

Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření

Petr Štěpánek

ČHMÚ, Brno

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

e-mail: petr.stepanek@chmi.cz

Cíle disertační práce

Hlavní cíle disertační práce:

- 1. analýza statistické struktury řad teploty vzduchu a studium časových a prostorových rysů kolísání teploty vzduchu na území České republiky.
- 2. vazba kolísání teploty vzduchu na klimatotvorné faktory.

V souvislosti s naplněním těchto bodů je potřeba mj. :

- vytvořit databázi homogenních průměrných měsíčních teplot vzduchu z období přístrojových měření, s dostatečným prostorovým rozlišením pro následnou analýzu
- nalézt vhodný postup homogenizace a kontroly kvality dat s ohledem na problémy, jako jsou nedostatečná metadata (především u nejstarších měření), většinou nejednoznačné výsledky statistických testů homogenity, atd.
- vytvořit softwarové vybavení pro kontrolu kvality dat, homogenizaci a analýzu časových řad zahrnující metody, které chybí v běžných statistických balících, a které bude dále využitelné pro studeny na Geografickém ústavu MU
- vytvořit průměrnou řadu teploty vzduchu pro Českou republiku, která bude sloužit pro porovnání s jinými řadami ve střední Evropě a s průměrnou řadou severní polokoule

Časová a prostorová analýza kolísání teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření

- měsíční, sezónní a roční průměry teploty vzduchu
- téměř 200 stanic měřící v různém období v průběhu přístrojových měření (od roku 1771, délka měření alespoň 20 let)

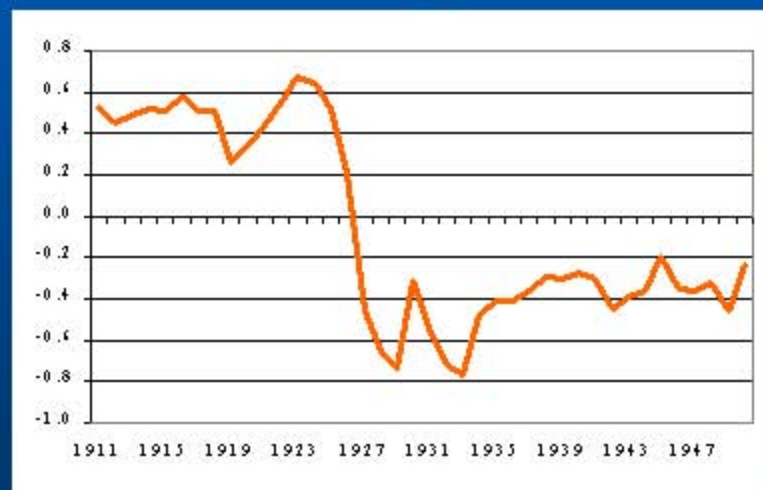
Klimatologické studie

- **naměření a sběr dat**



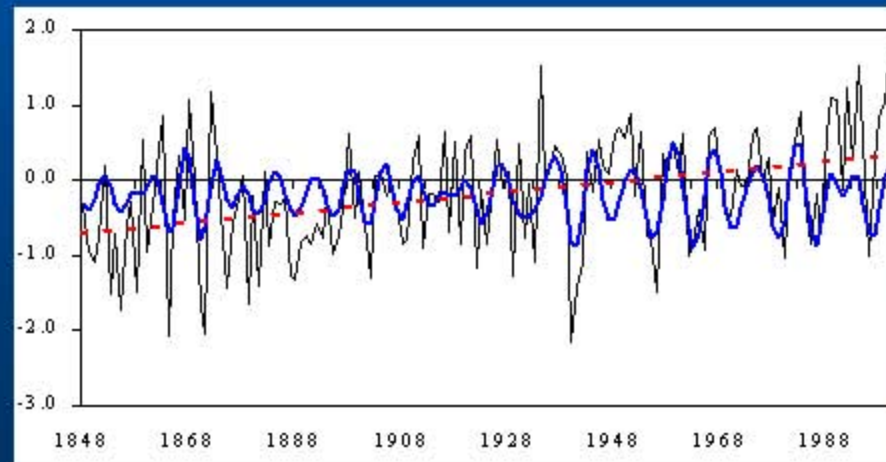
Klimatologické studie

- pořizení dat
- kontrola kvality dat a homogenizace



Klimatologické studie

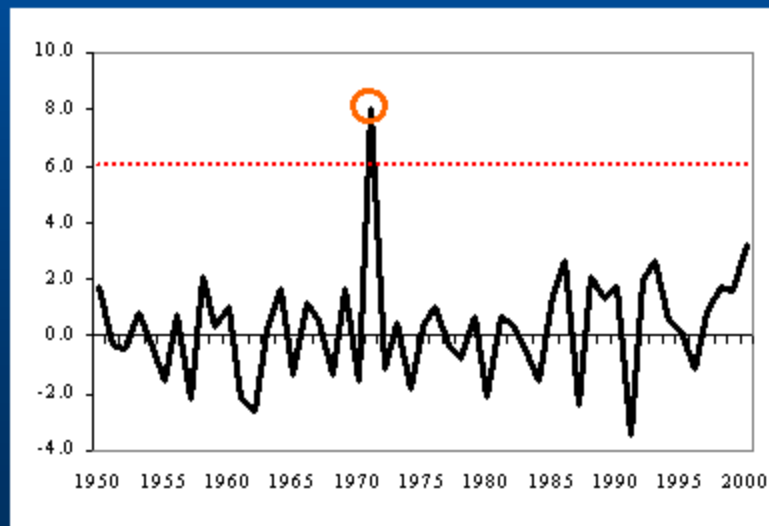
- sběr dat
- homogenizace
- analýza dat



Příprava dat pro analýzu

Příprava dat

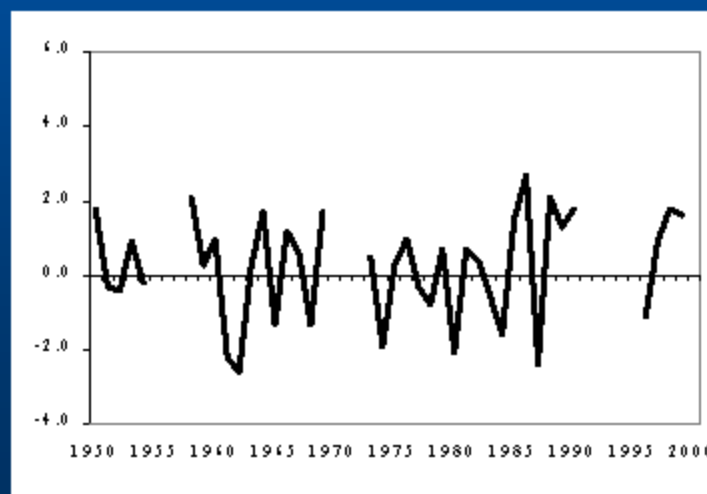
Vychýlené
hodnoty



Příprava dat

Vychýlené
hodnoty

Chybějící
hodnoty

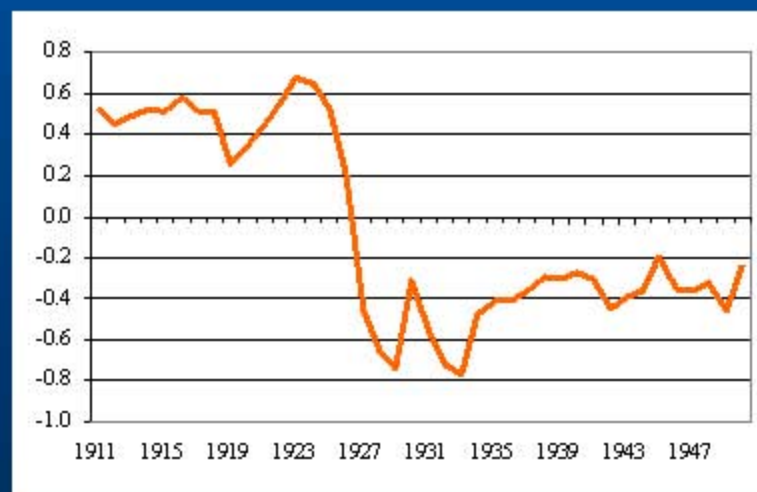


Příprava dat

Vychýlené
hodnoty

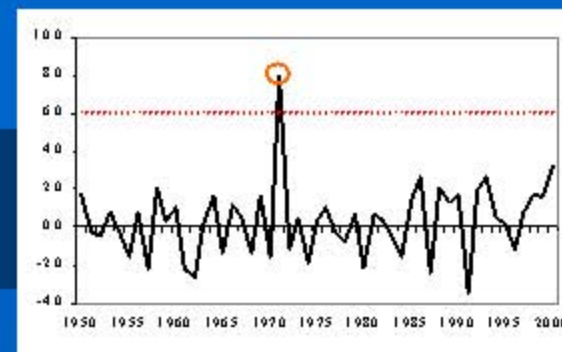
Chybějící
hodnoty


Homogenita
řad



Kontrola kvality dat

Nalezení vychýlených hodnot



- 1. Limitní hodnoty získané z mezikvartilové odchylky
 - řada poměrů (logaritmů) mezi testovanou a referenční řadou
 - referenční řada vytvořená jako průměr 5 nejvíce korelovaných stanic, max. vzdálenost 35 km
 - hranice: koeficient (násobek) = 3.0
- 
- 2. Porovnání hodnot s hodnotami sousedních stanic
 - porovnání s ... nejbližšími stanicemi
 - řady standardizovaných poměrů (logaritmy poměrů)
 - počet případů překračujících 95% meze spolehlivosti

Homogenita časových řad

- Quality control
- Homogenization
- Data Analysis

Homogenita časových řad

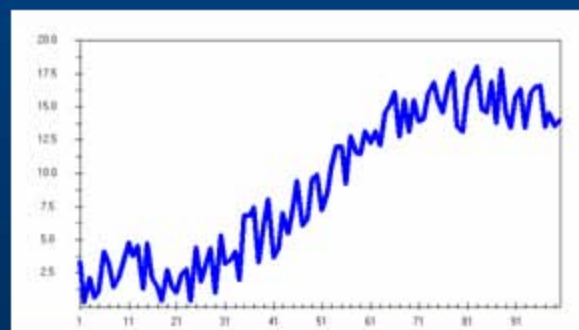
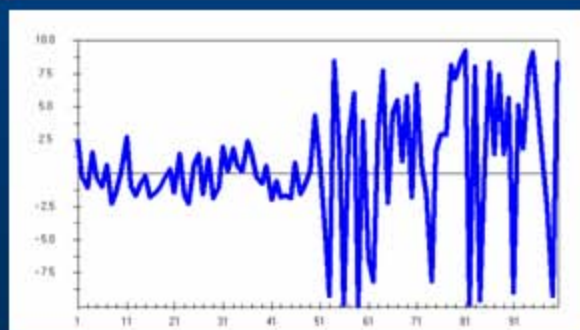
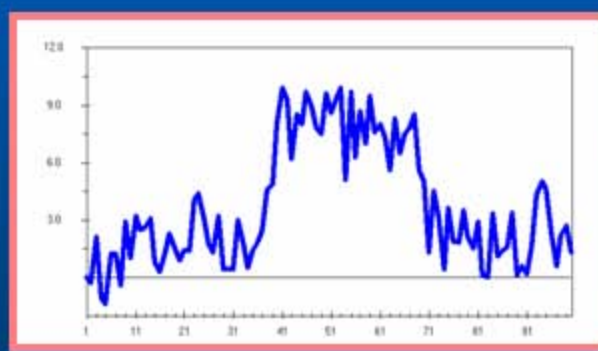
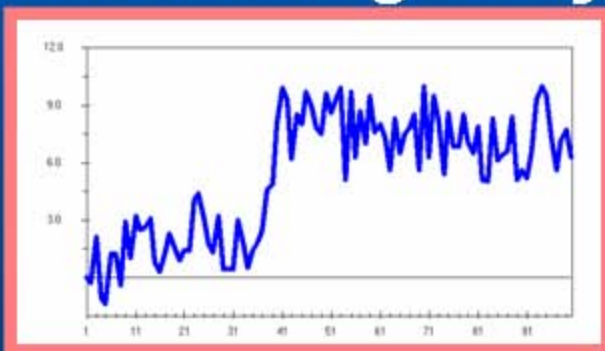
- homogenita měření je narušena při změně podmínek na stanici

- Quality control
- Homogenization
- Data Analysis

Homogenizace

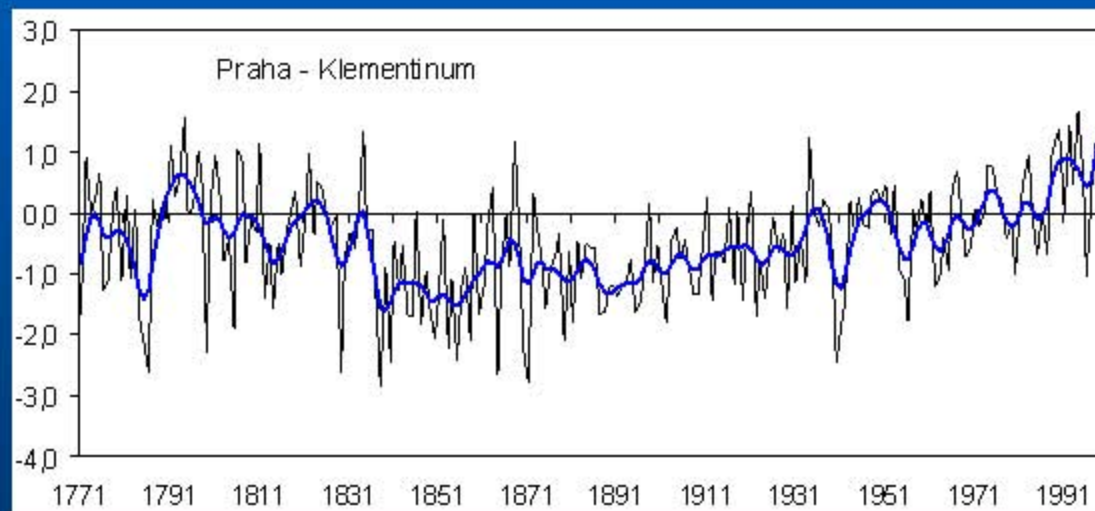
- změna podmínek na stanici

→ nehomogenity



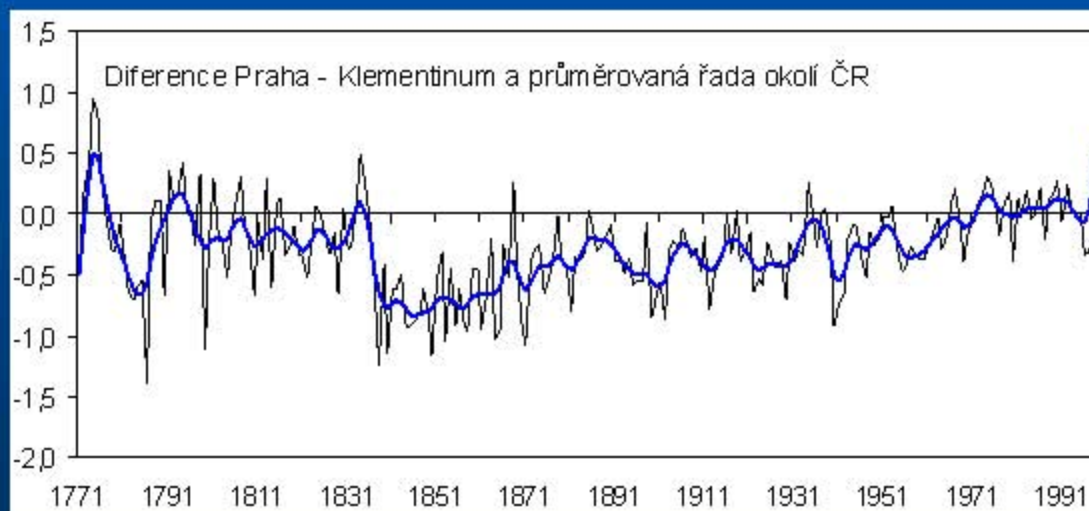
Detekce nehomogenit

- Testy absolutní homogenity



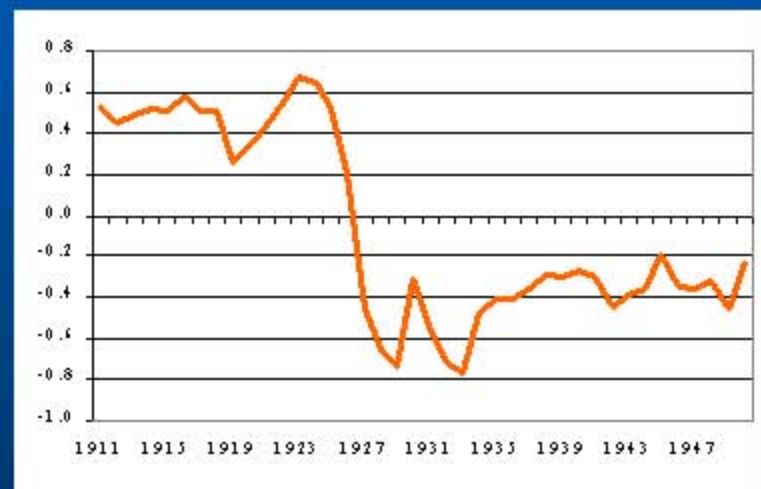
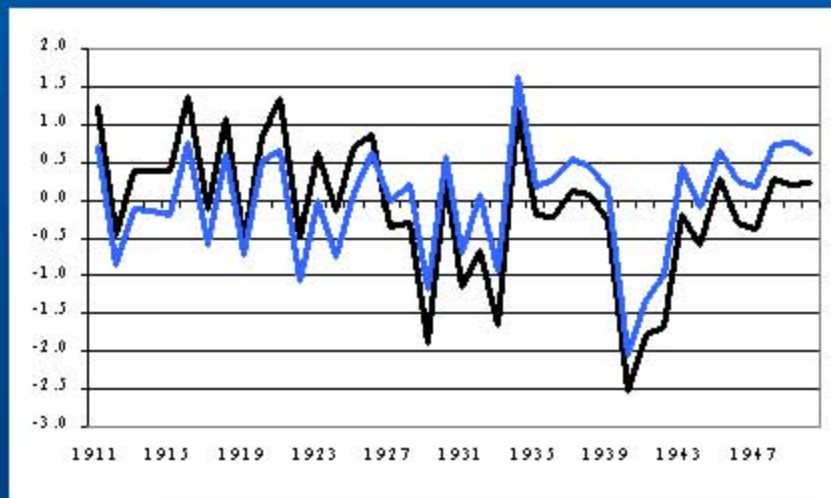
Detekce nehomogenit

- Testy absolutní homogenity
- Testy relativní homogenity



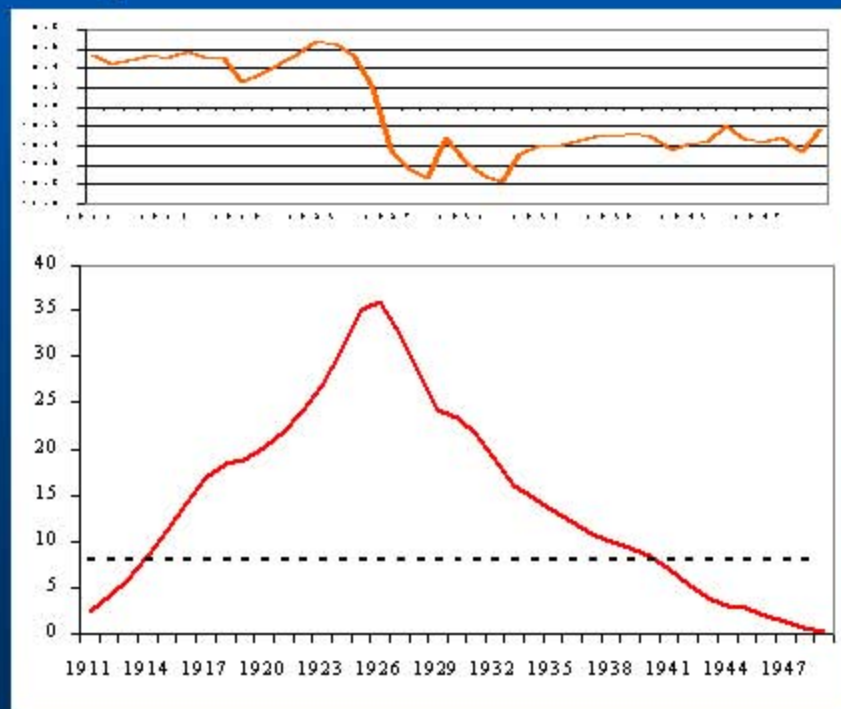
Homogenizace - postup

- Tvorba referenčních řad



Homogenizace

- Tvorba referenčních řad
- Testování homogenity



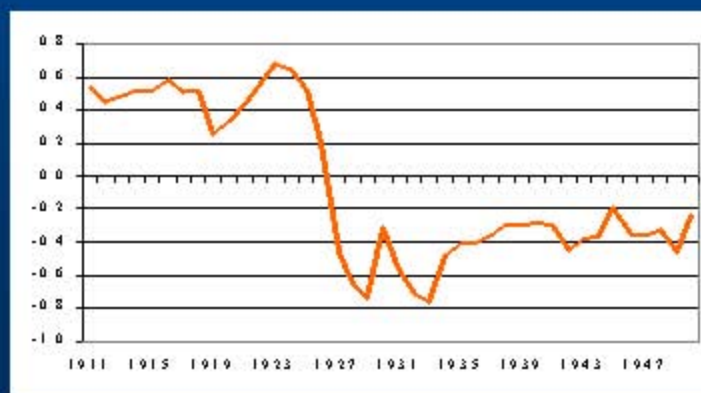
Homogenizace

- Tvorba referenčních řad
- Testování homogenity
- Posouzení nehomogenit v řadách

- Metadata



- fyzikálně zdůvodnitelné
("nezpochybnitelné") nehomogenity



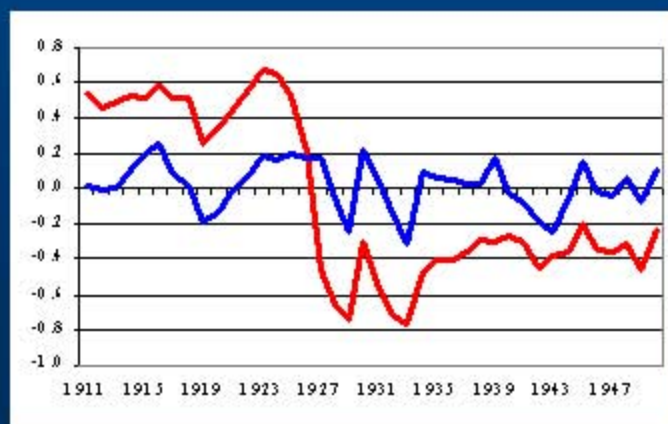
Homogenizace

- Tvorba referenčních řad
- Testování homogenity
- Posouzení homogenity řad

- Metadata

- fyzikálně zdůvodnitelné
("nezpochybnitelné") nehomogenity

- Oprava řad



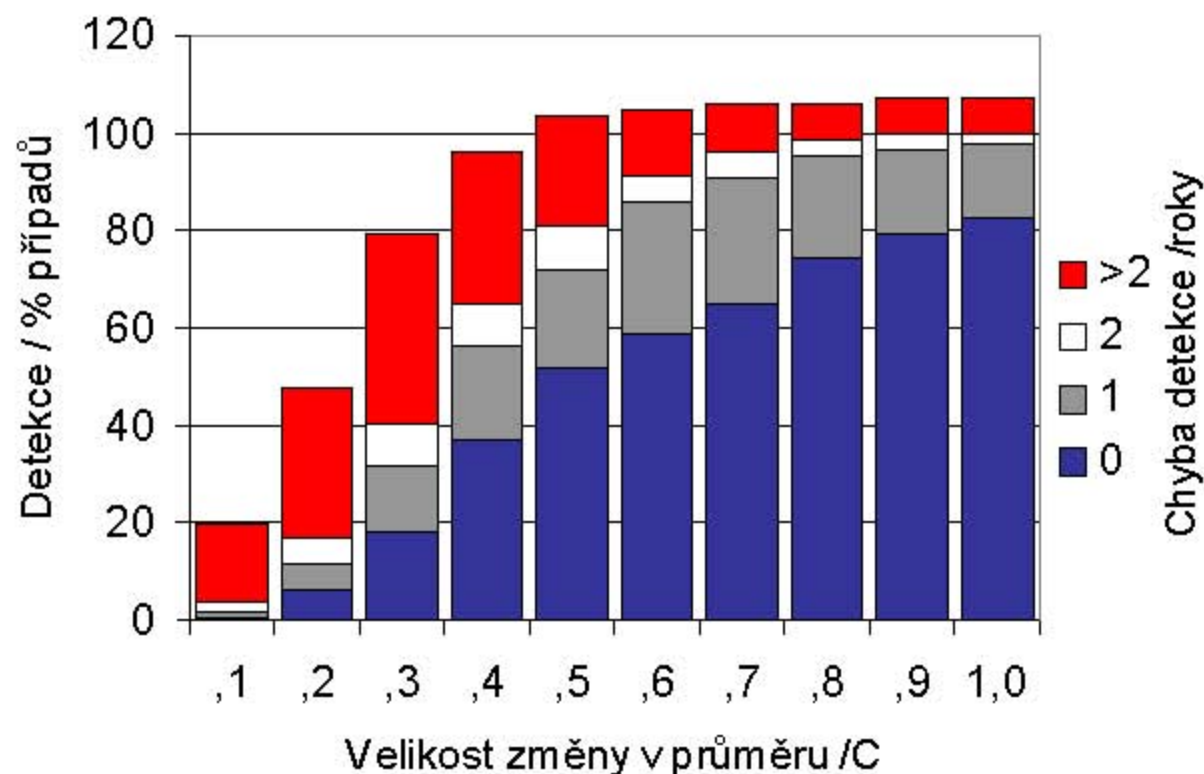
Možné přístupy k homogenizaci

- **nehomogenizovat vůbec**
- **použít statistické testy a věřit, že jejich výsledky jsou „svaté“**
- **?**

Spolehlivost detekce nehomogenit

Schopnost detekce nehomogenit

SNHT ($p=0.05$, 950 series)



Změna:

- velikost nehomogenity
- délka řad
- poloha v řadě

Problémy při vyhodnocování nehomogenit

- většinou jsou metadata nekompletní
 - jsme tedy závislí pouze na výsledcích statistických testů
- ale správná detekce nehomogenit pomocí testů je často problematická
(splnění všech podmínek aplikace testů, problémy v řadách, ...)

Navržené řešení

Statistické zpracování velkého množství výsledků testování pro každou testovanou řadu (ensemble)

- **pravděpodobnost dané nehomogenity - poměr počtu detekovaných nehomogenit na počtu všech teoreticky možných detekcí (pro každý rok, skupinu roků, celé období)**

Jak zvýšit spolehlivost testování homogeneity

(bez metadat)

- měsíční, sezónní, roční průměry
- různé referenční řady
- různé testy homogeneity
- 40-ti leté úseky
- několik kroků - iterací

Zpracování dat

Měsíční, sezonní a
roční průměry

Kontrola kvality -
vychýlené hodnoty

Mezikvart. odchylka

Porovnání se sousedy

Navazání řad
sousedních stanic

Testování homogenity

Alexanderssonův test

Bivariační test

t-test

Mann-Whitney-Pettit

Referenční řady

pomocí korelací

pomocí vzdáleností

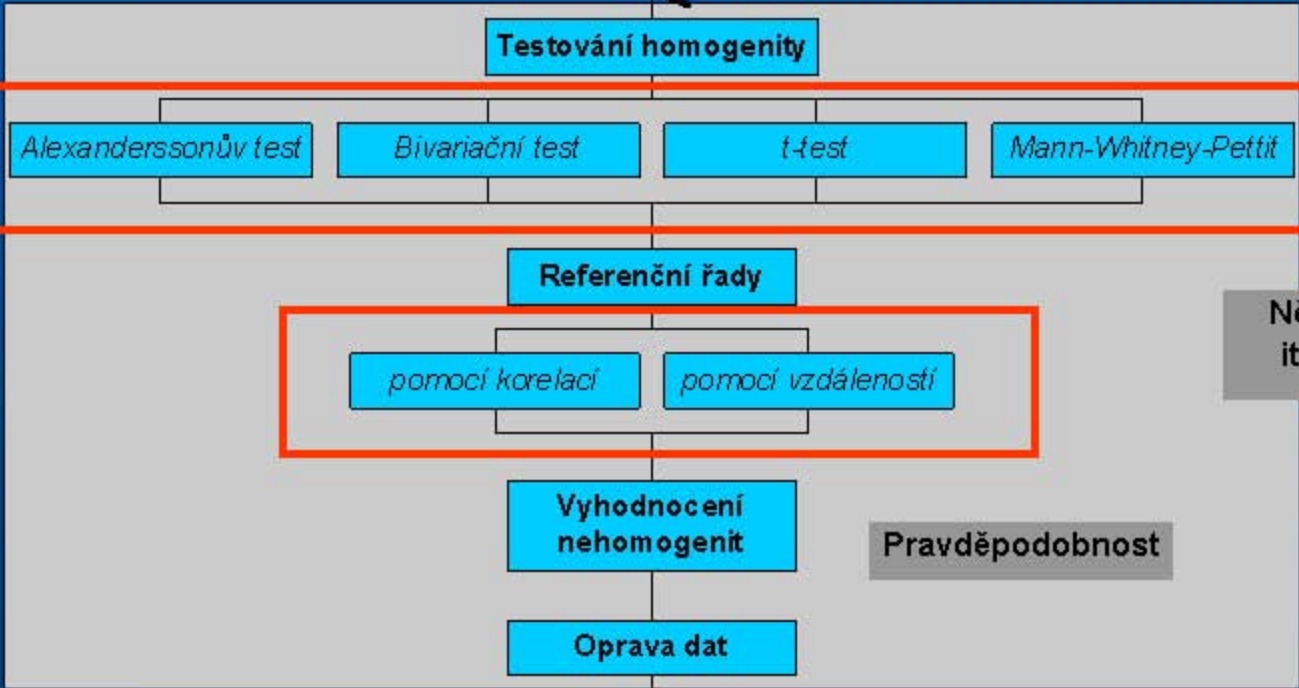
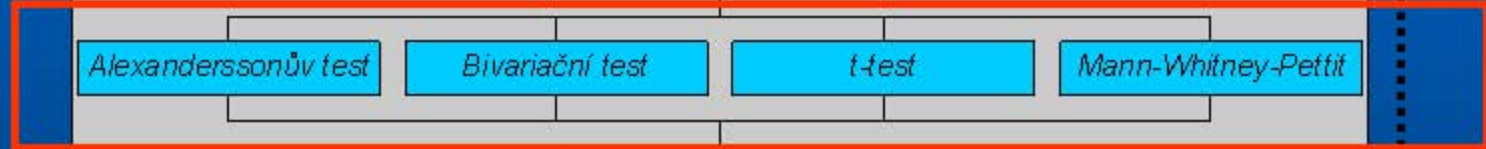
Několik
iterací

Vyhodnocení
nehomogenit

Pravděpodobnost

Oprava dat

Doplnění
chybějících hodnot



Výhody statistického zpracování

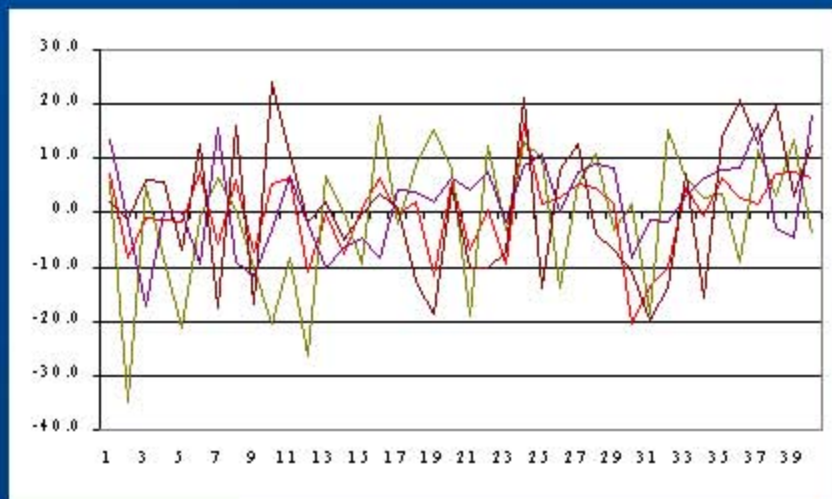
- známe závažnost každé nehomogenity (pravděpodobnost)
- můžeme ohodnotit kvalitu měření dané stanice jako celku (součet všech nehomogenit)

Referenční řady

- Quality control
- Homogenization
- Data Analysis

Referenční řady

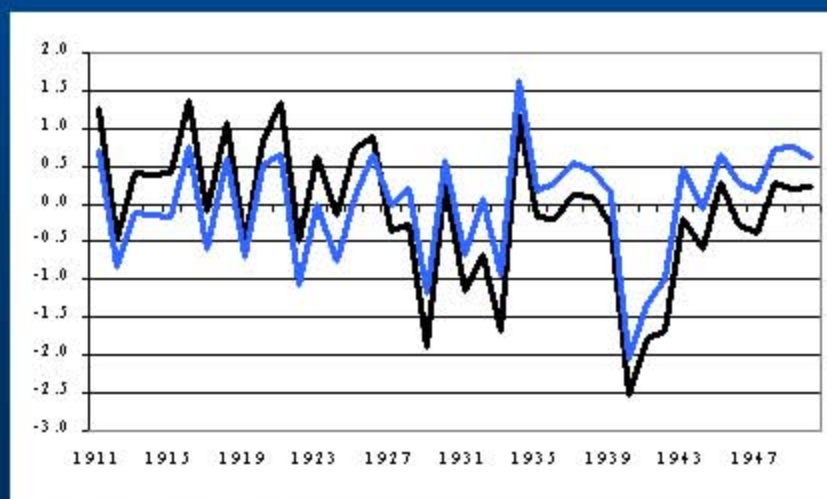
Regionální
průměr



Referenční řady

Regionální
průměr

Průměr
stanic s
nejvyššími
korelacemi

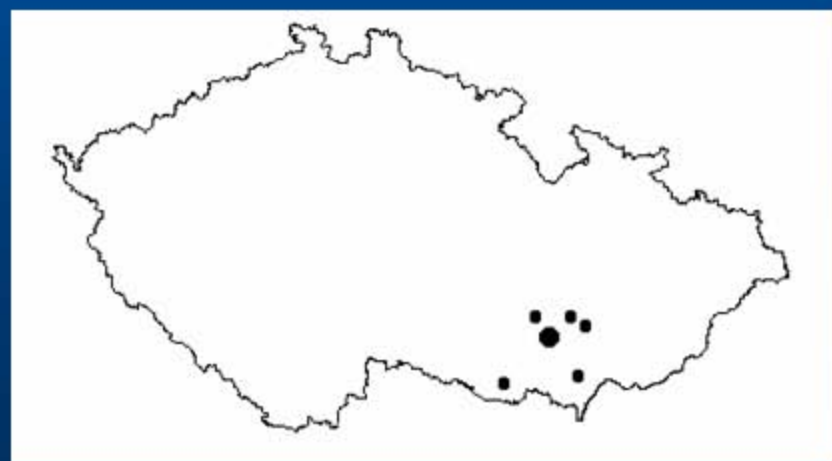


Referenční řady

Regionální
průměr

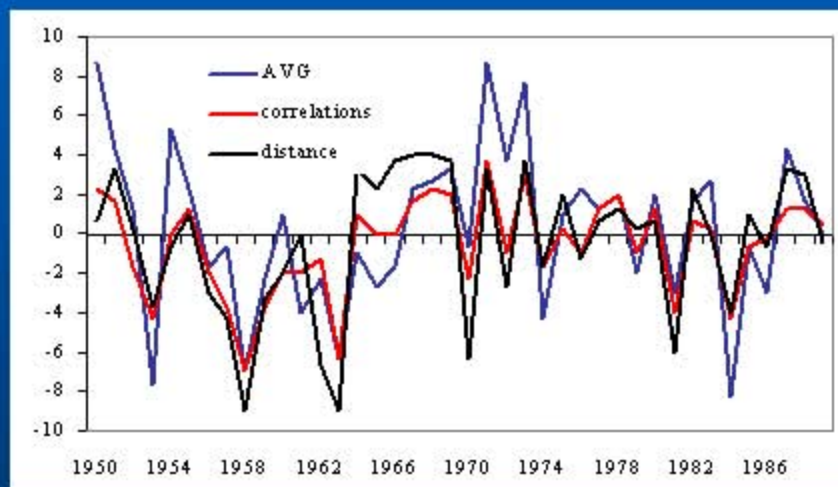
Průměr
stanic s
nejvyššími
korelacemi

Průměr
nejbližších
stanic



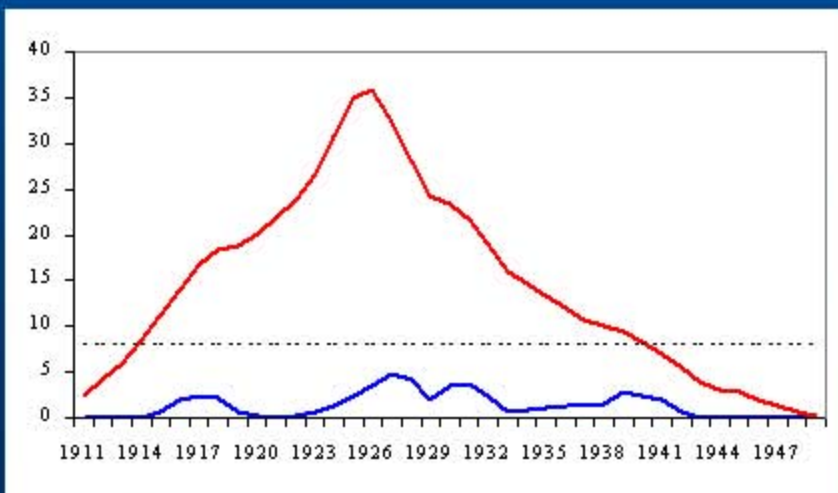
Referenční řady se liší

diference testované a jejích referenčních řad



Testy homogeneity

Alexanderssonův test (SNHT)



kumulativní odchylky diferencí
testované a referenční řady

Alexandersson Standart Normal Homogeneity Test (Single shift test)

Reference series:

$$q_i = Y_i / \left(\left[\sum_{j=1}^k \rho_j^2 X_{ji} \bar{Y} / \bar{X}_j \right] / \sum_{j=1}^k \rho_j^2 \right)$$

$$q_i = Y_i - \left(\sum_{j=1}^k \rho_j^2 [X_{ji} - \bar{X}_j + \bar{Y}] / \sum_{j=1}^k \rho_j^2 \right)$$

Null and alternative hypothesis:

$$H_0 : z_i \in N(0, 1), \quad i \in \{1, \dots, n\}.$$

$$H_1 : z_i \in N(\mu_1, 1), \quad i \in \{1, \dots, a\},$$

$$z_i \in N(\mu_2, 1), \quad i \in \{a+1, \dots, n\},$$

for $1 \leq a < n$ a $\mu_1 \neq \mu_2$.

$$z_i = (q_i - \bar{q}) / s_q, \quad z_i \in N(0, 1)$$

Test statistic:

$$T_0 = \max_{1 \leq a < n-1} (T_a) = \max_{1 \leq a < n-1} (a \bar{z}_1^2 + (n-a) \bar{z}_2^2)$$

$$\text{where } \bar{z}_1 = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a z_i, \quad (\text{ } \mu_1),$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{(n-a)} \sum_{i=a+1}^n z_i, \quad (\text{ } \mu_2).$$

Testy homogeneity

Alexandersson
SNHT

Bivariate
Test

Bivariate Test

Null and alternative hypothesis:

H_0 : vectors $\{x_i, y_i\}$ bivariate normal distributed

$N(\mu_x, \mu_y, \sigma_x^2, \sigma_y^2, \rho)$

H_1 : pro $0 < i_0 < n$ a $d \neq 0$ -

$N(\mu_x, \mu_y, \sigma_x^2, \sigma_y^2, \rho)$ pro $i \leq i_0$

$N(\mu_x, \mu_y + d, \sigma_x^2, \sigma_y^2, \rho)$ pro $i > i_0$.

Test statistic:

$$T_0 = \max_{i \leq n} (T_i)$$

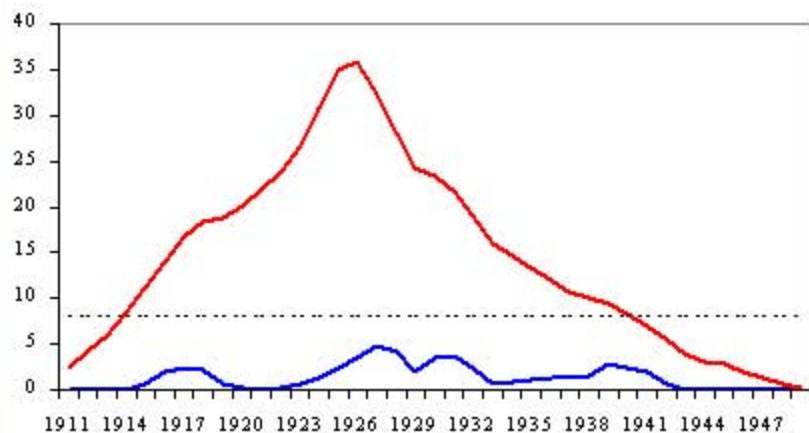
where: $X_i = 1/i \sum_{j=1}^i x_j$, $Y_i = 1/i \sum_{j=1}^i y_j$, $\bar{X} = X_n$, $\bar{Y} = Y_n$

$$S_x = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{X})^2, S_y = \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{Y})^2, S_{xy} = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{X})(y_j - \bar{Y}),$$

$$F_i = S_x - (X_i - \bar{X})^2 n / (n - i), \quad i < n,$$

$$D_i = S_x (\bar{Y} - Y_i) - S_{xy} (\bar{X} - X_i) n / [(n - i) F_i],$$

$$T_i = [i(n - i) D_i^2 F_i] / (S_x S_y - S_{xy}^2)$$



Testy homogeneity

Alexandersson
SNHT

Bivariate
Test

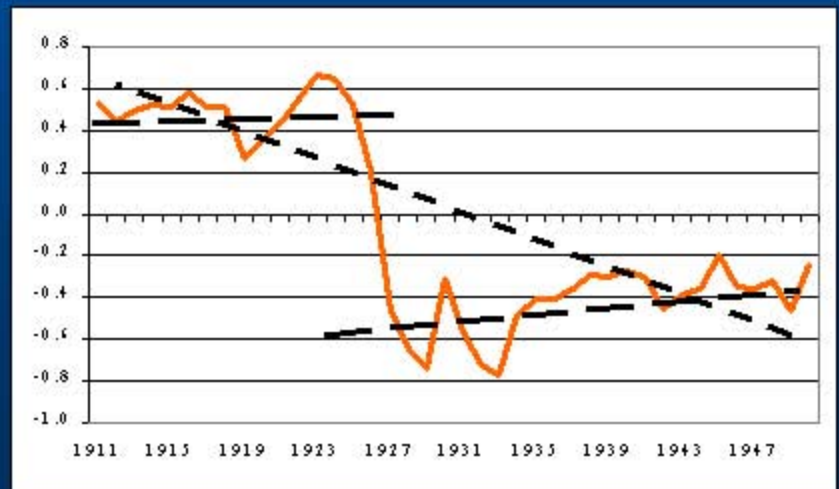
Vincent
Technique

Easterling and Peterson

Test statistic: $U = [(RSS_1 - RSS_2) / 3] / [RSS_2 / (n-4)] \sim F(3, n-4)$

t-test: differences of levels before and after a discontinuity

dvoufázová lineární regrese



Testy homogeneity

```
graph TD; A[Testy homogeneity] --> B[Alexandersson SNHT]; A --> C[Bivariate Test]; A --> D[Vincent Technique];
```

Alexandersson
SNHT

Bivariate
Test

Vincent
Technique

40-ti leté úseky řad

(30-40 let na jednu nehomogenitu, Auer et al., 2001)

Posouzení nehomogenit

(výstupy ze softwarů)

Čáslav, 3. část, 1911-1950, n=40

Test	Ref	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Win	Spr	Sum	Aut	Year
A	avg	1927	1929	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
A			1930															
A	corr	1927	1927	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
A				1939		1938	1939	1940	1922						1937	1937		1935
A	dist	1927	1928	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
A			1930								1940							1918
B	avg	1927	1928	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
B									1922									
B	corr	1927	1927	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
B				1936		1938	1939	1944	1922					1935	1937	1937		1935
B									1937									
B	dist	1927	1928	1927	1927	1927	1928	1927	1926	1926	1926	1926	1926	1927	1927	1927	1926	1927
B		1930									1940			1931			1913	1918
V	corr													1927			1926	
V															1937	1922		1935
V																1937		
V	dist													1927	1927	1927		
V																		1918

- Quality control
- Homogenization
- Data Analysis

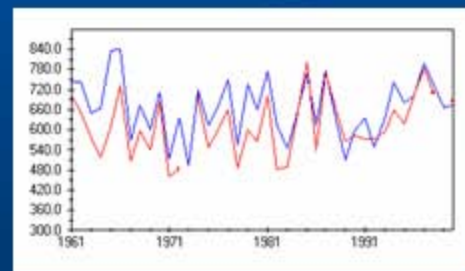
Posouzení nehomogenit

Begin	End	Length	InHomogeneity	Number	% detected inhom	% possible inhom	End	Missing
1911	1950	40		140	100	120		
			1927	60	43	51		
			1926	37	26	32		
			1928	9	6	8		4
			1937	7	5	6		
			1922	4	3	3		
			1935	4	3	3		
			1918	3	2	3		
			1930	3	2	3		
			1939	3	2	3		
			1940	3	2	3		2
			1938	2	1	2		
			1913	1	1	1	3	3
			1929	1	1	1		
			1931	1	1	1		
			1936	1	1	1		
			1944	1	1	1		
1926	1927	2		97	69	83		
1926	1931	6		111	79	95		
1935	1940	6		20	14	17		
1911	1920	10		4	3	3		
1921	1930	10		114	81	97		
1931	1940	10		21	15	18		
1941	1950	10		1	1	1		

Vyhodnocení nehomogenit

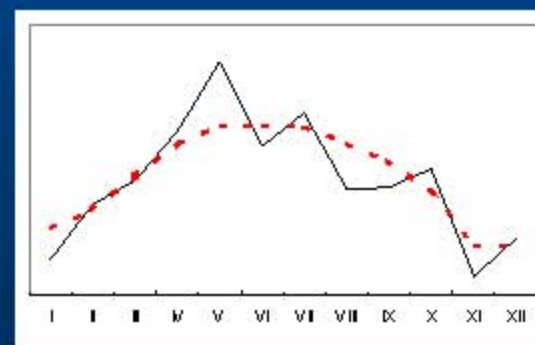
- Použití několika výstupů (sumace počtu detekcí v daném roce, použití metadat, grafy poměrů, ...)

ID	EL	YEAR	BEGIN	END	YEAR	COUNT	POSSIBL	YEAR	MIS	X	BEGIN	DX	END	DATE	X	LL	LA	REMARK	CC
x B1BOJK01	x	1985			41	14.24		12	23.3.1984		31.3.2003	#	#				E change		
B1BOJK01	x	1985			41	14.24		12	23.3.1984		31.12.9999	#	#				obs	V	B
B1BYSH01	x	1978			37	12.85													
? B1BYSH01	x	1979			33	11.46													
? B1BYSH01	x	1980			43	14.93													
? B1HLHO01	x	1965			31	10.76	4	1											
B1HOLE01	x	1976			33	11.46													
B1KROM01	x		1977	1978	31	10.76													
x B1RADE01	x	1994			44	15.28		2	1.1.1994		31.12.9999	#	#				F change		
B1RADE01	x	1994			44	15.28		2	1.1.1994		31.12.9999	#	#				obs	J	B
x B1RYCH01	x	1973			49	17.01			1.5.1973		28.2.1991	#	#				v change		
B1RYCH01	x	1973			49	17.01			1.9.1972		28.2.1991	#	#				obs	M	B
xx? B1STRZ01	x	1987			53	18.40													
B1STRZ01	x	1988			30	10.42													
B1UHBR01	x	1983			31	10.76			18.2.1984		31.1.1999	#	#				L change		
B1UHBR01	x	1983			31	10.76			18.2.1984		12.5.1993	#	#				obs	J	B
x B1UHBR01	x	1984			77	25.74			15.2.1984		31.1.1989	#	#				change		
B1UHBR01	x	1984			77	25.74			15.2.1984		12.5.1993	#	#				obs	J	B
B1VELI01	x	1978			31	10.76													
? B1VELI01	x		1977	1978	44	15.28													
? B1VKLO01	x	1984			29	10.07													
x B1VYSK01	x	1999			32	11.11	-1		1.4.1998		31.12.9999	#	#				v change		
B1VYSK01	x	1999			32	11.11	-1		1.4.1998		31.12.9999	#	#				obs	V	B
B2BOSK01	x	1968			33	11.46													
B2BREC01	x	1968			35	12.15													
B2BRUM01	x	1989			51	17.71			1.2.1989		31.3.1994	#	#				E change		
B2BRUM01	x	1989			51	17.71			1.2.1989		31.3.1994	#	#				obs	M	B



Oprava nehomogenit

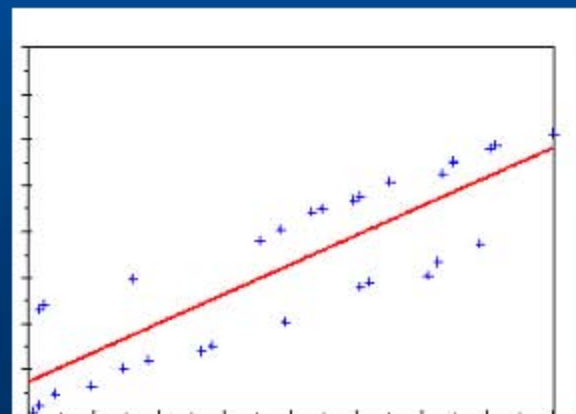
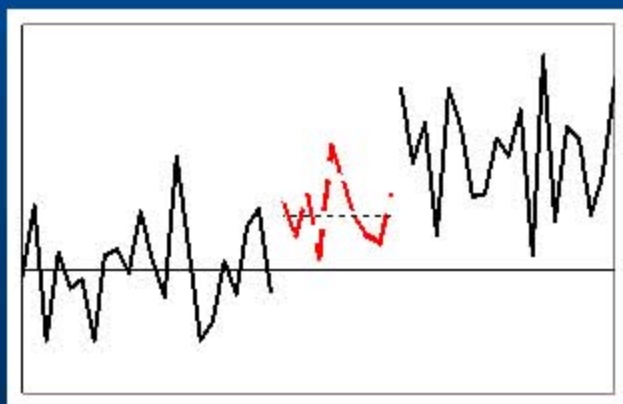
- z diferencí (poměrů) mezi opravovanou a referenční řadou
- pomocí referenční řady vypočtené jako průměr z nejlépe korelovaných stanic k dané stanici
- shlazení měsíčních hodnot oprav (1-2-1) (eliminace náhodných chyb)



Doplnění chybějících hodnot

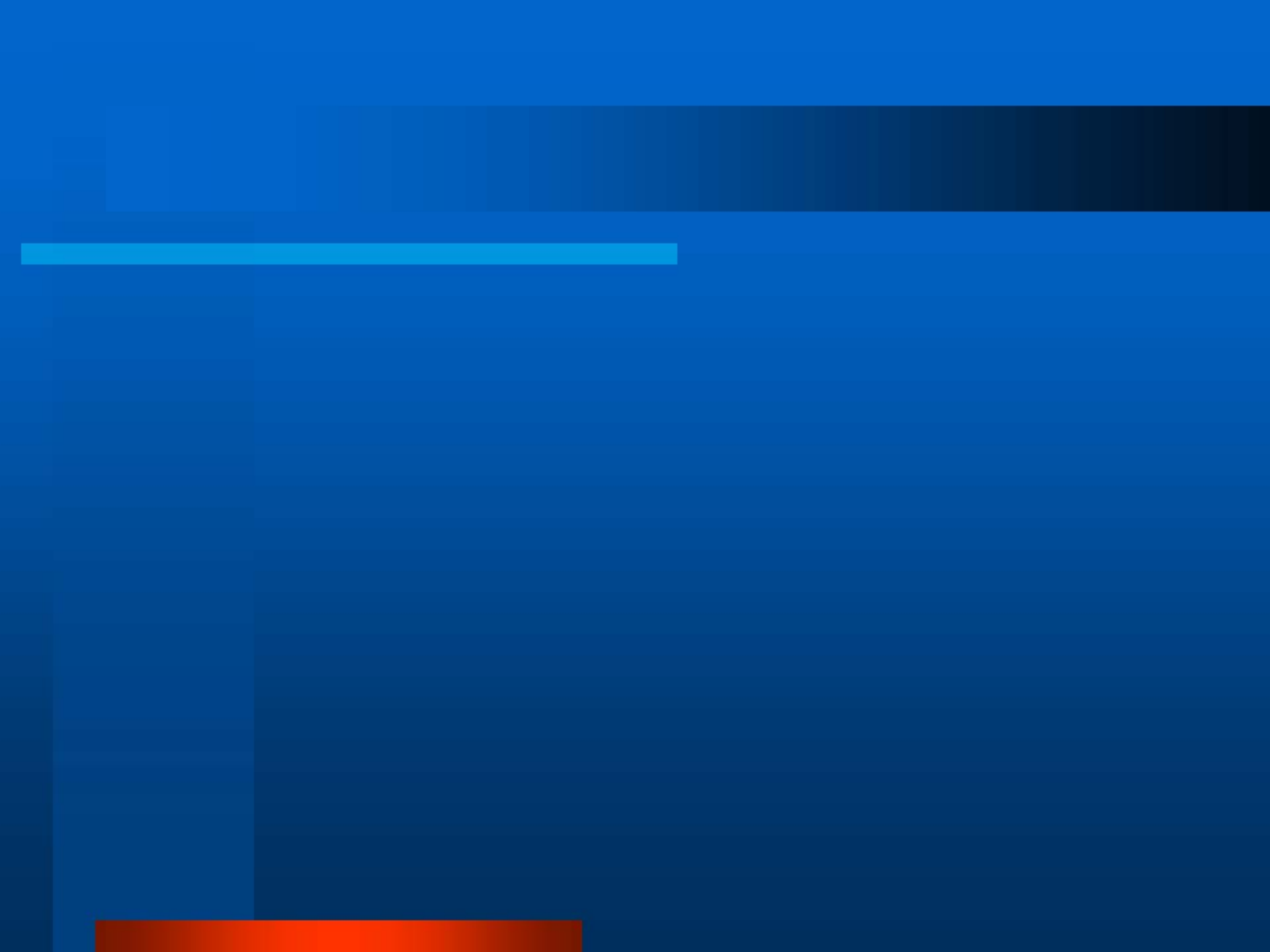
- Před homogenizací: vliv na správnou detekci nehomogenit
- Po homogenizaci: přesnější - neovlivněné případnými posuny v řadách

Závislost testované
na referenční řadě

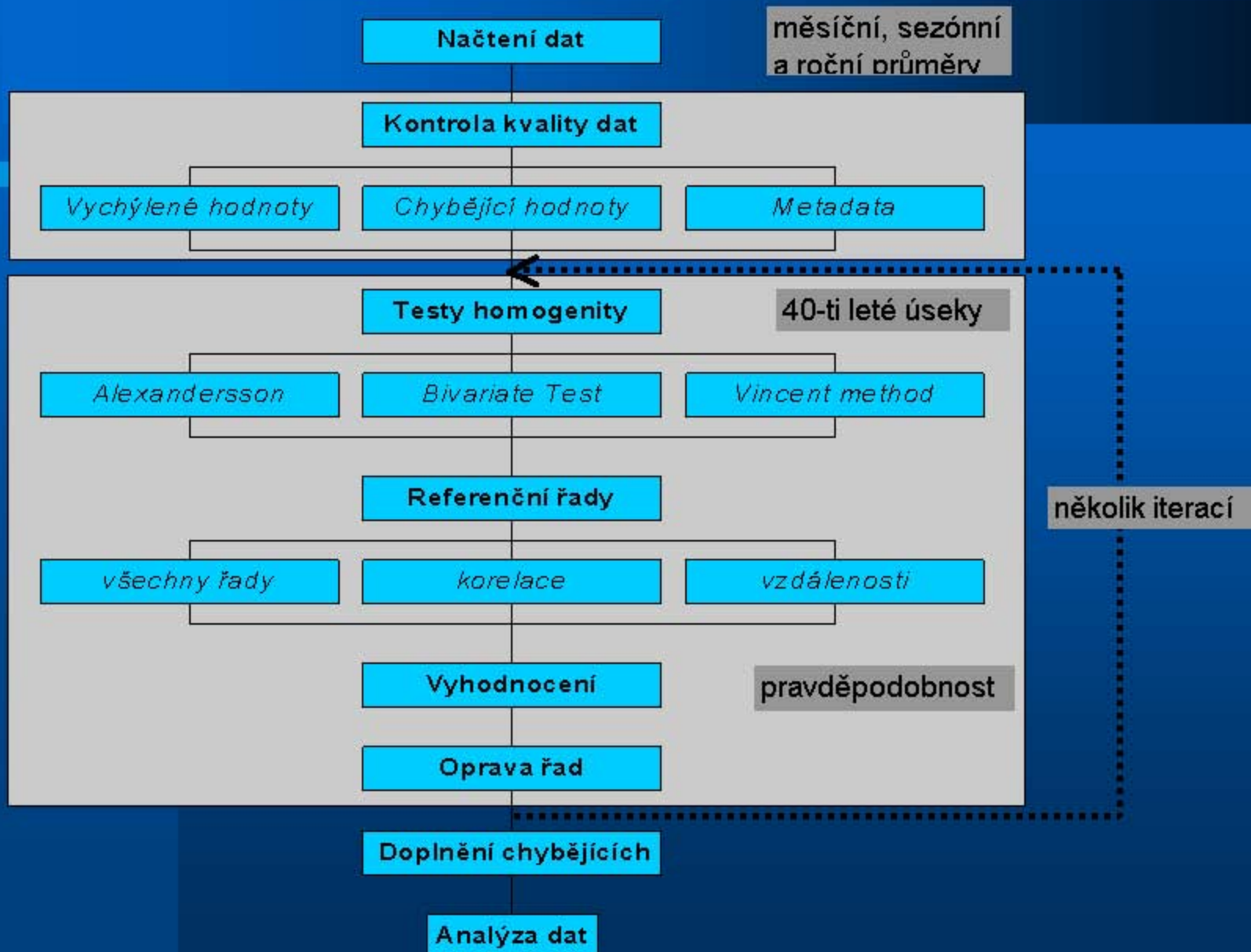


Doplnění chybějících hodnot

- pomocí lineární regrese
- referenční řada jako průměr nejlépe korelovaných stanic



Zpracování dat



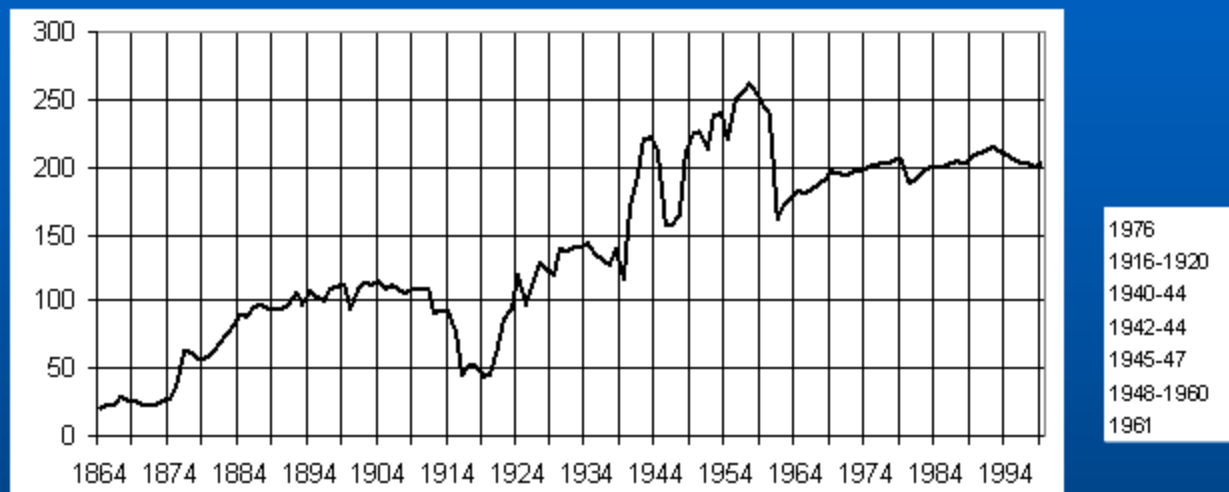
Poznámky

- **použití stanic z okolí ČR (měřící především v začátcích přístrojových pozorování)**
- **testování v několika iteracích**
 - několik iterací testování homogenity a opravy řad (3 iterace byly v tomto případě dostačující)
 - problém homogenity referenčních řad je tímto vyřešen:
 - jednak jsou možné nehomogenity eliminovány použitím průměrů několika sousedních stanic
 - pokud toto není splněno: při dalším kroku (iteraci) by sousedé měly být již homogenní
- **problémy spojené s automatizací měření v posledních letech**

Homogenizace teplotních řad ČR

Počet dostupných stanic

Počet klimatických stanic v České republice od roku 1864



Jahrbücher der k. k. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus 1848-1915. Wien.

Bericht der meteorologischen Commission des naturforschenden Vereines in Brünn 1881-1911. Brünn 1882-1917.

Ročenka pověťmostních pozorování meteorologických stanic 1916-1960. Praha 1934-1966.

Prostorové rozložení stanic

Použité stanice

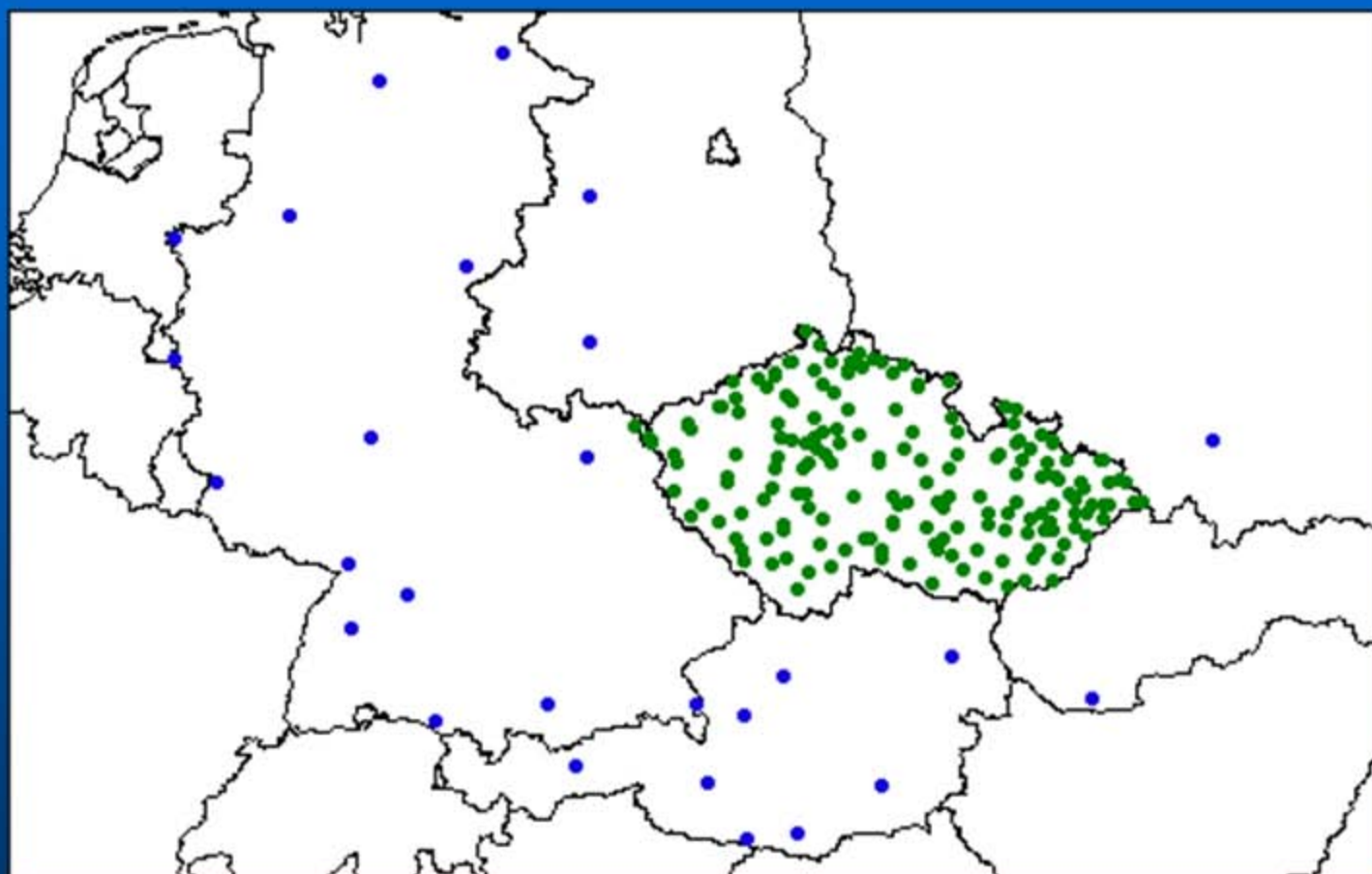
- ▲ vyřazené stanice
- homogenizované stanice

Stanice se zkrácenými úseky měření/roky

- 1 - 5
- 6 - 13
- 14 - 26
- 27 - 39
- 40 - 68



Prostorové rozložení stanic



**použití stanic z okolí ČR (měřící především v začátcích
přístrojových pozorování)**

Homogenizace - přehled

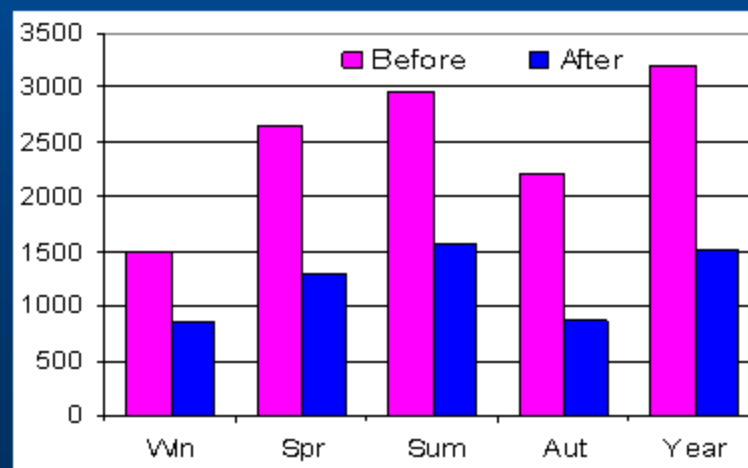
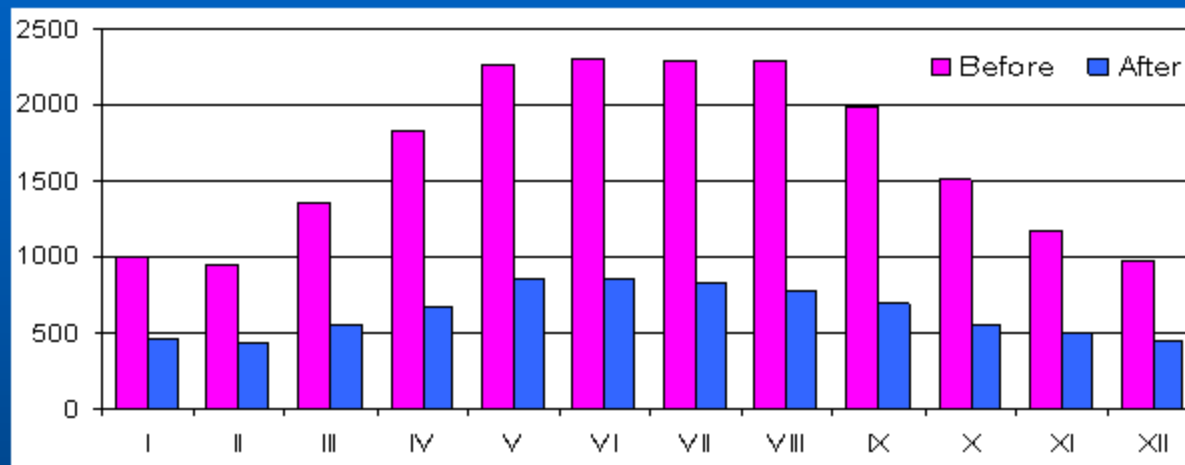
Přehled počtu zpracovávaných řad při homogenizaci (ČR)

Charakteristika	Data	
	původní	opravená
Počet stanic	192	174
Počet 40-ti letých úseku řad	348	307
Počet oprav		231
Počet testovaných řad celkem	40716	35919
Počet významných nehomogenit ($p=0.05$)	32445	13802
<i>Podíl významných nehomogenit na počtu řad</i>	79,7%	38,4%

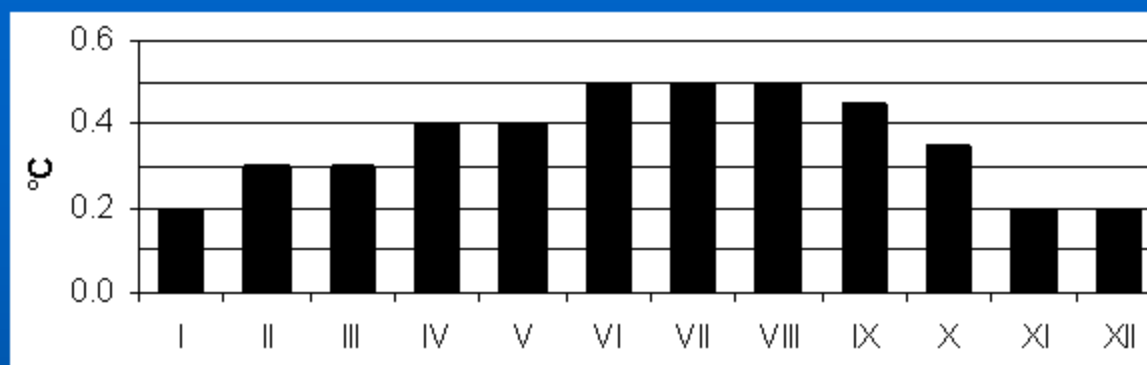
Počet testovaných řad – původní data

Test	Měsíce	Sezóny a rok	Typy ref. řad	40-ti leté úseky řad	Počet řad pro test
A	12	5	3	348	17748
B	12	5	3	348	17748
V		5	3	348	5220
Celkem					40716

Počet významných nehomogenit detekovaných před a po homogenizaci ($p=0.05$)

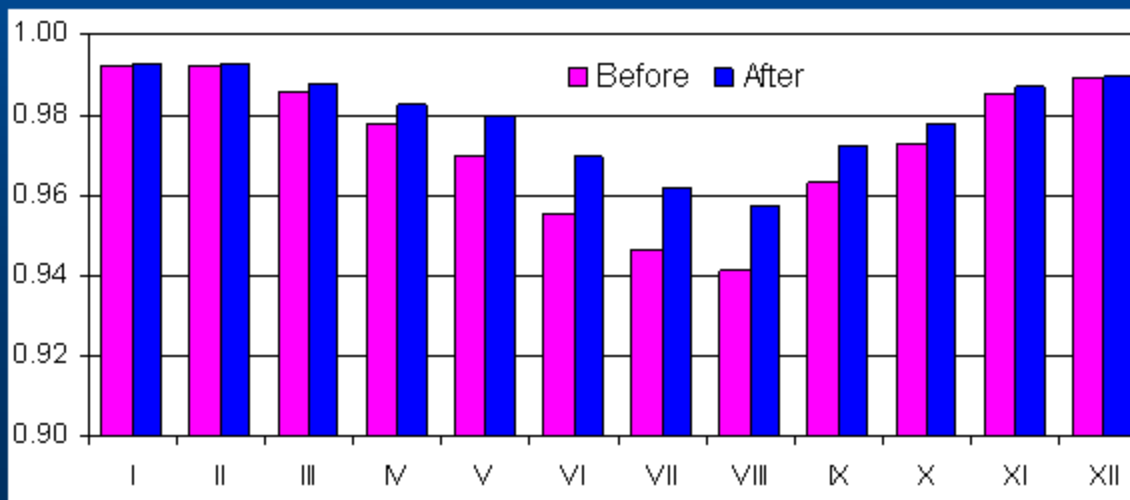


Velikost opravy homogenizovaných řad (absolutní hodnoty) - median



Homogenní úsek řad měl v neopravených údajích průměrnou délku necelých 40 let (vypočteno s použitím mediánu délek řad = 50 let)

Korelační koeficienty mezi testovanými a referenčními řadami před a po homogenizaci (median)



Nehomogenity v létě versus v zimě

- Změna měřících podmínek na stanici (přemístění atd.) se projevuje především v létě
- v zimě: menší role aktivního povrchu, převládají cirkulační faktory, v létě: větší role aktivního povrchu, převládají radiační faktory

Přechod na automatická měření

- AMS zaváděny od roku 1997
- Nahrazení během relativně krátké doby (několik roků)
- Pouze několik stanic se srovnávacími měřeními (ruční a automatické)

Stanice	ID	AMS Datum	Odstranění konce měření	Spolehlivost údaj - nehomogenity	
			Konec měření	Rok	% možné
Broumov	H5BROU01	1.12.2000			
Deštné v Orlic. horách	H2DEST01	28.11.2000			
Hradec Králové	H3HRAD01	1.1.2000			
Husinec	C1HUSI01	1.7.1997			
Jeseník	O1JESE01	1.1.1998			
Jevíčko	O2JEVI01	1.1.1998			
Jindřichův Hradec	C2JHRA01	1.6.1997			
Karlovy Vary	L3KVAL01	1.1.2000			
Klatovy	L1KLAT01	1.5.1999			
Kralovice	L2KRAL01	1.5.1999	1999		
Kroměříž	B1KROM01	11.8.1999			
Lučina	O1LUCI01	1.1.1998	1997		
Mariánské Lázně	L2MLAV01	1.5.1999			
Nadijkov	C2NADV01	1.7.1997			
Nedvězí	B2NEDV01	1.10.1999	1999		
Olomouc - Holice	O2OLOM01	15.2.2000			
Opava	O1OPAV01	1.4.1998			
Protivanov	B1PROT01	11.6.1999			
Poáimda	L2PRIM01	1.1.2000			
Staňkov	L1STAN01	1.5.1999	1998		
Staré Místo	B1STME01	1.9.1999			
Strání	B1STRN01	1.1.1999	1998		
Stráňnice	B1STRZ01	11.6.1999		1999	10,6
Svítlá Hora	O1SVET01	1.3.1998		1998	15,4
Šumperk	O2SUMP01	1.1.1998	1997		
Tábor	C2TABO01	1.7.1997			
Valašské Meziříčí	O3VALM01	1.1.1998	1997		
Velké Meziříčí	B2VMEZ01	1.10.1999			
Velké Pavlovice	B2VPAV01	1.9.1999			
Vizovice	B1VIZO01	1.2.1999			
Vráž	C1VRAZ01	1.7.1997			
Vsetín	O3VSET01	1.1.1998		1997	14,6
Vsetín	O3VSET01			1998	11,4
Vyšší Brod	C2VBRO01	1.7.1997		1996	12,2

Přechod na automatická měření - konsekvence

- Zatím je příliš brzy na opravu řad - je k dispozici málo hodnot (ale nehomogenity způsobené přechodem na AMS jsou již detekovatelné)
- Nemohou se připojit nová měření
- Po přechodu všech stanic: žádná stanice k dispozici pro tvorbu *homogenních* referenčních řad



nemožnost detekovat ani
opravit nehomogenity!!!

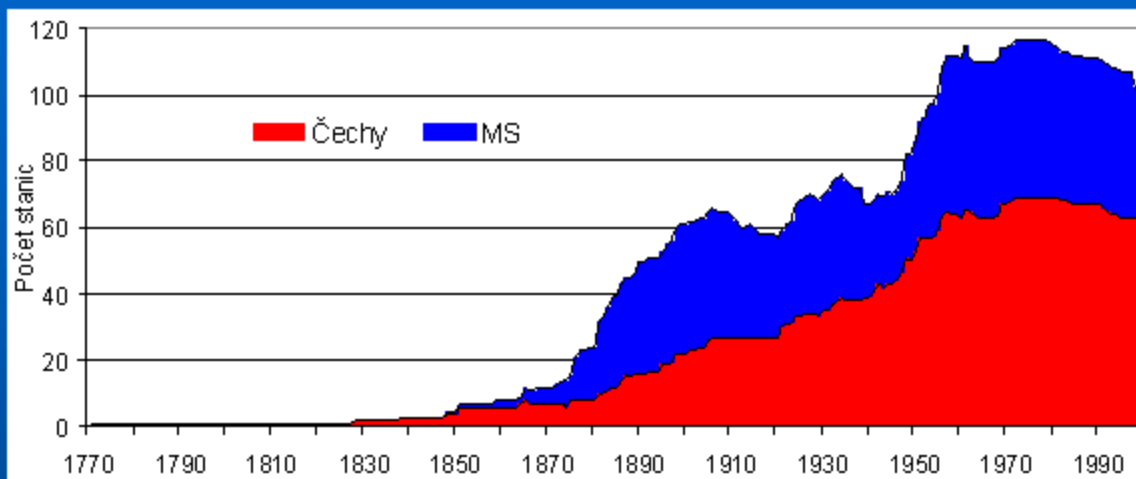
Analýza teplotních řad ČR

Počty stanic s homogenními měřeními 1771-2000

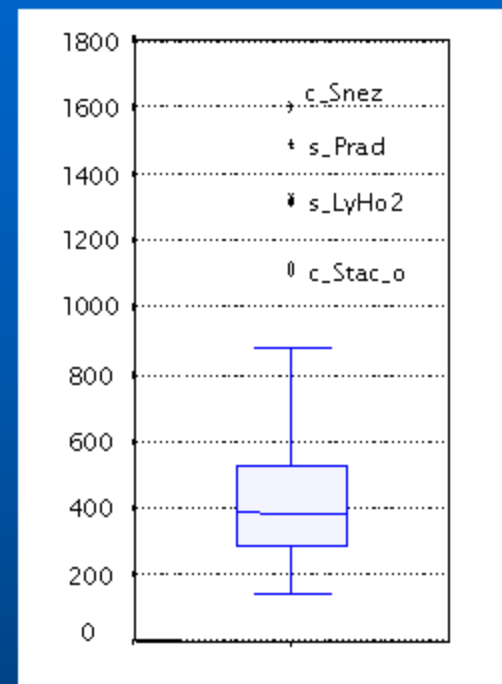
Charakteristika	ČR	Čechy	MS
Počet stanic po homogenizaci	174	97	77
Průměrná délka / roky	59.1	57.5	61.0
<i>Délka - medián / roky</i>	50.0	50.0	50.0
Průměrná vzdálenost nejbližší stanice / km	13.3	14.2	12.3
<i>Vzdálenosti nejbližších stanic - medián / km</i>	12.8	14.4	11.3
Průměrná vzdálenost všech stanic mezi sebou / km	208.3	200.3	218.3

Počty homogenních stanic

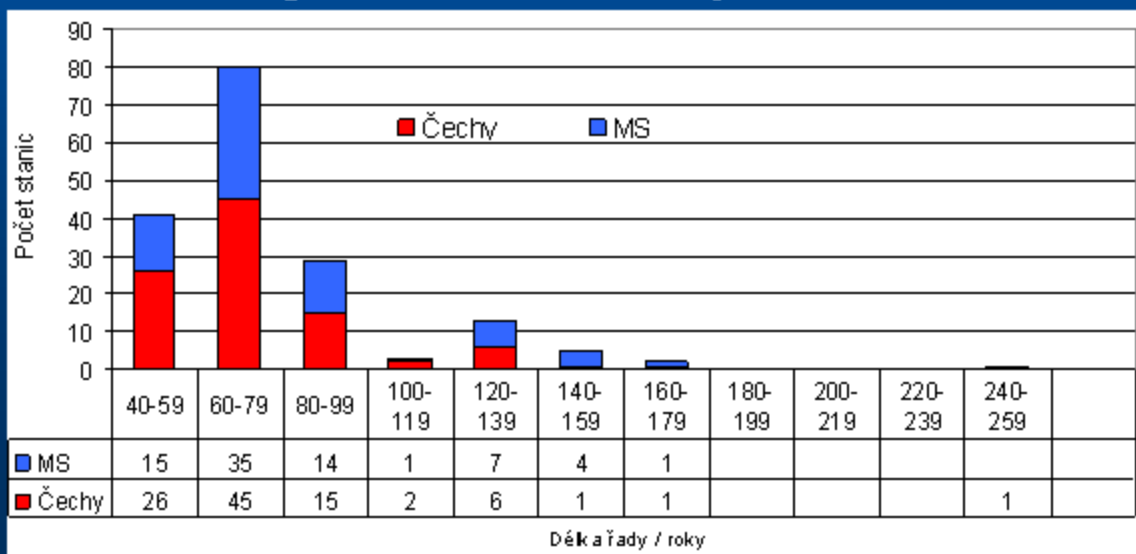
Počet stanic pro daný rok



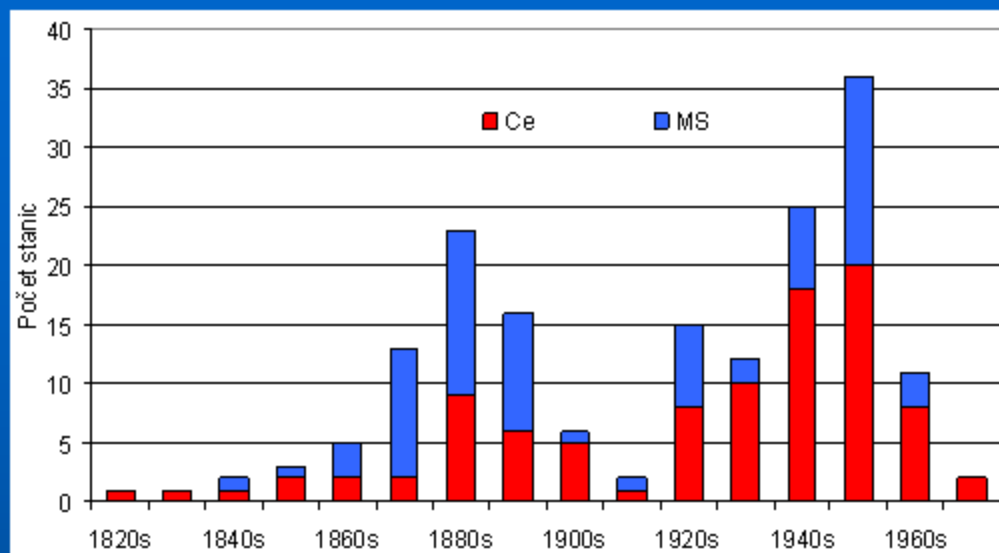
Nadm. výška v m.n.m.



Počet stanic pro danou délku řady

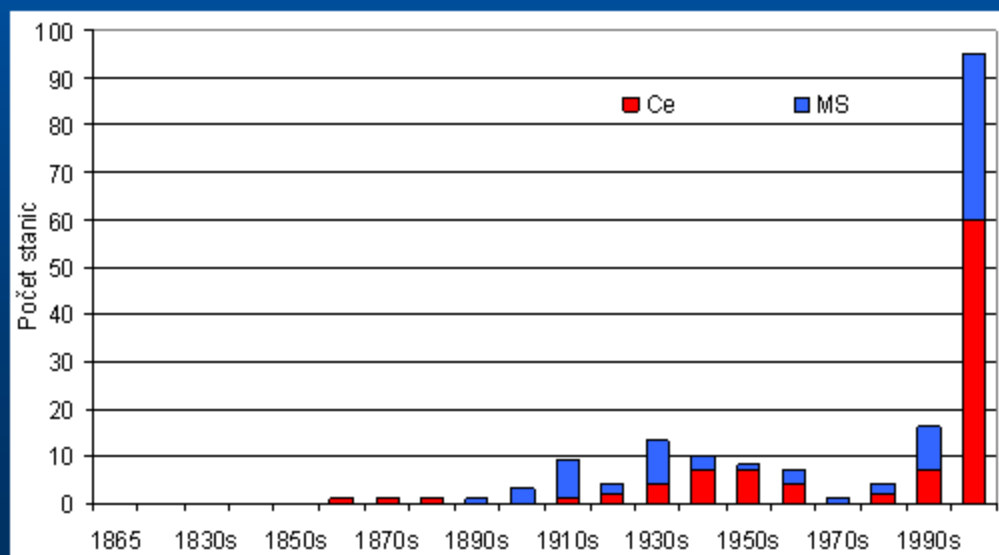


Počet stanic se začátkem v dané dekádě



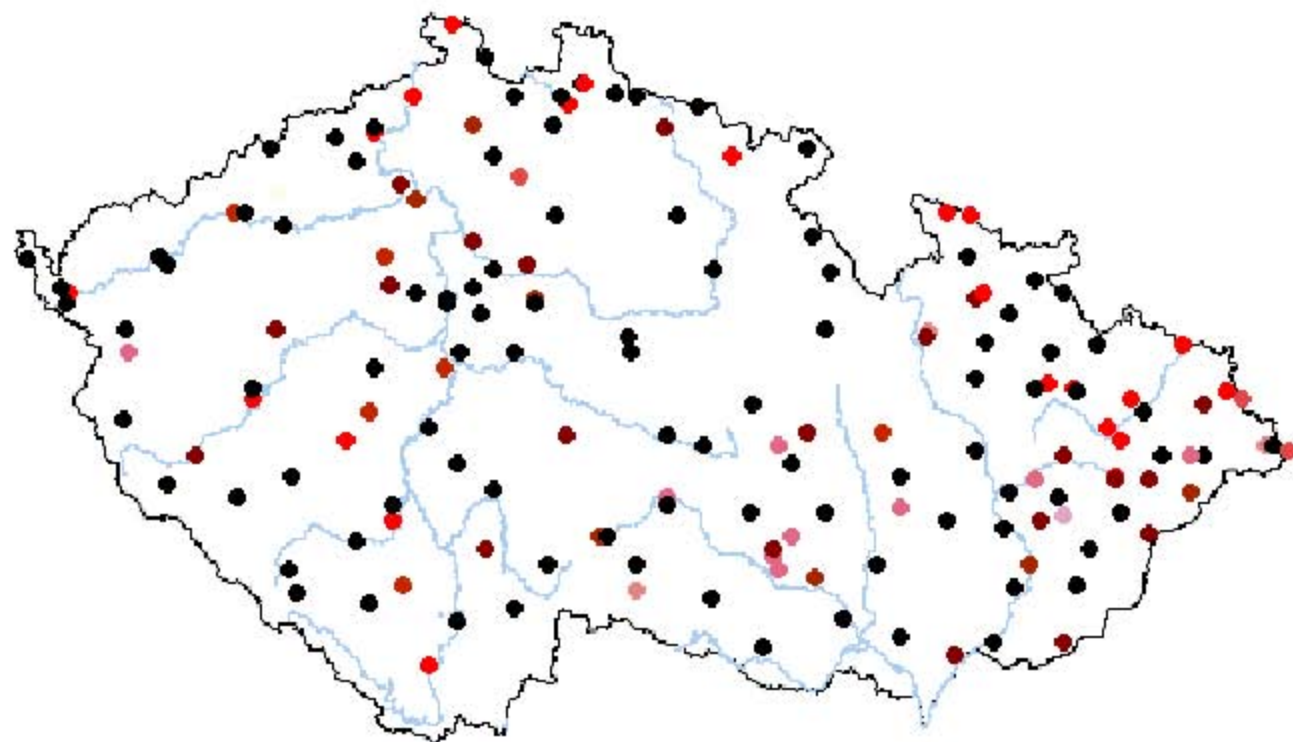
Rok	Počet
1876	5
1881	8
1890	4
1898	5
1921	4
1924	5
1941	4
1948	8
1950	4
1951	8
1953	5
1955	4
1956	8
1961	5

Počet stanic s koncem v dané dekádě

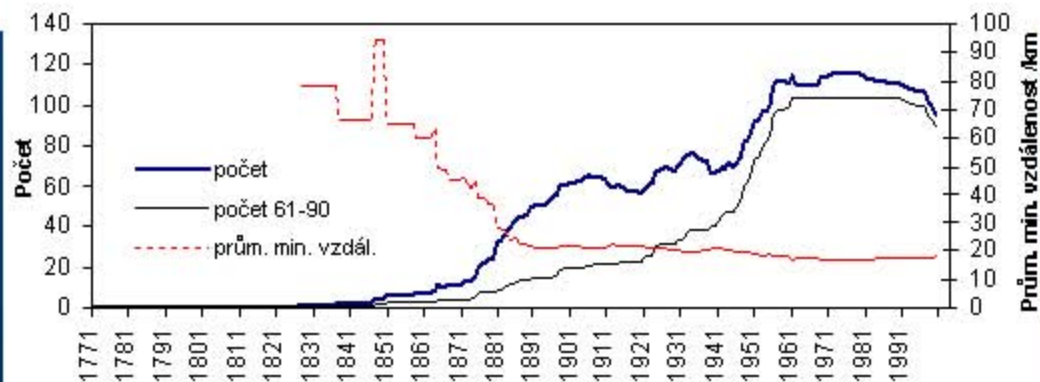
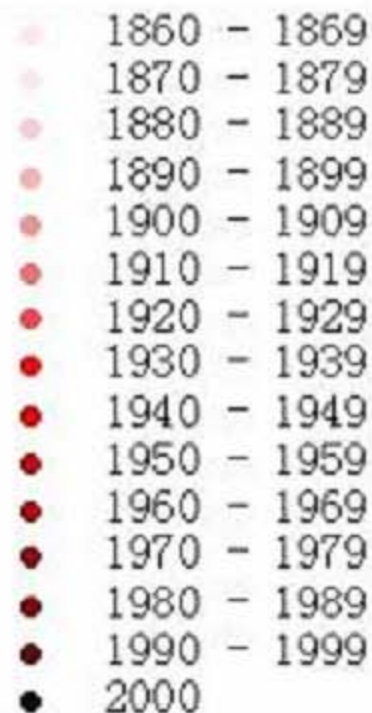


Rok	Počet
1938	7
1961	4
1997	5
1999	4
2000	95

Prostorové rozložení stanic ČR

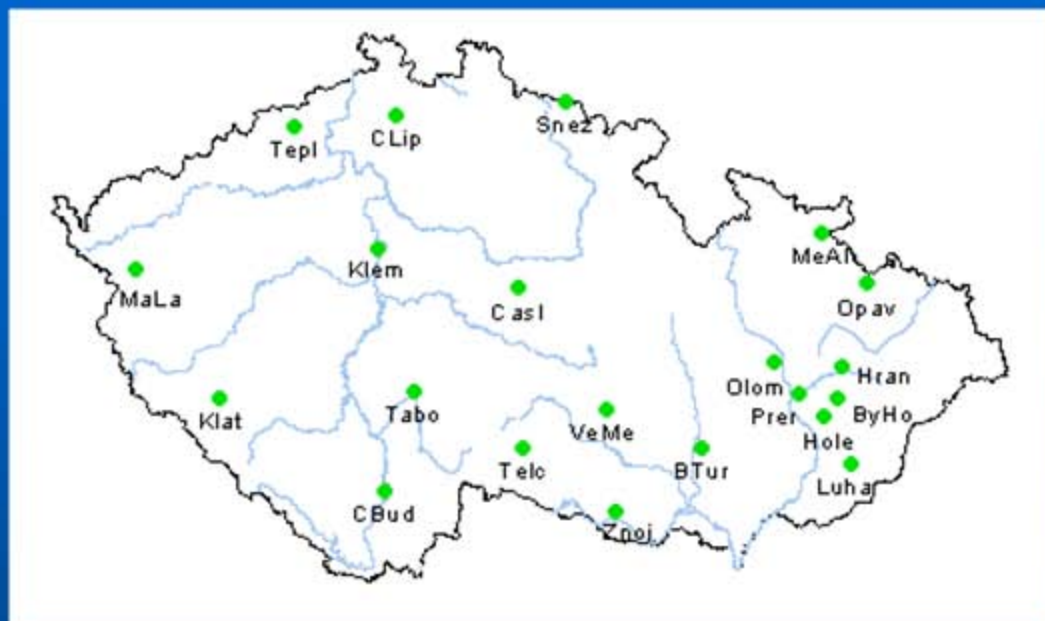


Konec měření:



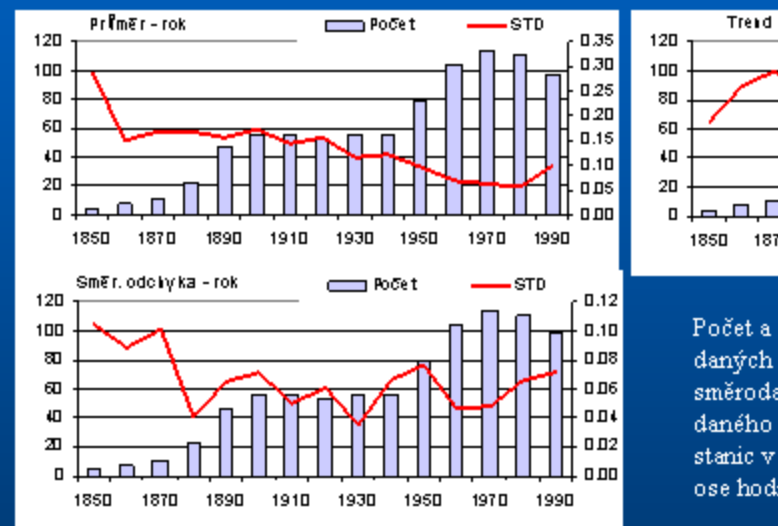
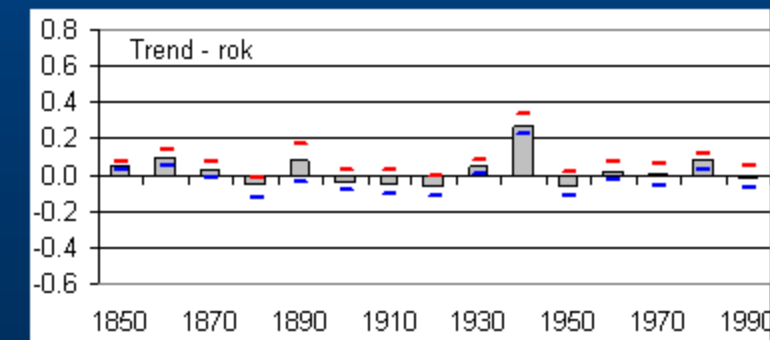
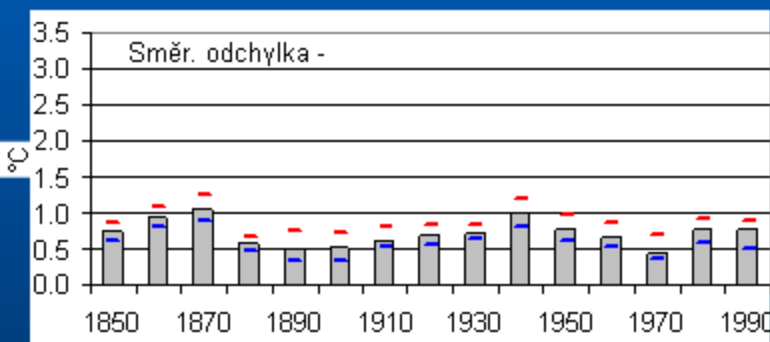
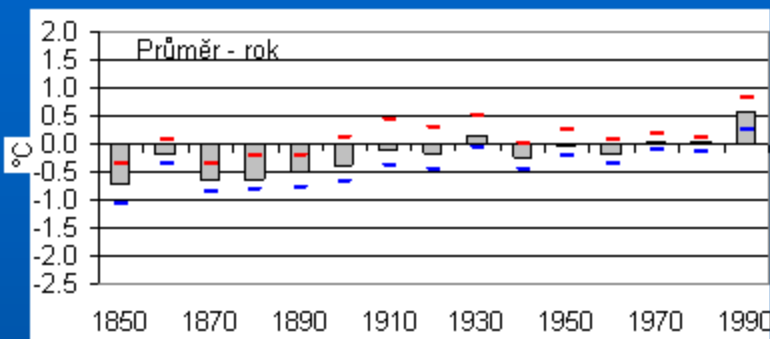
Prostorové rozložení stanic

100leté řady ČR



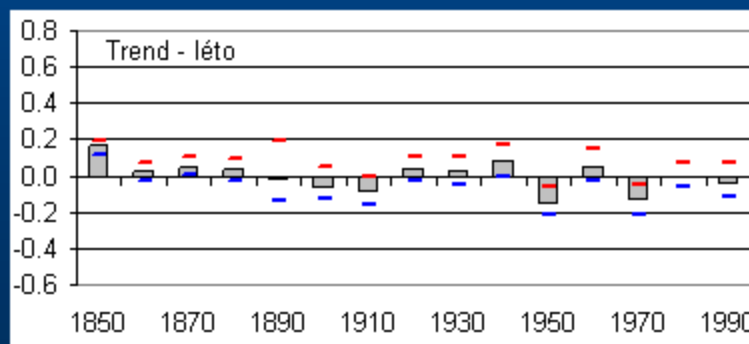
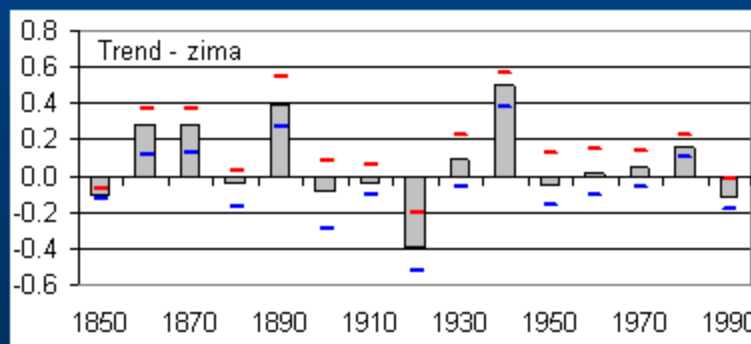
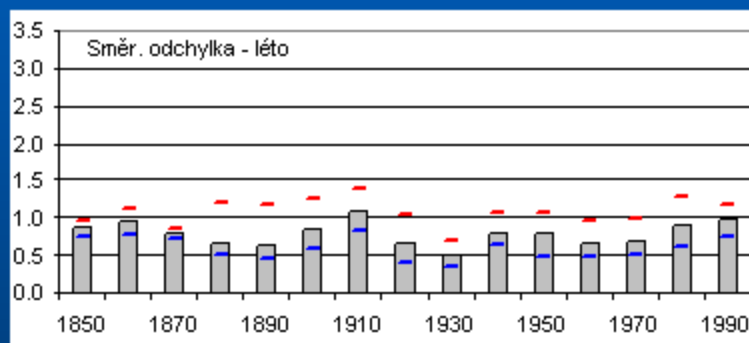
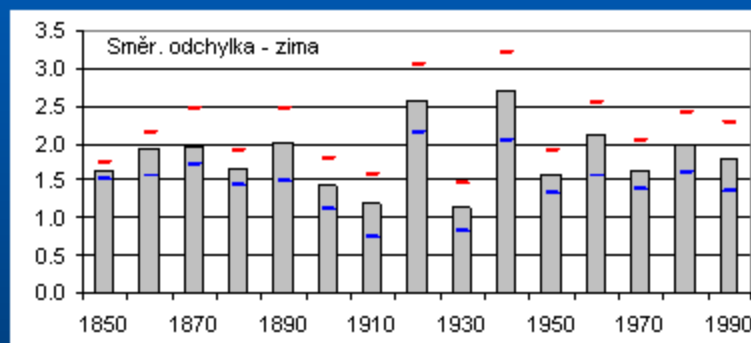
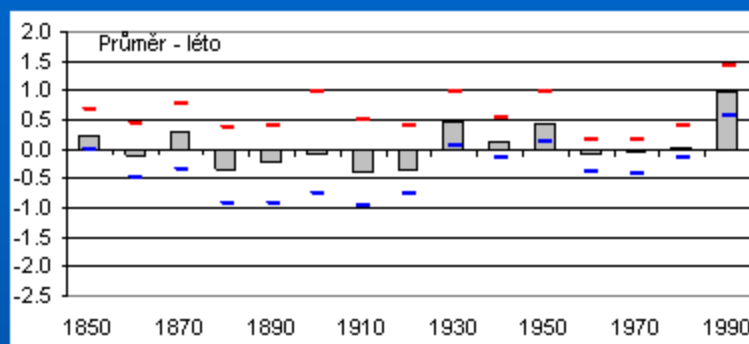
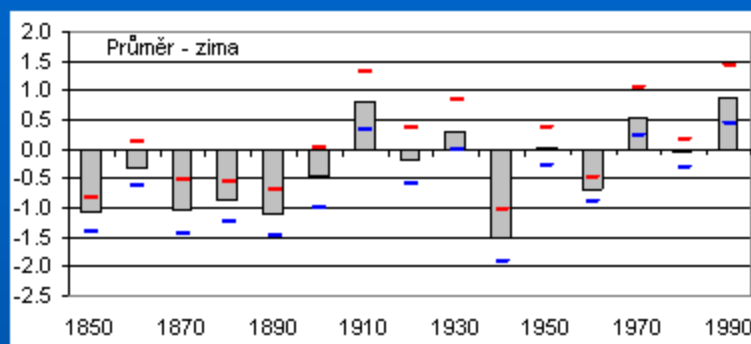
Čechy	Měření			Morava+Slezsko	Měření		
	Začátek	Konec	Délka		Začátek	Konec	Délka
Čáslav (Casl)	1851	2000	150	Brno (BTur)	1848	2000	153
České Budějovice (CBud)	1887	2000	114	Bystřice pod Hostýnem (ByHo)	1865	2000	136
Česká Lípa (CLip)	1851	1962	112	Holešov (Hole)	1898	1999	102
Klatovy (Klat)	1898	2000	103	Hranice - Drahotuše (Hran)	1881	1997	117
Praha - Klementinum (Klem)	1771	2000	230	Luhačovice (Luha)	1896	2000	105
Mariánské Lázně (MaLa)	1884	2000	117	Město Albrechtice, Žáry (MeAl)	1899	2000	102
Sněžka (Snez)	1886	2000	115	Olomouc - Kláš. Hradiště (Olom)	1876	2000	125
Tábor (Tabo)	1875	2000	126	Opava (Opav)	1876	2000	125
Teplice - Šandov (Tepl)	1883	2000	118	Přerov (Prer)	1874	2000	127
				Telč - Kotnov (Telc)	1883	2000	118
				Velké Meziříčí (VeMe)	1897	2000	104
				Znojmo (Znoj)	1890	2000	111

Statistické charakteristiky, řady ČR, 10letí

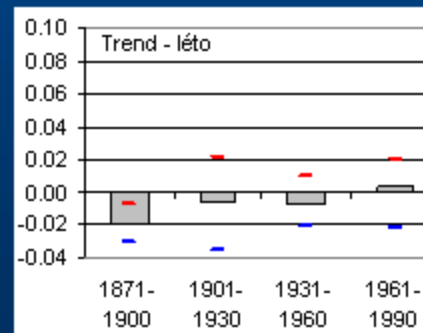
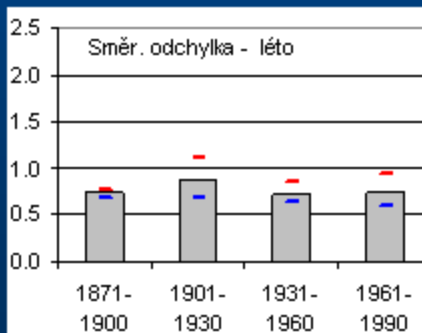
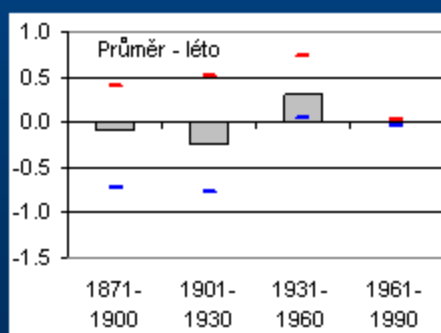
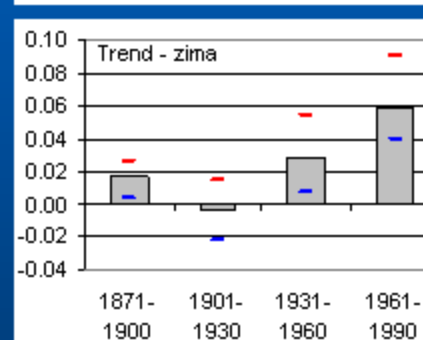
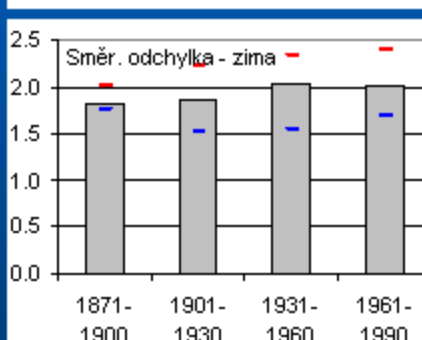
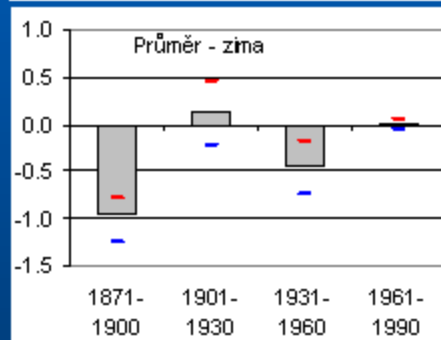
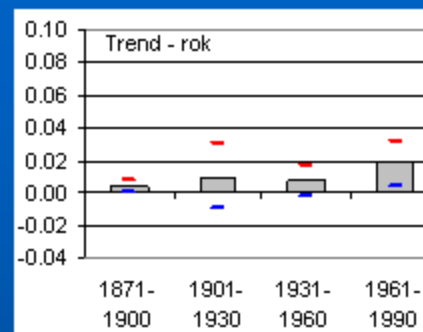
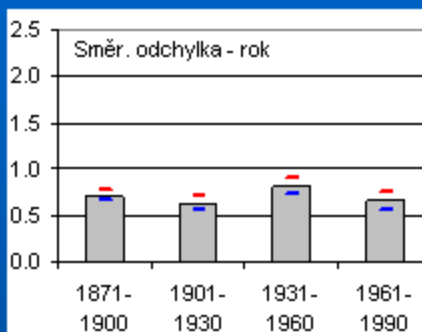
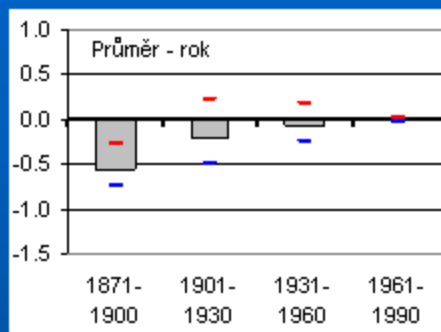


Počet a s
daných
směroda
daného
stanc
ose hod

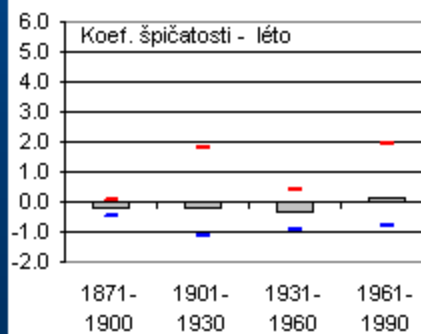
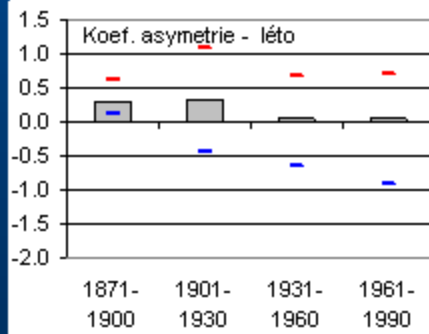
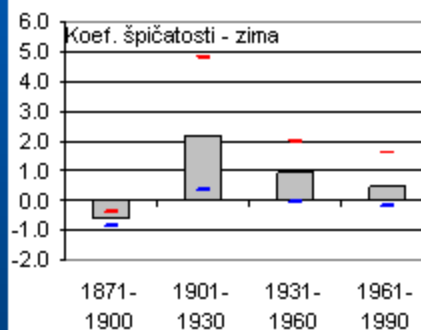
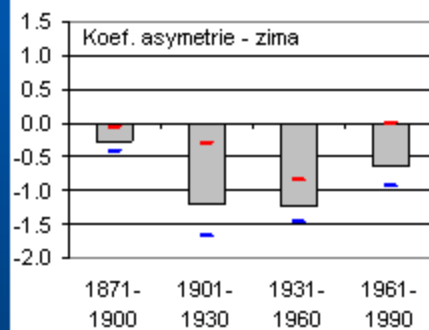
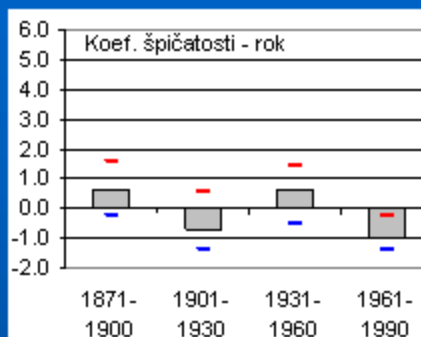
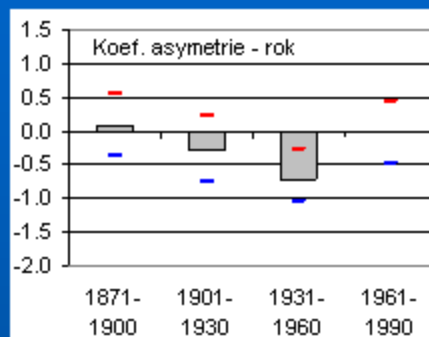
Statistické charakteristiky, řady ČR, 10letí



Statistické charakteristiky, řady ČR, 30letí

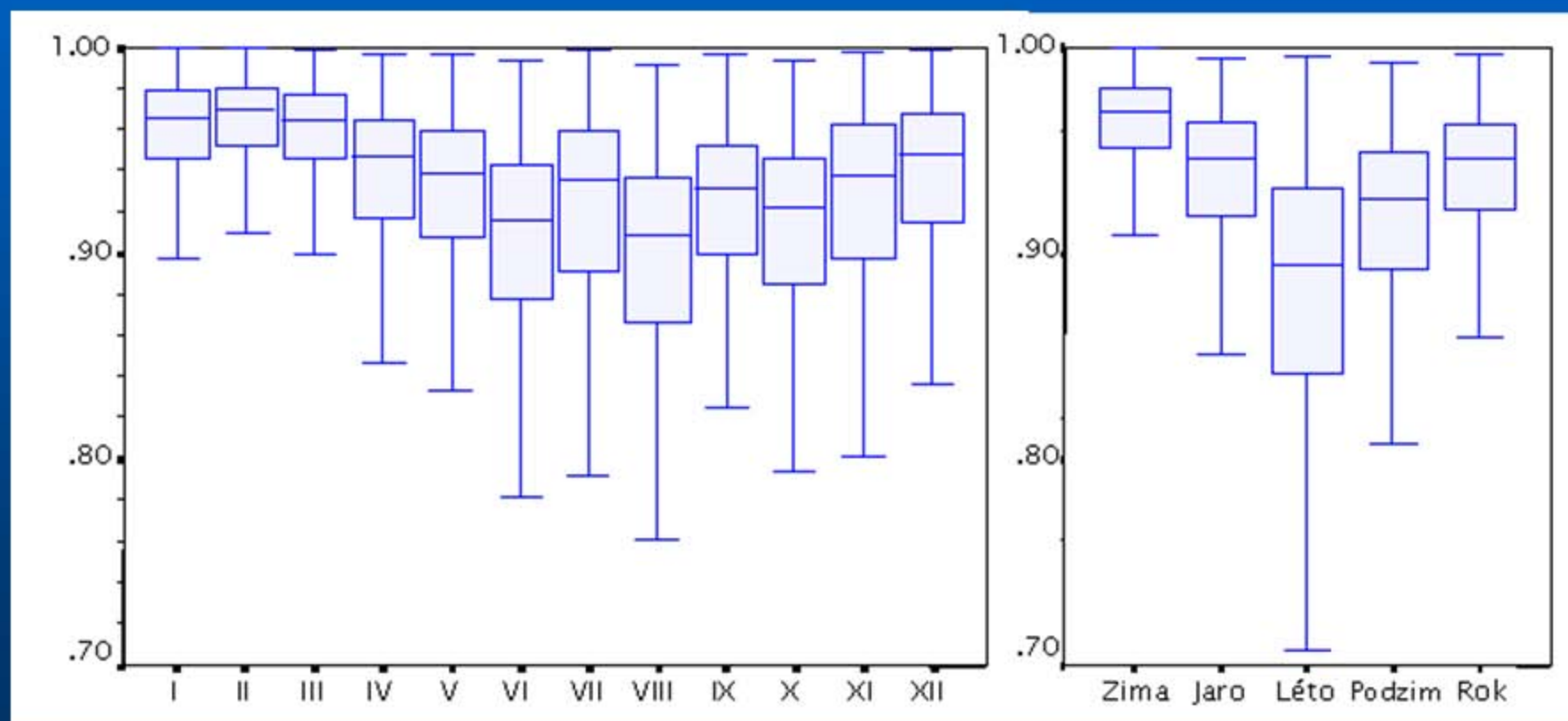


Statistické charakteristiky, řady ČR, 30letí



Box plot pro korelační koeficienty

v rámci ČR, 9187 hodnot pro každou kategorii



Korelační koeficienty

Korelační koeficienty mezi stanicemi ČR navzájem (alespoň 20 společných let), 9187 hodnot

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aritm. průměr	0,953	0,960	0,959	0,937	0,931	0,904	0,915	0,896	0,921	0,909	0,923	0,933

Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Aritm. průměr	0,960	0,937	0,879	0,916	0,936

Korelační koeficienty mezi stanicemi ČR a okolím ČR, 4526 hodnot

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aritm. průměr	0,885	0,896	0,880	0,819	0,816	0,780	0,837	0,735	0,805	0,791	0,790	0,854

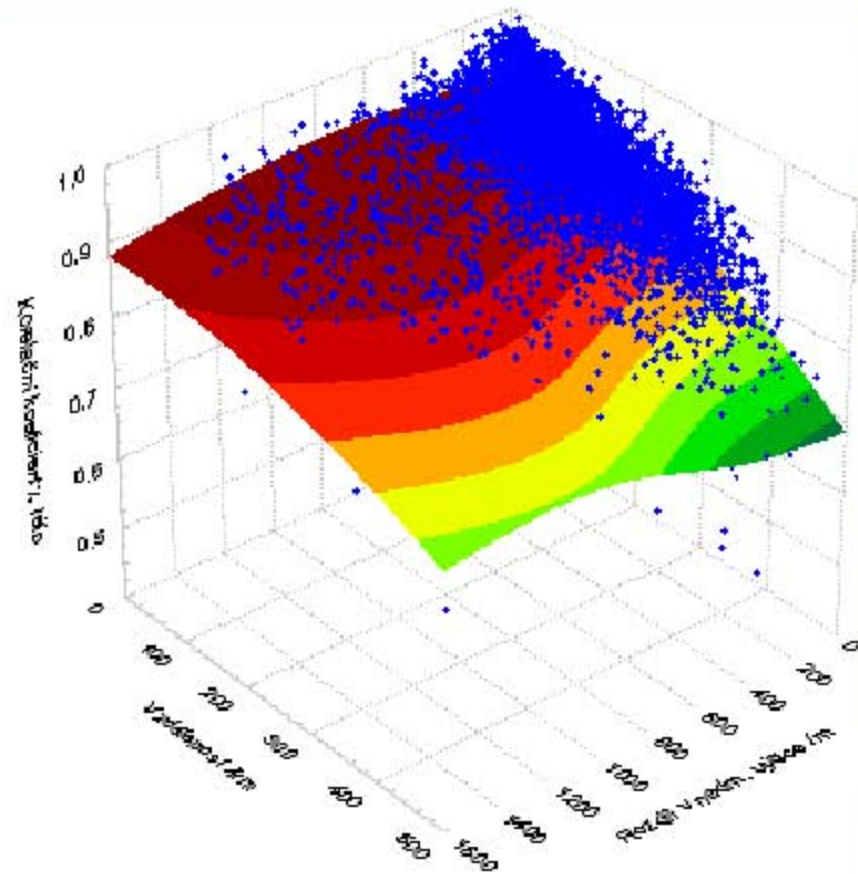
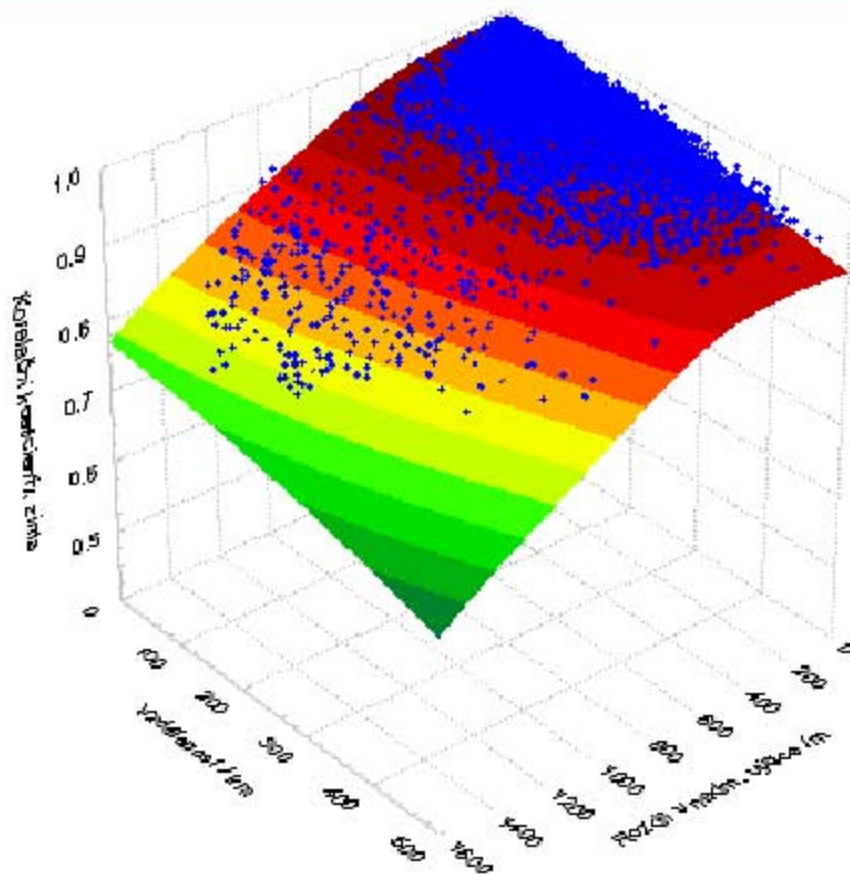
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Aritm. průměr	0,897	0,815	0,757	0,800	0,842

Prostorová analýza korelačních koeficientů

Závislost korelačních koeficientů pro průměrné teploty zimy a léta v ČR na **vzdálenosti** a rozdílu v **nadmořské výšce** daných dvojic stanic (8736 hodnot)

V **zimě** korelační koeficienty klesají se vzdáleností stanic pozvolna
závislost na rozdílu v nadmořské výšce stanic

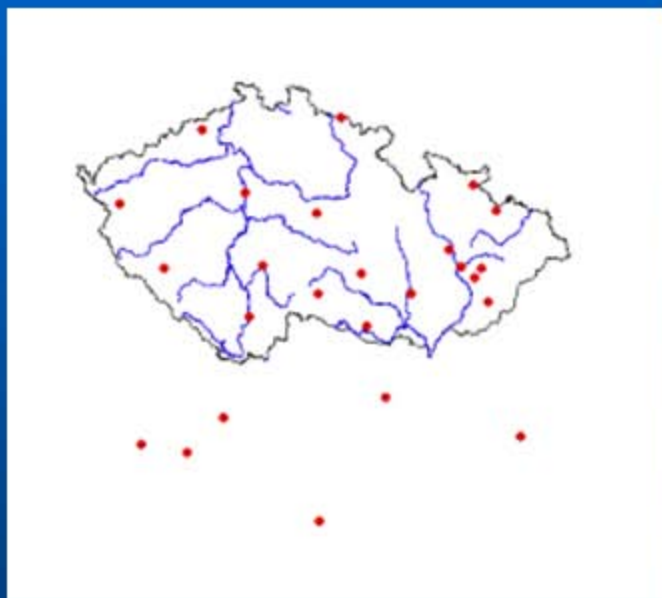
V **létě** - proměnlivější, jejich pokles se vzdáleností je daleko rychlejší



Vícenásobná regrese, závislost na vzdálenosti a rozdílu v nadmořské výšce

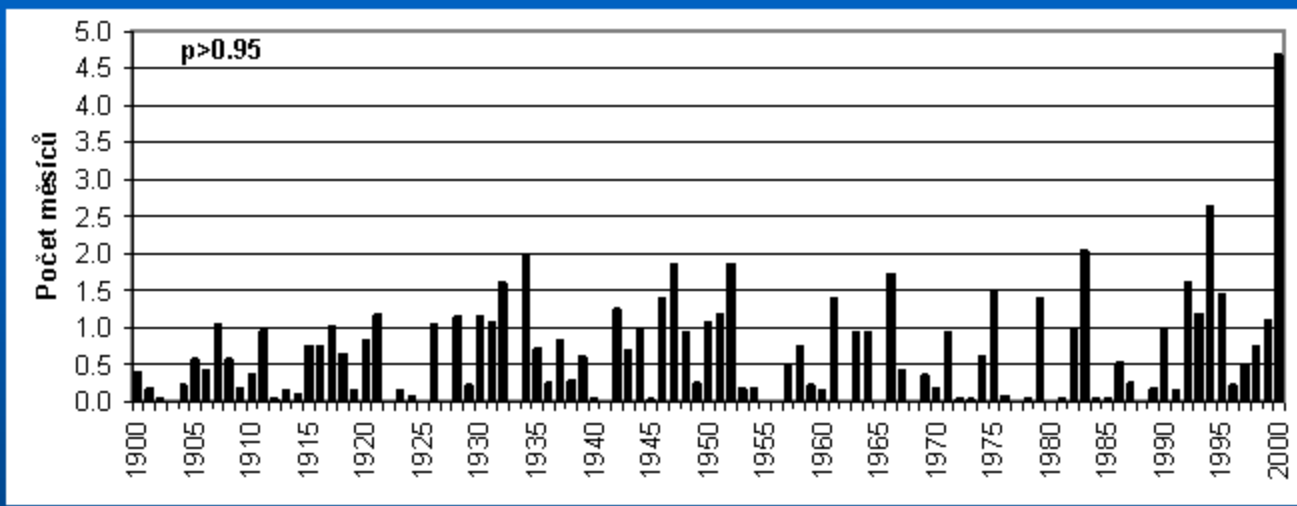
Koef. determinace	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim	
		0.238	0.724	0.431	0.231	0.439

Extremita měsíčních průměrů teploty vzduchu 1900-1999, 28 stanic

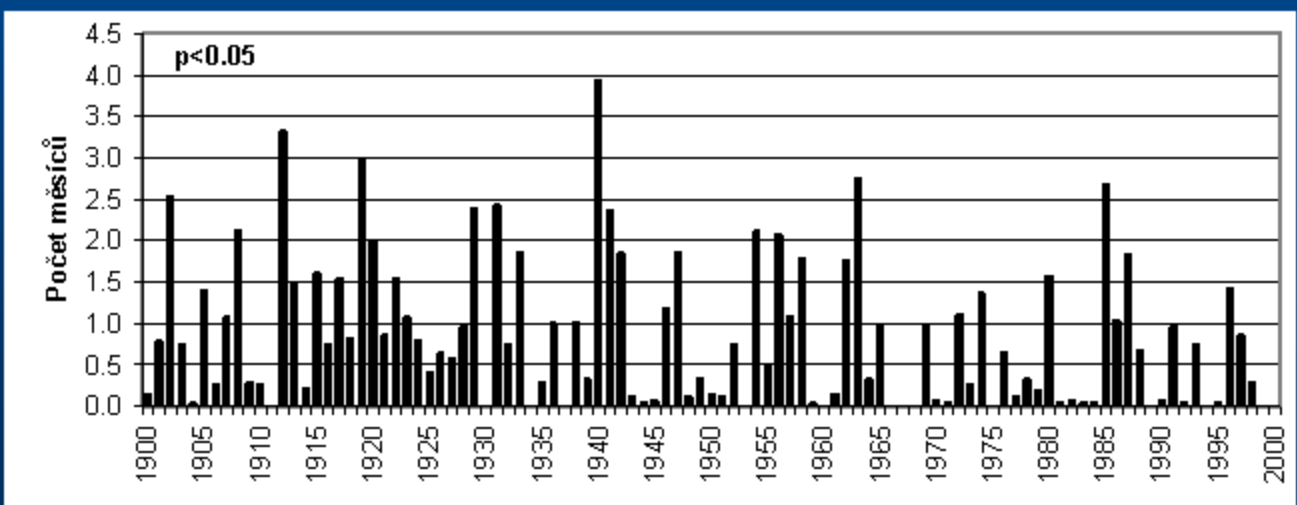


Extremita, 1900-1999, 28 stanic

Průměrný počet měsíců za rok překračující 0.95 nebo nedosahující 0.05 ND



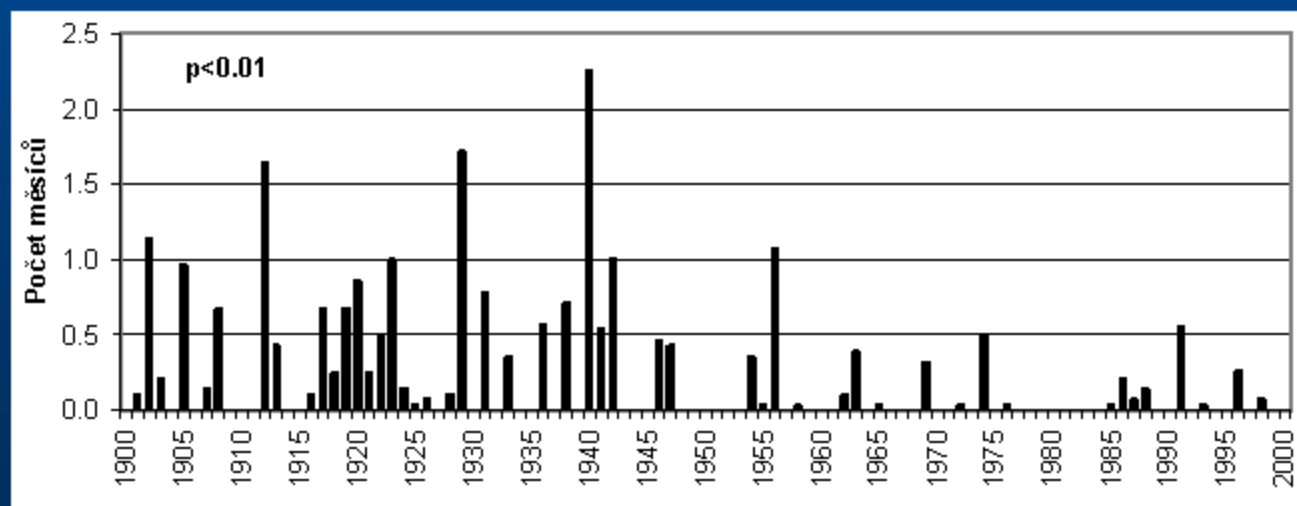
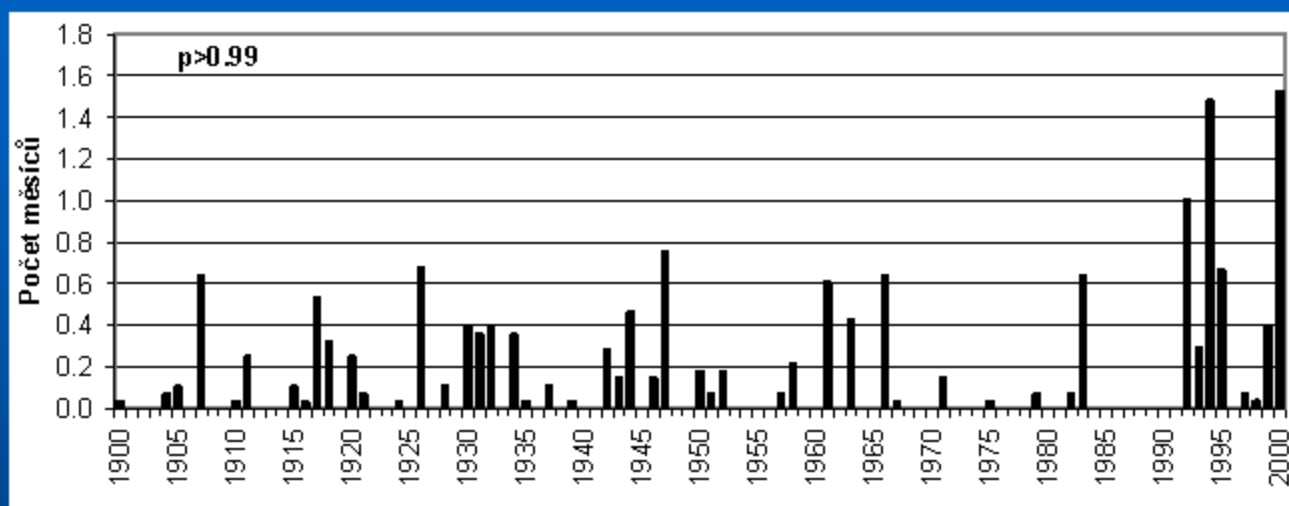
2000
1994
1983



1912
1919
1940
1963
1985

Extremita, 1990-1999, 28 stanic

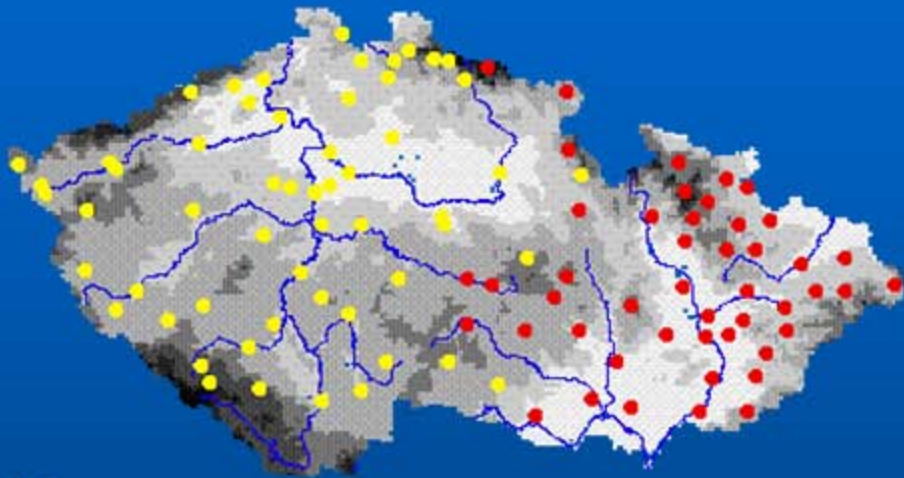
Průměrný počet měsíců za rok překračující 0.99 nebo nedosahující 0.01 ND



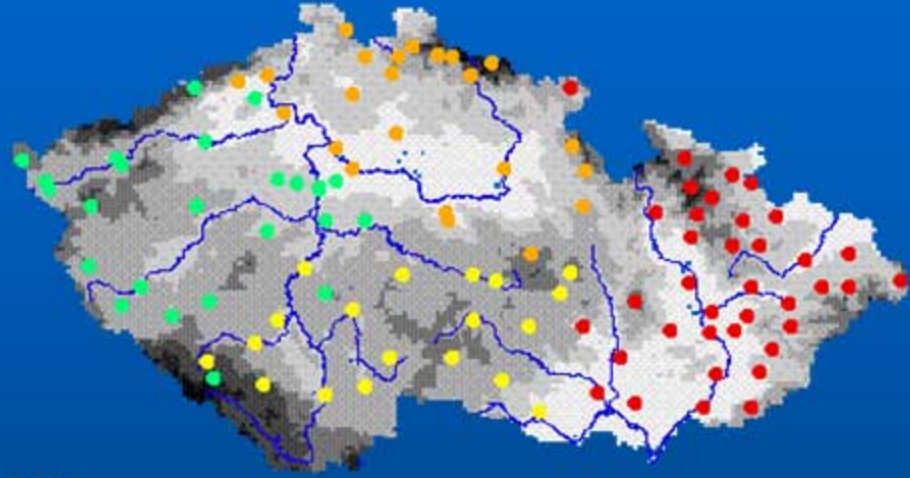
Shluková analýza, 1961-1990, standardizovaná data, teplý půlrok

Letní půlrok

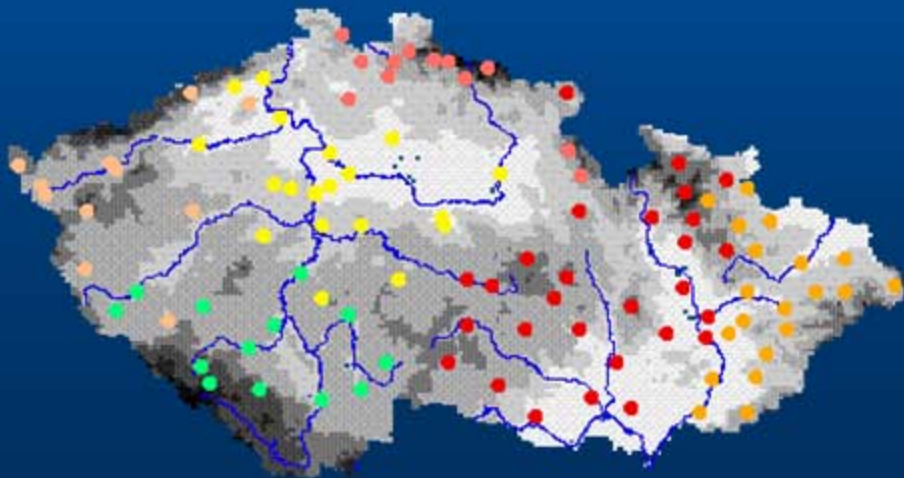
k=2



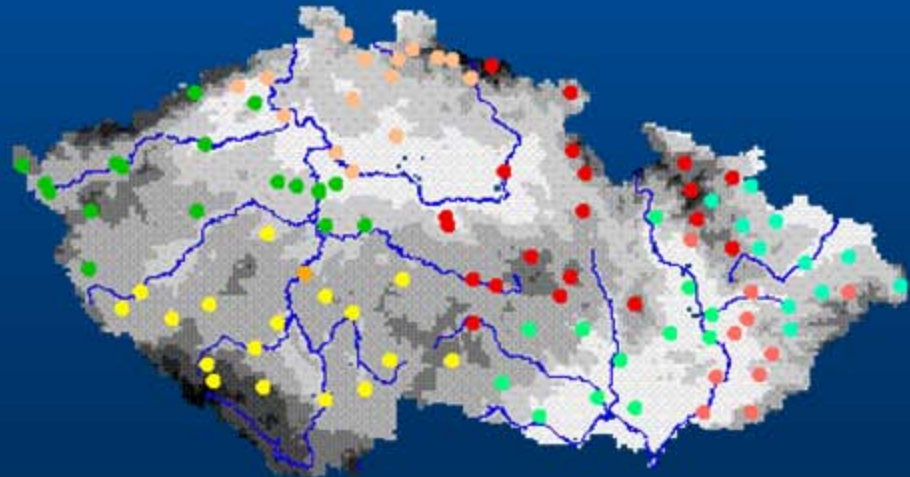
k=4



k=6

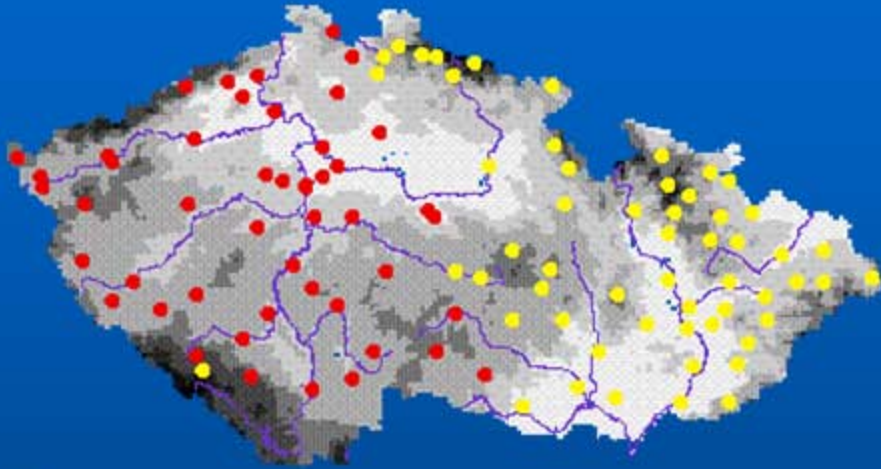


k=8

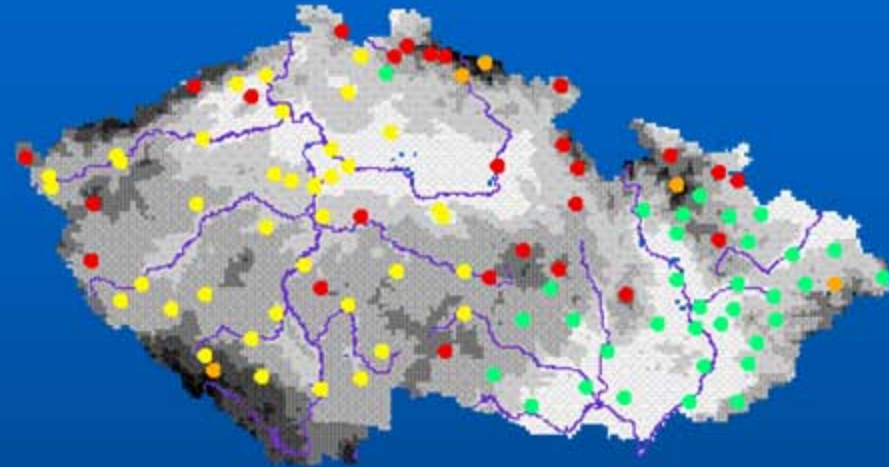


Shluková analýza, 1961-1990, standardizovaná data, chladný půlrok

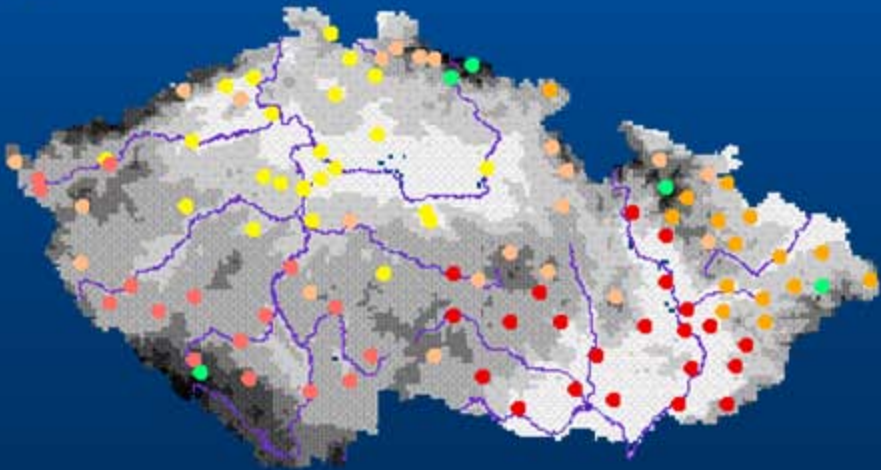
Zimní půlrok
k=2



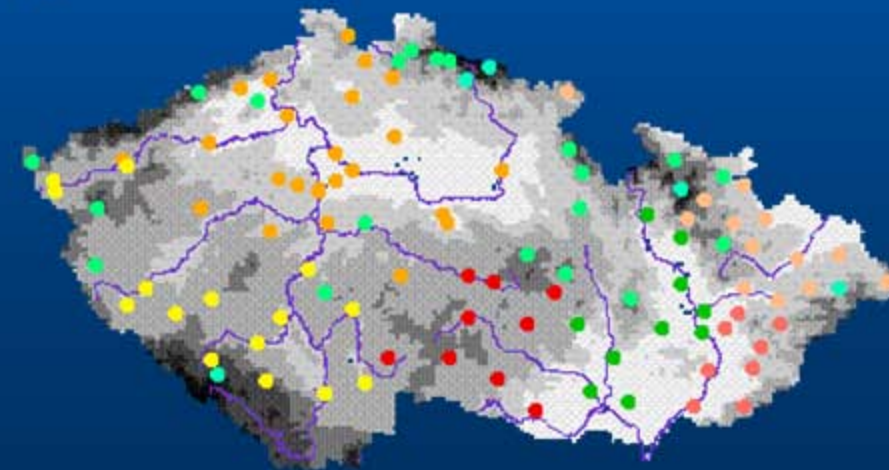
k=4



k=6



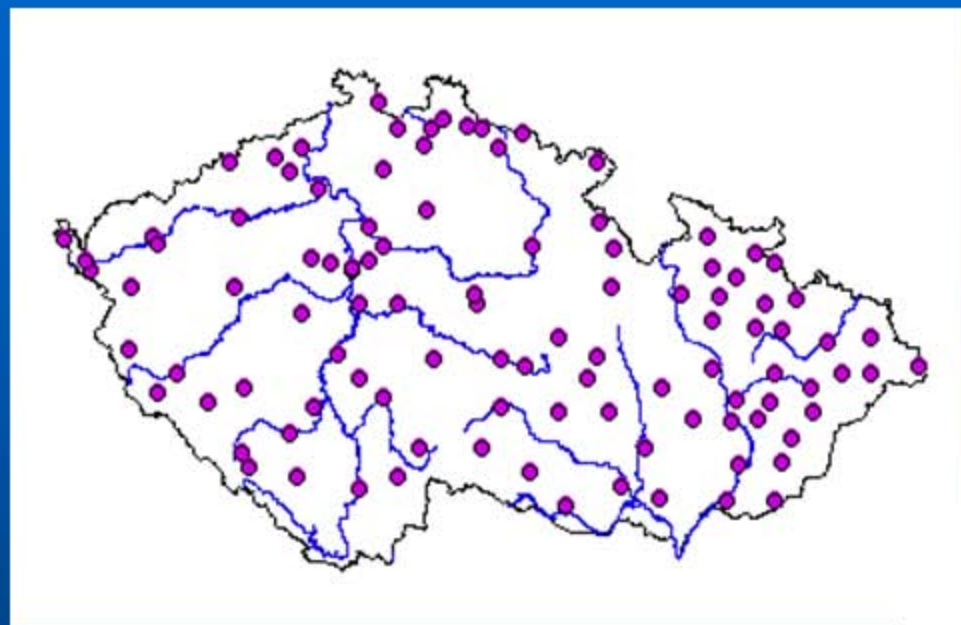
k=8



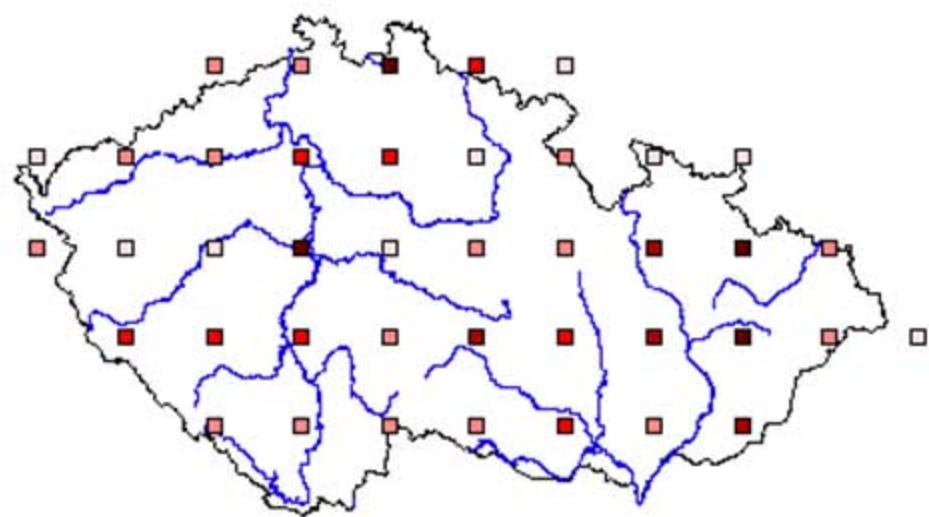
Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent

období 1961-1990



standardizace
převedení do
gridů

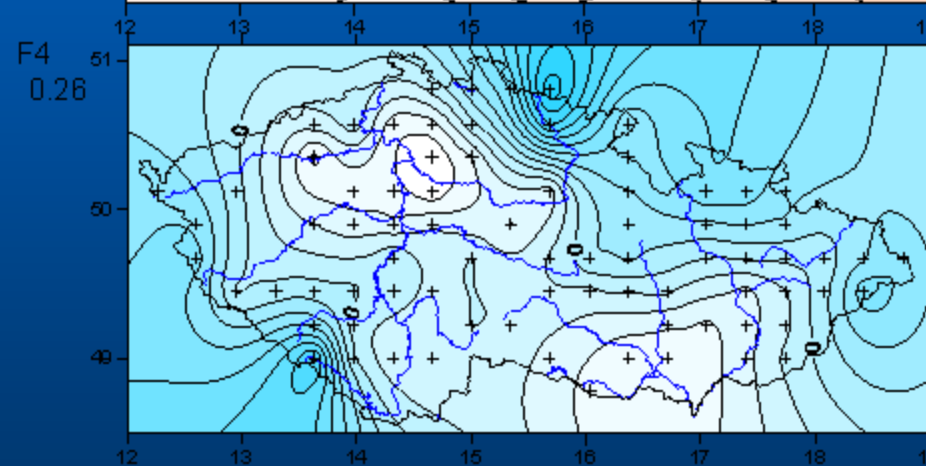
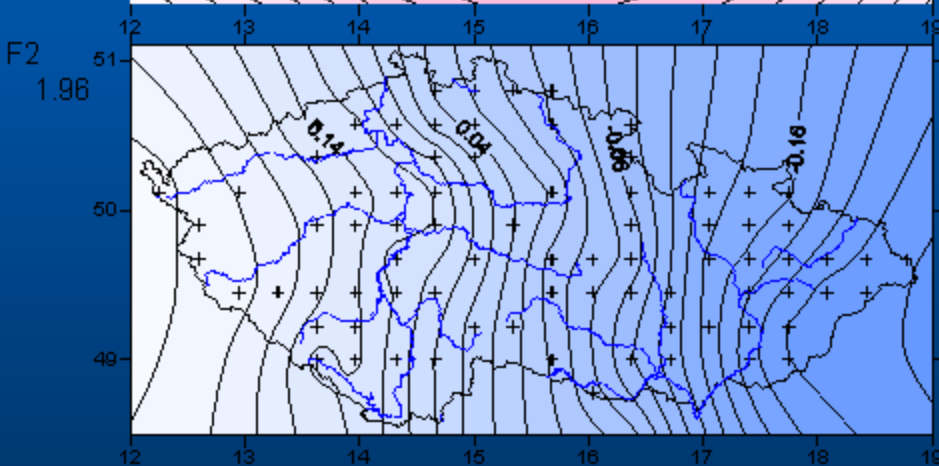
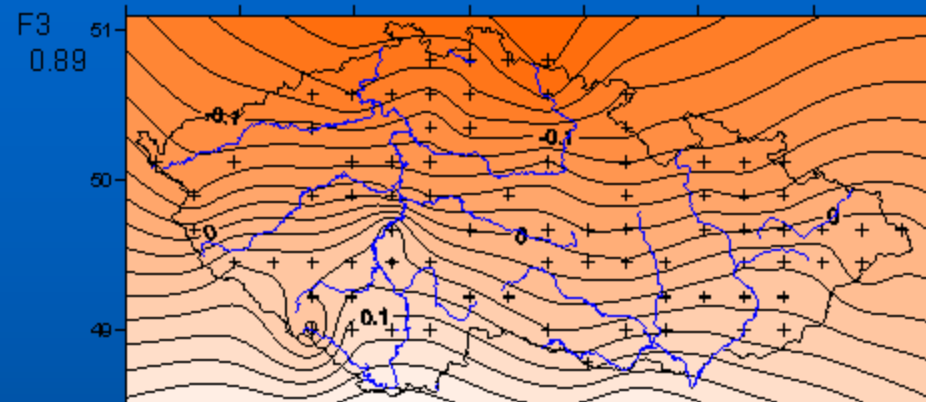
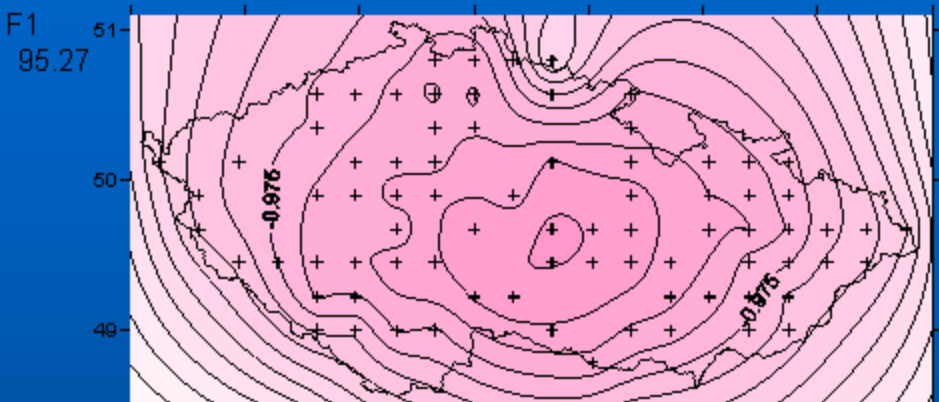


Analýza hlavních komponent,

všechny měsíce, data standardizovaná

Korelační koeficient F1 a AVG ČR: 0.943

první komponenta vyjadřuje pouze společnou variabilitu



Tab. 5.6. Prostorové korelační koeficienty mezi jednotlivými komponentními váhami a vybranými charakteristikami gridových bodů. Tučně jsou zvýrazněny korelační koeficienty překračující podle t-testu 0,05 hladinu významnosti

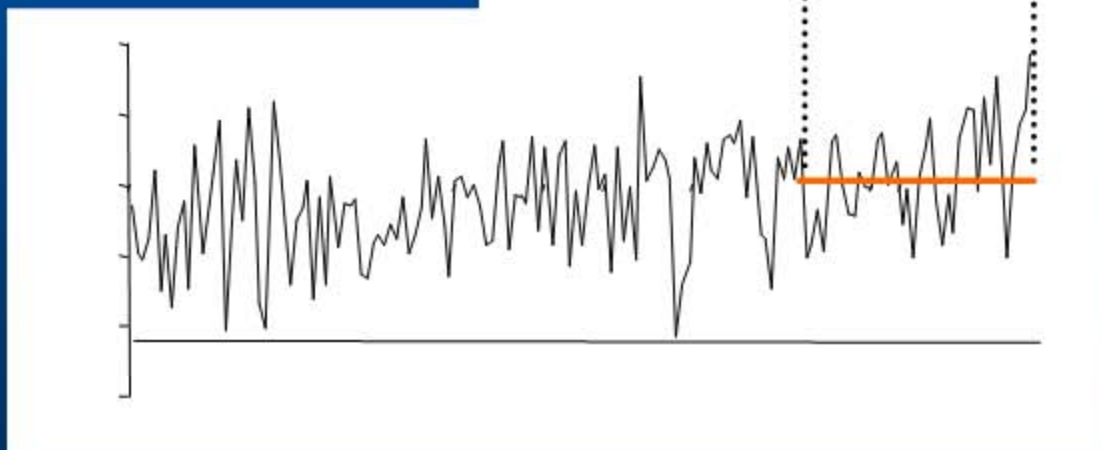
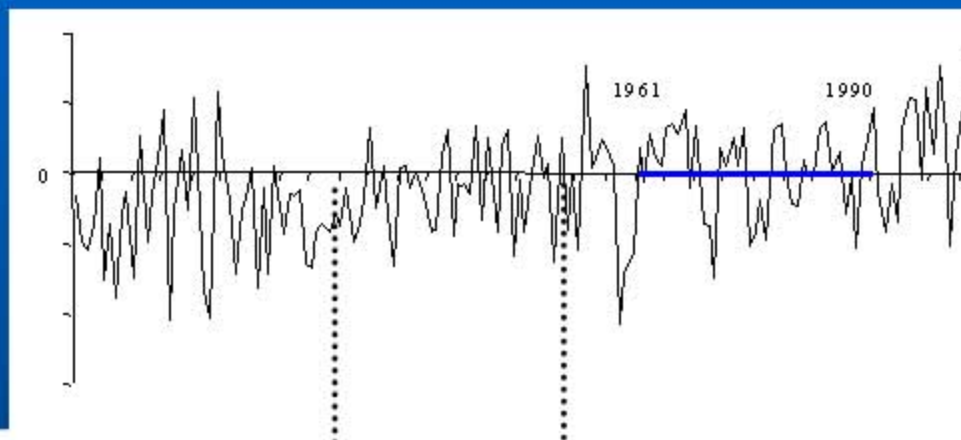
	Hlavní komponenta				Hlavní komponenta			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Zimní půrok				Letní půrok			
Zem. délka	0.078	0.891	0.333	0.074	-0.075	-0.984	0.059	0.051
Zem. šířka	-0.416	0.231	-0.742	0.520	-0.412	0.114	0.961	0.021
Nadm. výška	0.075	0.069	-0.666	-0.566	-0.174	0.203	0.182	-0.671

Průměřovaná řada České republiky

- jednotlivé řady převedeny na anomálie
1961-1990

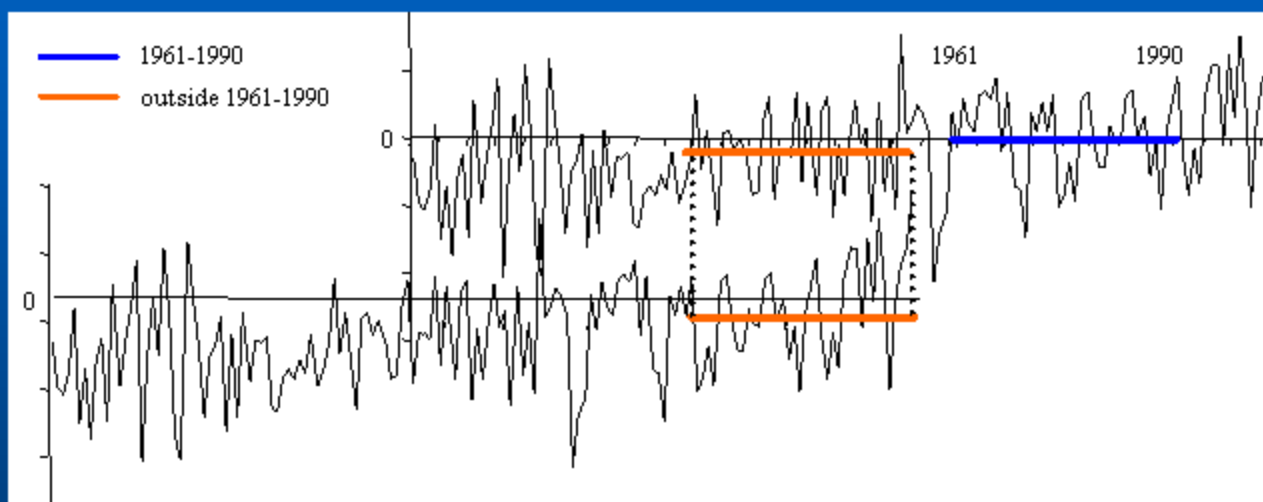
Průměr ze všech dostupných stanic

- převod řad na anomálie



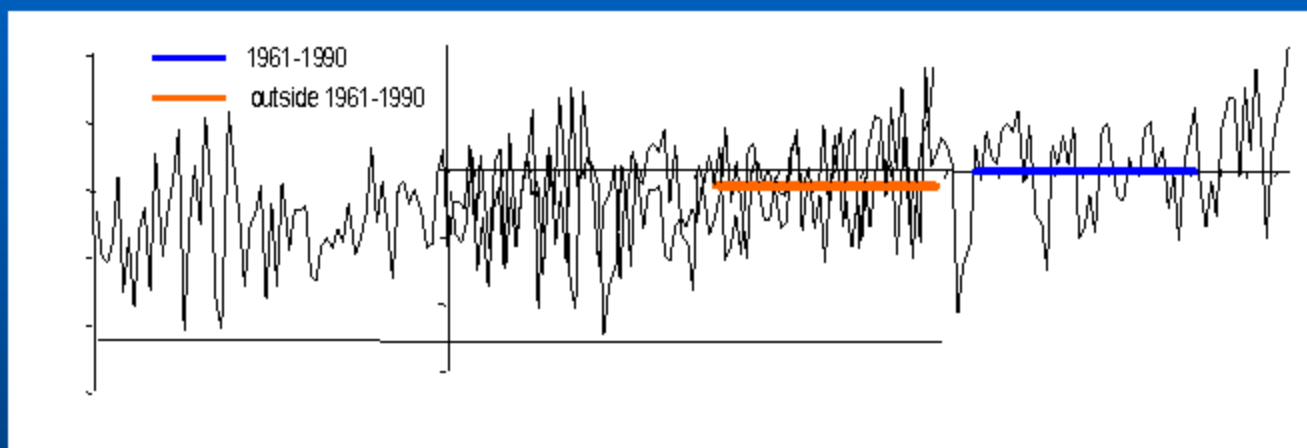
Průměr ze všech dostupných stanic

- převod řad na anomálie



Průměr ze všech dostupných stanic

- převod řad na anomálie



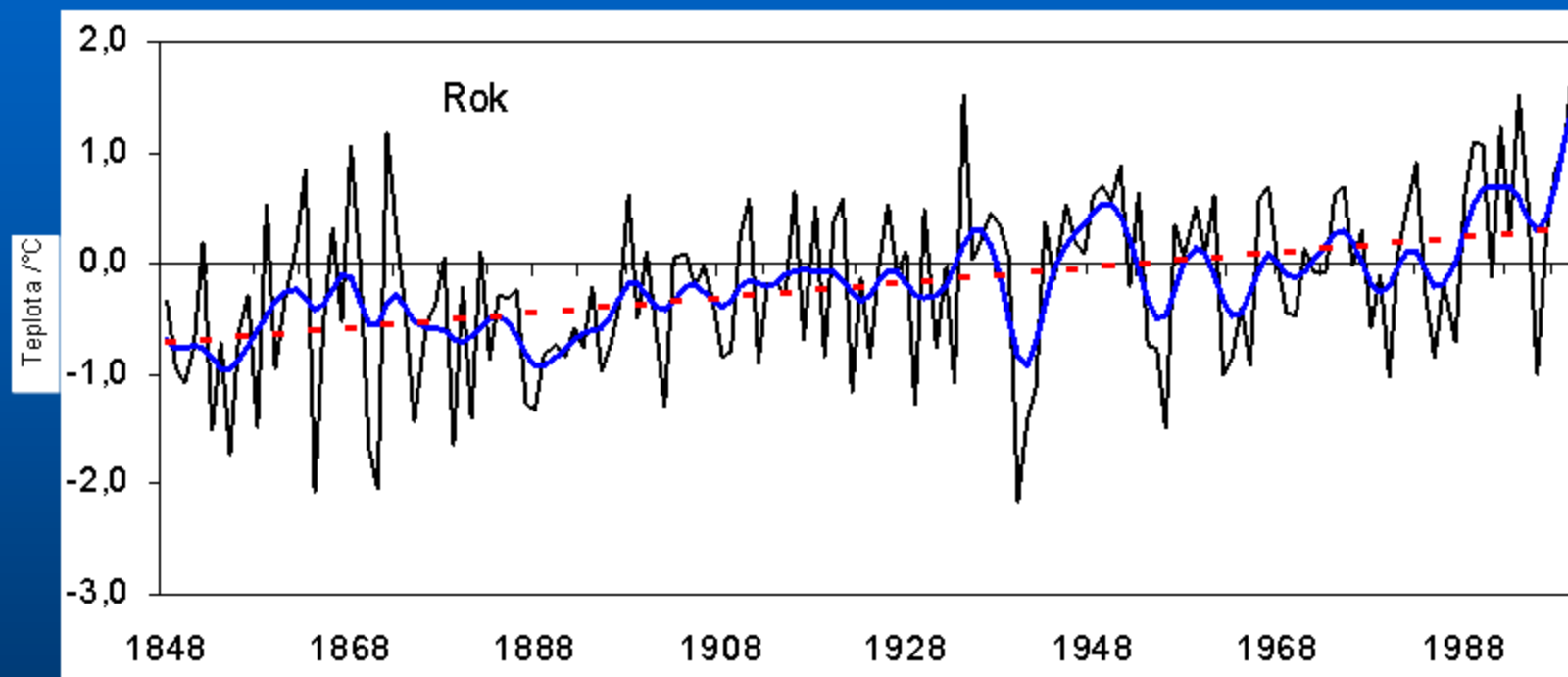
Průměrovaná řada ČR

statistické charakteristiky 1848-2000

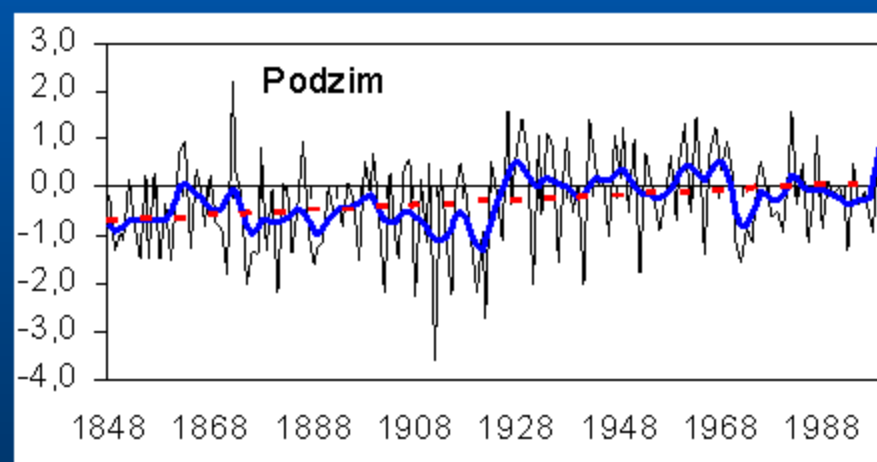
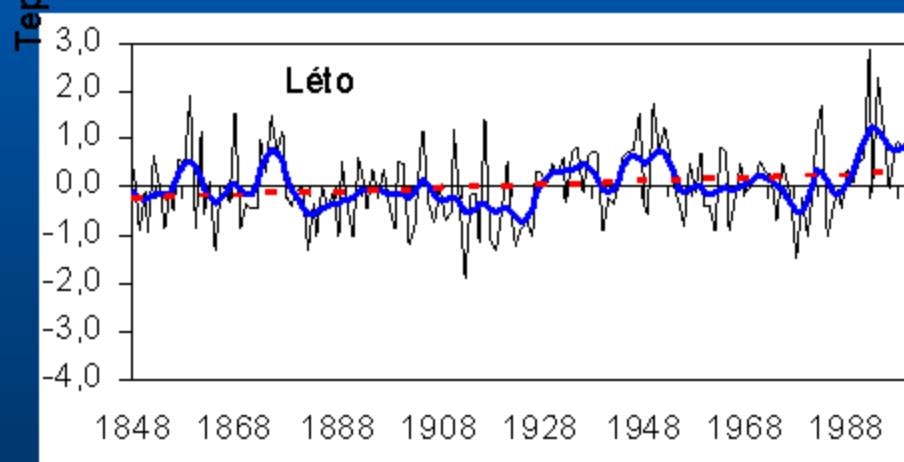
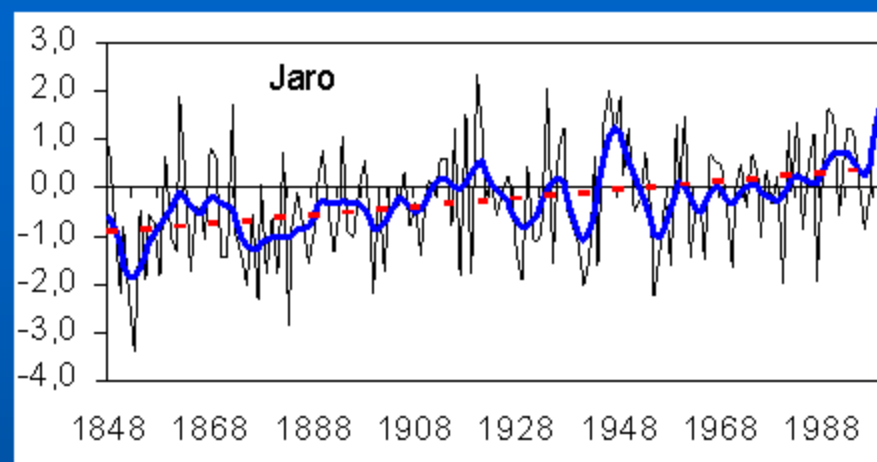
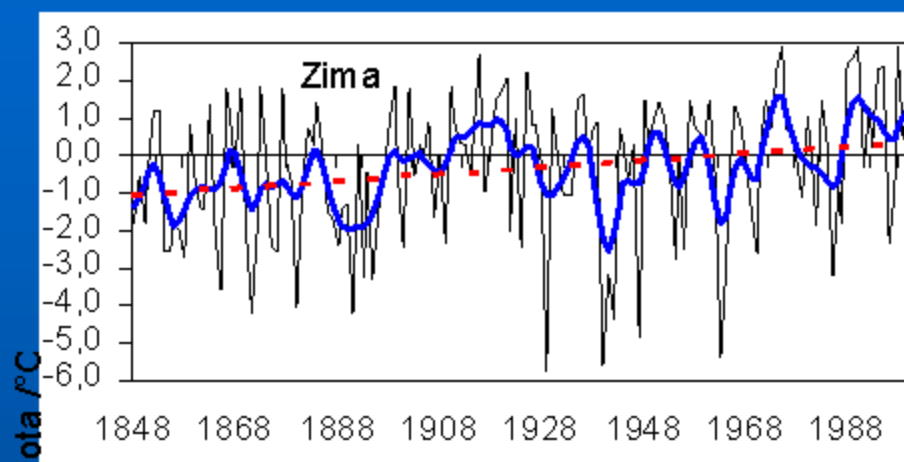
Avg ČR 1848-2000	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Počet	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	229	230	230	230	230
Průměr	-0,22	-0,37	-0,44	-0,20	-0,15	0,02	0,15	0,02	-0,09	-0,32	-0,43	-0,36	-0,32	-0,26	0,06	-0,28	-0,20
Směr. Odchylka /°C	2,86	2,94	2,19	1,69	1,66	1,31	1,30	1,21	1,42	1,59	1,84	2,40	1,89	1,18	0,80	1,03	0,78
Rozptyl /°C°C	8,18	8,63	4,80	2,85	2,77	1,72	1,69	1,47	2,02	2,51	3,38	5,75	3,56	1,38	0,65	1,05	0,60
Koeficient variace /%	-1326	-799	-497	-838	-1097	8050	887	6636	-1533	-497	-424	-662	-591	-445	1322	-364	-388
Koeficient asymetrie	-0,48	-1,02	-0,22	0,09	-0,15	-0,03	0,15	0,47	-0,02	-0,12	-0,13	-0,79	-0,63	0,04	0,42	-0,23	-0,11
Koeficient špičatosti	0,01	1,32	-0,85	-0,66	-0,26	-0,21	-0,05	0,48	0,58	-0,01	-0,13	0,98	0,02	-0,51	0,42	-0,13	-0,24
Minimální hodnota	-8,5	-11,5	-5,8	-3,7	-4,2	-4,0	-2,8	-2,6	-4,8	-4,6	-6,3	-9,3	-5,8	-3,4	-1,9	-3,6	-2,1
1. výskyt (rmd)	1799	1929	1785	1817	1876	1923	1771	1833	1912	1786	1771	1788	1830	1785	1771	1786	1786
Počet výskytů	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Maximální hodnota	5,3	4,9	3,7	3,8	3,7	2,9	4,2	4,7	4,0	4,1	4,5	5,0	2,9	2,5	2,9	2,2	1,8
1. výskyt (rmd)	1796	1966	1990	1800	1811	1811	1994	1807	1947	1907	1926	1934	1796	2000	1834	1872	2000
Počet výskytů	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
1. decil (10%)	-4,1	-4,8	-3,5	-2,5	-2,5	-1,6	-1,6	-1,5	-1,9	-2,3	-2,9	-3,8	-2,7	-1,8	-0,9	-1,5	-1,3
1. kvartil (25%)	-2,0	-1,6	-2,1	-1,4	-1,3	-0,9	-0,7	-0,9	-0,9	-1,5	-1,7	-1,6	-1,7	-1,1	-0,5	-1,1	-0,8
Medián	-0,1	0,0	-0,3	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,4	-0,1	-0,1	-0,3	0,0	-0,2	-0,2
3. kvartil (75%)	1,9	1,6	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8	0,7	1,0	1,2	1,1	0,6	0,6	0,5	0,4
Posl. decil (90%)	3,1	2,8	2,4	2,0	1,8	1,9	1,7	1,7	1,6	1,7	1,9	2,5	1,8	1,3	1,1	1,0	0,7
Lin. trend	0,012	0,005	0,012	0,006	0,008	0,001	0,004	0,006	0,003	0,002	0,011	0,013	0,010	0,009	0,004	0,005	0,007

Průměrovaná řada ČR, 1848-2000

shlazená 10-ti letým Gaussovým nízkofrekvenčním filtrem

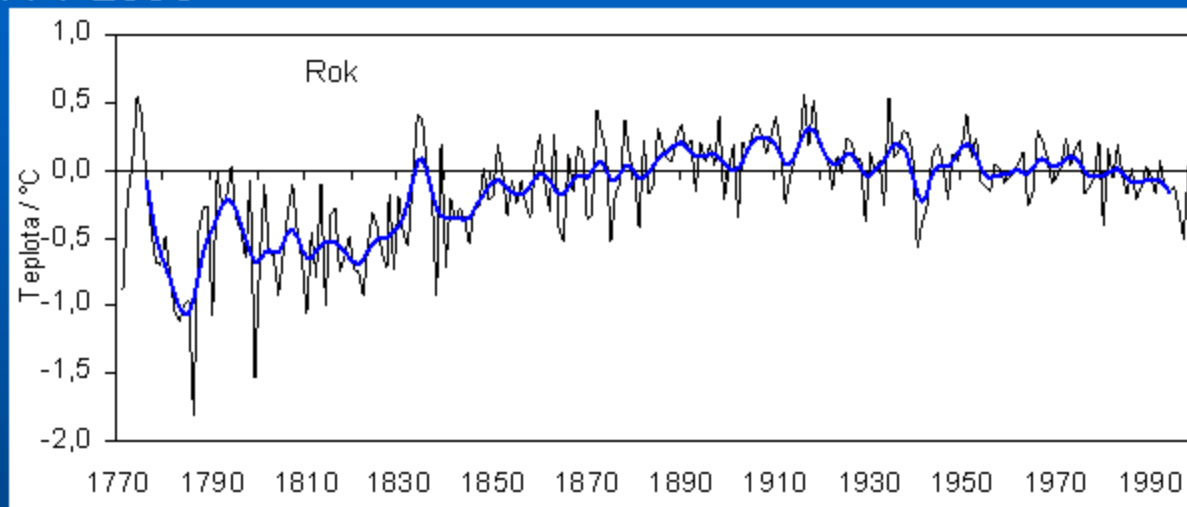


Průměrovaná řada ČR, sezóny



Průměrovaná řada ČR – stanovení začátku

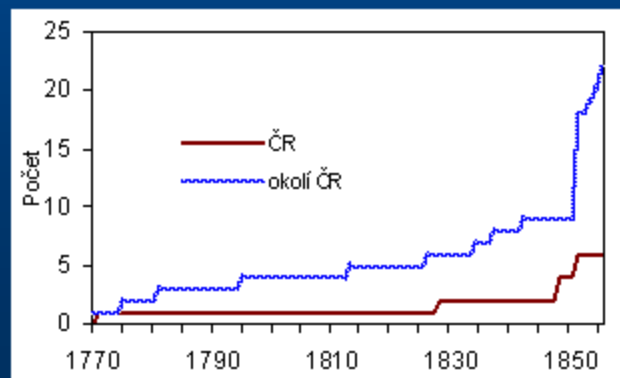
Roční rozdíly mezi průměrovanou řadou ČR a průměrovanou řadou z okolí ČR, 1771-2000



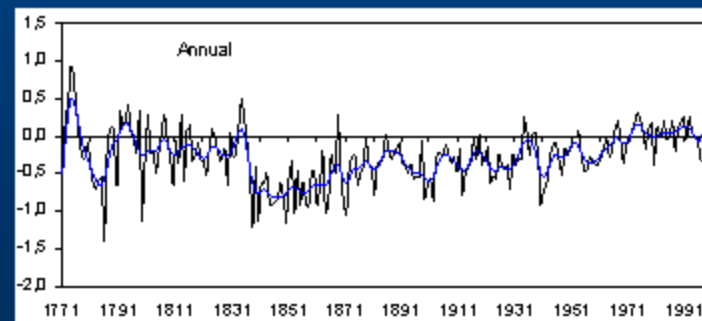
Korelace avgČR a okolí

Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
1771-1999	0.926	0.904	0.838	0.882	0.896
1771-1827	0.860	0.913	0.821	0.802	0.899
1828-1999	0.962	0.940	0.934	0.929	0.953
1771-1847	0.886	0.920	0.816	0.826	0.900
1848-1999	0.975	0.934	0.937	0.929	0.957

Počet stanic použitých k výpočtu průměrovaných řad pro ČR a okolí ČR, 1771- 1855



Roční rozdíly řad neopraveného Klementina s prům. řadou z okolí ČR



Průměrovaná řada ČR

Trend na 100 let (°C), 1848-2000

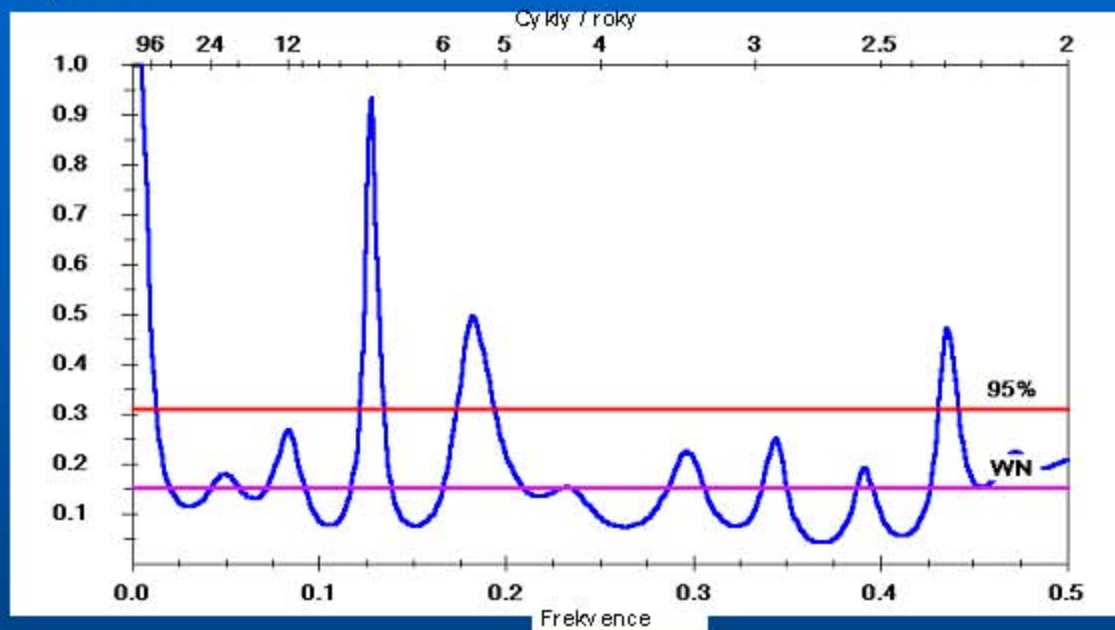
Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Trend	1,17	0,47	1,22	0,64	0,79	0,13	0,39	0,56	0,30	0,22	1,06	1,29
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok							
Trend	0,96	0,88	0,36	0,52	0,69							

Korelační koeficienty mezi řadami ročních a sezónních průměrů teploty vzduchu, pro průměrnou řadu ČR (1848–2000) a průměrnou řadu severní polokoule (1856–2000, Jones et al., 2001)

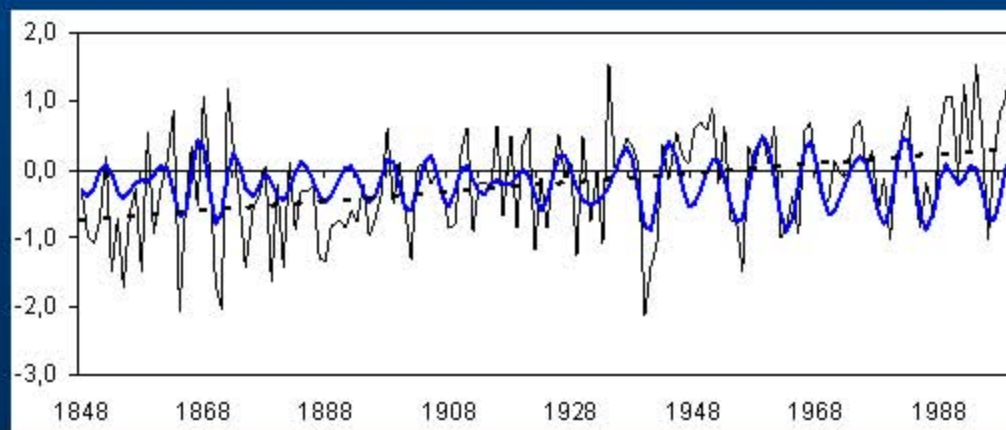
Průměrná řada ČR (1849-2000)						Průměrná řada Severní polokoule (1857-2000)					
Původní hodnoty:						Původní hodnoty:					
	rok	zima	jaro	léto	podzim		rok	zima	jaro	léto	podzim
rok	1	0.61	0.73	0.42	0.46	rok	1	0.82	0.91	0.87	0.89
zima	0.61	1	0.32	0.11	-0.07	zima	0.82	1	0.73	0.59	0.63
jaro	0.73	0.32	1	0.15	0.20	jaro	0.91	0.73	1	0.78	0.72
léto	0.42	0.11	0.15	1	0.15	léto	0.87	0.59	0.78	1	0.75
podzim	0.46	-0.07	0.20	0.15	1	podzim	0.89	0.63	0.72	0.75	1
Hodnoty po odstranění trendu:						Hodnoty po odstranění trendu:					
	rok	zima	jaro	léto	podzim		rok	zima	jaro	léto	podzim
rok	1	0.58	0.69	0.36	0.44	rok	1	0.61	0.76	0.75	0.73
zima	0.58	1	0.25	0.09	-0.09	zima	0.61	1	0.42	0.22	0.22
jaro	0.69	0.25	1	0.08	0.15	jaro	0.76	0.42	1	0.55	0.36
léto	0.36	0.09	0.08	1	0.07	léto	0.75	0.22	0.55	1	0.55
podzim	0.44	-0.09	0.15	0.07	1	podzim	0.73	0.22	0.36	0.55	1

Analýza cykličnosti

Maximum Entropy Spectral Analysis



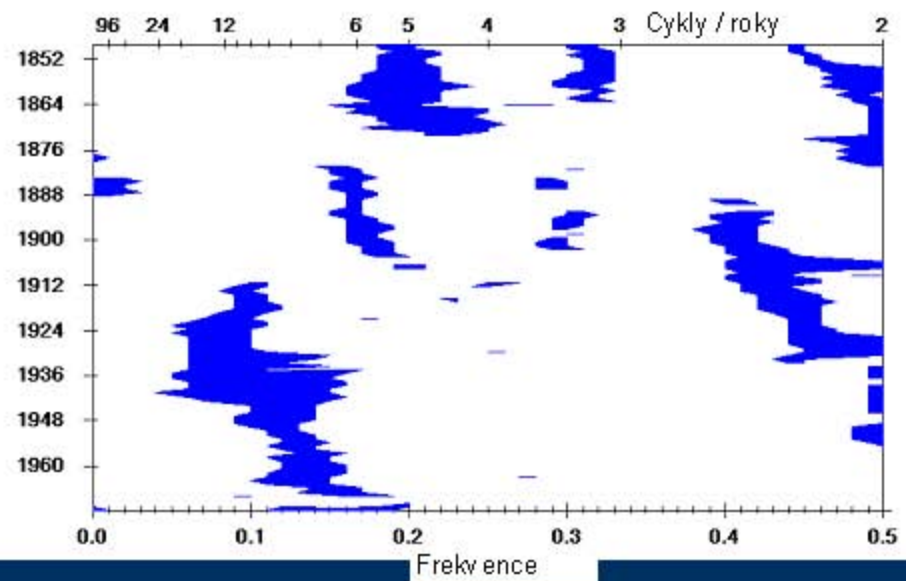
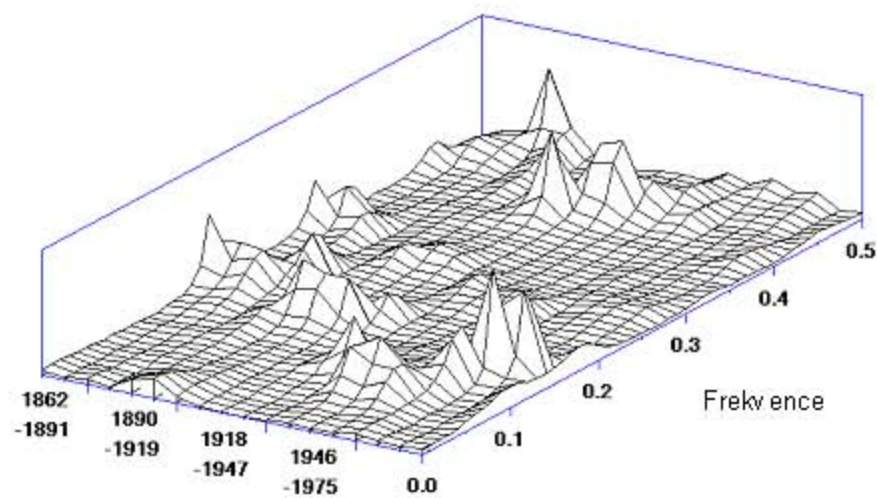
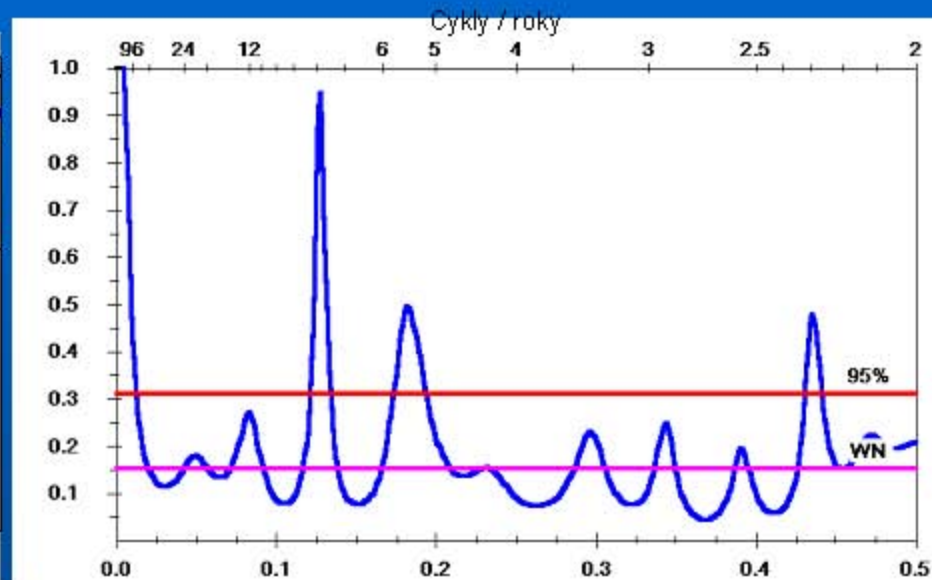
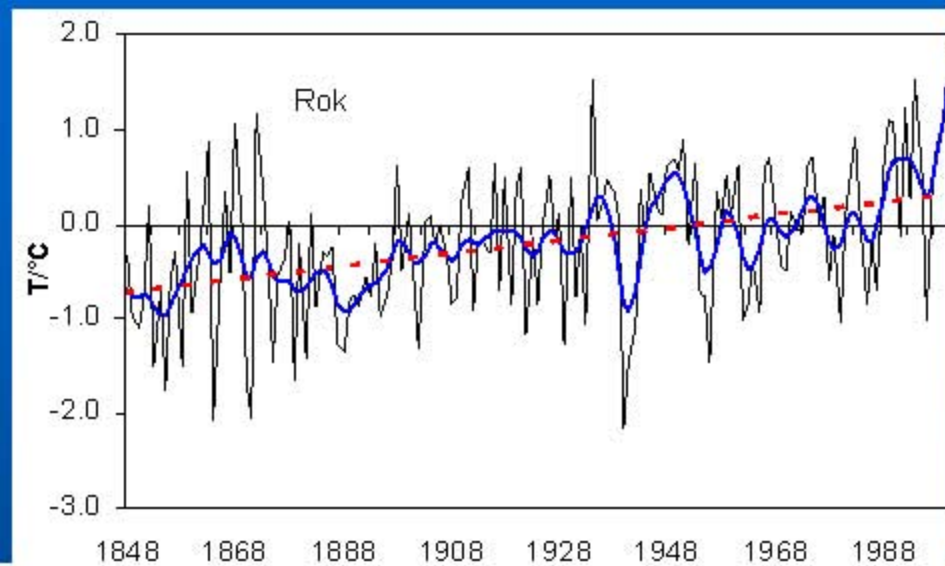
Průměrovaná řada ČR shlazená pásmovým filtrem pro 8 let



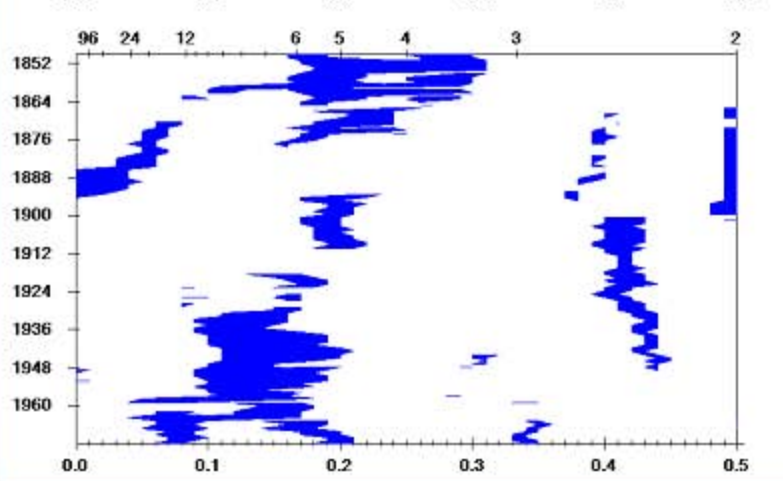
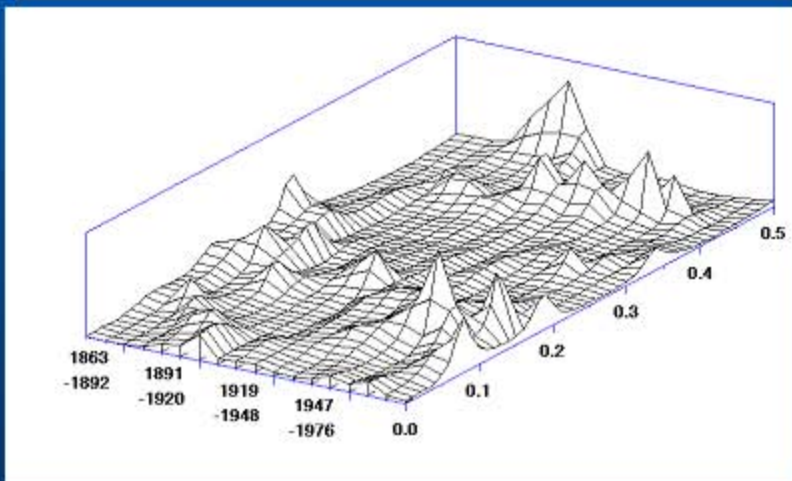
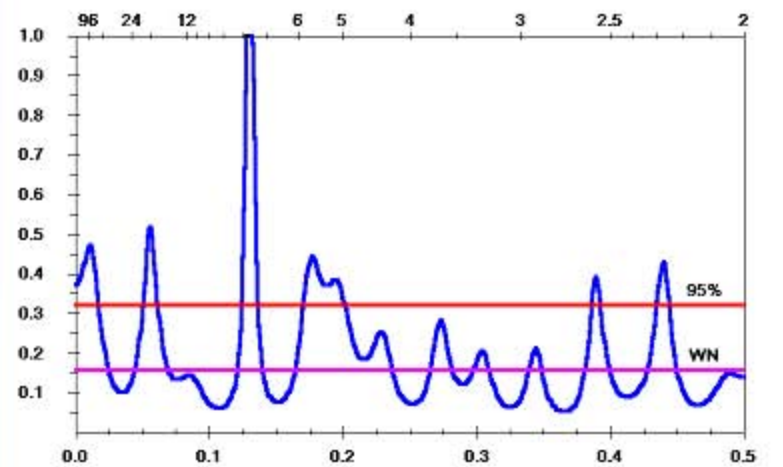
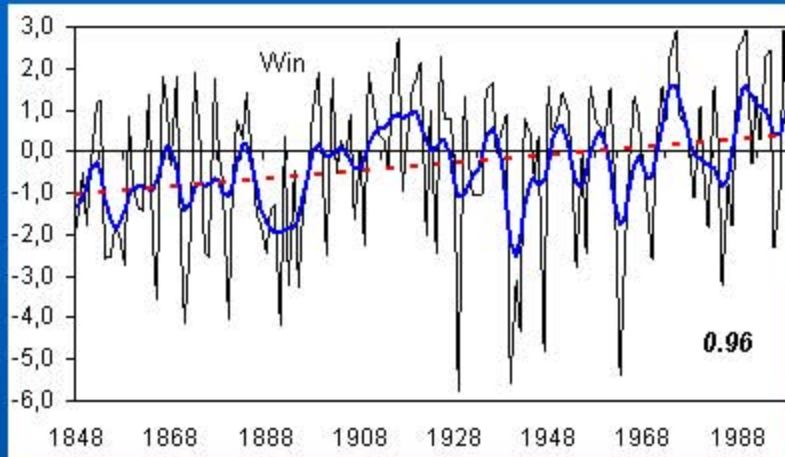
Statisticky významné ($\alpha = 0,05$) cykly (v rocích) pro jednotlivé sezóny a rok pro průměrnou teplotní řadu ČR v období 1848–2000.

Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
120,0	inf	60,0	inf	inf
18,5	26,7	18,5		
7,7	12,6			7,7
5,6		6,0		5,5
	4,4	4,1	4,9	
2,6	3,3	3,1	2,6	
2,3	2,3		2,3	2,3
		2,2	2,1	

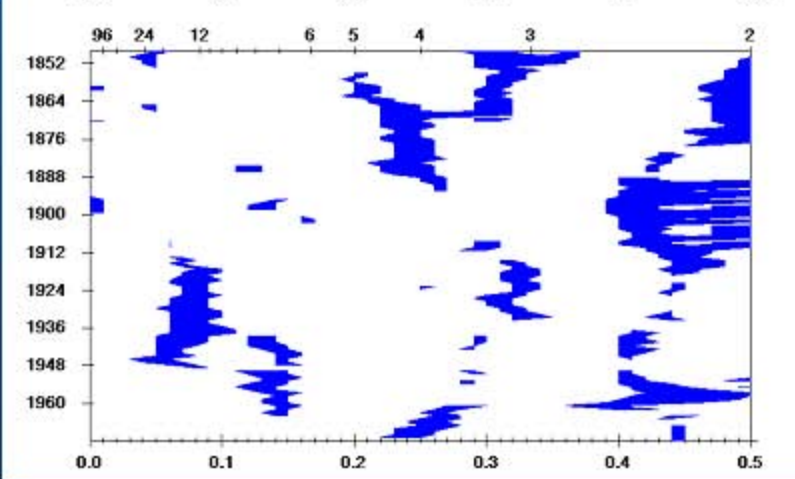
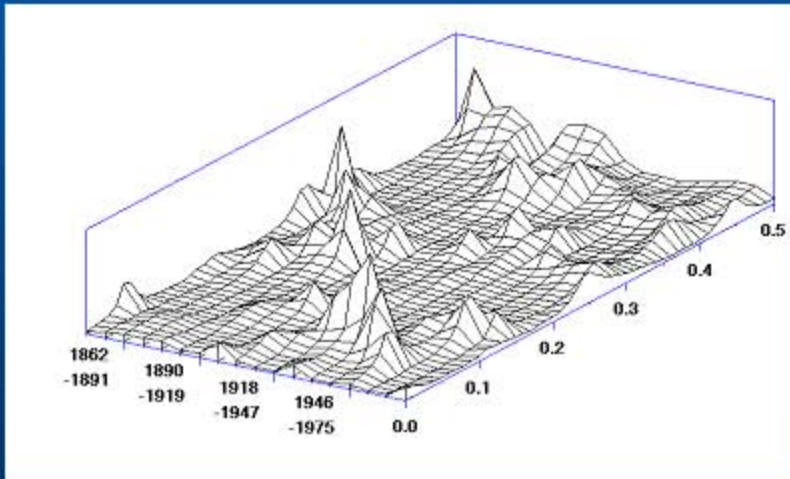
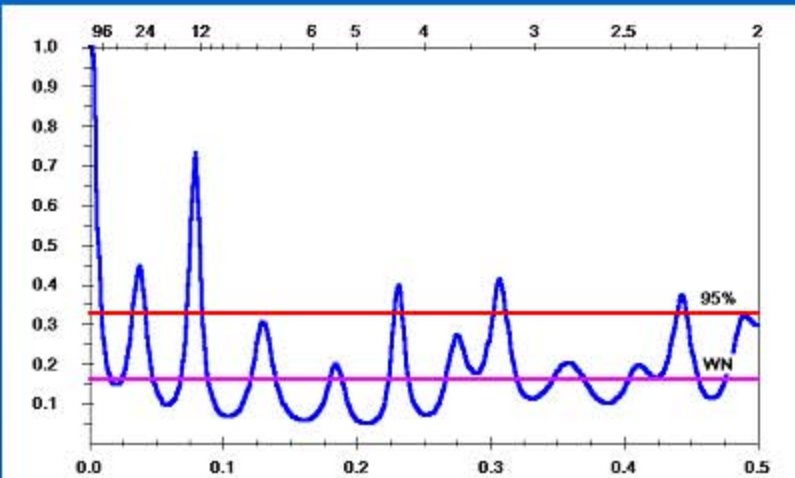
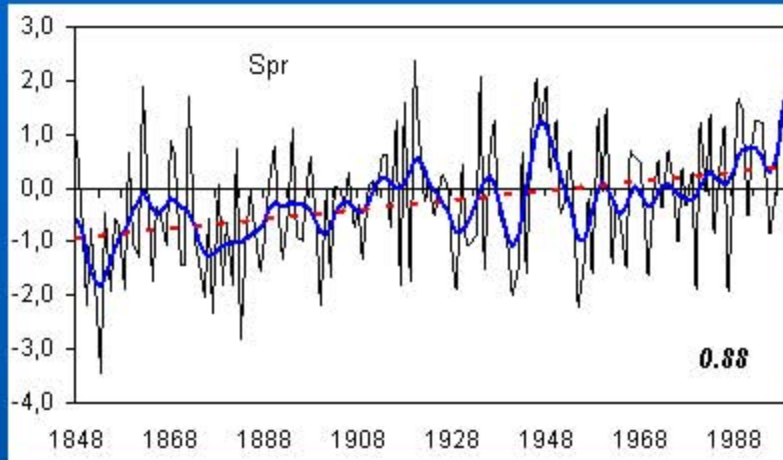
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, roční průměry



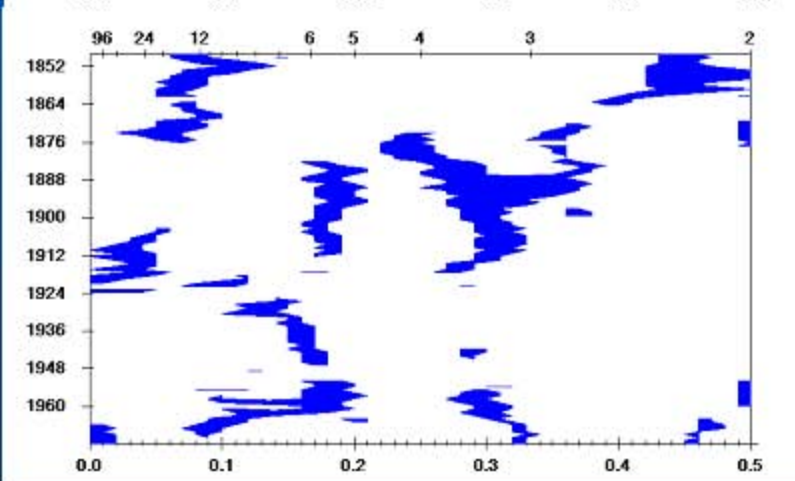
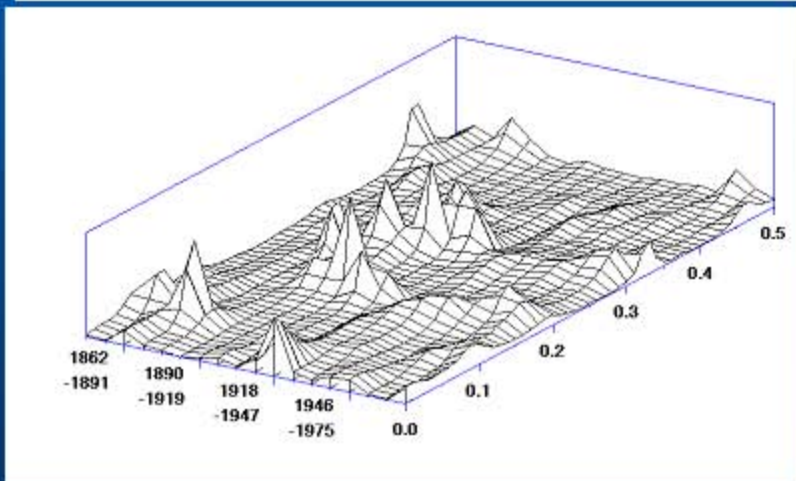
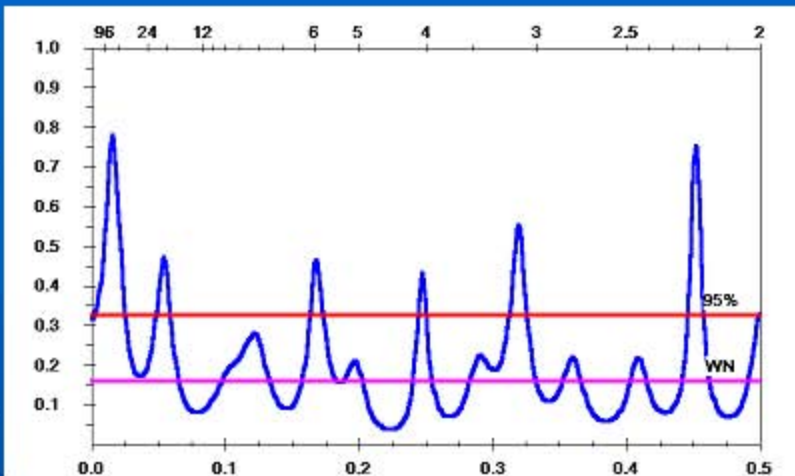
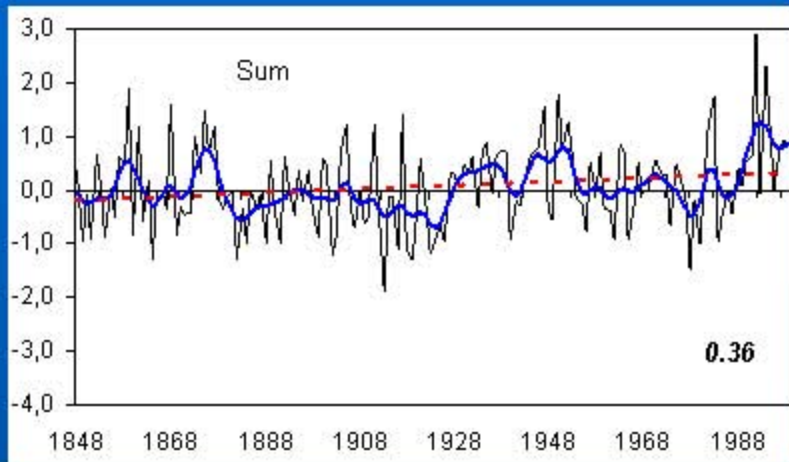
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, ZIMA



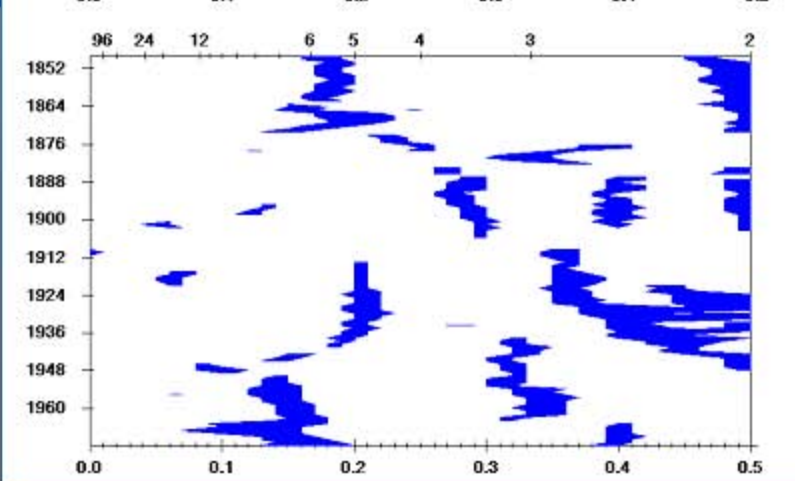
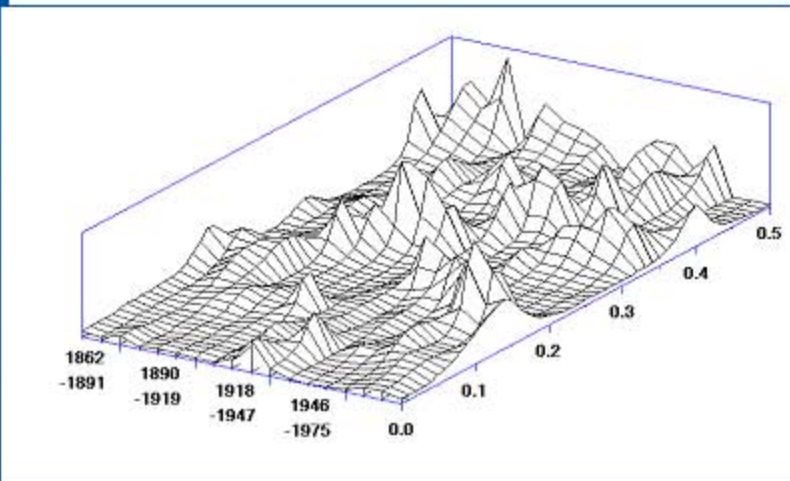
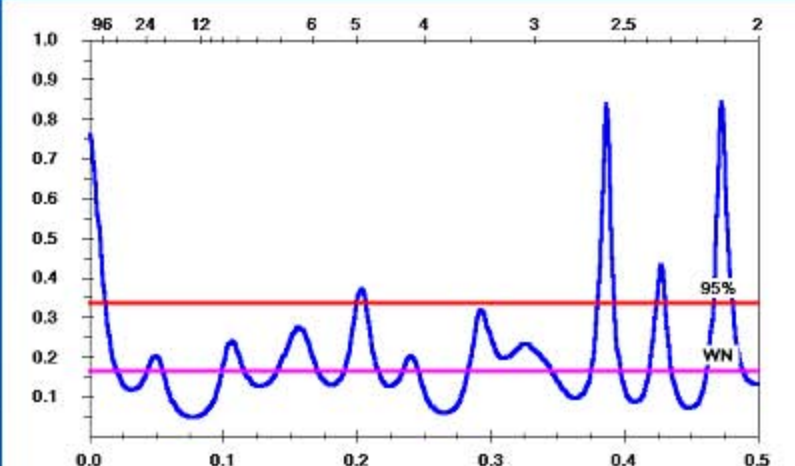
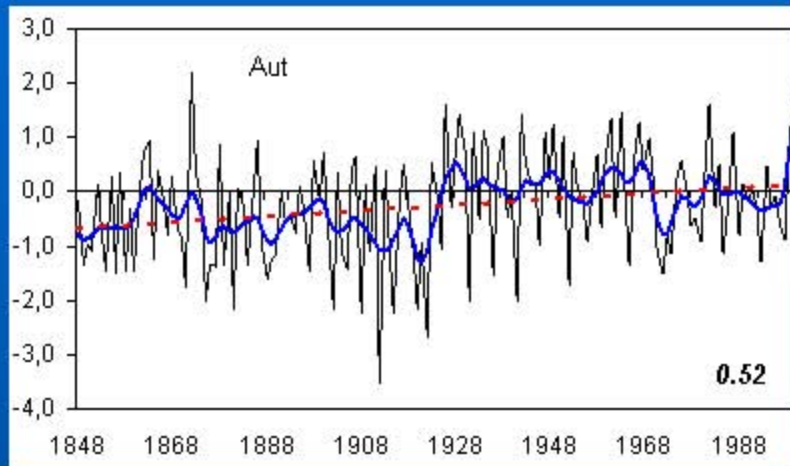
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, JARO



Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, LÉTO



Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, PODZIM



Korelační koeficienty

Korelace mezi průměrovanou řadou ČR a průměrem stanic v okolí ČR, 1848-1999

Season	Win	Spr	Sum	Aut	Year
Corr.	0.97	0.93	0.94	0.93	0.96

Korelace mezi průměrovanou řadou ČR a průměrovanou řadou severní polokoule 1848-1999

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Původní řady	0.462	0.383	0.364	0.287	0.324	0.313	0.250	0.351	0.251	0.213	0.479	0.244
Řady bez trendu	0.473	0.430	0.388	0.191	0.310	0.330	0.147	0.168	0.179	0.199	0.425	0.218
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok							
Původní řady	0.332	0.392	0.405	0.383	0.465							
Řady bez trendu	0.321	0.322	0.227	0.296	0.336							

shlazené vysokofrekvenčním Gaussovým filtrem pro 50 let

Vazba na klimatotvorné faktory – vícenásobná lineární regrese

Teplotní řady ČR a severní polokoule shlazené
nízkofrekvenčním Gaussovým filtrem pro 10 let, období 1870–1997

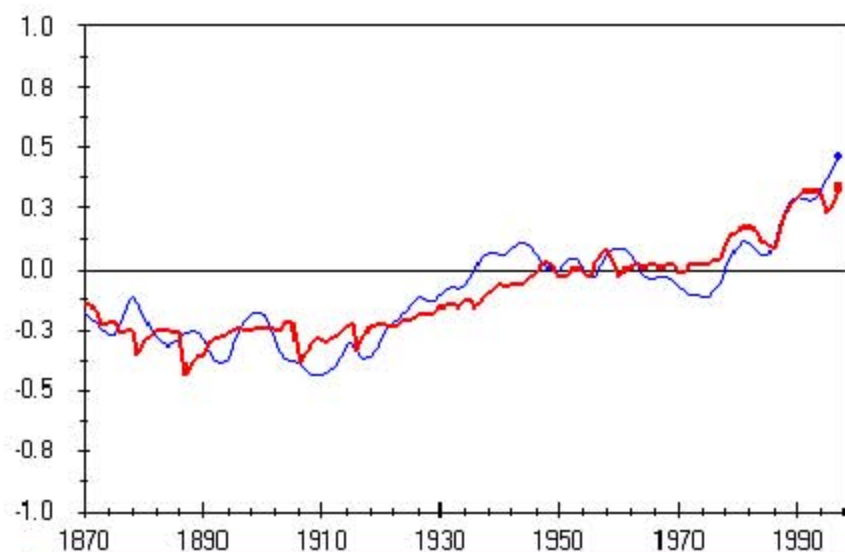
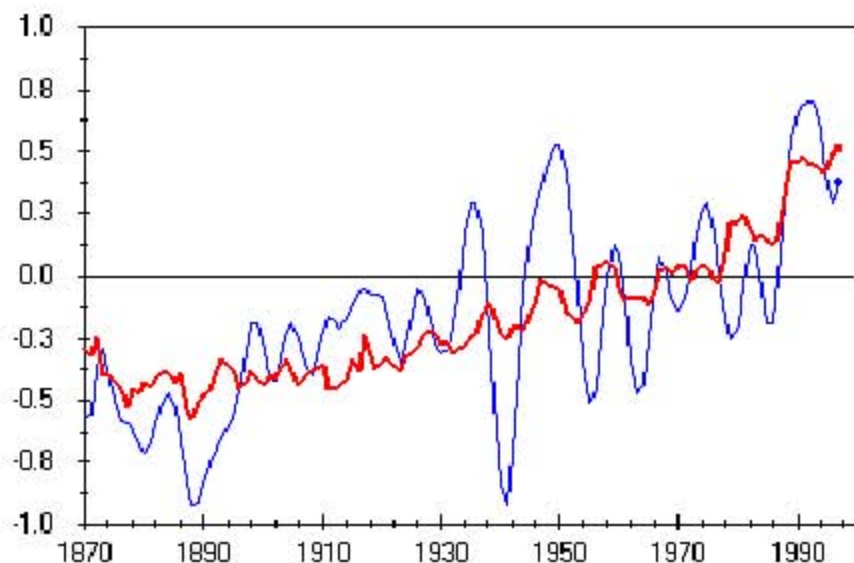
AVG ČR	Parametry neshlazený					Shlazení SOI 10 let	Shlazení všech parametrů				Parametry neshlazený	Rok
	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok	Rok	Rok	Rok			
Koef. determinace	0.509	0.196	0.373	0.362	0.284	0.523	0.552	0.635	0.768	Koef. determinace	0.495	
Maximální signál /°C										Max. signál /°C		
SRN	0.24	0.32	0.44	0.00	0.48	0.22	0.20	0.11	-0.08	Irradiance	0.21	
logSVI 4 roky	-0.16	0.59	0.47	-0.81	-0.69	-0.16	-0.14	-0.09	-0.03	logSVI 4 roky	-0.15	
CO2 20 let	1.03	1.56	1.18	0.79	0.51	1.14	1.06	1.15	1.30	CO2 20 let	0.89	
SOI	0.14	0.06	-0.10	0.05	0.15	0.31	0.19	0.26	0.30	SOI	0.14	
<i>suma</i>	1.25	2.52	1.98	0.02	0.46	1.51	1.32	1.44	1.49	<i>suma</i>	1.10	

působení jednotlivých klimatotvorných faktorů v různých částech roku se výrazně mění

TNH	Parametry neshlazený					Shlazení SOI 10 let	Shlazení všech parametrů				Parametry neshlazený	Rok
	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok	Rok	Rok	Rok			
Koef. determinace	0.814	0.803	0.810	0.662	0.726	0.819	0.840	0.878	0.927	Koef. determinace	0.786	
Maximální signál /°C										Max. signál /°C		
Irradiance	0.22	0.19	0.19	0.19	0.29	0.24	0.20	0.19	0.19	SRN	0.05	
logSVI 4 roky	-0.23	-0.22	-0.24	-0.27	-0.17	-0.22	-0.24	-0.26	-0.27	logSVI 4 roky	-0.27	
CO2 20 let	0.49	0.68	0.55	0.33	0.40	0.44	0.49	0.44	0.30	CO2 20 let	0.68	
SOI	-0.02	-0.08	-0.03	0.00	-0.04	-0.09	-0.04	-0.09	-0.17	SOI	0.00	
<i>suma</i>	0.46	0.58	0.48	0.25	0.47	0.37	0.41	0.27	0.05	<i>suma</i>	0.46	

Vícenásobná lineární regrese

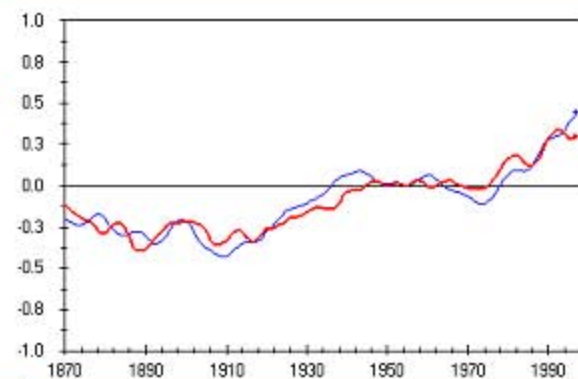
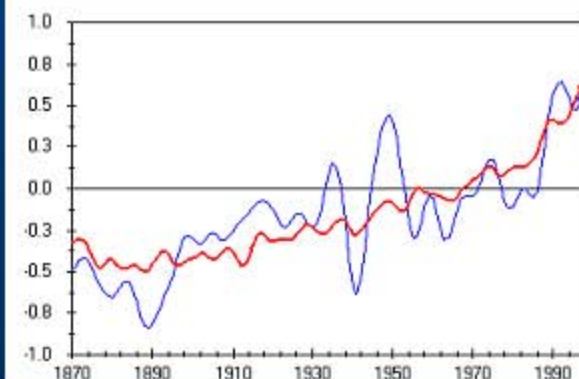
Roční teplotní anomálie průměrných řad ČR (vlevo) a severní polokoule (vpravo) (modře) aproximované řadami vypočítanými podle vícenásobného lineárního regresního modelu



$$AVG_{\text{ČR}} = -4,3165 + 0,0013 S - 0,0665 V + 0,0142 C + 0,0379 E$$

$$TNH = -107,8826 + 0,0777 S - 0,0952 V + 0,0068 C - 0,0063 E$$

Všechny použité faktory (prediktory) byly
shlazeny nízkofrekvenčním
Gaussovým filtrem pro 10 let



Software použitý pro zpracování dat

- **LoadData** - aplikace pro stažení dat z centrální databáze (např. Oraclu)
- **ProClimDB software** pro zpracování celé databáze (nalezení vychýlených hodnot, navázání sousedních řad, tvorba referenčních řad, příprava dat pro testování homogeneity, ...)
- **AnClim software** pro testování homogeneity

<http://www.klimahom.com/software>

AnClim software

AnClim (4.39)

File Tools **ELAS** Statistics Homog 1 Homog 2 Analyze 1 Analyze 2 Filters Options Window Help

Low-pass Filter: a_prumCR.txt

Low-pass Filter: Gaussian ordinate method

Plots of Filtered a_prumCR.txt (Yea)

Ordinat (weigh) -4, +4 a

0.0224	16.00
0.0790	8.00
0.1942	0.00
0.3332	-8.00
0.3989	-16.00
0.3332	-24.00
0.1942	
0.0790	
0.0224	

Win/Sp

1848 1868 1888 1908 1928 1948 1968 1988

PS - MESA: a_prumCR.txt

Power Spectrum - MESA

Frequencies + Values + Period		
0.0000	674.3299	< 1
0.0042	716.3279	< 2
0.0083	808.9999	< 12
0.0125	802.4849	< 8
0.0167	601.3849	< 6
0.0208	390.8654	< 4
0.0250	266.0807	< 4
0.0292	204.7484	< 3
0.0333	181.4865	< 3
0.0375	186.5342	< 2
0.0417	224.4611	< 2
0.0458	320.5823	< 21
0.0500	537.5234	< 2
0.0542	870.4781	< 1
0.0583	823.4554	< 1
0.0625	512.3353	< 1
0.0667	335.1720	< 1

M = 30

Estimates related to

Harmonics

Frequencies

Normalize PS % Variance

Graph Plot WN

Plot Confidence Limits 95%

Save Save All Series

Save with Conf. Limits

Close

Win/Sp/Sum/Aut/Yea

PS - Dynamic MESA - 3D: a_prumCR.txt

Graph

Close

Series Controller

Active File Selection: *Open Files: 3*

D:\...\anom\ a_prumCR.txt

Period: 1848 - 2000; 1 Missing Values

Series

Single series

Merged Series of one File

Merged Series of two Files

Analyzing

Simple series

Differences (Temperature)

Ratios (Precipitation)

Open all series of the file Use Seasonal and Annual Averages

Number of Series: 5

> PS - MESA: a_prumCR.txt

D:\Dokumenty\dss33\vysl_hom\anom\ a_prumCR.txt 5 fs

ProClimDB software

ProClimDB v7.61 (MONTHLY data)

Options Edit Get info Tools Transf Calculate Calc2 Neighbors Angmalies Reference Homog Adjust Fill Miss Window Help

Processing window (profile: slovensko)

Menu : Reference 8 **Settings**
Calculates reference series for each station given in Info File

Item : From Correlations 2 **Change PROFILE**
Selects given Number of stations with average correlation higher than a Limit and creates reference series

Source files: *right click for context menu*

Data file	:_e't_hurv_mes_new_reconstr2.dbf
(Data Info file)	data\data_info.dbf
Correlations	data\correl.dbf

Destination files: *right click for context menu*

Refer. Series	data\ref_series.dbf
Ref Info file	data\ref_ser_info.dbf

Settings

Create Info File only
Number of Stations: 5
Limit - correlation: 0.2;100
Maximum altitude diff.: -100
 Weighted average
Years per one part:
Overlap - years:
 Allow length +/- overlay
Correlations column: K13

Process info:

Number of stations: 5
Difference in measuring periods (base and selected) taken into account!
Neighbours selected according to: correlation based on K13 column
- additional condition: limit distance: maximum
Neighbours can differ in altitude at least: 100 m
Base station has to have a length at least: 20 years.
Neighbours have to have a length at least: 20 years.
Minimum length of period in common: 10 years (selecting 5 stations out of 5).
Selected stations from the same region only! (Column 'Region' in the Info_file).

Stations processed:
1:B1BRBY01_TMA_21

Run **Last Output** **Quit**

Ready for action

NUM

