

# HODNOCENÍ EXTREMITY VYBRANÝCH TEPLOTNÍCH CHARAKTERISTIK PRO ÚZEMÍ JIŽNÍ MORAVY V OBDOBÍ 1961-2003.

## EXTREMES IN SELECTED AIR TEMPERATURE CHARACTERISTICS FOR REGION OF SOUTHERN MORAVIA IN THE PERIOD 1961-2003

ŠTĚPÁNEK PETR

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67, Česká republika

### Abstract:

For a region of southern Moravia (CZ) and period 1961-2003, extremes of selected temperature characteristics were investigated. Namely it was seasonal and annual maxima of daily temperature amplitude and seasonal and annual maxima of day-to-day mean temperature differences. Extremes were evaluated by means of generalized extreme value distribution (GEV) and Gumbel distribution. Much effort was devoted to data quality control and homogenization of the series. For homogenization and other calculations processed in this work, software AnClim and ProClimDB created by the author have been used.

Key words: temperature extremes, daily temperature amplitude, day-to-day mean temperature differences, homogenization

### 1. Úvod

V souvislosti s diskutovanou změnou klimatu a pozorovaným globálním oteplováním způsobeným člověkem je v poslední době věnována značná pozornost extrémům klimatu, mimo jiné teplotním extrémům. Bohužel, především v případě teploty vzduchu, není snadné najít vazbu mezi pozorovaným kolísáním klimatu a změnou ve výskytu extrémů a jejich intenzity (Houghton et al., 1996). V České republice se též v 90. letech začaly objevovat práce zabývající se teplotními extrémů, většinou si však všímaly pouze analýzy jednotlivých synoptických situací. Přehled prací věnovaných teplotním extrémům v České republice do konce 20. století dává např. Brázdil (2003).

Měsíční průměry teploty vzduchu na území České republiky z hlediska extremity analyzoval např. Brázdil et al. (2001). Pro oblast jižní Moravy hodnotil extremitu v měsíčních průměrech denní průměrné, maximální, minimální teploty a denní teplotní amplitudy Štěpánek (2004a).

Pokud jde o analýzu denních extrémů teploty vzduchu, pozornost byla věnována především periodám horkých a studených vln (tzn. epizody mimořádně teplého/chladného počasí). Schopnost klimatických modelů simulovat teplotní extrémů (horké a studené vlny) analyzoval např. Kyselý et al. (2001).

V této práci byla věnována pozornost sezónním a ročním maximům vybraných teplotních charakteristik. Pro analýzu byla použita teoretická rozložení pro extrémní hodnoty. Aplikace těchto rozložení bohužel vyžaduje stacionaritu řad, což např. u denní průměrné, maximální a minimální teploty vzduchu díky přítomnosti trendu nelze zaručit. Proto byly dále analyzovány především maxima denní teplotní amplitudy a maxima mezidenního rozdílu průměrné teploty vzduchu. K analýze bylo použito 22 stanic z území bývalého Jihomoravského kraje (označováno dále jako jižní Morava) měřících v období 1961-2003. Měření těchto stanic bylo před samotnou analýzou podrobena kontrole kvality dat a homogenizaci.

## **2. Kontrola kvality dat a homogenizace použitých časových řad**

Kontrola kvality dat a homogenizace řad byla provedena pomocí softwarového balíku vyvinutého autorem. Jedná se o software AnClim pro testování homogenity časových řad (Štěpánek, 2003a) a databázový software ProClimDB (Štěpánek, 2003b) pro hromadné zpracování řad.

Před samotnou homogenizací byla v řadách denních hodnot zjišťována a ověřována odlehlá pozorování. Odlehlé hodnoty byly v řadách sledovány na základě diferencí dané testované řady s její referenční řadou, která se spočetla jako průměr několika stanic s nejvyššími korelačními koeficienty vzhledem k testované řadě (viz. dále). Odlehlé hodnoty byly hodnoceny a ověřovány na základě násobků mezikvartilové odchylky od horního, resp. dolního kvartilu. Pokud se i po ověřování odlehlé hodnoty jeví jako podezřelé, byly nahrazeny chybějícími hodnotami a po homogenizaci řad byly tyto chybějící hodnoty v řadách doplněny.

Homogenizace řad byla provedena na základě měsíčních průměrů, sledovala se změna v úrovni (průměru). K testování byly použity testy relativní homogenity: Alexanderssonův test – SNHT (Alexandersson, 1986, 1995), bivariační test Maronny a Yohaie (Potter, 1981) test Easterlinga a Petersona (Easterling a Peterson, 1995) a test Vincentové (Vincent, 1998). Pro každou řadu byly vytvořeny dva typy referenčních řad: 1.) průměr pěti stanic s nejvyššími korelačními koeficienty vzhledem k dané testované stanici (limit výběru 0.9), 2.) průměr pěti nejbližších stanic k dané testované stanici (maximálně ale do 100 km). Kombinací výše uvedených testů, referenčních řad, testování měsíčních, sezónních a ročních průměrů bylo získáno velké množství výsledků. Na základě metadat (tj. dokumentace o dané stanici) a počtu detekcí nehomogenit pro daný rok ve všech výsledcích testování (shody) byly řady homogenizovány. Při tomto vyhodnocování se přihlíželo především k tzv. pravděpodobnosti výskytu nehomogenity (tj. podílu počtu detekcí nehomogenit v daném roce na teoreticky možném počtu výskytů nehomogenit pro danou stanici). Homogenizace řad proběhla v několika iteracích.

Teprve po opravě nehomogenit byly v řadách doplněny chybějící hodnoty. Doplnění bylo provedeno přímo pro denní hodnoty, kdy pro denní řady byly použity opravy nehomogenit zjištěné

z měsíčních průměrů. Doplnění chybějících hodnot bylo provedeno pomocí lineární regrese mezi doplňovanou a referenční řadou vytvořenou na základě korelačních koeficientů, k vypočtu regrese se použily denní hodnoty daného měsíce, a to 3 roky před a po dané doplňované hodnotě. Z doplněných denních hodnot byly následně spočteny měsíční průměry.

Podrobný popis metodiky kontroly kvality dat a homogenizace uvádí Štěpánek (2004b).

K homogenitě použitých řad je třeba ještě udělat jednu poznámku. Homogenita řad meteorologických prvků v České republice je v poslední době narušena postupným přechodem stanic na automatizovaná měření (zaváděno v síti ČHMÚ od roku 1997). Homogenitu měření lze použitým postupem zaručit pouze do roku 2000 (včetně). Vzhledem k aktuálnosti jsou výsledky uvedeny i pro následující období, k výsledkům pro období 2001-2003 je však potřeba přistupovat s opatrností.

Komplexní posouzení homogenity řad po přechodu na automatizovaná měření bude možné provést spolu s případnou opravou teprve tehdy, až budou k dispozici dostatečně dlouhé řady měření po tomto přechodu. V budoucnu ale může nastat ten problém, že pokud (až) budou automatizovaná měření zavedena na všech stanicích, nebude už možné spolehlivě vyhodnotit narušení homogenity řad (s ohledem na tato automatizovaná měření), neboť nebudou k dispozici žádné homogenní referenční řady, s nimiž by se dané testované řady daly porovnávat. Z tohoto hlediska by bylo vhodné mít srovnávací měření manuálního i automatického měření na dostatečném počtu stanic (když ne na všech) po dostatečně dlouhé období.

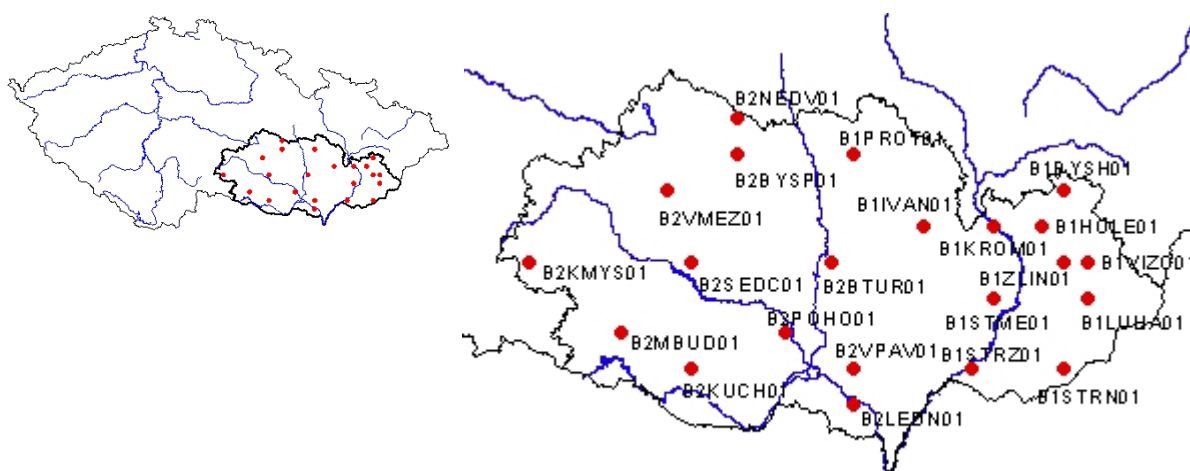
### 3. Charakteristika použitých řad

Seznam použitých stanic s uvedením jejich nadmořské výšky je uveden v tab. 1, prostorové rozložení použitých stanic je potom znázorněno na obr. 1. Rozložení stanic je víceméně rovnoměrné. Nejnižše položená stanice je Štrážnice (176 m n. m.), nejvýše položená je stanice Nedvězí (722 m n. m.). Průměrná nadmořská výška stanic je 348 m n.m., medián potom 306 m n.m.

Tab. 1. Seznam stanic a jejich geografické souřadnice (Ind.- indikativ ČHMÚ, z.š. – zeměpisná šířka, z.d. – zeměpisná délka, n.v. – nadmořská výška v m n.m.)

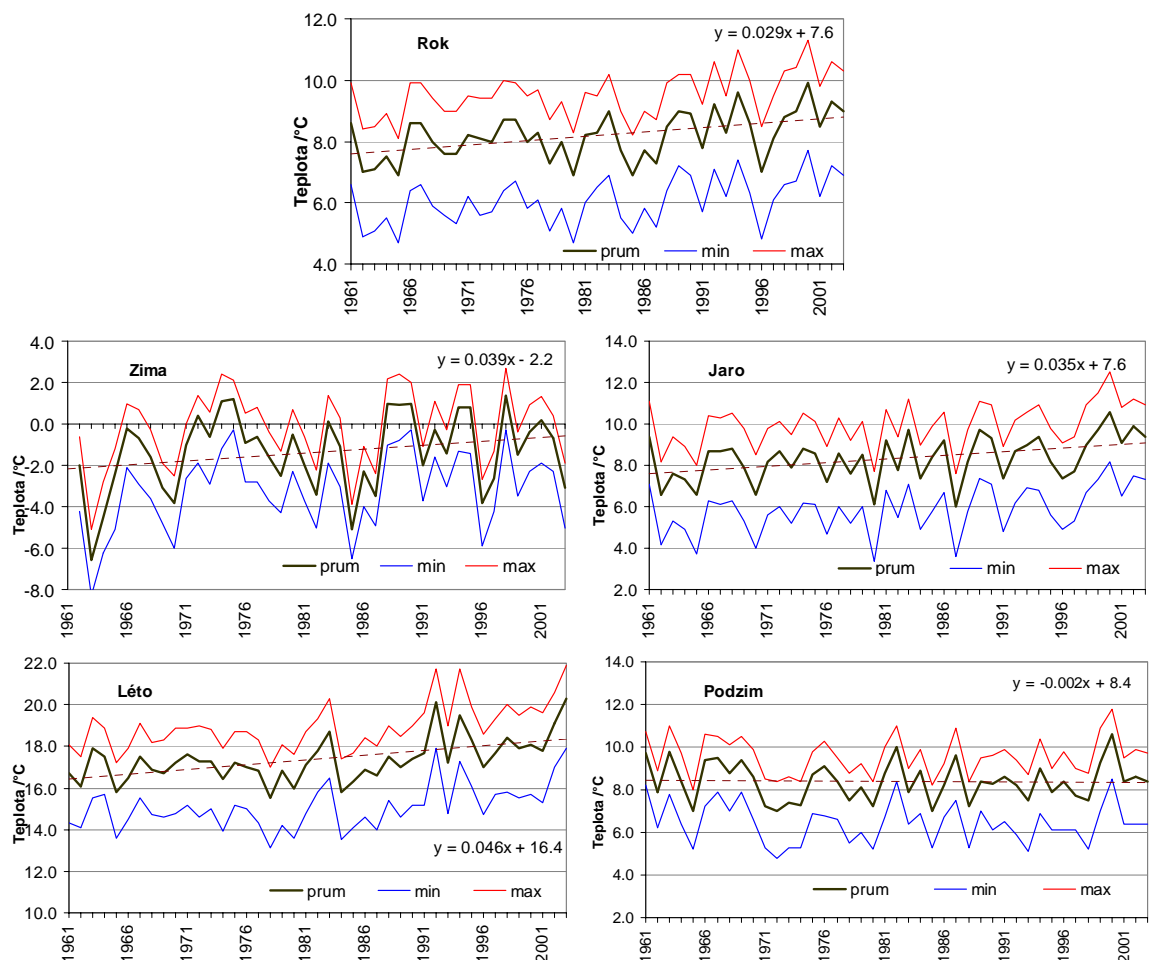
Stanice	Ind	z.š. /°	z.d. /°	n.v. /m
Bystřice p. H.	B1BYSH01	49.4	17.7	317
Holešov	B1HOLE01	49.3	17.6	224
Ivanovice na Hané	B1IVAN01	49.3	17.1	232
Kroměříž	B1KROM01	49.3	17.4	204
Luhačovice	B1LUHA01	49.1	17.8	297
Protivanov	B1PROT01	49.5	16.8	670
Uh.Hradiště, Staré Město	B1STME01	49.1	17.4	188
Strání	B1STRN01	48.9	17.7	421
Štrážnice	B1STRZ01	48.9	17.3	176

Vizovice	B1VIZO01	49.2	17.8	315
Zlín	B1ZLIN01	49.2	17.7	225
Brno, Tuřany	B2BTUR01	49.2	16.7	241
Bystřice n. P.	B2BYSP01	49.5	16.3	573
Kostelní Myslová	B2KMYS01	49.2	15.4	569
Kuchařovice	B2KUCH01	48.9	16.1	334
Lednice	B2LEDN01	48.8	16.8	176
Moravské Budějovice	B2MBUD01	49.0	15.8	457
Nedvězí	B2NEDV01	49.6	16.3	722
Pohořelice	B2POHO01	49.0	16.5	183
Sedlec	B2SEDC01	49.2	16.1	473
Velké Meziříčí	B2VMEZ01	49.4	16.0	452
Velké Pavlovice	B2VPAV01	48.9	16.8	196

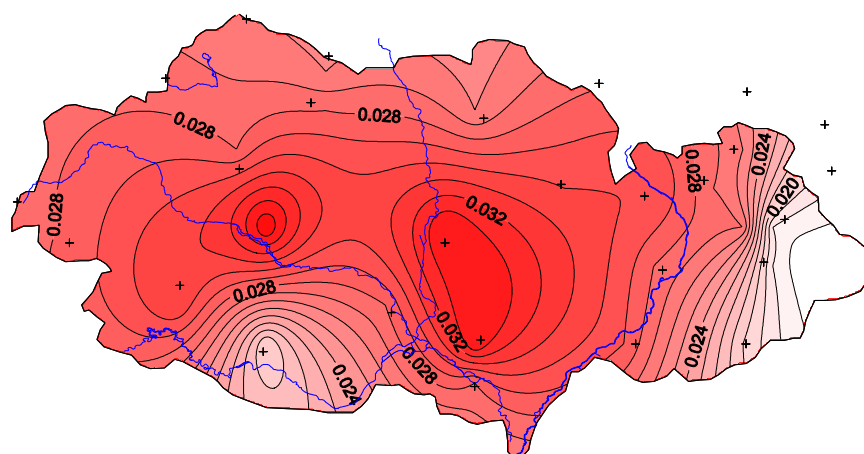


Obr. 1. Geografické rozložení použitých stanic označených jejich indikativy (viz tab. 1).

V následujícím textu se pro analýzu používají sezónní a roční průměry (nebo maxima) dané charakteristiky. Sezóny jsou vymezeny následovně: zima jako prosinec předchozího roku a leden únor daného roku, jaro jako březen až květen, léto jako červen až srpen, podzim jako září až listopad. Roční průměr (maximum) se počítá jako průměr (maximum) ledna až prosince daného roku.



Obr. 2. Chod denní průměrné teploty vzduchu, průměrné hodnoty za rok a jednotlivé sezóny, oblast jižní Moravy, období 1961-2003. Znázorněn je průměr ze všech použitých stanic (prum) a nejnižší (min), resp. nejvyšší (max) hodnota ze všech stanic. Čárkovaně je naznačen trend průměrované řady, pro tento trend je též vypsána rovnice lineární regrese.

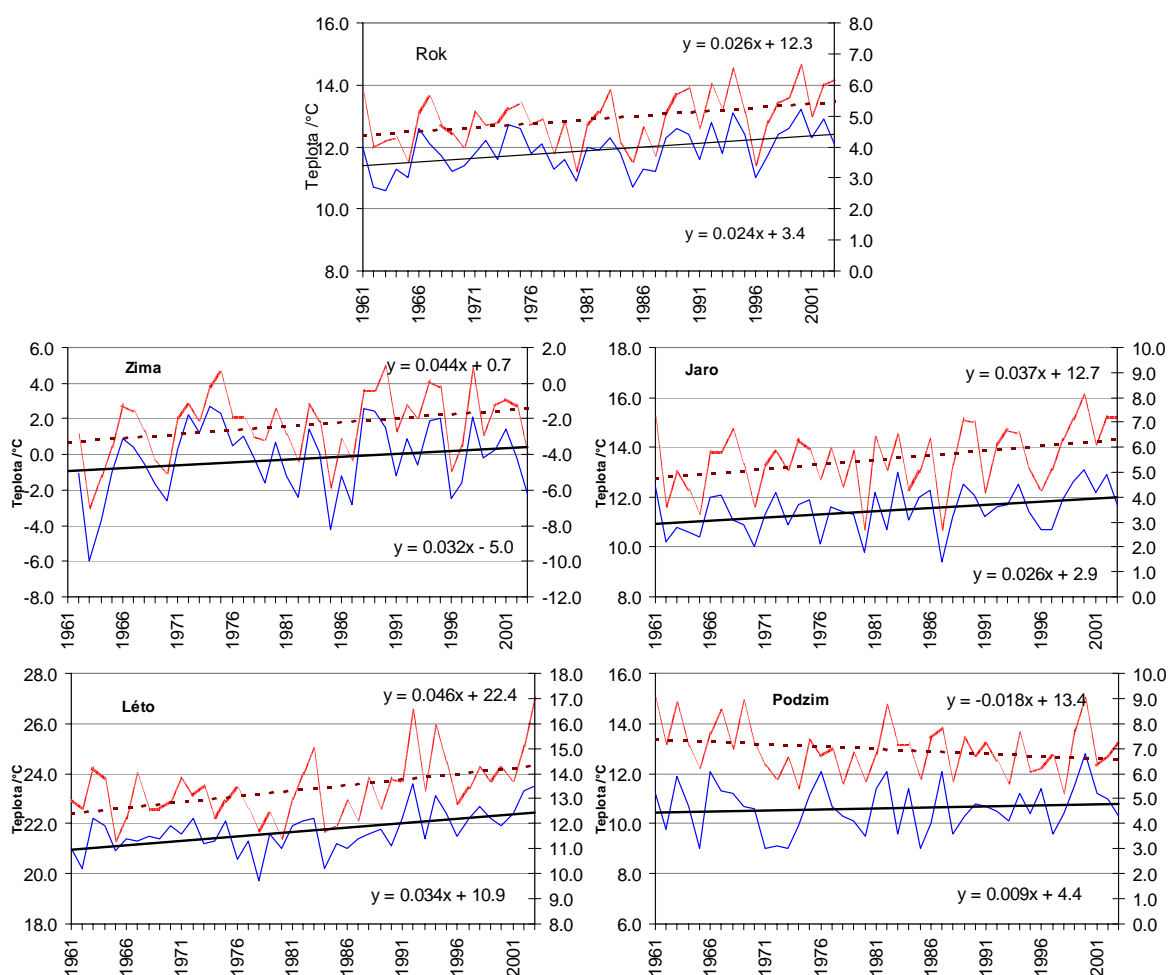


Obr. 3. Prostorové rozložení hodnot trendů v řadách ročních průměrů denní průměrné teploty vzduchu (°C) pro stanice jižní Moravy a období 1961-2003.

Obr. 2 znázorňuje chod sezónních a ročních průměrů denní průměrné teploty vzduchu, a to pro průměrovanou řadu (prostý aritmetický průměr) ze všech použitých stanic, dále pro minimální

a maximální hodnotu ze všech použitých stanic pro daný rok. Pro průměrovanou řadu je vykreslen lineární trend. Hodnota trendu ročních průměrů je  $0,3^{\circ}\text{C}$  na 10 let. Ze sezónních průměrů se nejvyšší hodnota vyskytuje v létě ( $0,5^{\circ}\text{C}/10$  let), dále v zimě a na jaře ( $0,4^{\circ}\text{C}/10$  let), na podzim je nulová. Statisticky významný ( $p=0,05$ ) je trend na jaře, v létě a v roce. Z obrázku je dále vidět, že do 80. let byl trend téměř nulový, od 80. let je patrný růst teploty až k dnešku (všechny sezóny a rok kromě podzimu). Podobný nárůst teploty od 80. let se dá sledovat rovněž v průměrované řadě severní polokoule.

Prostorové rozložení hodnot trendů v řadách ročních průměrů denní průměrné teploty vzduchu ve sledovaném období ukazuje obr. 3. Nejvyšší hodnoty trendů se na území jižní Moravy vyskytují v okolí Brna, nejnižší na východě území. K vysoké hodnotě trendu v okolí Brna je nutno poznamenat, že stanice Brno – Tuřany se nachází v prostoru brněnského letiště, mimo vlastní město, tuto vysokou hodnotu nelze tedy vysvětlit pouze tepelným ostrovem města.



Obr. 4. Chod denní maximální a minimální teploty vzduchu, průměrné hodnoty za rok a jednotlivé sezóny, oblast jižní Moravy, období 1961-2003. Průměr ze všech použitých stanic. Hodnoty maximální teploty vzduchu jsou znázorněny tečkovaně, na levé ose, hodnoty minimální teploty vzduchu plnou čarou, na pravé ose. Přidány spojnice trendů spolu s rovnicemi lineární regrese (popis nahoře pro maximální teploty, dole pro minimální teploty).

Obr. 4 znázorňuje roční a sezónní průměry denní maximální a minimální teploty vzduchu pro průměrovanou řadu (prostý aritmetický průměr) ze všech použitých stanic. Pro roční průměry jsou hodnoty trendů maximální i minimální teploty vzduchu stejné, trend pro denní teplotní amplitudu je tedy nulový. V létě a zimě jsou hodnoty trendů maximální (minimální) teploty vzduchu srovnatelné, trend pro denní teplotní amplitudu má v obou případech hodnotu  $0,1^{\circ}\text{C}/10$  let, minimální teploty rostou pomaleji než maximální teploty vzduchu. Na jaře jsou hodnoty trendů maximální (minimální) teploty vzduchu celkově nižší než v létě či zimě, přičemž trend denní teplotní amplitudy je opět  $0,1^{\circ}\text{C}/10$  let. Na podzim je hodnota trendu maximální teploty záporná, u minimální teploty kladná. Výsledná hodnota trendu denní teplotní amplitudy je potom  $-0,3^{\circ}\text{C}/10$  let. Nejvyšší hodnota denní teplotní amplitudy (průměr za danou sezónu či rok) se vyskytuje pro letní i pro roční průměry v roce 2003.

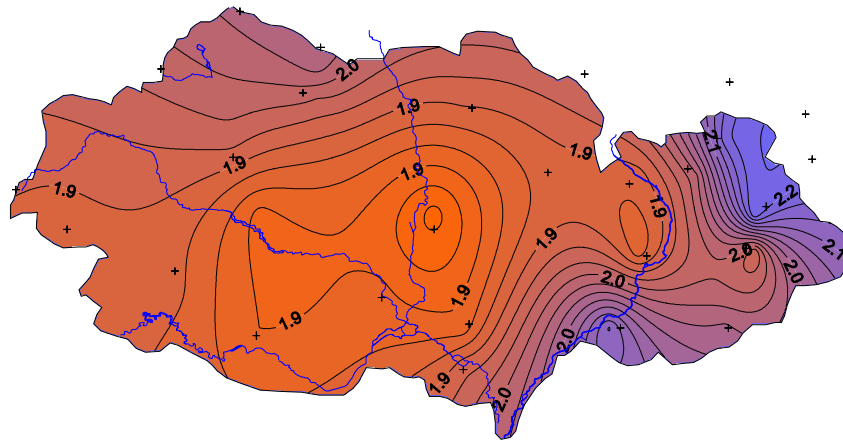
Pro denní maximální i minimální teplotu vzduchu je pro průměrovanou řadu jižní Moravy statisticky významný ( $p=0,05$ ) trend na jaře, v létě a v roce (stejně jako u denní průměrné teploty). Pro denní teplotní amplitudu je statisticky významný pouze podzim.

Z uvedených výsledků je vidět, že denní průměrná, maximální i minimální teplota vzduchu na území bývalého Jihomoravského kraje za sledované období 1961-2003 roste (v ročních a ve všech sezónních průměrech kromě podzimu), tedy i jakákoli závěry analýzy extremity založené na takovýchto řadách musí vést k tomu, že se v poslední době vyskytují vyšší, a také s vyšší četností se opakující, vysoké extrémní hodnoty. Pokud jde o denní teplotní amplitudu, ve všech sezónních průměrech kromě podzimu též roste, ale ne tak výrazně, na podzim naopak výrazně klesá. Celkový mírný růst se potom rovněž odráží ve výskytu (ať už ve velikosti či frekvenci) extrémních hodnot.

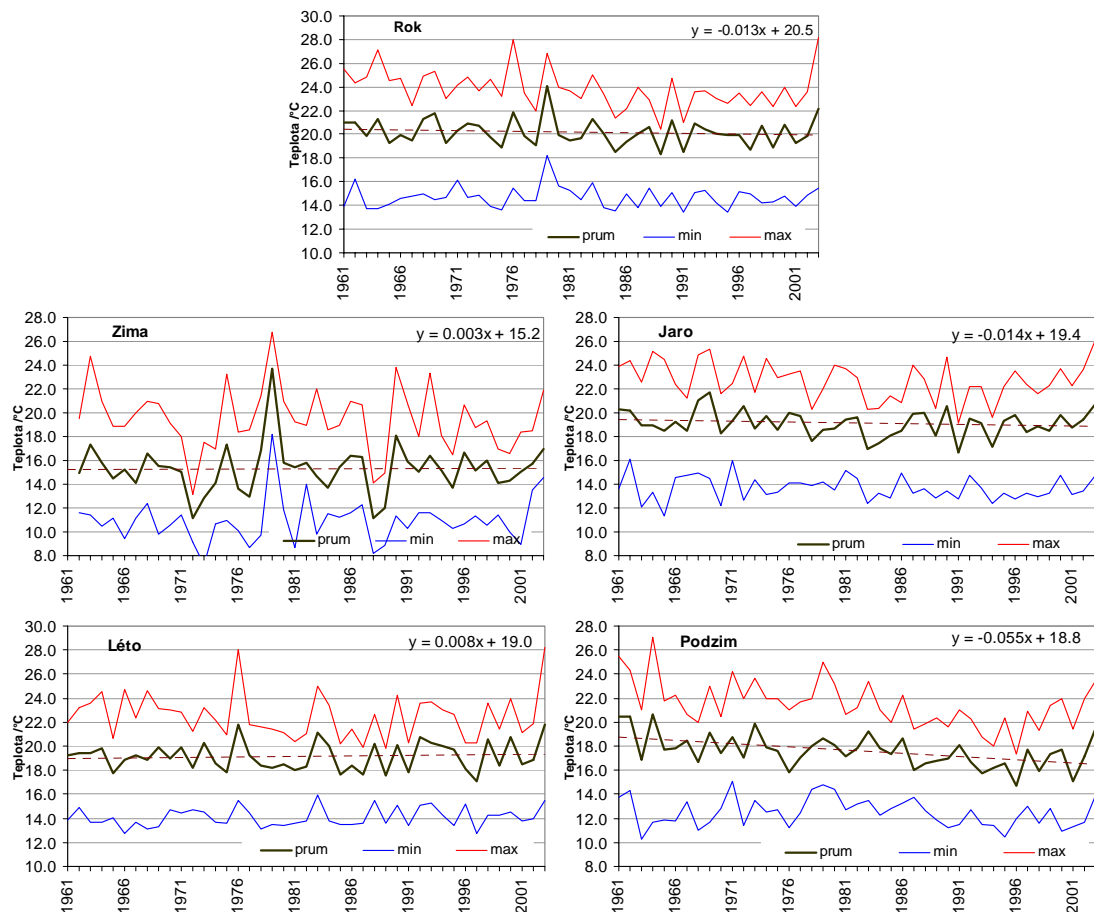
#### **4. Hodnocení extremity vybraných teplotních charakteristik**

Protože se v řadách běžných teplotních charakteristik (např. denní průměrná, maximální a minimální teplota vzduchu) nachází trend, tyto řady nejsou stacionární. Před samotnou analýzou extremity tedy musíme buď upravit řady nebo přizpůsobit používané metody. Jednou z možností je např. upravit model (použité rozložení extrémních hodnot) tak, aby v sobě zahrnoval trend (viz. např. Katz., 2002, Frei a Schär, 2000). Další možností může být odstranění trendů z používaných časových řad nebo nelezání takových charakteristik, které jsou přibližně stacionární.

V této práci bude dále analyzována denní teplotní amplituda a mezidenní rozdíl denní průměrné teploty vzduchu (absolutní hodnota), a to jejich maximální hodnoty za sezóny a rok. Tyto charakteristiky jsou jistě zajímavé také z hlediska zkoumání ohrožení rostlin a živočichů extrémní počasí.



Obr. 5. Prostorové rozložení průměrných ročních hodnot mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu (°C), jižní Morava, průměr za období 1961-2003.



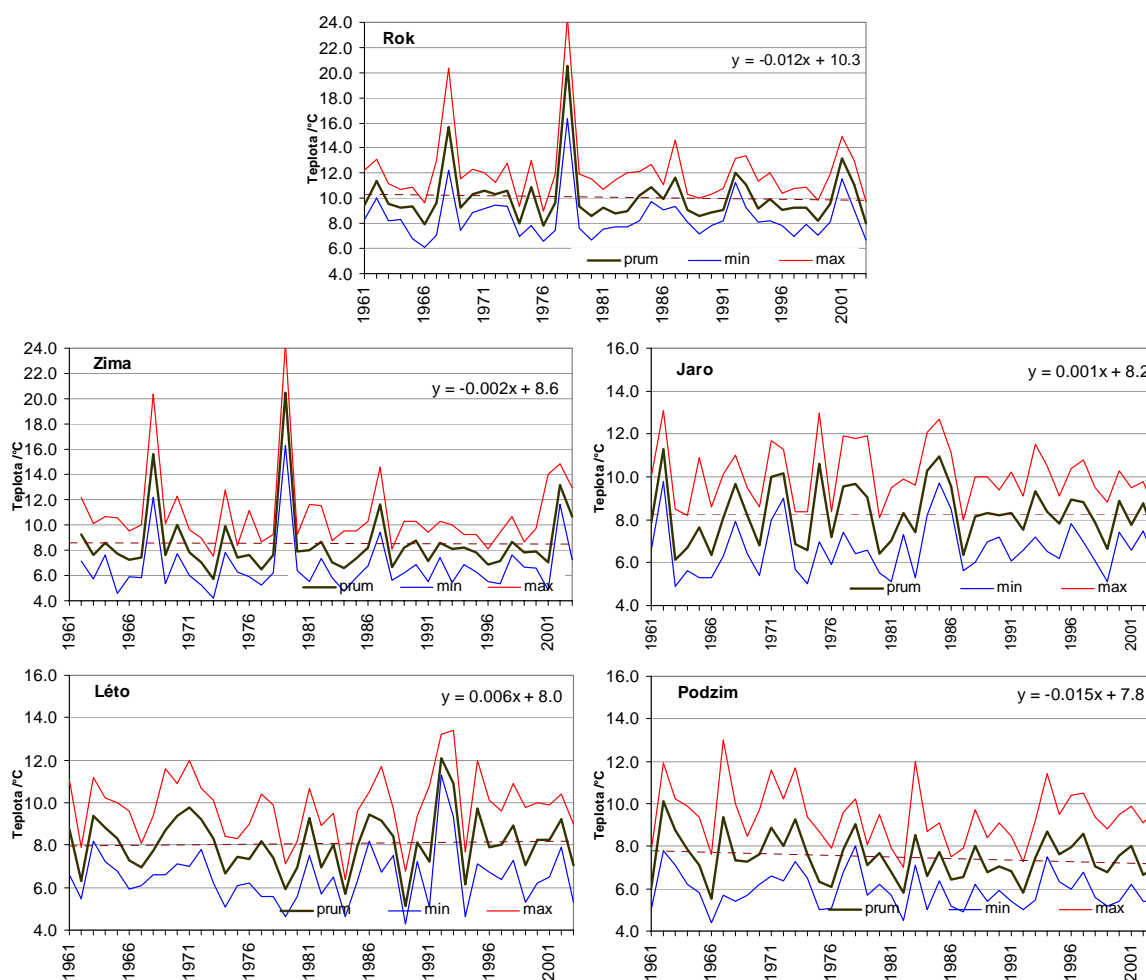
Obr. 6. Chod denní teplotní amplitudy, absolutní maxima za rok a jednotlivé sezóny, jižní Morava, období 1961-2003. Znáznorněn je průměr ze všech použitých stanic (prum) a nejnižší (min), resp. nejvyšší (max) hodnota ze všech stanic. Čárkovaně je naznačen trend průměrované řady, pro tento trend je též vypsána rovnice lineární regrese.

Prostorové rozložení průměrných ročních hodnot mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu, průměr za období 1961-2003, ukazuje obr. 5. Nejnižší je rozdíl v okolí Brna, nejvyšší na severovýchodě a jihovýchodě území.



Obr. 6 znázorňuje chod sezónních a ročních absolutních maxim denní teplotní amplitudy za sledované období. Hodnoty ze všech stanic byly zprůměrovány, pro tyto průměrné hodnoty je v grafech naznačen trend spolu s vypsáním rovnice lineární regrese. Trend v ročních maximech je záporný,  $-0,1^{\circ}\text{C}$  na 10 let. Pokud jde o jednotlivé sezóny, v létě se vyskytují kladné hodnoty trendů, na jaře a na podzim záporné. Nejvyšší hodnota trendu je v létě ( $0,1^{\circ}\text{C}/10$  let), nejnižší na podzim ( $-0,5^{\circ}\text{C}/10$  let). V zimě je trend nulový, na jaře  $-0,1^{\circ}\text{C}/10$  let. Statisticky významný trend ( $p=0,05$ ) je pouze na podzim.

Maximální hodnota denní teplotní amplitudy byla za celé sledované období dosažena 1.1. 1979 (průměr ze všech stanic  $23,7^{\circ}\text{C}$ ). Klesající trend ročních maxim denní teplotní amplitudy je v posledních letech narušen opět vyššími hodnotami, totéž platí pro jaro a podzim. Rok 2003 je výrazný ve všech sezónách a roce, např. dne 13.8. 2003 byla dosažena hodnota  $21,8^{\circ}\text{C}$ .



Obr. 7. Chod mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu, absolutní maxima za rok a jednotlivé sezóny, jižní Morava, období 1961-2003. Znázorněn je průměr ze všech použitých stanic (prum) a nejnižší (min), resp. nejvyšší (max) hodnota ze všech stanic. Čárkovaně je naznačen trend průměrované řady, pro tento trend je též vypsána rovnice lineární regrese.

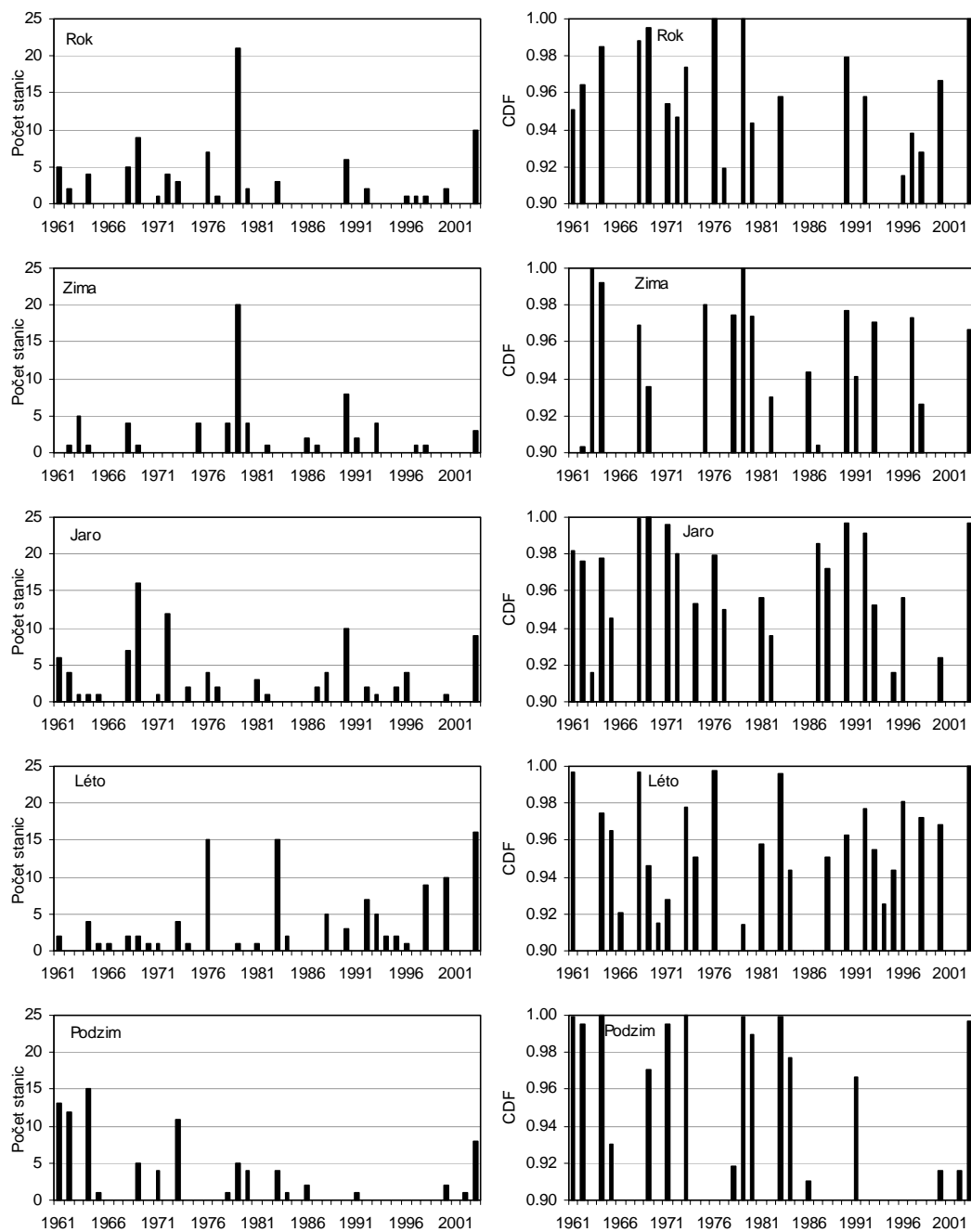
Obr. 7 znázorňuje chod ročních a sezónních absolutních maxim mezidenního rozdílu průměrné teploty vzduchu. Hodnoty ze všech stanic byly opět zprůměrovány, pro tyto průměrné

hodnoty je v grafech naznačen trend spolu s vypsáním rovnice lineární regrese. V zimních i ročních maximech je třikrát překročena hranice extrémních hodnot (bráno jako trojnásobek mezikvartilové odchylky od horního kvartilu v dané řadě). Nejvyšší rozdíl 20,5°C (průměrná hodnota ze všech stanic) je mezi dny 31.12. 1978 a 1.1. 1979, toto datum se vyskytlo jako extrémní hodnota též v případě maximálních denních teplotních amplitud za zimní sezónu, viz. obr. 6. Druhý extrém 15,7°C se vyskytl 14.1. 1968, třetí extrém 13,2°C 12.12. 2001. Trendy jsou ve všech případech statisticky nevýznamné ( $p=0,05$ ), většinou jsou nulové, jenom na podzim a v roce záporné ( $-0,1^{\circ}\text{C}/10$  let).

#### **4.1 Aplikace rozložení extrémních hodnot na analyzované řady**

Maximální sezónní a roční hodnoty denní teplotní amplitudy a mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu byly dále vyjádřeny (aproximovány) hodnotami kumulativní distribuční funkce Gumbelova rozložení a zobecněného rozložení extrémních hodnot (GEV – generalized extreme value distribution). Gumbelovo rozložení je speciální případ GEV rozložení, kdy parametr tvaru rozložení je roven nule (Smith, 2001). K výpočtům byl použit software vyvinutý autorem – ProClimDB (Štěpánek, 2003b). K určení parametrů GEV rozložení je v softwaru použita metoda PWM (probability weighted moments, viz. např. Coleman, 2003). Parametry rozložení byly zjišťovány vzhledem k referenčnímu období 1961-2000.

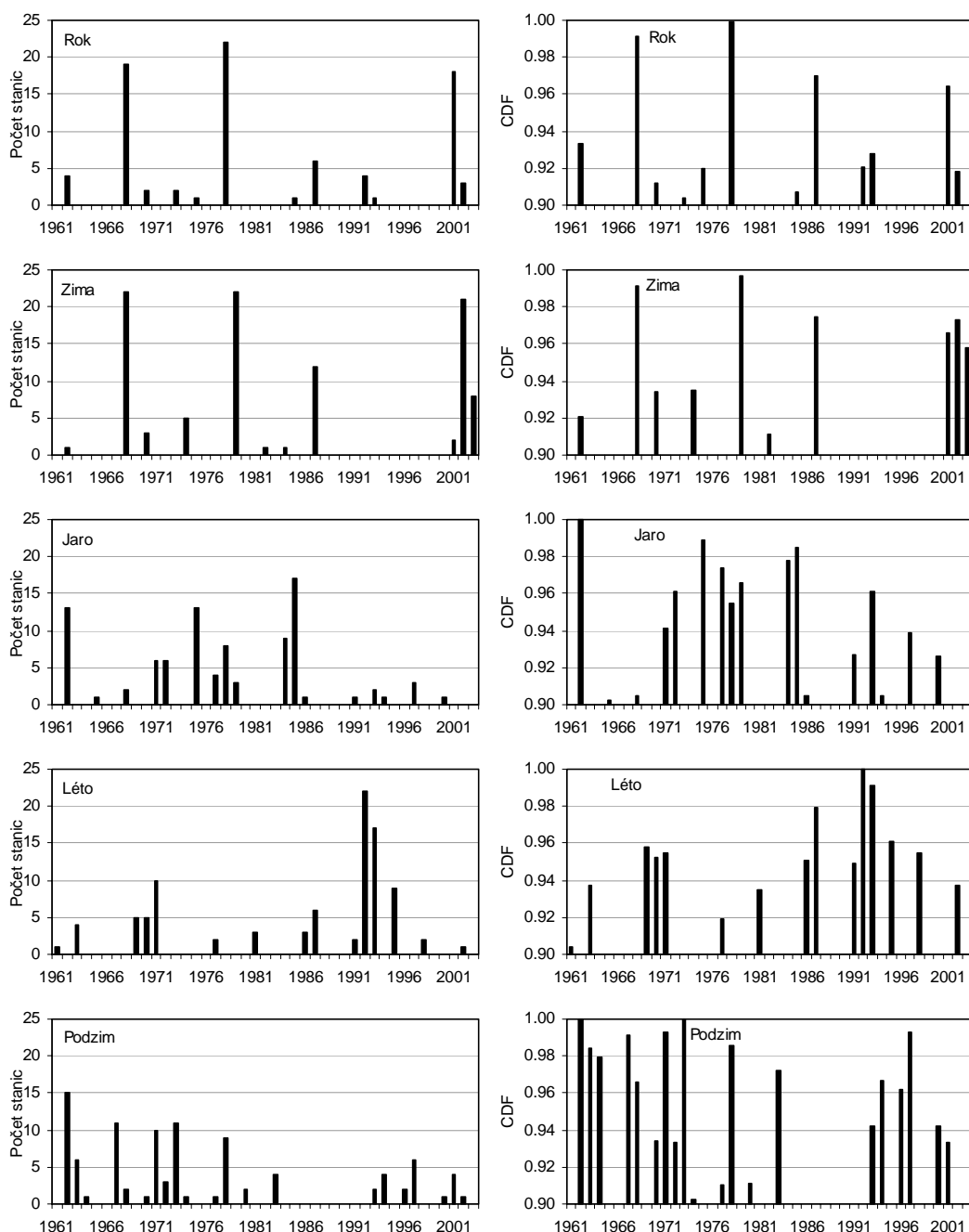
Vhodnost aproximace dat daným rozložením byla ověřována Kolmogorov-Smirnovovým testem, p-hodnota byla pro GEV rozložení ve většině případů vyšší jak 0,9, u Gumbelova rozložení byla hodnota o něco nižší. Tento test byl ale brán spíše orientačně, neboť pro zjištění hodnot teoretického rozložení byly použity parametry získané ze zkoumaného výběru, čímž se test stává méně spolehlivým. Větší důraz byl kladen na grafy typu P-P a Q-Q. Pomocí Q-Q grafů bylo např. zjištěno, že u maxim mezidenních rozdílů průměrné denní teploty vzduchu rozložení v mnoha případech špatně modeluje nejvyšší dvě až tři hodnoty použitých řad (absolutní maxima za celé zkoumané období). U maxim denní teplotní amplitudy se většinou jednalo pouze o jednu hodnotu.



Obr. 8. Sezónní a roční maxima denní teplotní amplitudy: počet stanic, jejichž hodnoty překračují v daném roce 90% percentil GEV rozložení (na levé straně) a maximální hodnota kumulativní distribuční funkce (CDF - pravděpodobnost) GEV rozložení v daném roce ze všech stanic (na pravé straně).

Pomocí GEV rozložení byly dále zjišťovány případy, kdy kumulativní distribuční funkce (tzn. pravděpodobnost výskytu menší nebo rovno dané hodnotě) nabývá hodnoty alespoň 0,9, což odpovídá 10leté periodě opakování. Obr. 8 pro roční a sezónní maxima denní teplotní amplitudy ukazuje počet stanic v daném roce s překročením této hodnoty a dále maximální hodnotu kumulativní distribuční funkce pro daný rok ze všech použitých stanic. Z uvedených výsledků se zatím nedá s jistotou říci, zda se denní teplotní amplituda stává extrémnější. Pokud jde o prostorovou variabilitu, počet stanic s výskytem extrémních hodnot překračujících 90% percentil

GEV rozložení v roce a ve všech sezónách spíše klesá, v létě naopak především v posledním desetiletí roste. Výjimečná je hodnota denní teplotní amplitudy z 1.1. 1979, kdy tato hodnota byla v ročních maximech extrémem na všech použitých stanicích, u zimních maxim to bylo téměř na všech stanicích. Zajímavý je dále rok 2003 s relativně vyšším počtem stanic jak v roce tak ve všech sezónách kromě zimy. Z obr. 8 dále vyplývá, že také extremita denní teplotní amplitudy (vyjádřená maximální hodnotou kumulativní distribuční funkce ze všech stanic) v roce a ve všech sezónách kromě léta klesá. Opět se, především v létě, projevuje jako extrémní rok 2003.



Obr. 9. Sezónní a roční maxima mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu: počet stanic, jejichž hodnoty překračují v daném roce 90% percentil GEV rozložení (na levé straně) a

maximální hodnota kumulativní distribuční funkce (CDF - pravděpodobnost) GEV rozložení v daném roce ze všech stanic (na pravé straně).

Pokud jde o extrémní mezidenních rozdílů denní průměrné teploty vzduchu (viz. obr. 9), výsledky jsou podobné jako u denní teplotní amplitudy. Extremita v roce, na jaře a na podzim klesá, v zimě je zajímavá vyšší četnost výskytů extrémů v posledních letech. Rok 2003 se v tomto případě jako extrémní neprojevuje (s výjimkou zimy).

Uvedené výsledky budou v budoucnu doplněny o další analýzu teplotních extrémů se zaměřením především na denní maximální a minimální teplotu vzduchu, k tomuto účelu bude použit model, který v sobě zahrnuje trend v časových řadách (viz. např. Frei a Schär, 2000). Tím bude možné komplexněji zhodnotit teplotní extrémity ve zkoumaném území. Návazným krokem může být dále nalezení vazby (odezvy) rostlin a živočichů na tyto teplotní extrémity.

## 5. Závěr

Pro území jižní Moravy a období 1961-2003 byly analyzovány extrémity vybraných teplotních charakteristik. Časové řady byly před vlastní analýzou podrobeny kontrole kvality dat, jednak z hlediska vychýlených hodnot, dále z hlediska nehomogenit ve formě změn v průměru. Zkoumanými teplotními charakteristikami byly sezónní a roční maxima denní teplotní amplitudy a sezónní a roční maxima mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu. Pro hodnocení extremity byly použity percentily teoretického rozložení - zobecněného rozložení extrémních hodnot (GEV rozložení), které v sobě zahrnuje také např. rozložení Gumbela.

U sezónních a ročních maxim denní teplotní amplitudy se za sledované období (pro průměrovanou řadu všech použitých stanic) v létě vyskytuje kladná hodnota trendu, v zimě nulová, na jaře, na podzim a v roce záporná, tyto záporné trendy jsou ale v posledních letech narušeny opět rostoucími hodnotami maxim. Výrazný je především rok 2003. Pokud jde o extremitu denní teplotní amplitudy (vyjádřenou maximální hodnotou kumulativní distribuční funkce ze všech stanic v daném roce), ta v ročních a ve všech sezónních maximech kromě léta klesá. To samé platí pro prostorovou variabilitu (počet stanic s výskytem extrémních hodnot překračujících 90% percentil GEV rozložení). Opět se, především v létě, projevuje jako extrémní rok 2003.

V případě maxim mezidenních rozdílů denní průměrné teploty vzduchu jsou lineární trendy ve všech sezónách a roce statisticky nevýznamné ( $p=0,05$ ), většinou jsou nulové, pouze na podzim a v roce záporné. Extremita (vyjádřená pomocí kumulativní distribuční funkce) v ročních maximech, na jaře a na podzim klesá. V zimě je zajímavá vyšší četnost výskytů extrémů v posledních letech. Rok 2003 se v tomto případě jako extrémní neprojevuje (s výjimkou zimy).

## Literatura:

- Alexandersson, A. (1986): A homogeneity test applied to precipitation data. *J. Climatol.*, 6, 661-675.
- Alexandersson, A. (1995): Homogeneity Testing, Multiple Breaks and Trends. In: Proc. 6th Int. Meeting on Stat. Climatology, Galway, Ireland, 439-441.
- Brázdil, R., Písek, J., Luterbacher, J., Tolasz, R., Květoň, V. (2001): Fluctuations of extremely cold and warm months in the Czech Republic during the period of instrumental records and their relation to the atmospheric circulation. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik*, Nr. 27, Wien (CD-ROM).
- Brázdil, R. (2003): Meteorological extremes in the Czech republic: data, methods, fluctuations, impacts. In: En memoria de D. Antonio Lópoz Gómez (Conferencias invitadas al II Congreso de la EAC), Cueva, A.J.P., Baeza, E.L., Carmona, J.T. (eds.), Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie B, n. 2. 33-59.
- Coleman, R., (2003): Op risk modelling for extremes. Part 2: Statistical methods. Operational risk, Volume 4, Issue 1. pp 6-9.  
[http://stats.ma.ic.ac.uk/user\\_home\\_pages/rcoleman/public\\_html/ORjan.pdf](http://stats.ma.ic.ac.uk/user_home_pages/rcoleman/public_html/ORjan.pdf)
- Easterling, D., R., Peterson, T., C. (1995): A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *Int. Journal of Climatology*, vol. 15, 369-377.
- Frei, Ch., Schär, Ch. (2000): Detection Probability of Trends in Rare Events: Theory and Application to Heavy Precipitation in the Alpine Region. *Journal of Climate*, 14, 1568-1584.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., Maskell, K., eds. (1996): *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. University Press, Cambridge, 572 pp.
- Katz, W. R., Parlange, M. B., Naveau, P. (2002): Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources* 25, 1287-1304.
- Kyselý, J., Huth, R., Dubrovský, M. (2001): Simulace extrémních teplotních jevů globálními cirkulačními modely, statistickým downscalingem a stochastickým generátorem. *Meteorol. Zpr.*, 54, s. 73-78.
- Potter, K.W. (1981): Illustration of a New Test for Detecting a Shift in Mean in Precipitation Series. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 2040-2045.
- Smith, R.L. (2001): *Environmental statistics*. Revidováno pro publikaci. 377 p.  
<http://www.stat.unc.edu/postscript/rs/envnotes.ps> ...
- Štěpánek, P. (2003a): AnClim - Software for time series analysis (for Windows). Geografický ústav PřF MU, Brno, 1.47 MB. <http://www.sci.muni.cz/~pest/AnClim.html>
- Štěpánek, P. (2003b): ProClimDB - software for processing climatological datasets. ČHMÚ, pobočka Brno. <http://www.sci.muni.cz/~pest/ProcData.html>
- Štěpánek, P. (2004a): Hodnocení extremity teplotních charakteristik na základě jejich měsíčních průměrů pro území jižní Moravy v období 1961-2003. In: *Extrémy počasí a podnebí*, Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds). ISBN 80-86690-12-1. CD-ROM.
- Štěpánek, P. (2004b): Homogenizace teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových pozorování. *Práce a studie, ČHMÚ*, v tisku.
- Vincent, L. A. (1998): A technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series. *J. Climate*, 11, No. 5, 1094-1104.

Kontakt na autora: Mgr. Petr Štěpánek, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno. E-mail: [petr.stepanek@chmi.cz](mailto:petr.stepanek@chmi.cz)

#### Abstrakt

Pro území jižní Moravy a období 1961-2003 byly z hlediska extremity analyzovány vybrané teplotní charakteristiky. Jednalo se o sezónní a roční maxima denní teplotní amplitudy a sezónní a roční maxima mezidenního rozdílu denní průměrné teploty vzduchu. Hodnocení extremity bylo provedeno použitím zobecněného rozložení extrémních hodnoty (GEV) a Gumbelovým rozložení. Velká pozornost byla věnována kontrole kvality dat a homogenizaci řad. K homogenizaci i samotným výpočtům byl použit software AnClim a ProClimDB vyvinutý autorem.

**Klíčová slova:** teplotní extrémny, denní teplotní amplituda, mezidenní rozdíl průměrné teploty vzduchu, homogenizace.