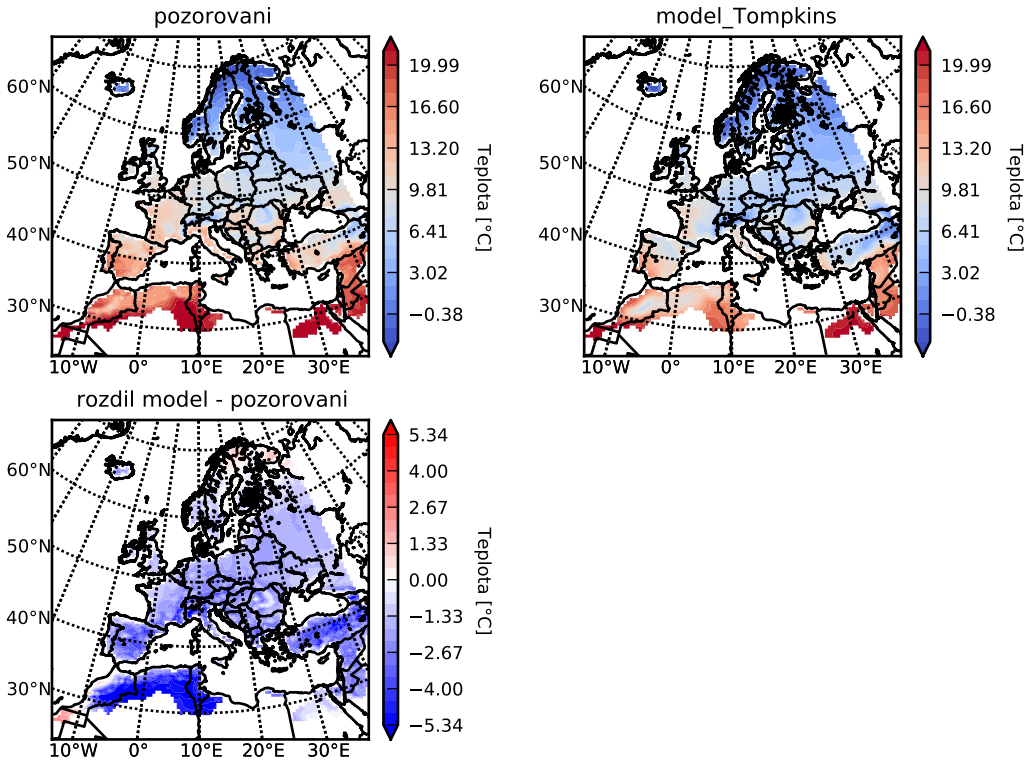
Obrázek A.46: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



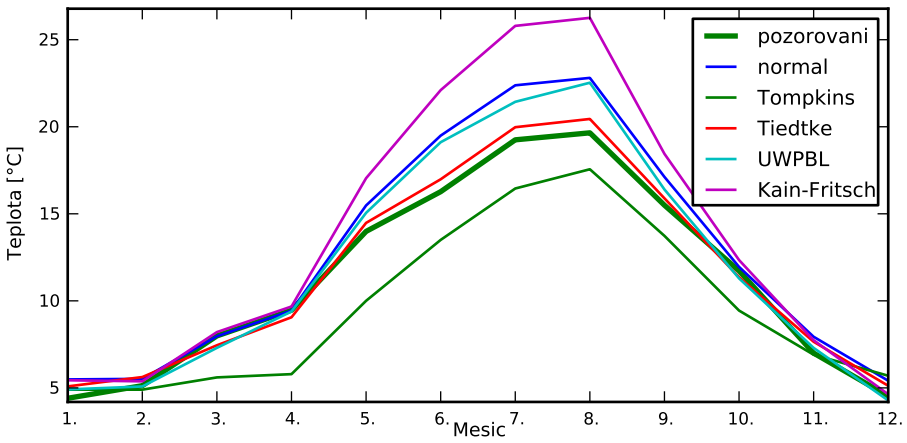
Obrázek A.47: Porovnání průměru minimální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



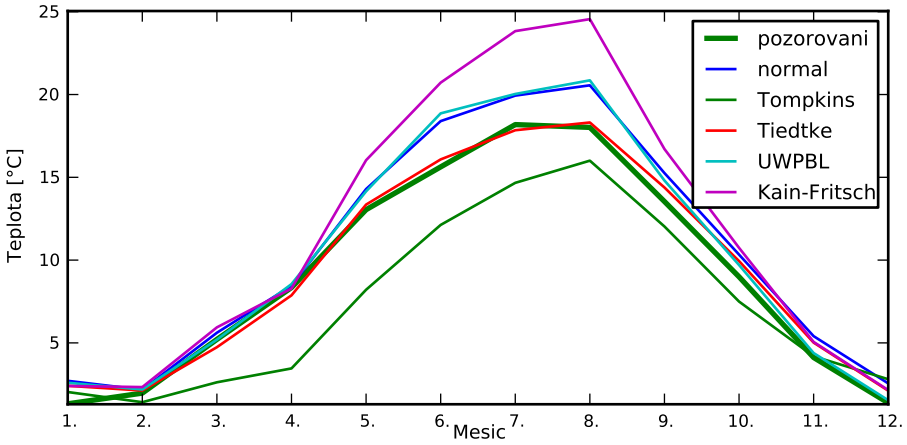
Obrázek A.48: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



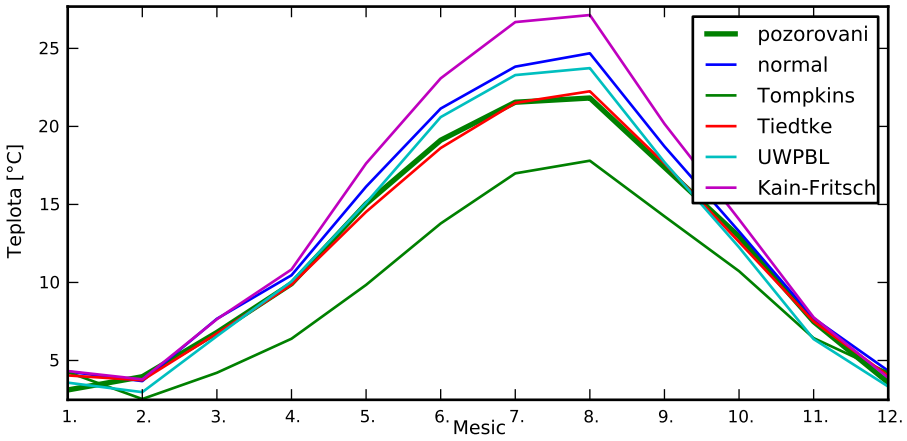
Obrázek A.49: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



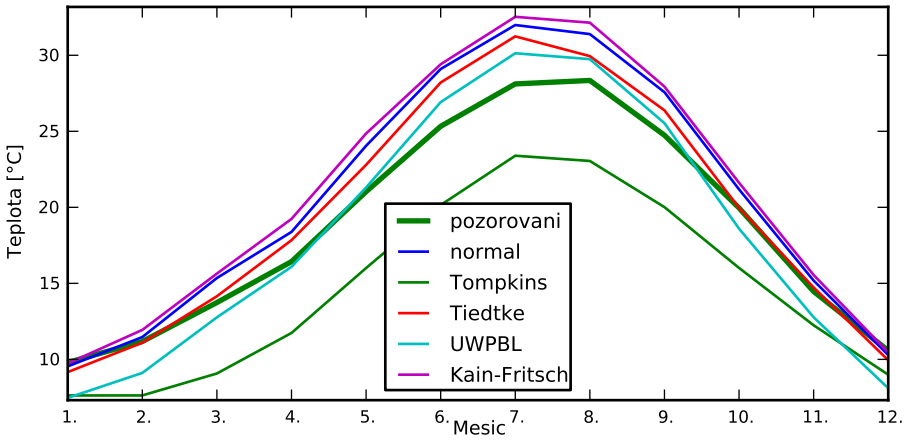
Obrázek A.50: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie



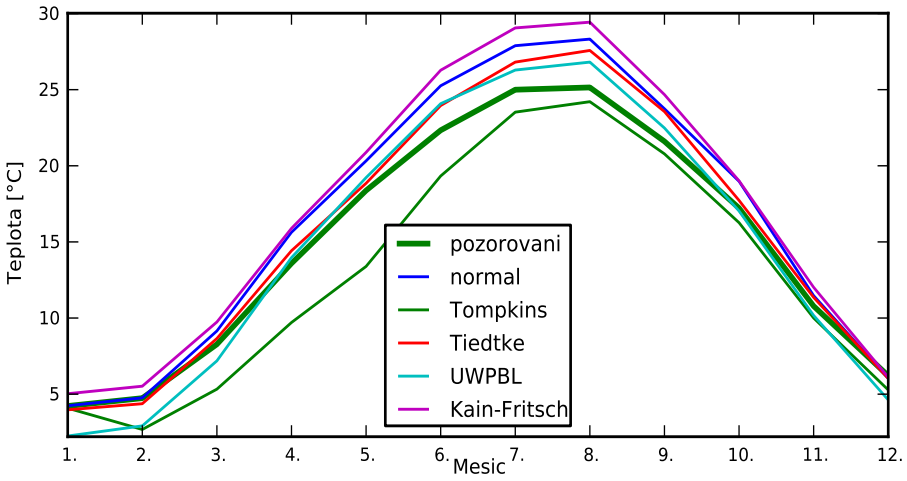
Obrázek A.51: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropy



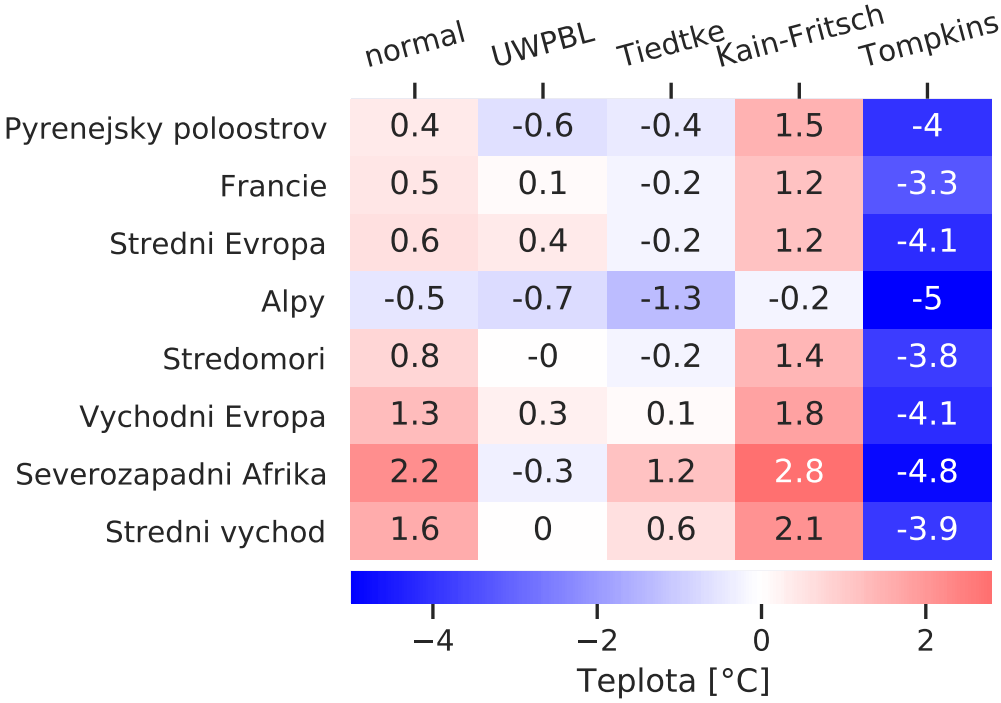
Obrázek A.52: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří



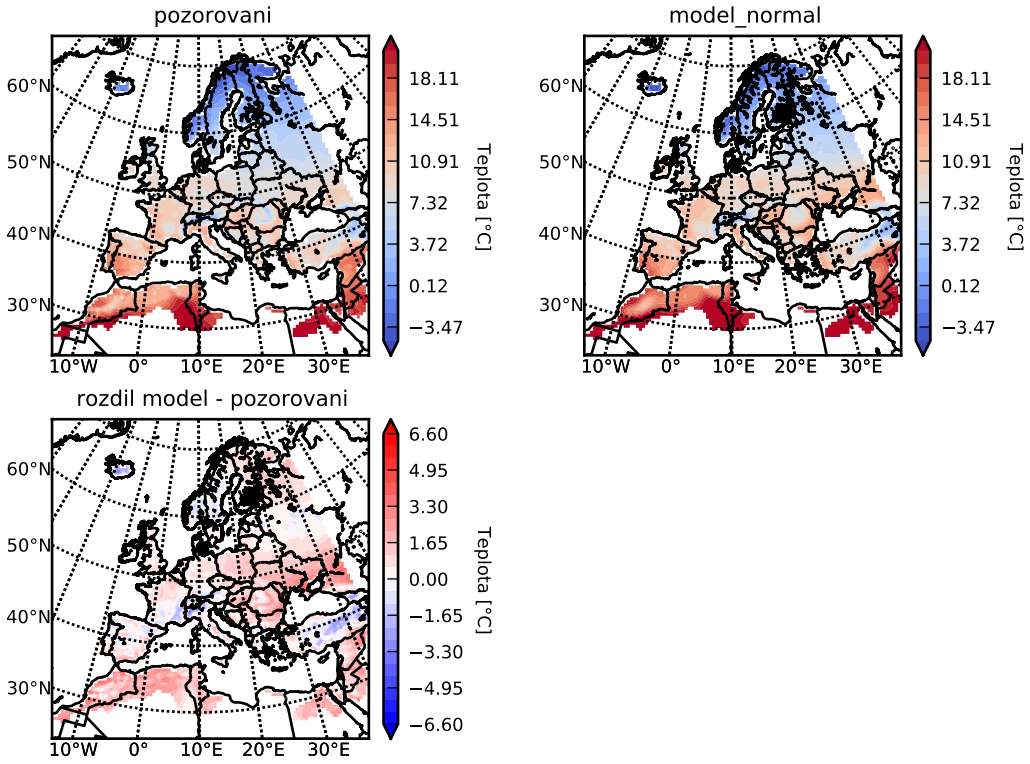
Obrázek A.53: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky



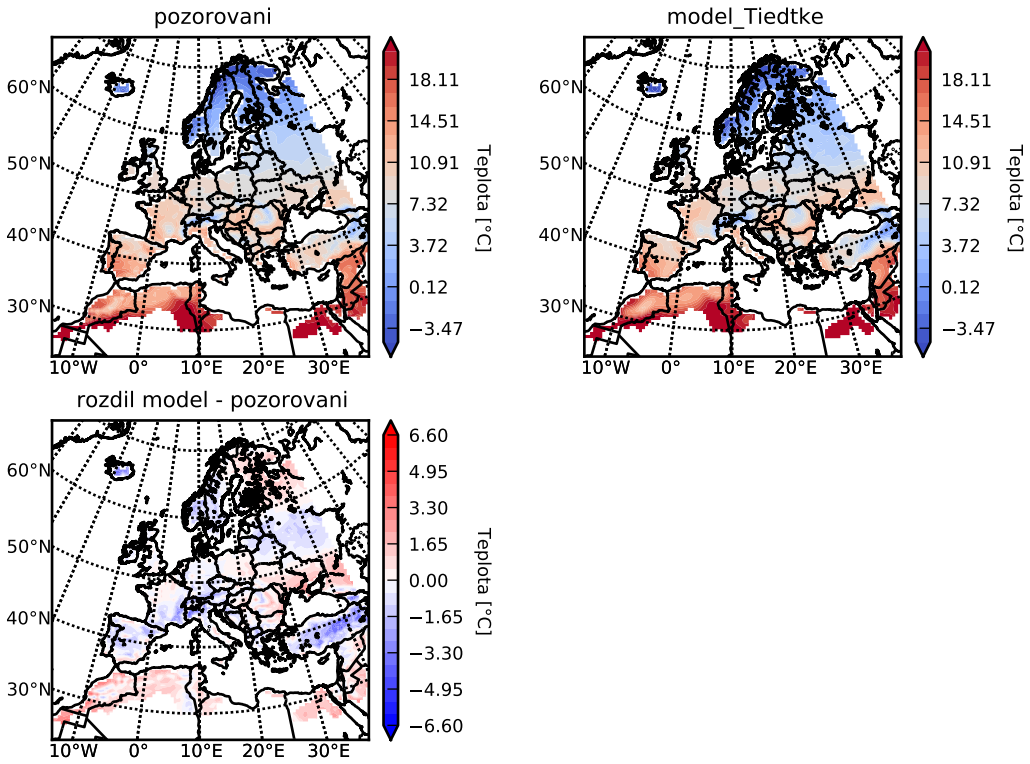
Obrázek A.54: Měsíční průběh průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu



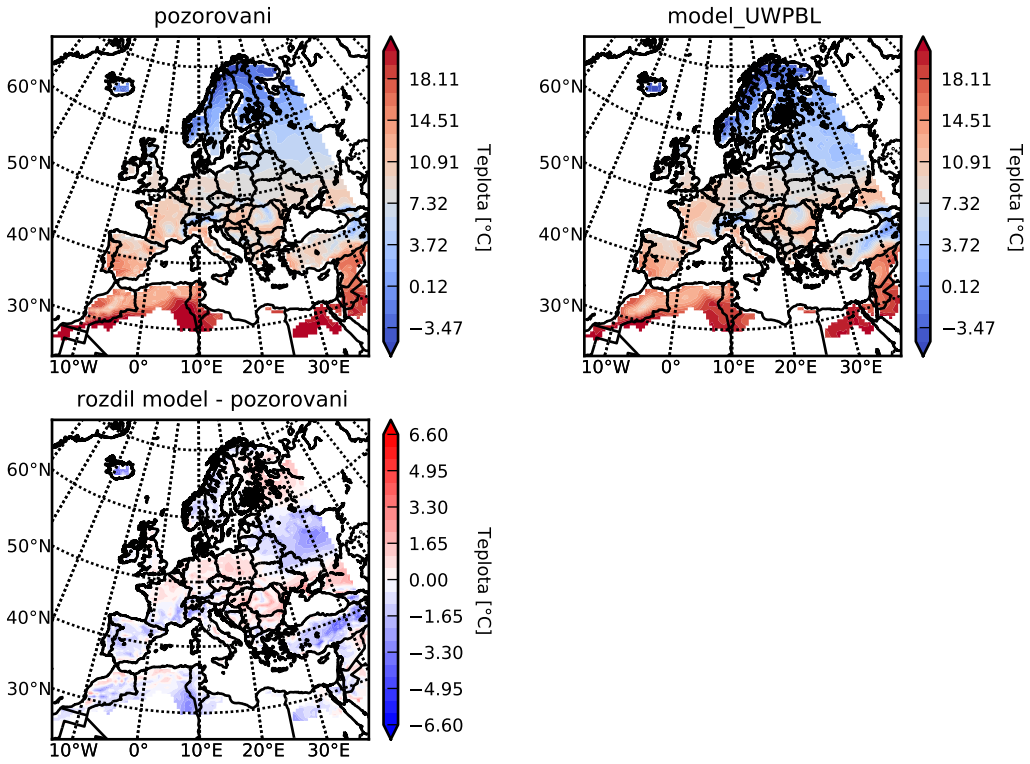
Tabulka A.7: Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999



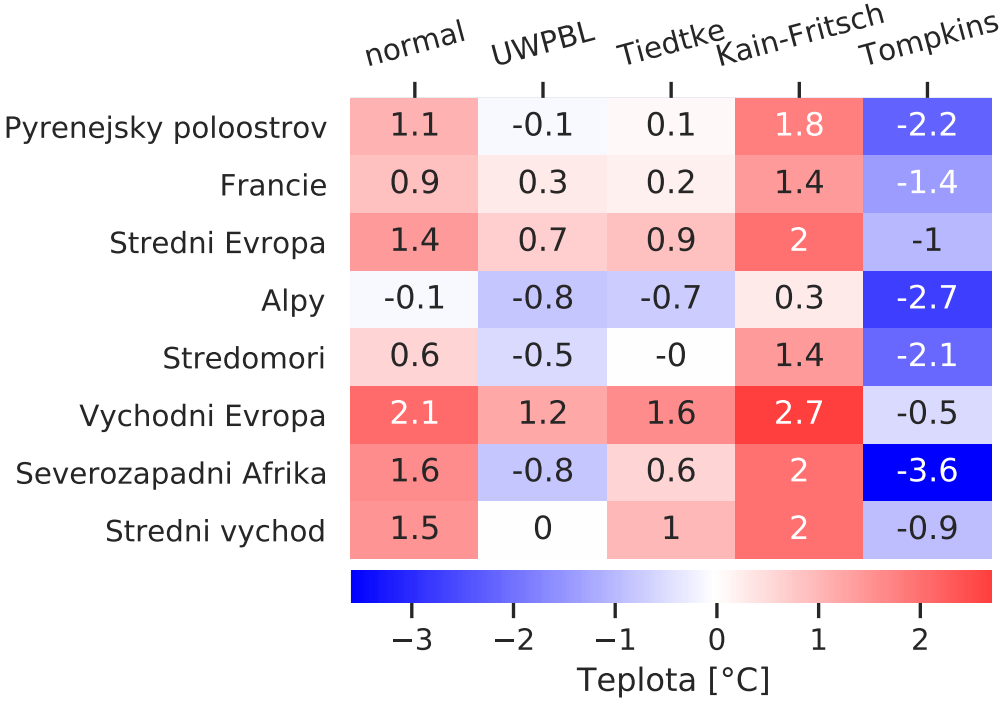
Obrázek A.55: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



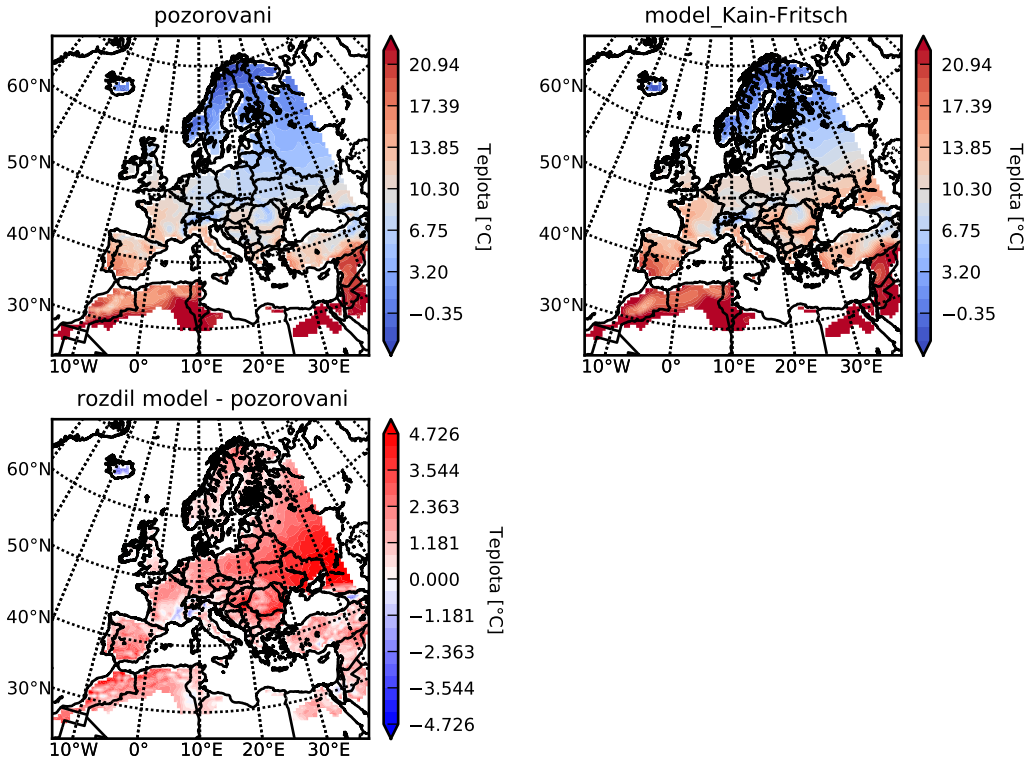
Obrázek A.56: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



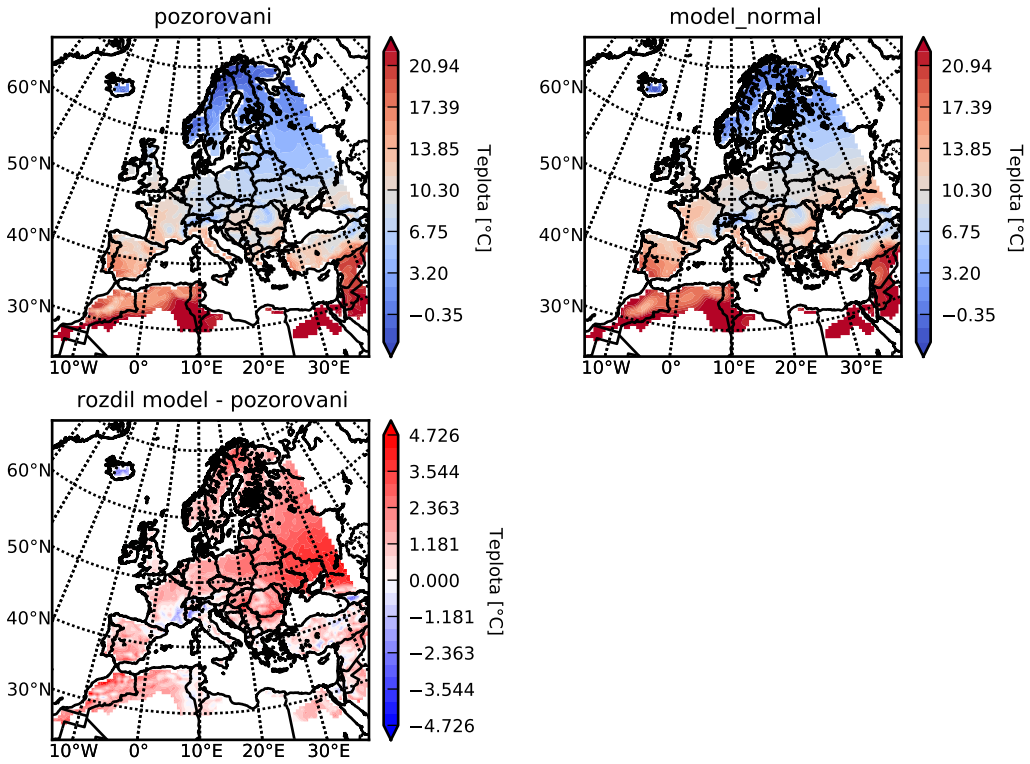
Obrázek A.57: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



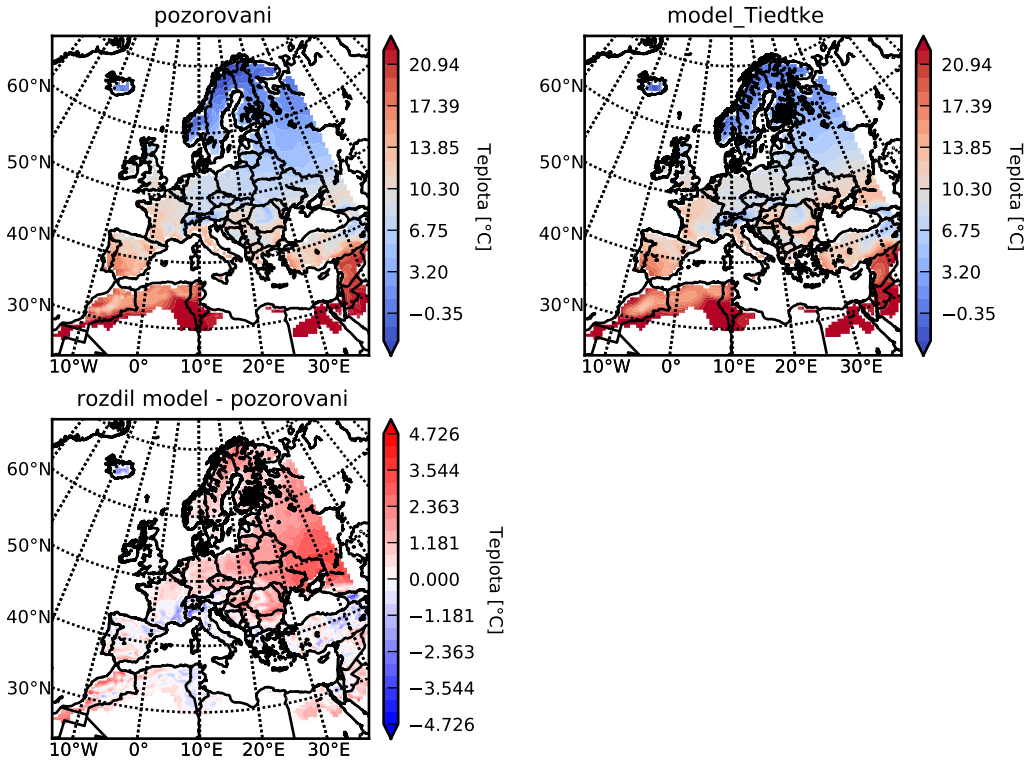
Tabulka A.8: Odchylka plošného průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999



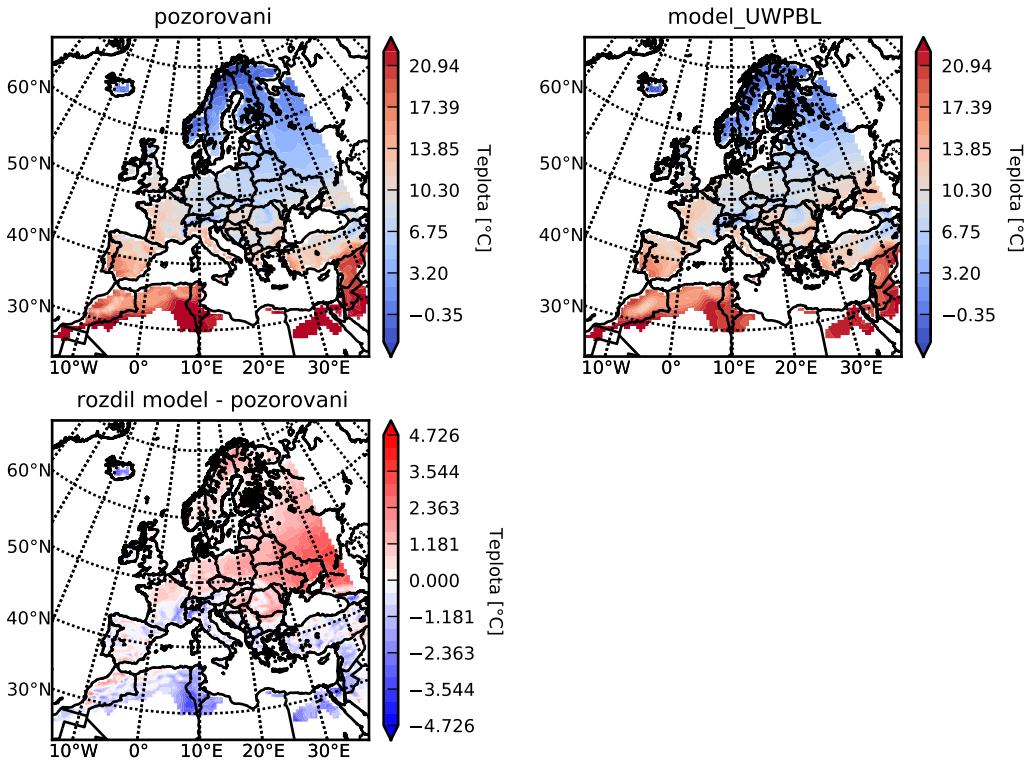
Obrázek A.58: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



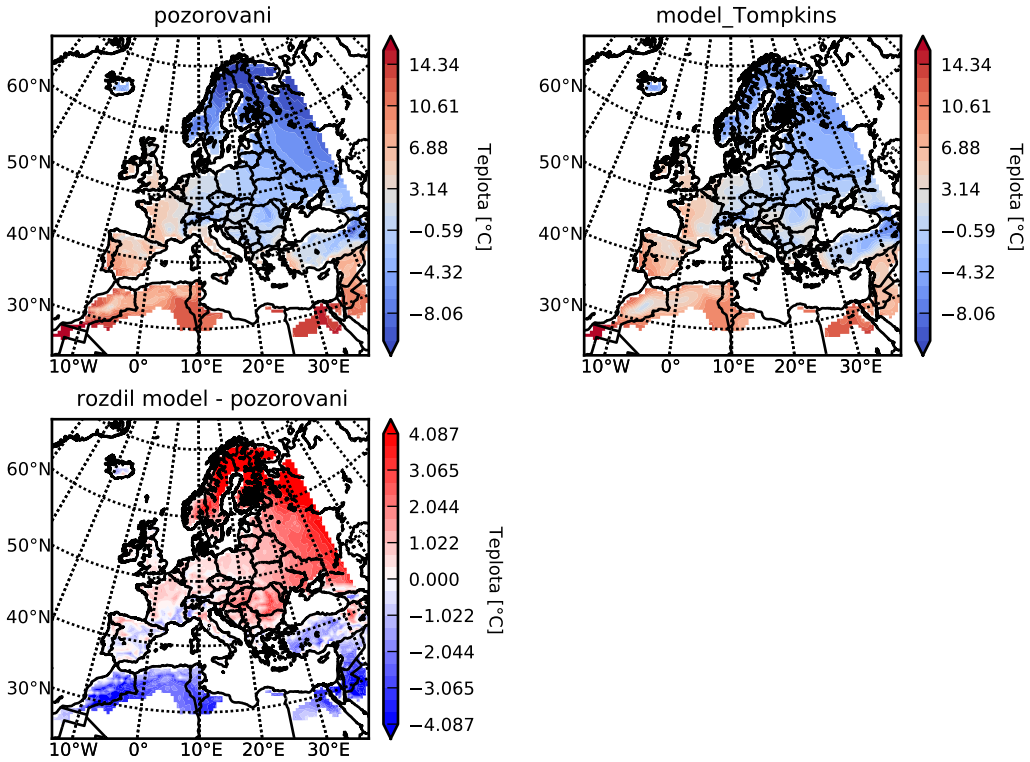
Obrázek A.59: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



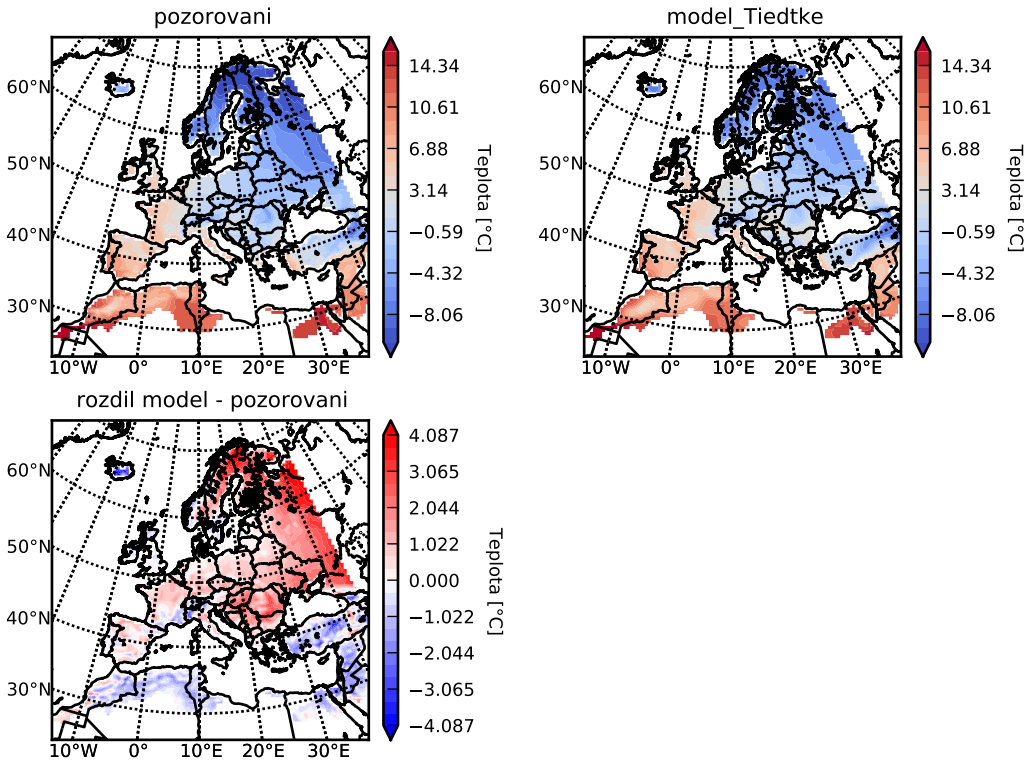
Obrázek A.60: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



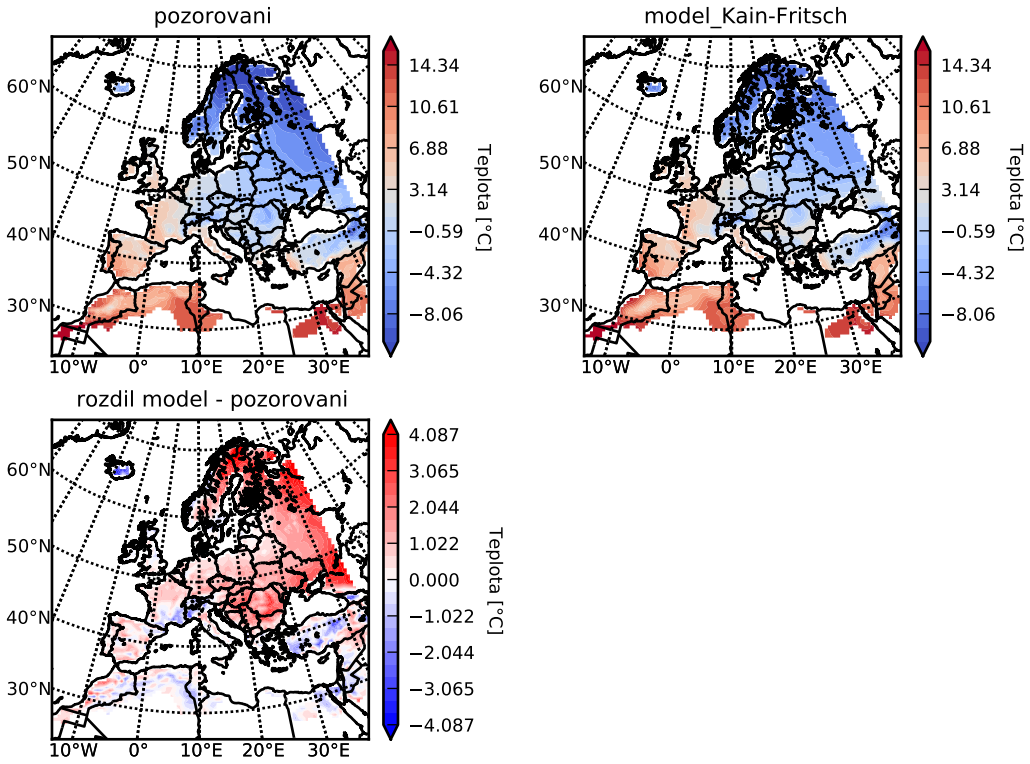
Obrázek A.61: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



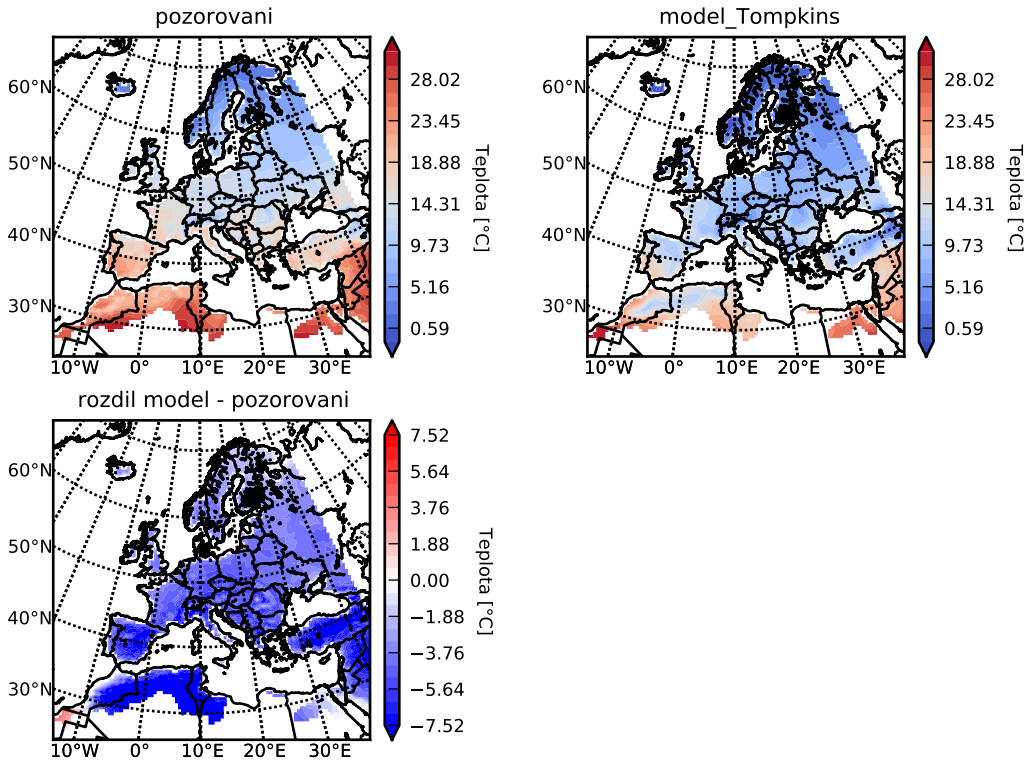
Obrázek A.62: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



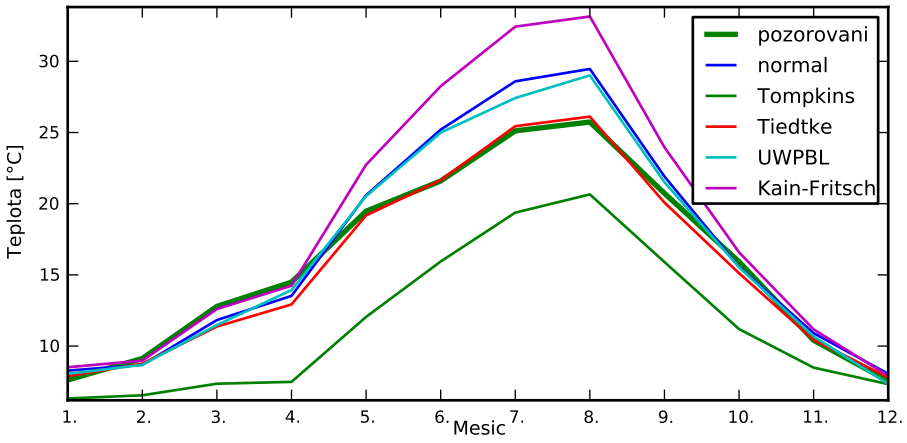
Obrázek A.63: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



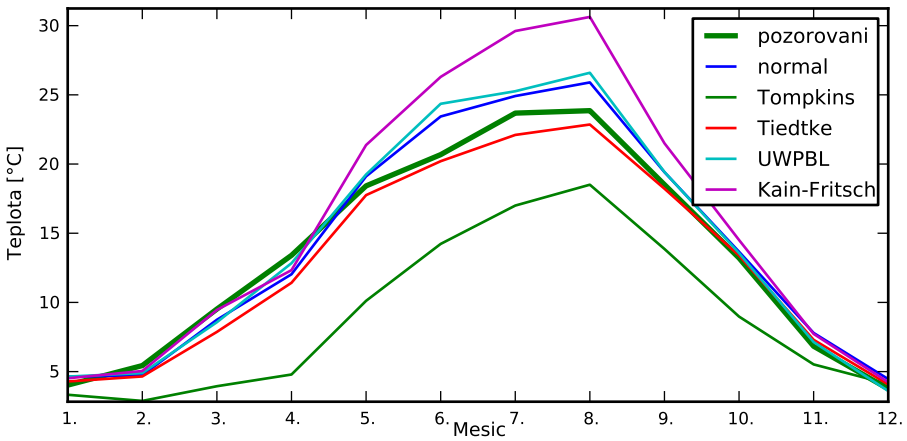
Obrázek A.64: Porovnání průměru průměrné teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



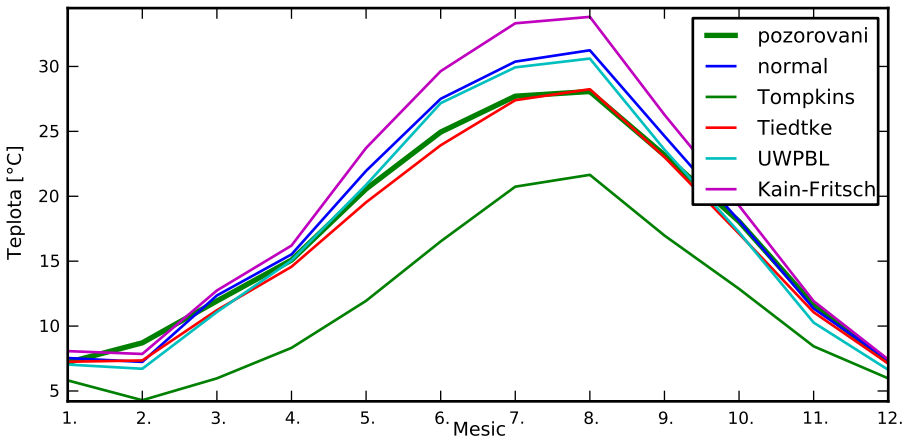
Obrázek A.65: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty



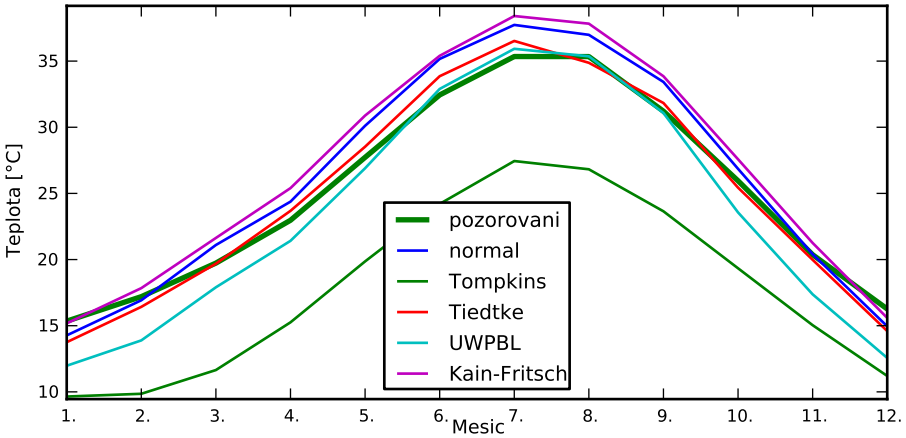
Obrázek A.66: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Francie



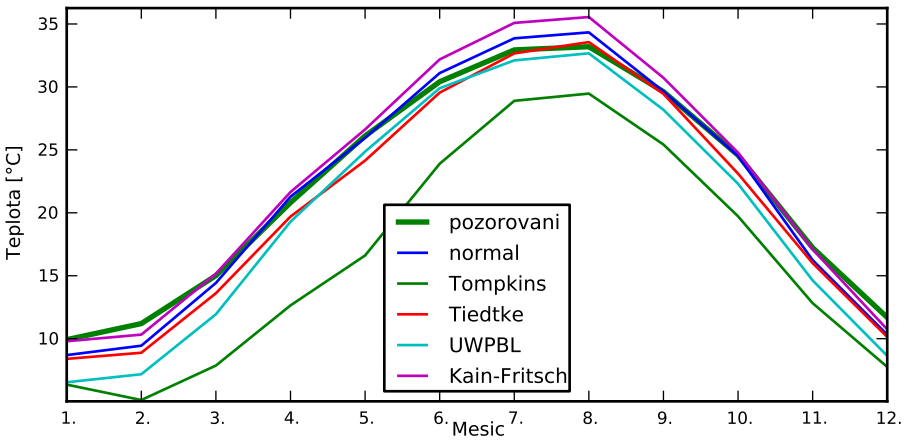
Obrázek A.67: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Střední Evropa



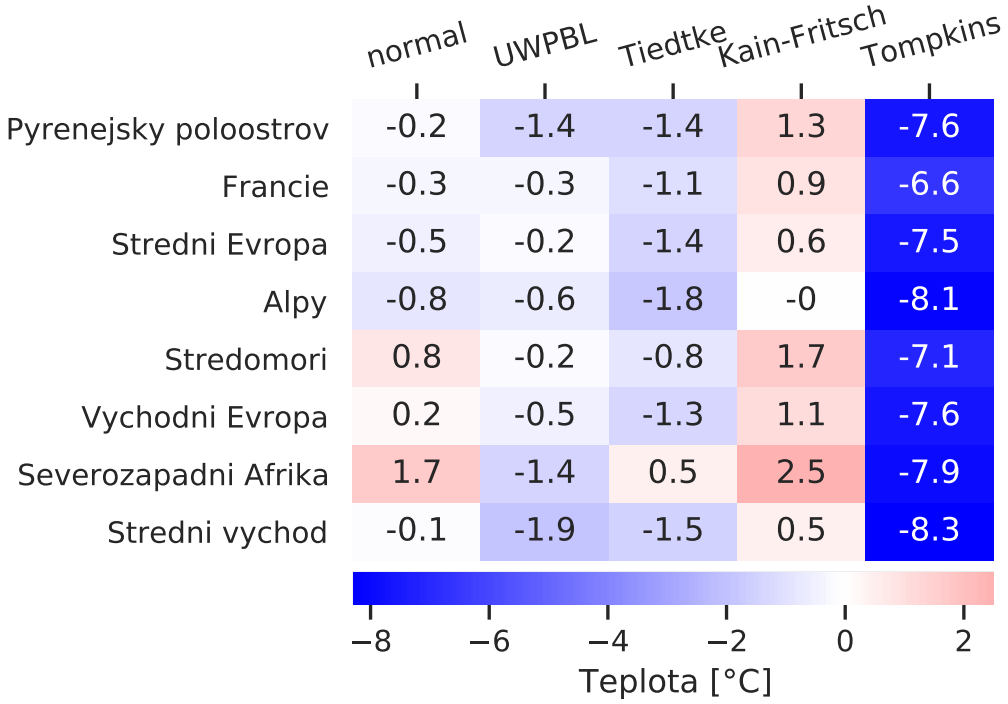
Obrázek A.68: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středomoří



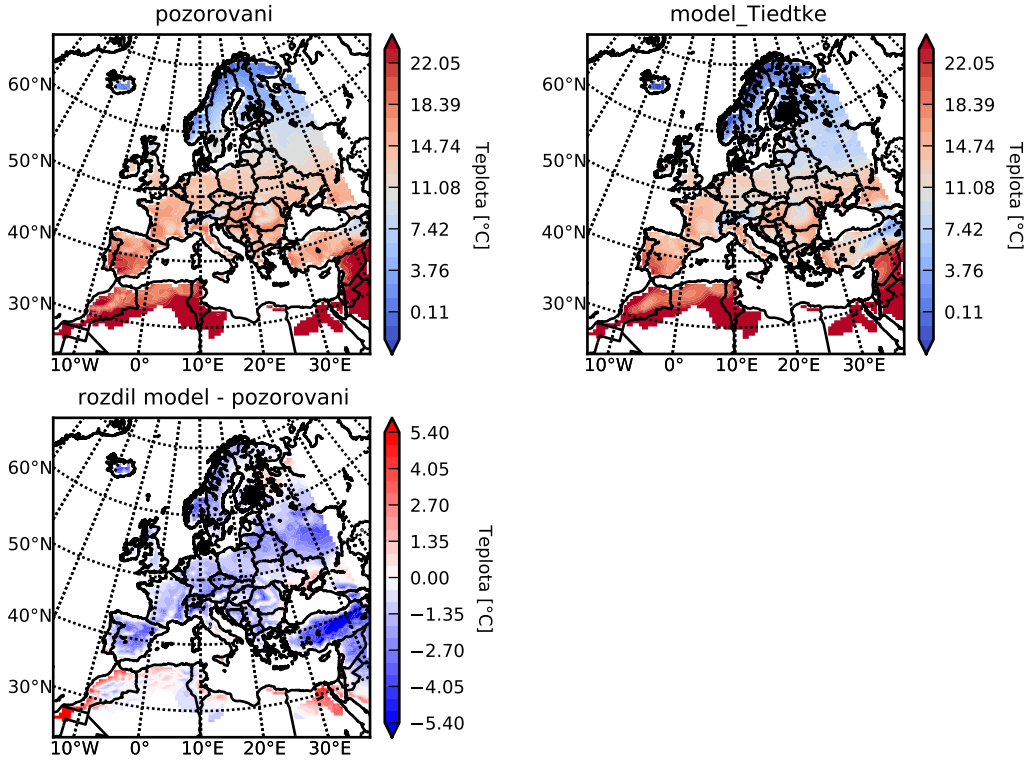
Obrázek A.69: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Severozápadní Afriky



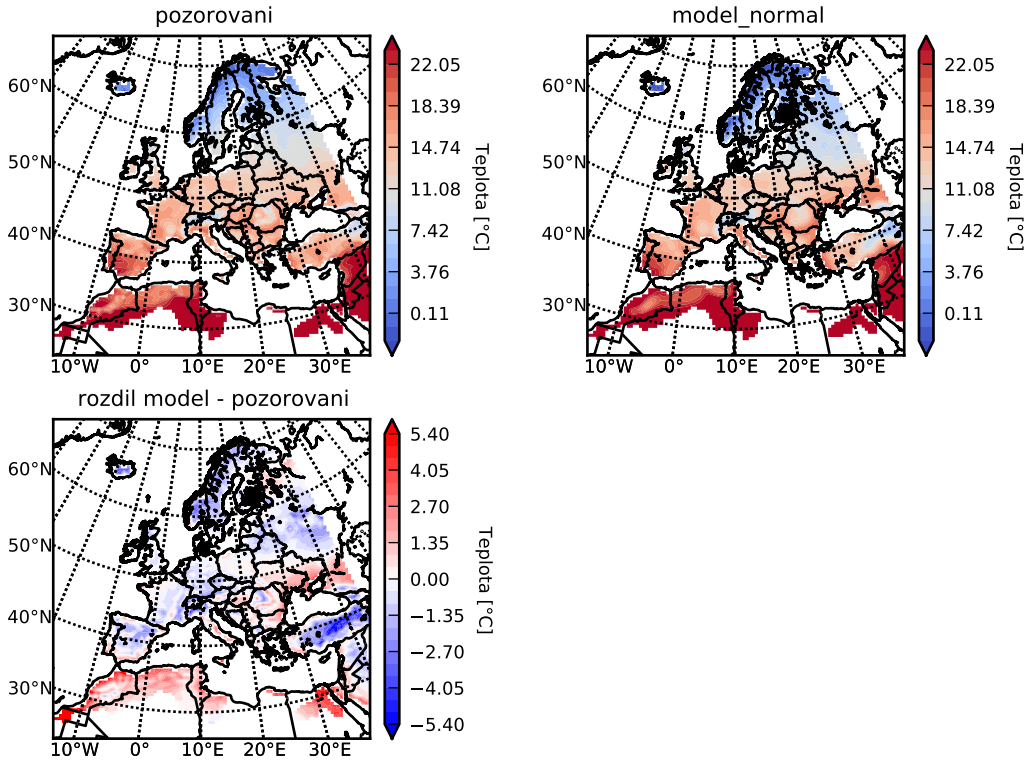
Obrázek A.70: Měsíční průběh maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem v oblasti Středního východu



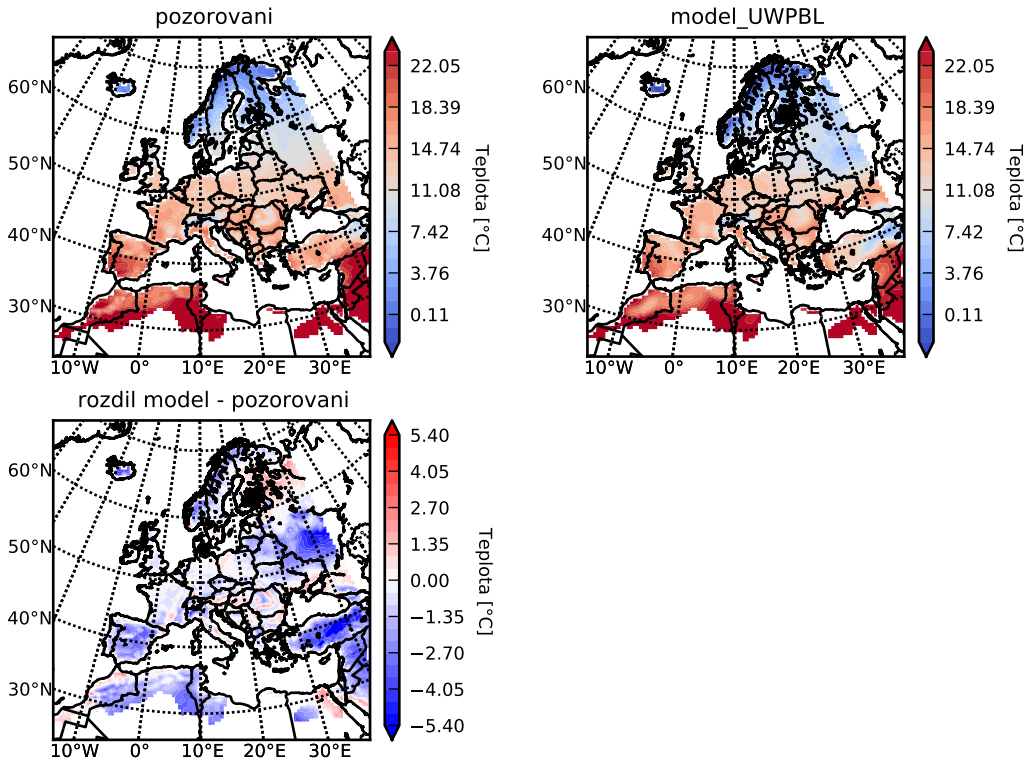
Tabulka A.9: Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období jaro v letech 1990-1999



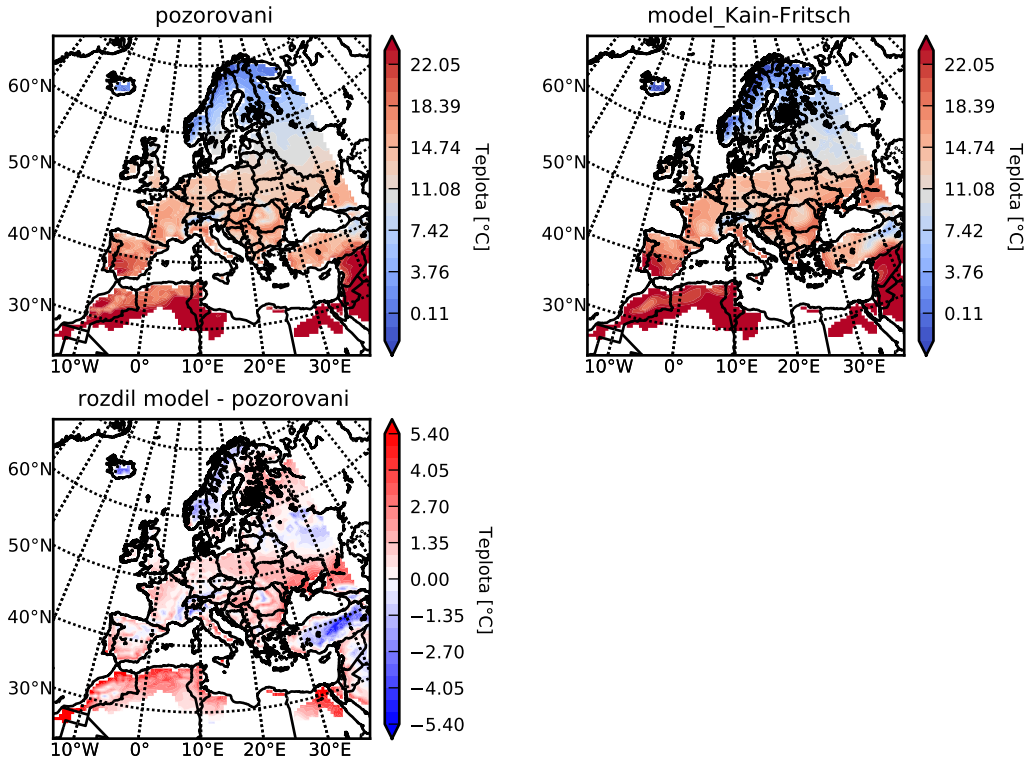
Obrázek A.71: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



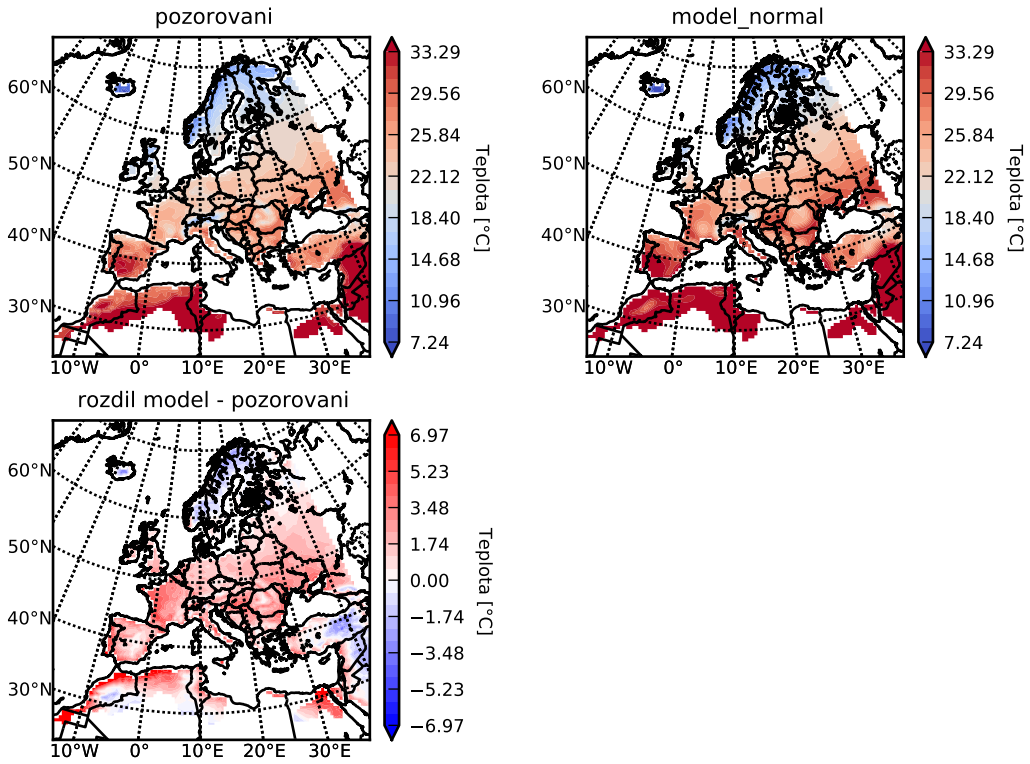
Obrázek A.72: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



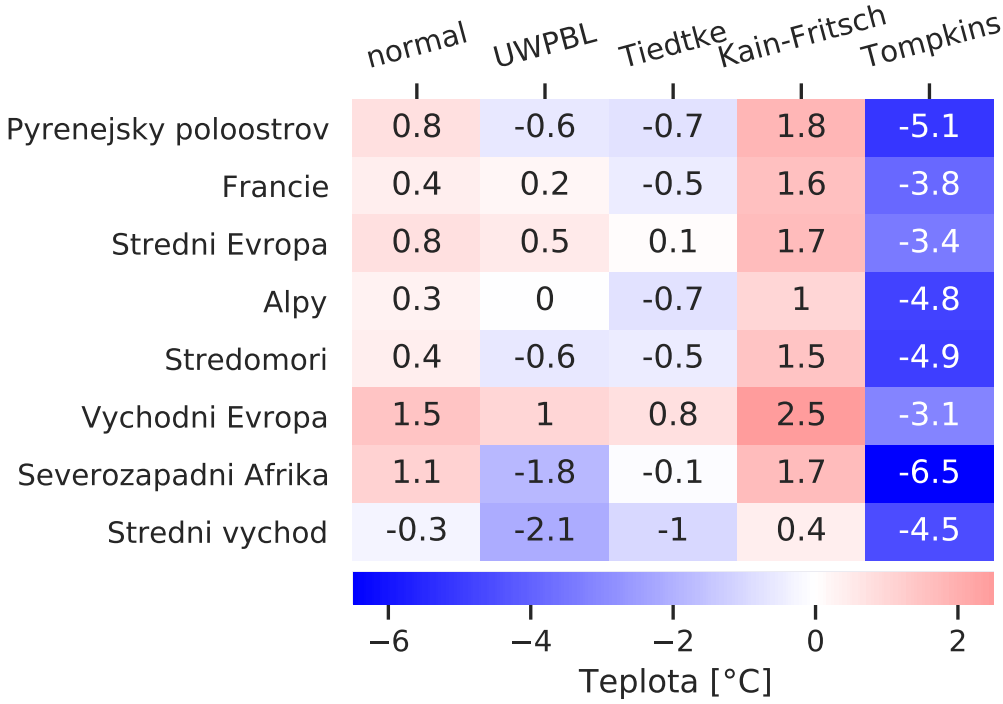
Obrázek A.73: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



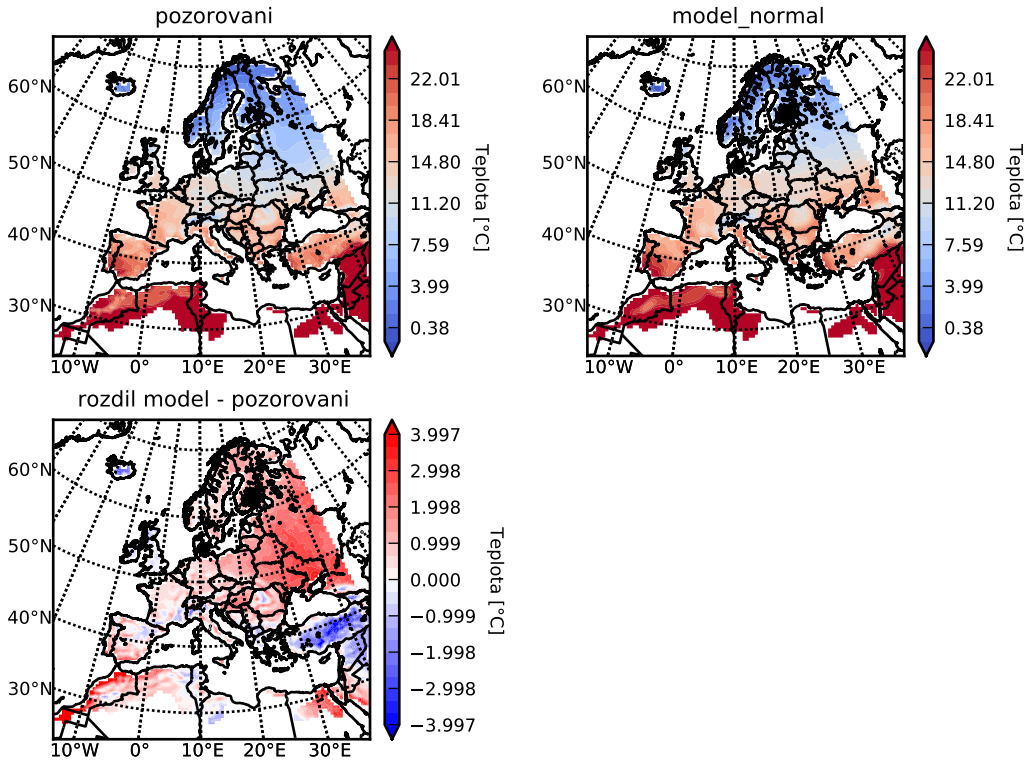
Obrázek A.74: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období jaro v letech 1990-1999 ze simulace *Kain-Fritsch* s pozorovanými daty



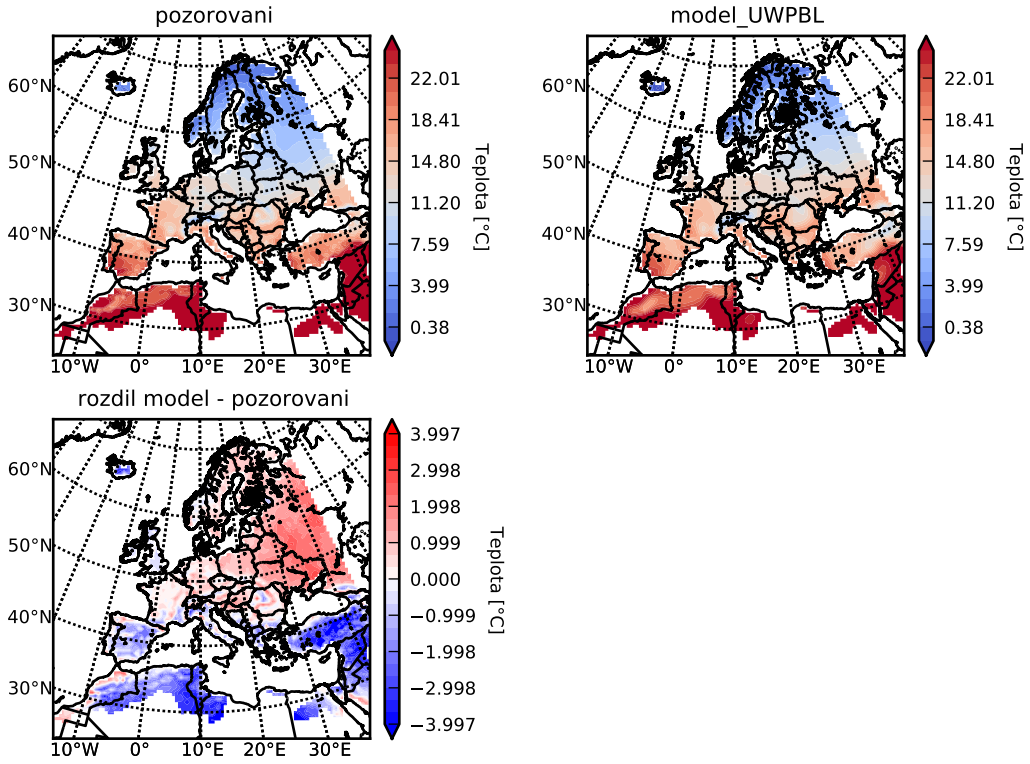
Obrázek A.75: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období léto v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



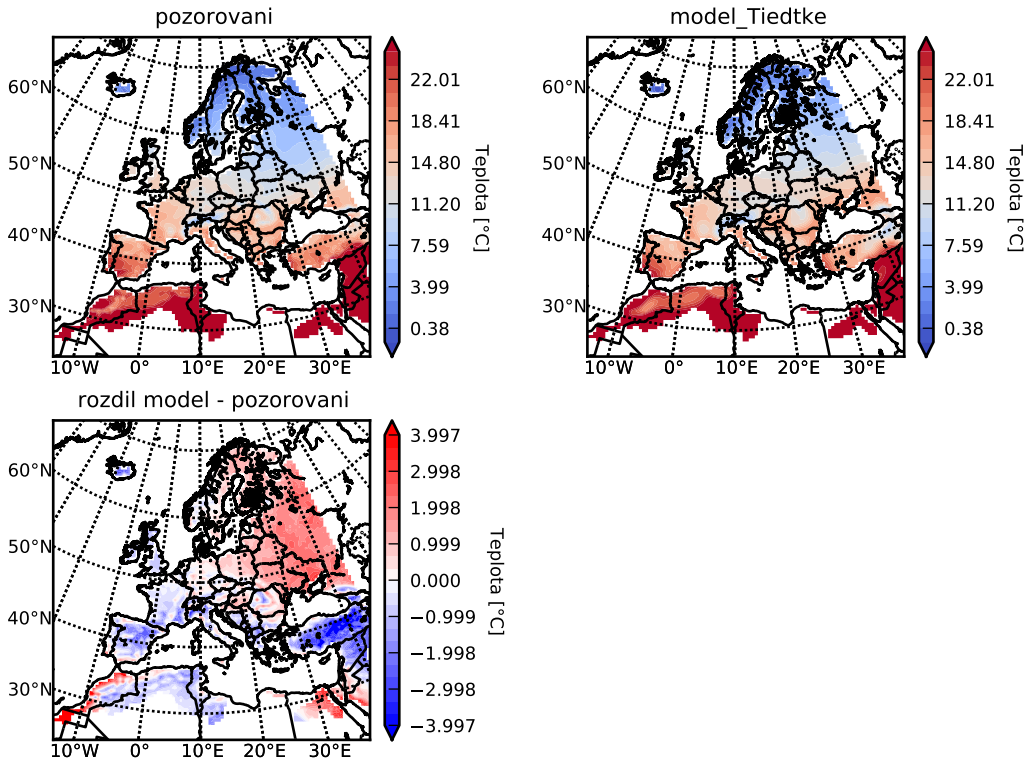
Tabulka A.10: Odchylka plošného průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem simulací od pozorovaných dat za období podzim v letech 1990-1999



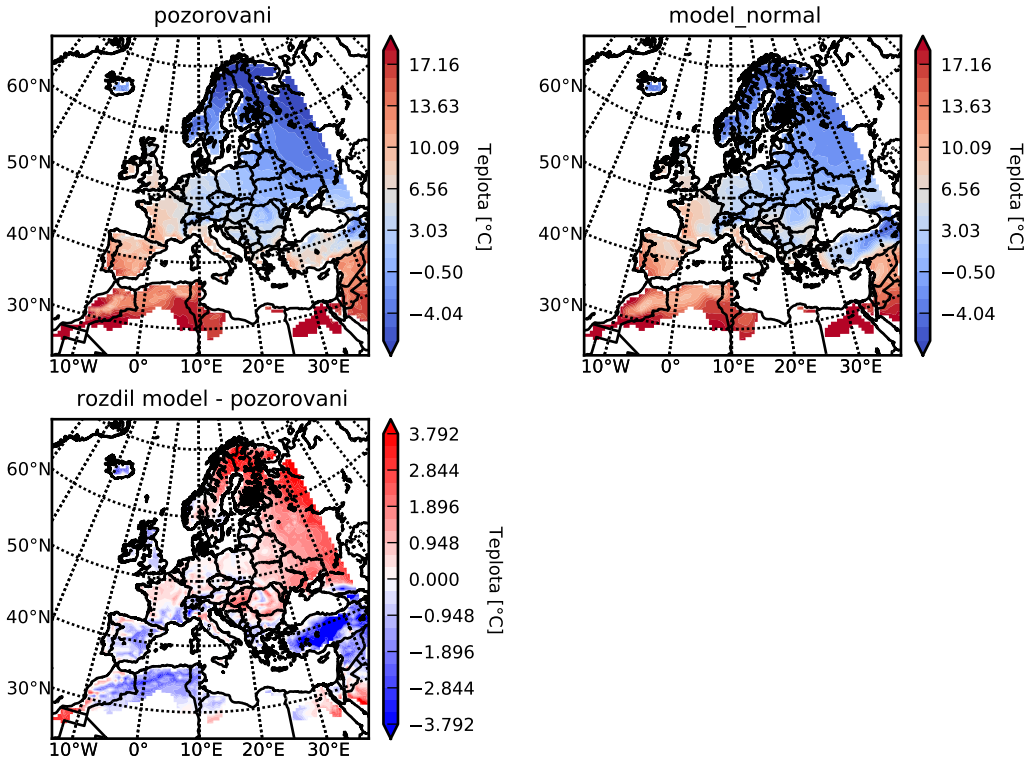
Obrázek A.76: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



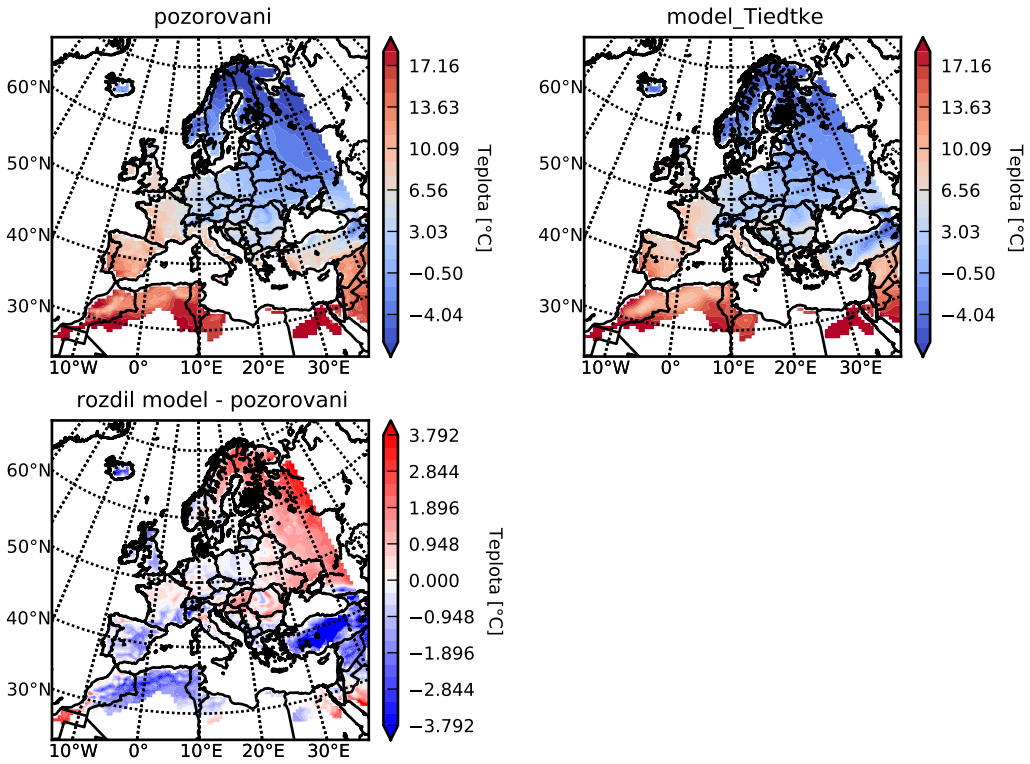
Obrázek A.77: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *UWPBL* s pozorovanými daty



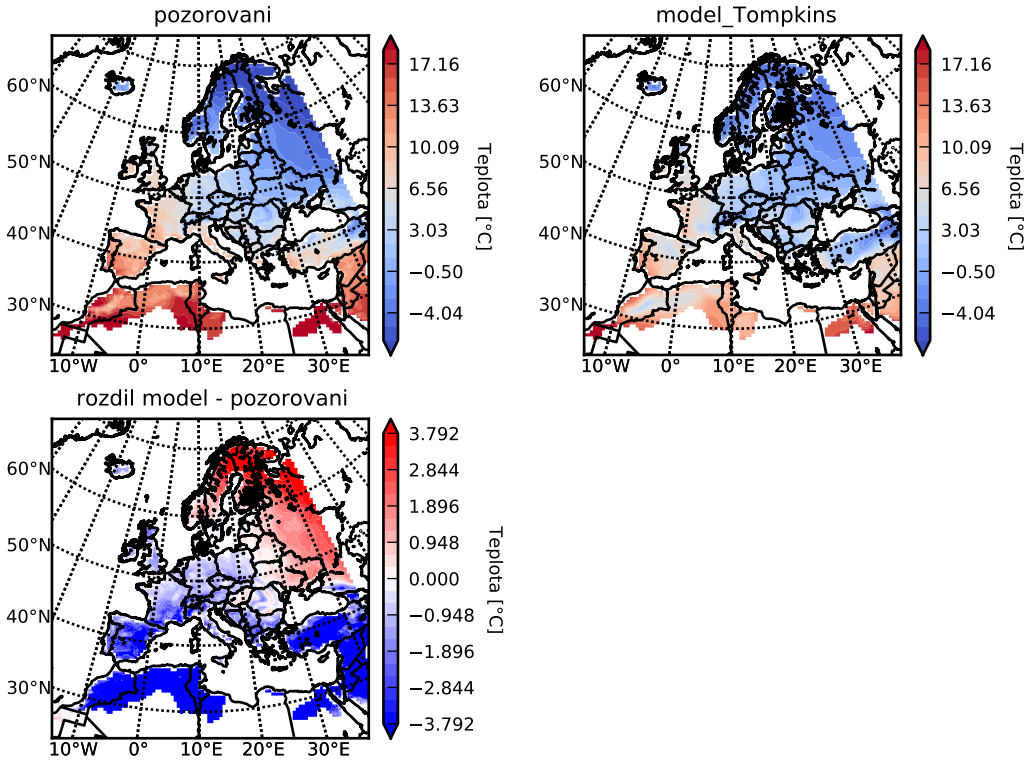
Obrázek A.78: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období podzim v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Obrázek A.79: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *normal* s pozorovanými daty



Obrázek A.80: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tiedtke* s pozorovanými daty



Obrázek A.81: Porovnání průměru maximální teploty ve dvou metrech nad povrchem za období zima v letech 1990-1999 ze simulace *Tompkins* s pozorovanými daty