

Homogenizace časových řad

Cvičení č. 1


Zadání:

S využitím softwaru AnClim proveďte analýzu relativní homogenity dvou modelových řad teploty vzduchu a doplňte slovním hodnocením. V této souvislosti prezentujte:

- statistické charakteristiky testované řady
- výběr vhodnější referenční řady porovnáním korelací s testovanou řadou
- chod teploty vzduchu původních řad a jejich diferencí
- testování relativní homogenity metodou Alexanderssona
- homogenizaci řady podle testu Alexanderssona

pracování:

A Statistické charakteristiky testované řady

 V první tabulce jsou popsány základní statistické charakteristiky časové řady, která bude následně zhomogenizována. Díky těmto hodnotám vidíme přibližné rozložení dat. V tabulce druhé jsou výsledky tzv. K-S testu, který posuzuje, zdali má časová řada normální rozložení, což se potvrdilo u všech měsíců.

Tab. 1 Základní statistické charakteristiky testované řady

Období	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Rozptyl
I	0.2667	2.5660	6.5844
II	0.0590	2.8469	8.1051
III	0.2718	2.3161	5.3642
IV	0.4538	1.5136	2.2910
V	0.3275	1.5528	2.4113
VI	0.5600	1.5125	2.2876
VII	0.5225	1.7204	2.9597
VIII	0.3600	1.1907	1.4178
IX	0.3025	1.3584	1.8454
X	0.1700	1.4006	1.9616
XI	0.4525	1.6303	2.6579
XII	0.6450	2.4043	5.7805
I-XII	0.3231	0.9109	0.8297

Tab. 2 Kolmogorov-Smirnovův test normálního rozdělení

I	D= 0.125 (p=0.573, O.K.)	VII	D= 0.104 (p=0.780, O.K.)
II	D= 0.092 (p=0.897, O.K.)	VIII	D= 0.110 (p=0.715, O.K.)
III	D= 0.084 (p=0.948, O.K.)	IX	D= 0.071 (p=0.987, O.K.)
IV	D= 0.091 (p=0.904, O.K.)	X	D= 0.092 (p=0.885, O.K.)
V	D= 0.096 (p=0.854, O.K.)	XI	D= 0.079 (p=0.963, O.K.)
VI	D= 0.090 (p=0.901, O.K.)	XII	D= 0.104 (p=0.776, O.K.)
I-XII	D= 0.126 (p=0.568, O.K.)		

B Výběr vhodnější referenční řady

K dispozici pro provedení homogenizace máme dvě referenční řady, a to stanice vybraných podle vzdálenosti a podle korelačního koeficientu. V tomto kroku je potřeba pomocí korelačních koeficientů mezi referenčními řadami a řadou testovanou určit, která referenční řada je k homogenizaci vhodnější.

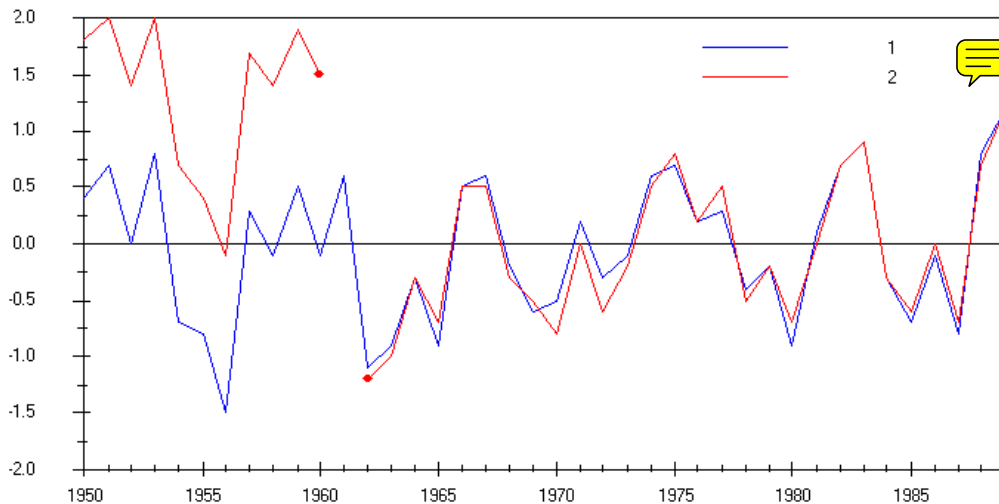
V tabulce 3 jsou znázorněny výše zmiňované korelační koeficienty. V sedmi z třinácti případů se objevil vyšší korelační koeficient u řad stanic vybraných dle vzdálenosti, proto byla tato řada zvolena jako referenční pro další kroky.

Tab. 3 Korelační koeficienty řad stanic vybraných dle vzdálenosti a dle korelačního koeficientu

Období	Dle vzdálenosti	Dle korel. koeficientu
I	0.0636	0.0382
II	0.0289	0.0313
III	0.1081	0.0854
IV	0.0689	0.1597
V	0.1994	0.1136
VI	0.2346	0.3372
VII	0.0207	0.1437
VIII	0.0324	0.1138
IX	0.0742	0.0043
X	0.1452	0.1129
XI	0.1046	0.1774
XII	0.2000	0.1696
I-XII	0.1277	0.0160

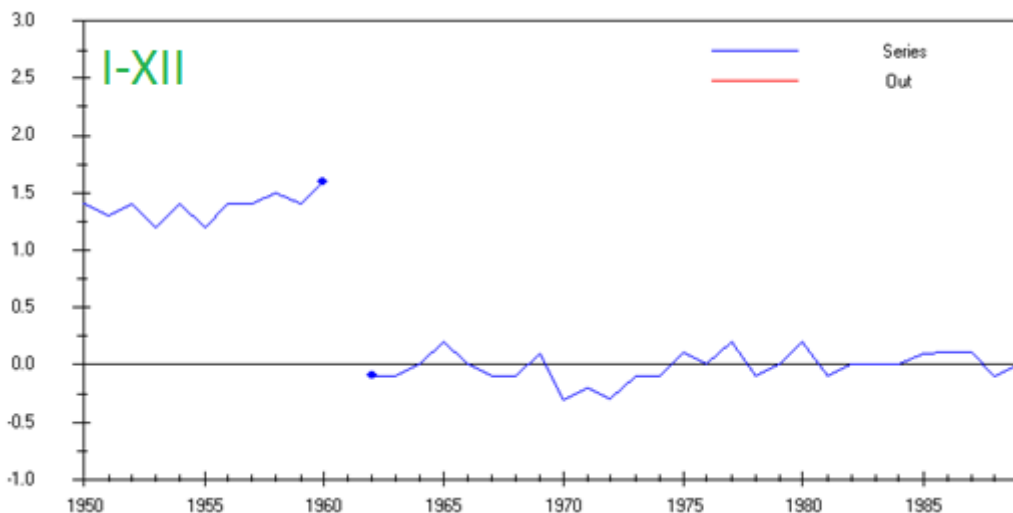
C Chod teploty vzduchu původních řad a jejich diferencí

Obrázek číslo 1 ukazuje chod teplot v řadě referenční (1) a v řadě testované (2). Z průběhu je jasné, že měření na testované řadě je potřeba upravit. Kolem roku 1961 chybí data úplně a v intervalu roku 1950 až 1961 byla teplota vzduchu měřena pravděpodobně jiným přístrojem nebo špatně kalibrovaným, jelikož trend, který je podobný, je o cca 1,5 °C vyšší.

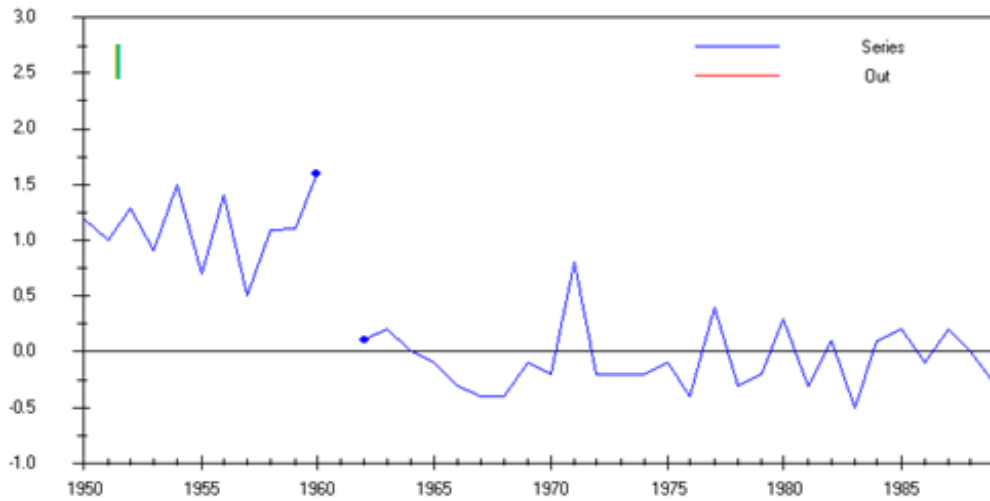


Obr. 1 Chod teploty vzduchu v letech 1950 – 1989, referenční řada (1), testovaná řada (2)

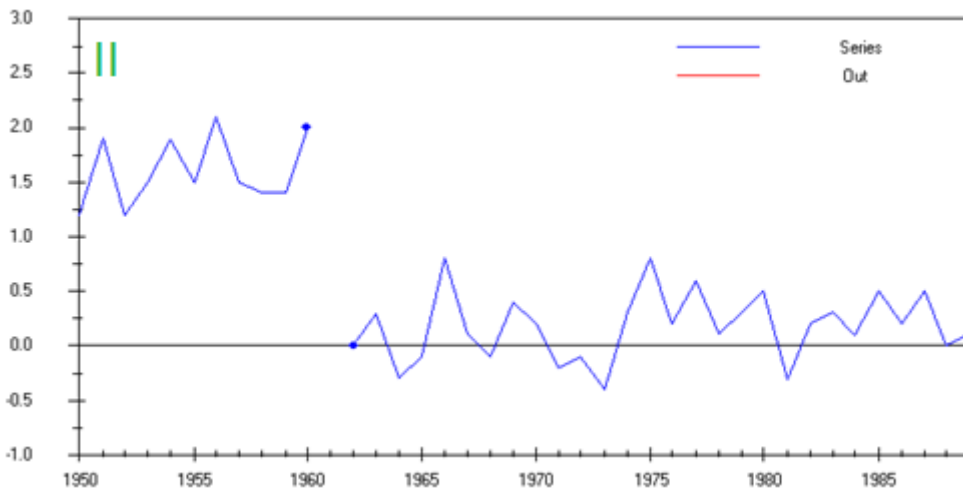
Následně byly vytvořeny grafy diferencí referenční a testované řady. Na obrázku 2 je vyobrazen roční průměrný chod diferencí, kde do roku 1960 se diference pohybují okolo cca 1,25 až 1,75 °C, což je rozmezí 0,5 °C. Od roku 1961 se hodnoty pohybují již kolem 0 v rozmezí cca 0,75 °C. Velké zlomy, které ukazují například změnu měřicího přístroje jsou viditelné právě v roce 1961 na měsících květen až prosinec (obr. 7 – 14). V prvních čtyřech měsících připadá zlom na data, která chybí. Další větší diference lze pozorovat především v roce 1965 v březnu a říjnu, o všem o zlom poukazující na nějakou větší chybu se pravděpodobně nejedná.



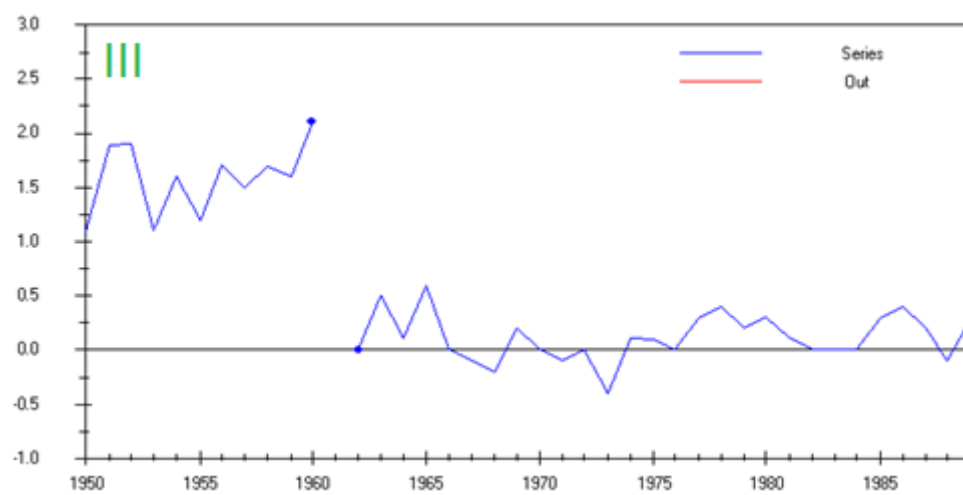
Obr. 2 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - roční průměr



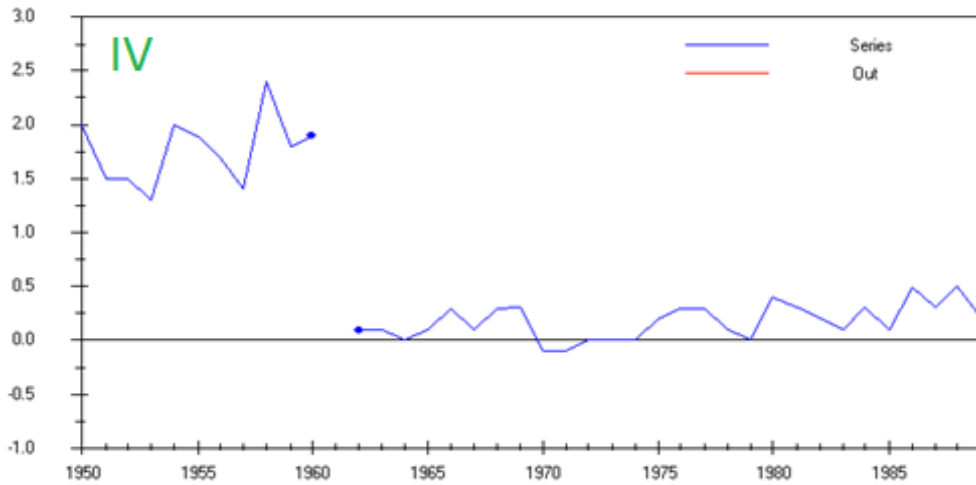
Obr. 3 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - leden



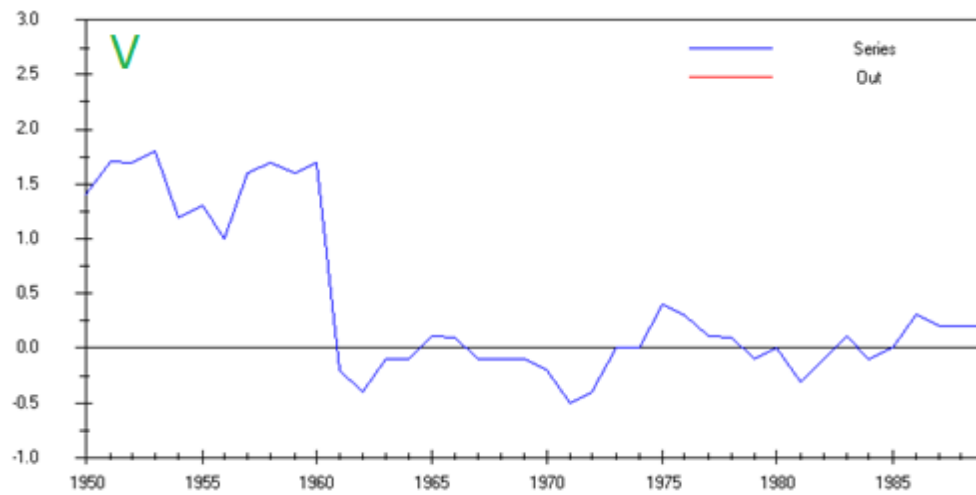
Obr. 4 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - únor



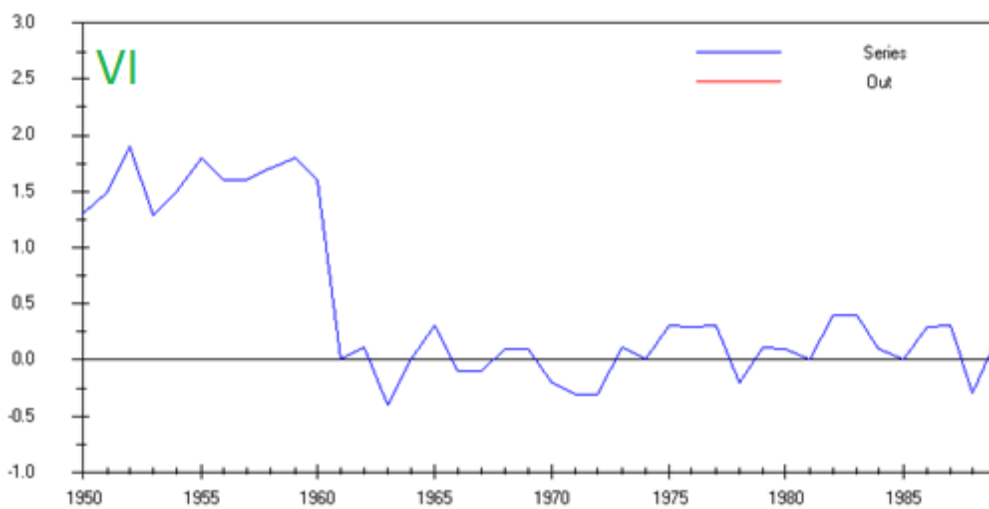
Obr. 5 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - březen



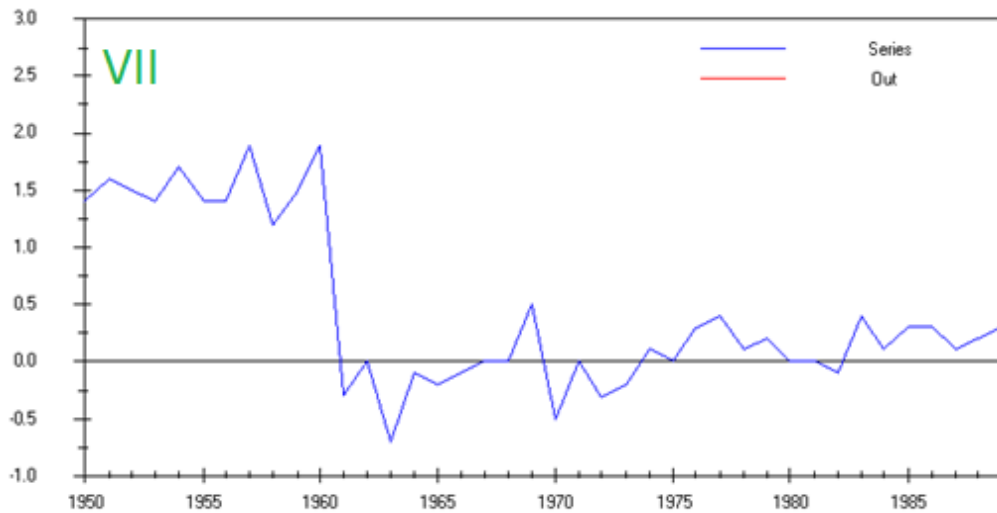
Obr. 6 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - duben



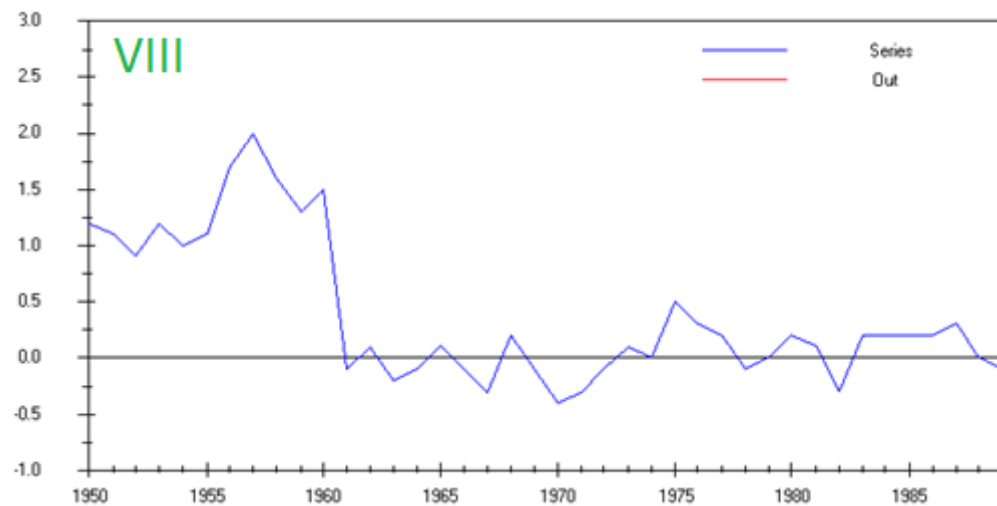
Obr. 7 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - květen



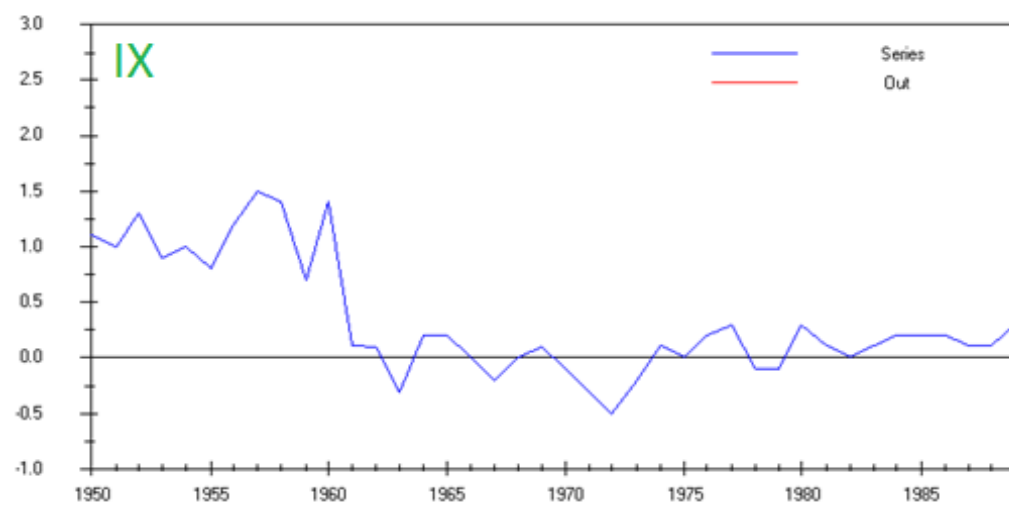
Obr. 8 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - červen



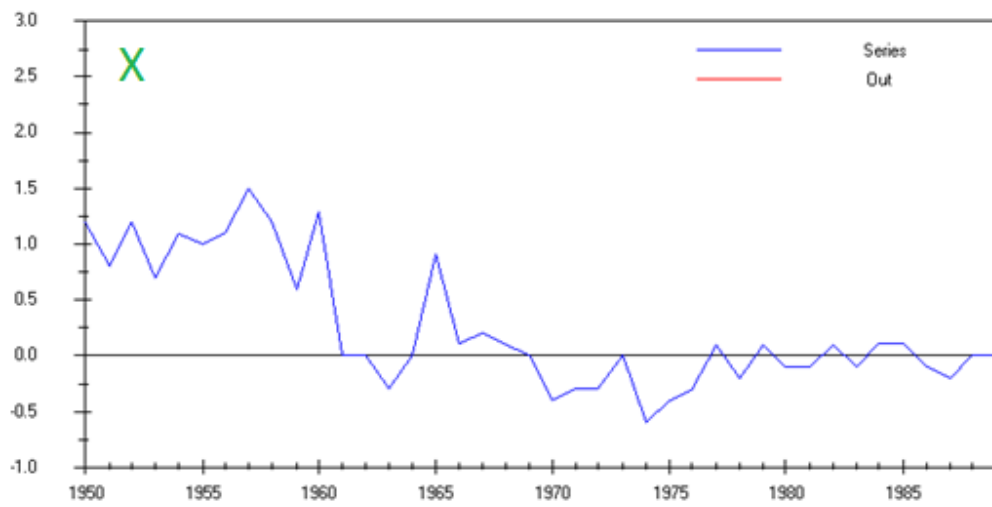
Obr. 9 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - červenec



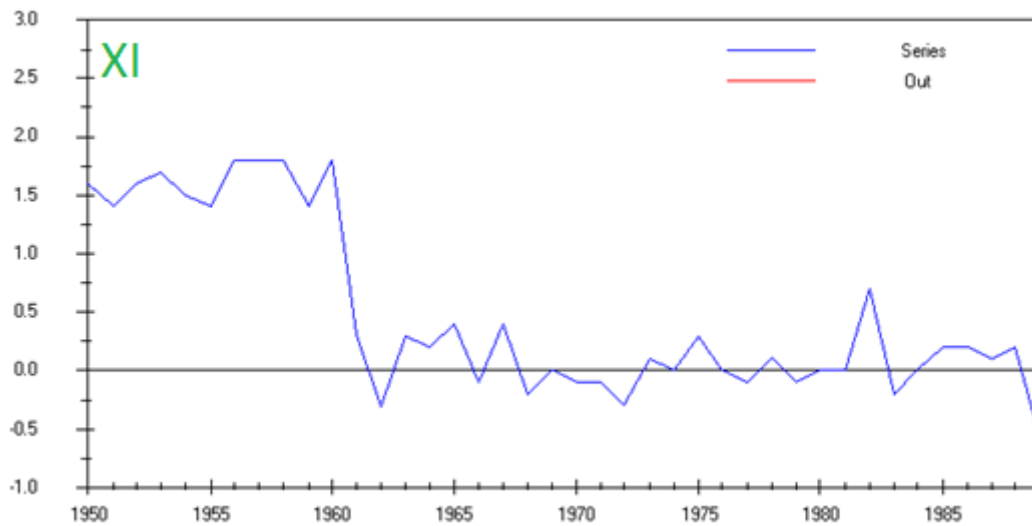
Obr. 10 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - srpen



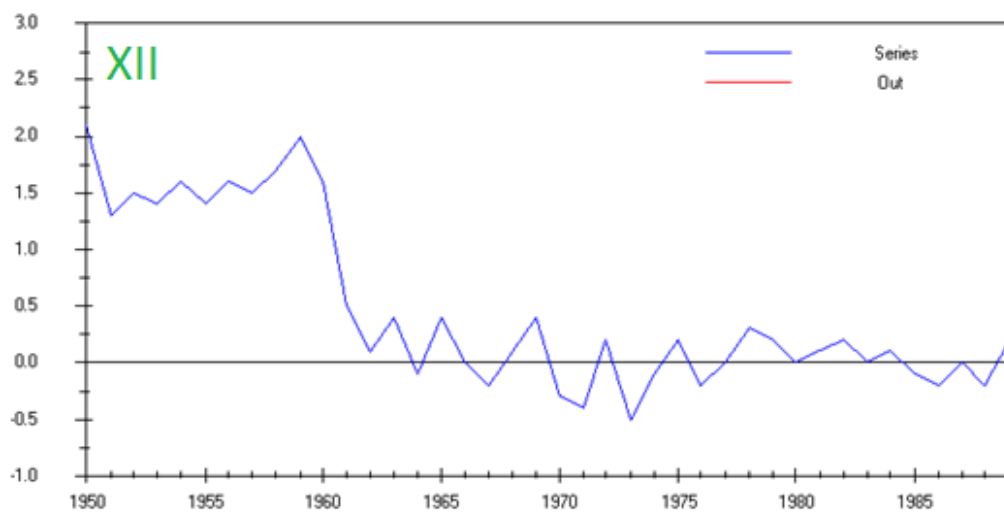
Obr. 11 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - září



Obr. 12 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - říjen



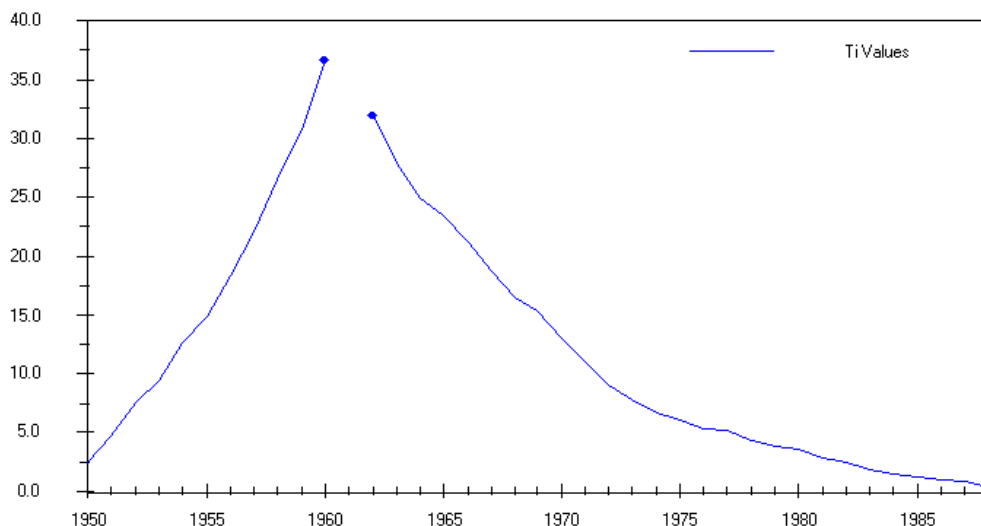
Obr. 13 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - listopad



Obr. 14 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou - prosinec

D Testování relativní homogenity metodou Alexanderssona

Na úpravu vychýlených hodnot byla použita Alexanderssonova metoda. V první řadě byla zobrazena homogenita dat před samotnou úpravou (obr. 15.), kde je zjevný zlom hodnot v roce 1961. Z tabulky 4 je zjevné, že všechny měsíce bylo potřeba upravit. Všechny totiž překračují interval spolehlivosti 95 % (v tabulce označeno <).

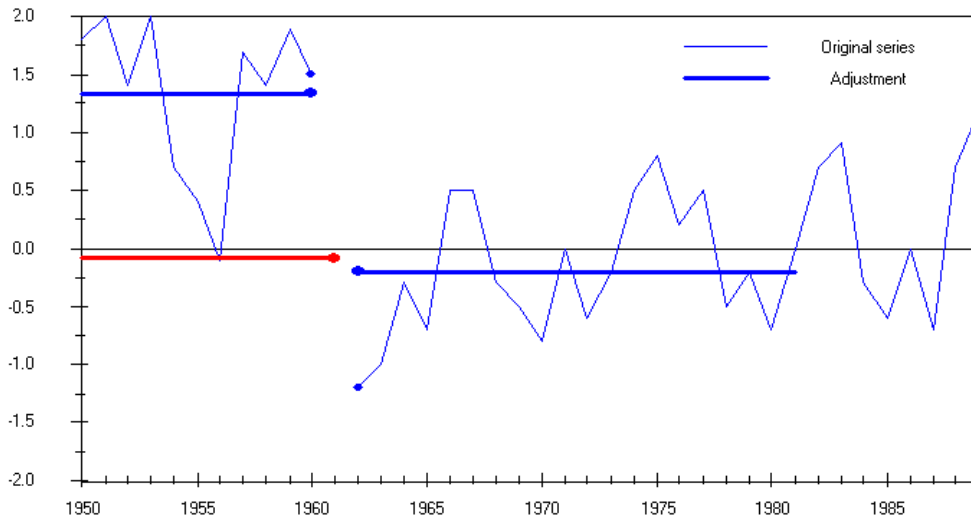


Obr. 15 Testování homogenity dat pro roční průměr před úpravou vychýlených hodnot

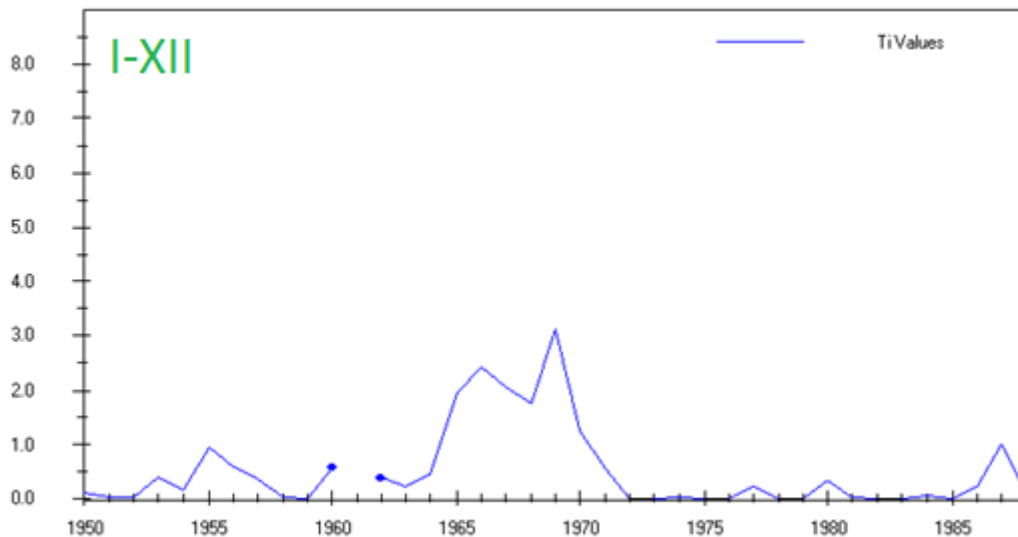
Tab. 4 Výsledky Alexanderssonova před změnou vychýlených hodnot

Series	Change	Adjust	Correlation:	
1	1962 <	-1.2	0.971	
2	1962 <	-1.4	0.969	
3	1962 <	-1.5	0.951	
4	1962 <	-1.6	0.869	
4	1980 <	0.2	0.991; (1962 - 1989	n=28)
5	1961 <	-1.6	0.882	
5	1973 <	0.2	0.989; (1961 - 1989	n=29)
6	1961 <	-1.6	0.877	
7	1961 <	-1.6	0.907	
7	1974 <	0.3	0.986; (1961 - 1989	n=29)
8	1961 <	-1.3	0.845	
8	1956 <	0.5	0.981; (1950 - 1960	n=11)
8	1973 <	0.2	0.977; (1961 - 1989	n=29)
9	1961 <	-1.1	0.921	
10	1961 <	-1.1	0.913	
11	1961 <	-1.6	0.889	
12	1961 <	-1.6	0.950	
13	1962 <	-1.4	0.698	
(1950 - 1989 ; n = 40); (Differences) (Mark "<" is used where To value exceeds 95%) (Adjust from 20 values around the change)				

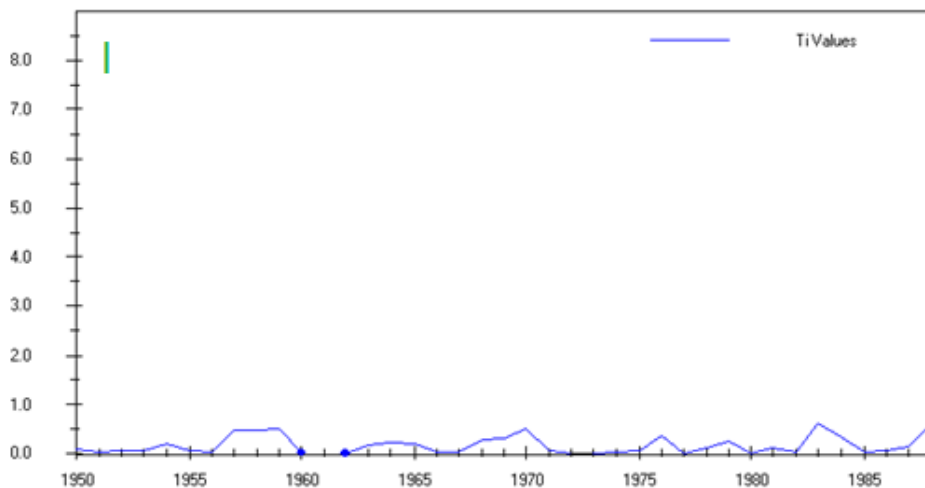
Ukázku navrhované změny vychýlených hodnot lze vidět na obrázku 16, kde vlastně celý úsek hodnot od roku 1950 do roku 1960 je posunut směrem k nule. Takovéto změny byly provedeny u všech měsíců včetně samotného průměru za rok, v některých případech několikrát. Jako nejvíce vychýlené se jeví hodnoty v červnu a červenci, nejméně naopak v lednu. Podíváme-li se na řadu hodnot testovacího kritéria pro roční průměr (obr. 17) po opravě nejvyšší vychýlení dat představuje rok 1969. Po opravě u všech měsíců byl opět proveden test homogenity, který je zmíněn v dalším bodě. A dle hodnot, uvedených v této tabulce, splňují dané změny žádané podmínky a v případě pokusu o další shlazení právě kolem roku 1971, dochází k opětovnému nárůstu vychýlení u roku 1956. Z tohoto důvodu jsem žádné další změny nedělala.



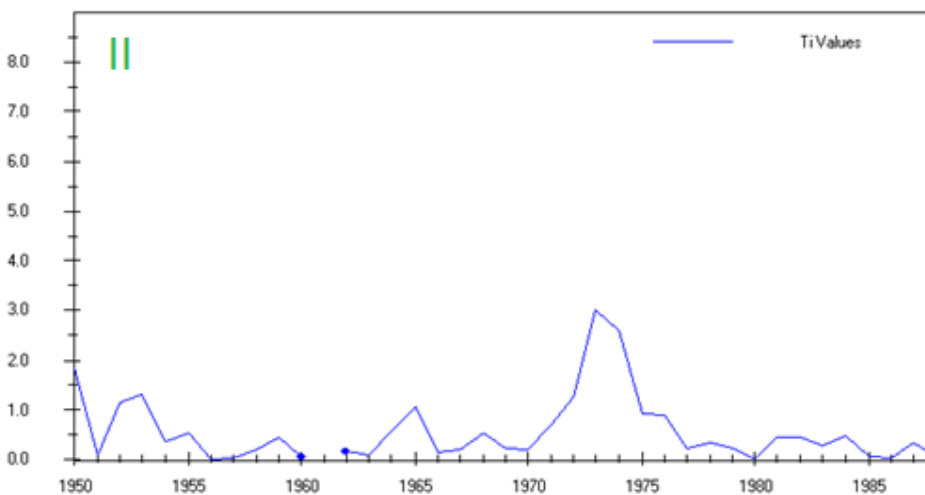
Obr. 16 Ukázka možné úpravy vychýlených hodnot pro roční průměr



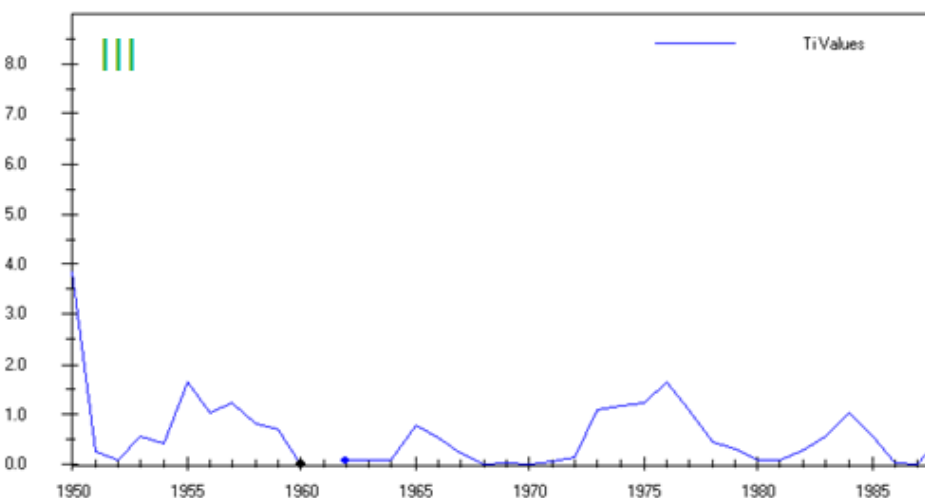
Obr. 17 Řada hodnot testovacího kritéria - rok



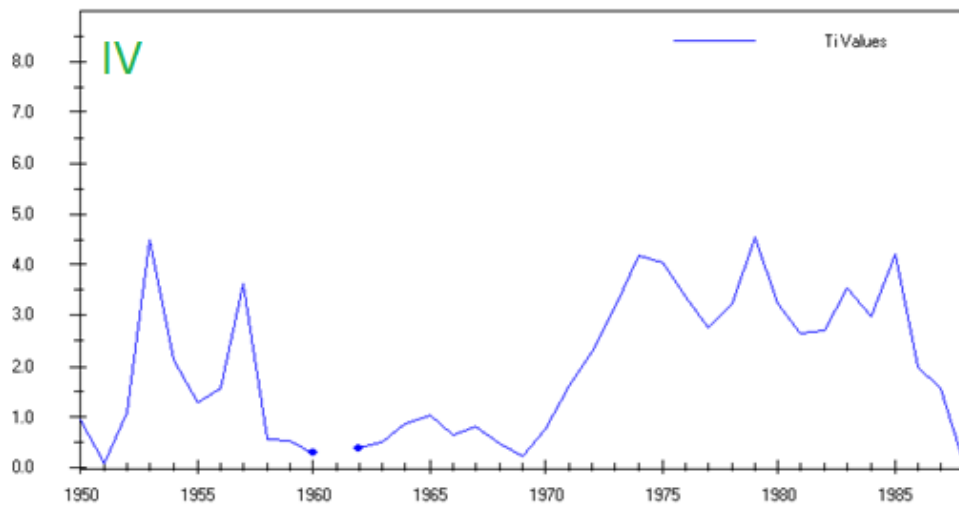
Obr. 18 Řada hodnot testovacího kritéria - leden



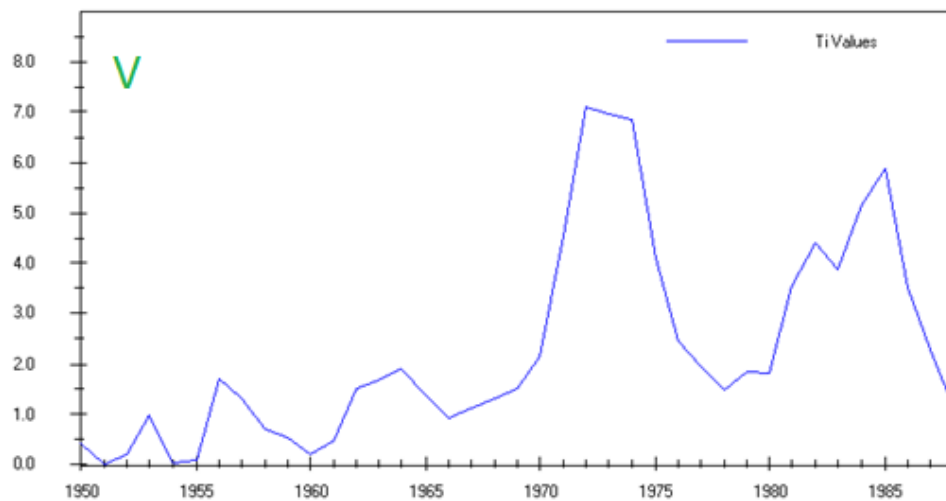
Obr. 19 Řada hodnot testovacího kritéria - únor



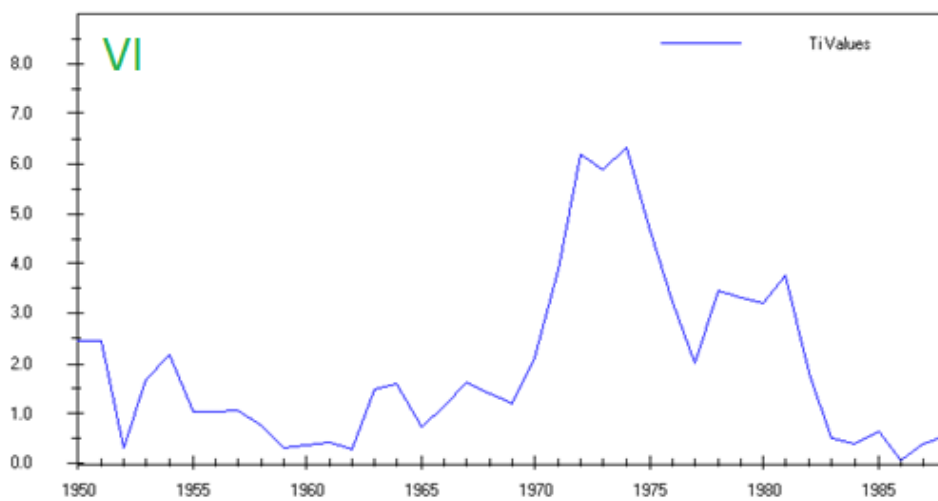
Obr. 20 Řada hodnot testovacího kritéria - březen



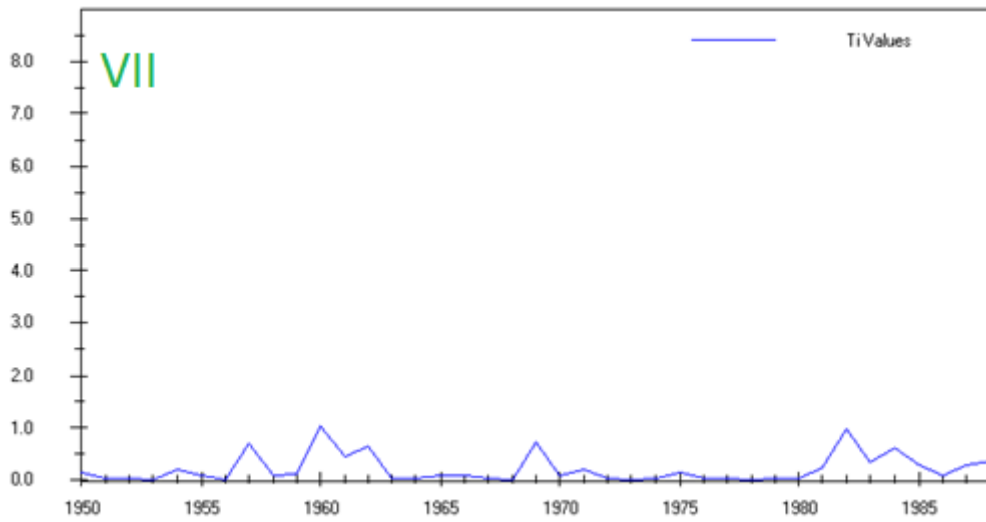
Obr. 21 Řada hodnot testovacího kritéria - duben



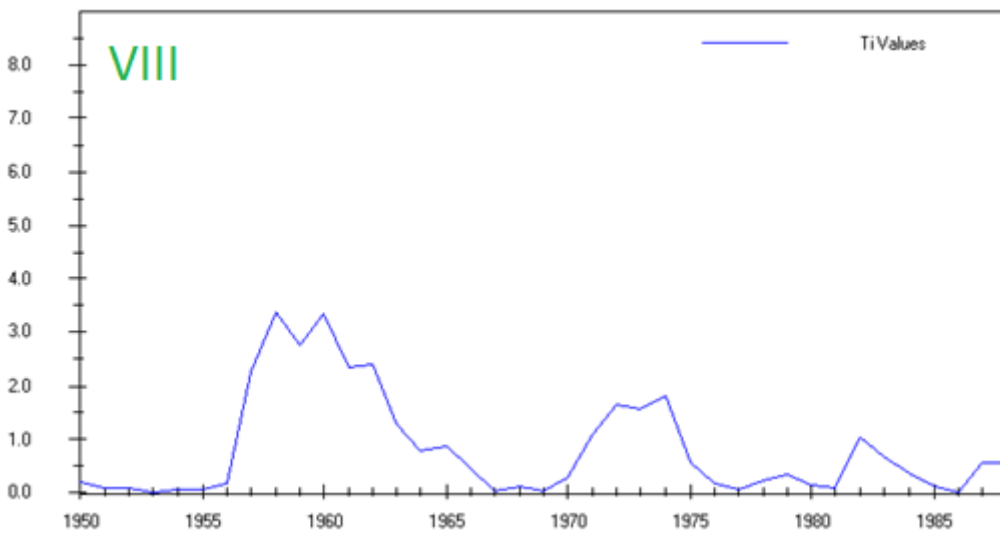
Obr. 22 Řada hodnot testovacího kritéria - květen



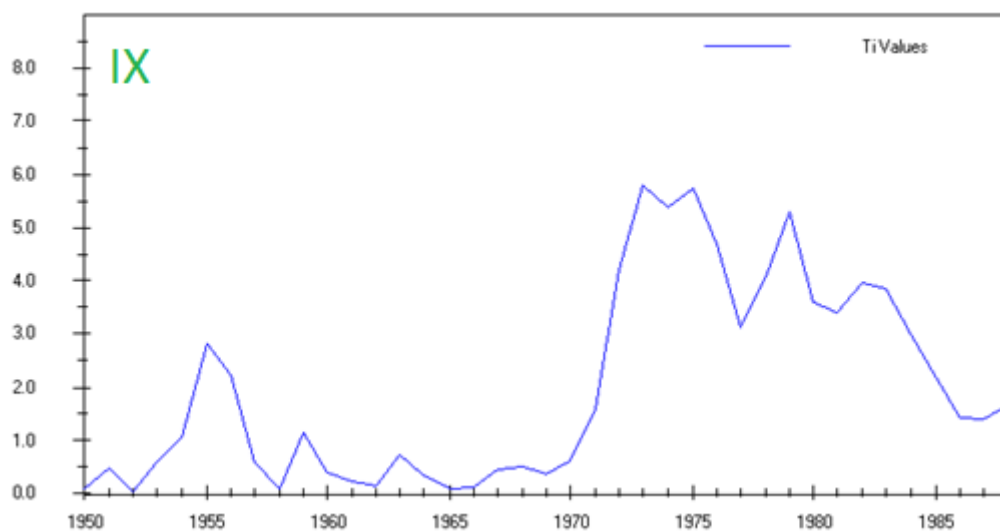
Obr. 23 Řada hodnot testovacího kritéria - červen



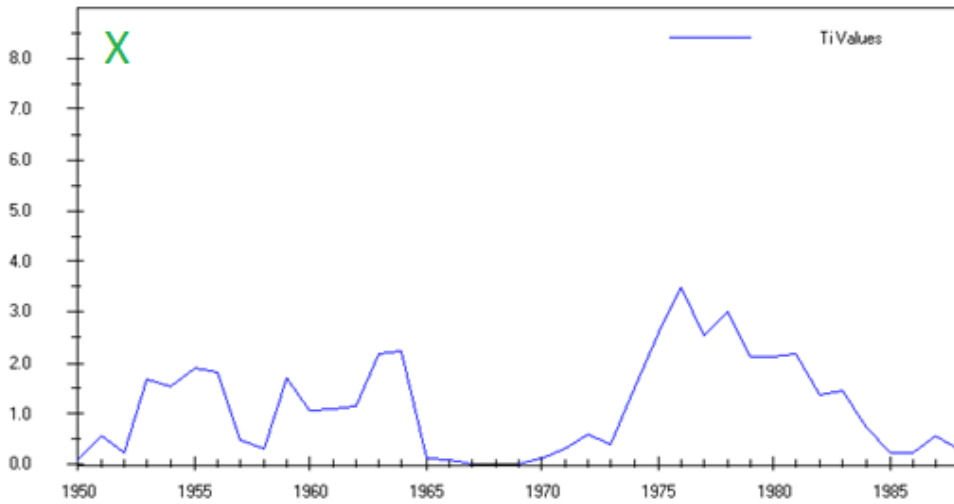
Obr. 24 Řada hodnot testovacího kritéria - červenec



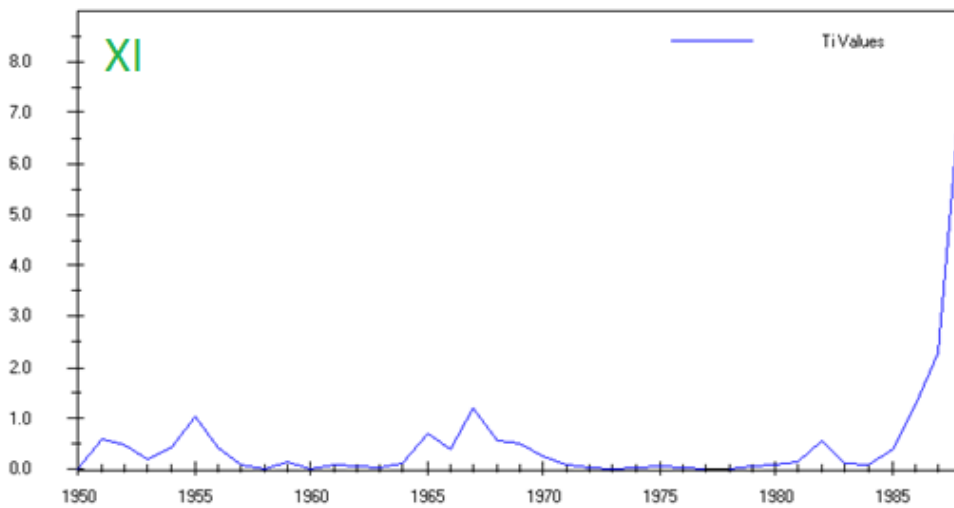
Obr. 25 Řada hodnot testovacího kritéria - srpen



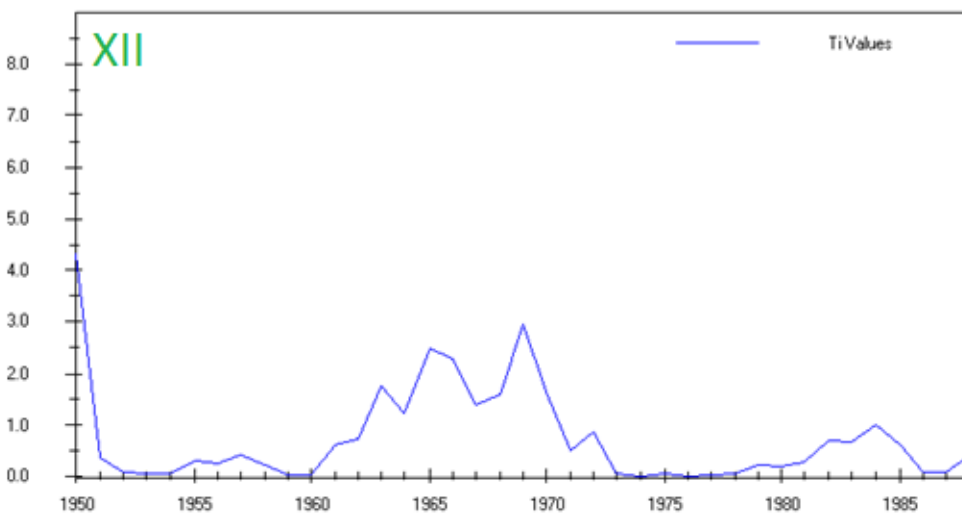
Obr. 26 Řada hodnot testovacího kritéria - září



Obr. 27 Řada hodnot testovacího kritéria - říjen



Obr. 28 Řada hodnot testovacího kritéria - listopad



Obr. 29 Řada hodnot testovacího kritéria - prosinec

E Homogenizace řady

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty po úpravách pomocí Alexanderssonovy metody a je zde vidět, že všechny měsíce splňují podmínku intervalu spolehlivosti 95 % .

V tabulce 6 jsou výsledky nahrazení hodnot na základě referenční řady. Bylo doplněno 5 hodnot, a to za průměr roku, leden, únor, březen a duben v roce 1961. Vidíme, že nové hodnoty se od těch referenčních liší maximálně o 0,2 °C. Porovnání vybrané testované řady před a po homogenizaci je zobrazeno na obrázku 30.



Dále jsou uvedeny grafy diferencí již homogenizované řady a řady referenční (obr. 31 – 43). Rozdíly mezi hodnotami jsou zjevně menší.

Tab. 5 Výsledky Alexanderssonova po úpravě vychýlených hodnot

Series: Change	To_value	Adjust	Correlation:
1: 1984	0.651	0.1	0.994
2: 1974	2.307	0.1	0.995
3: 1951	4.182	0.5	0.994
4: 1980	4.034	0.2	0.990
5: 1973	7.836	0.2	0.987
6: 1975	6.620	0.2	0.985
7: 1970	1.168	-0.1	0.989
8: 1959	3.366	-0.2	0.977
9: 1976	5.006	0.1	0.987
10: 1977	3.485	0.1	0.983
11: 1989	7.529	-0.7	0.987
12: 1951	3.802	-0.5	0.995
13: 1956	2.339	0.1	0.985

(1950 - 1989 ; n = 40); (Differences) (Mark "<" is used where To value exceeds 95%) (Adjust from 20 values around the change)

Tab. 6 Výsledky nahrazení hodnot v testované řadě

Completing Missing Values (differences):

Reference Series: F_ref_vzdal.txt

Candidate Series: _Fmerge.txt

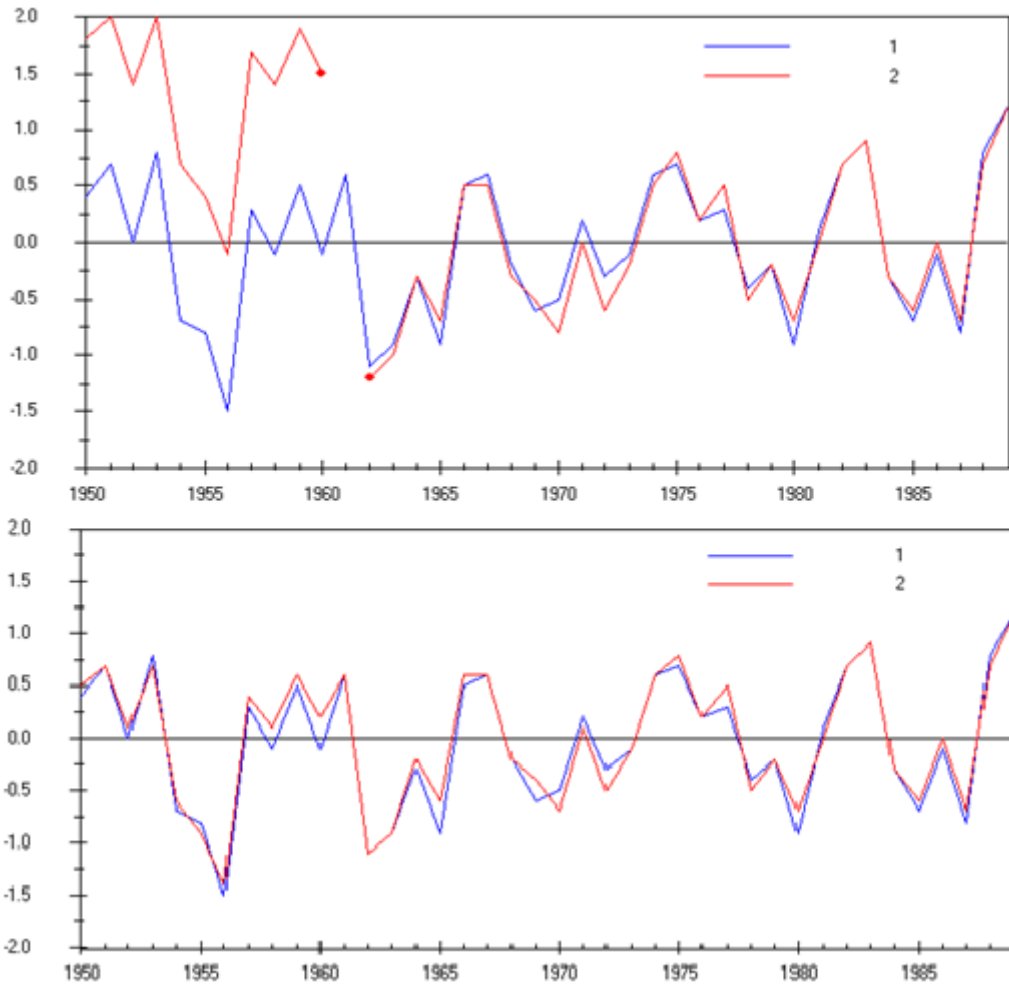
Average taken from period 1950 - 1989

Series: Year: AverageRef: AverageCan: ValueRef: NewValCan:

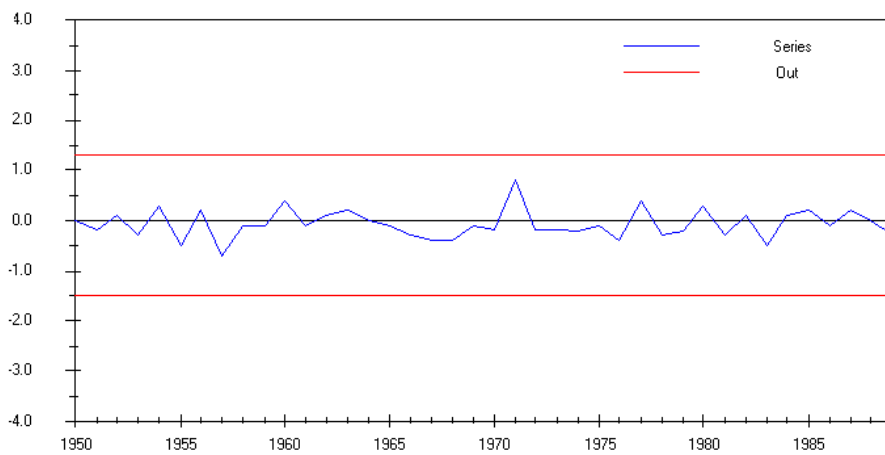
```
> 1 ; 1961 ; 0.0 ; -0.1 ; -0.9 ; -1.0 ;
> 2 ; 1961 ; -0.5 ; -0.3 ; 3.3 ; 3.5 ;
> 3 ; 1961 ; -0.3 ; -0.2 ; 3.3 ; 3.4 ;
> 4 ; 1961 ; -0.2 ; 0.0 ; 3.6 ; 3.8 ;
> 13 ; 1961 ; -0.1 ; -0.0 ; 0.6 ; 0.6 ;
```

>5 values have been replaced

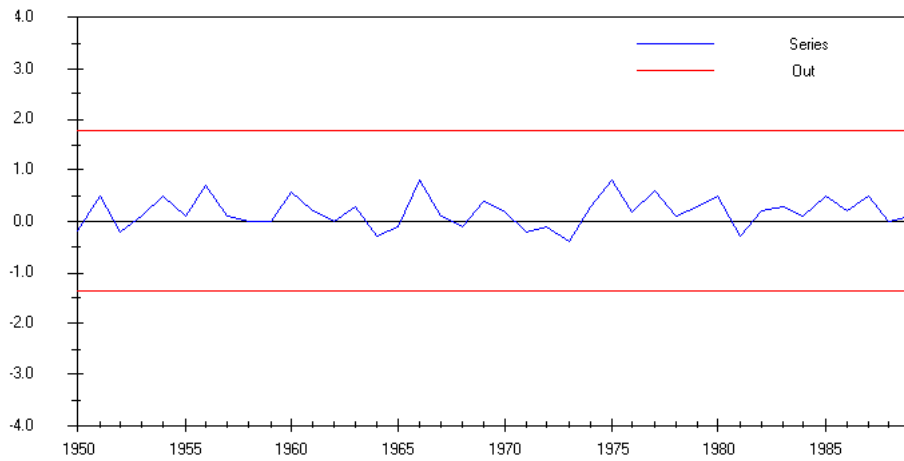
> To make changes permanent save the series into a file



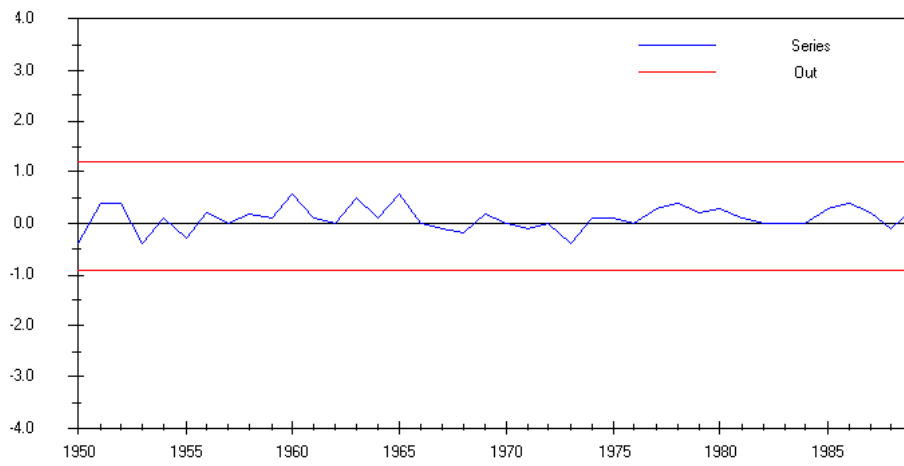
Obr. 30 Porovnání chodu teplot v období 1950 – 1989 v období před (nahore) a po (dole) homogenizaci dat, referenční řada (1), testovací řada (2)



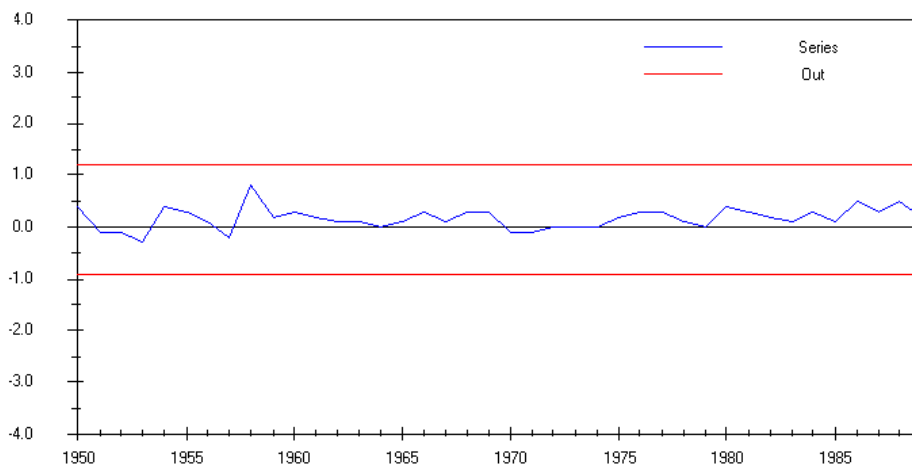
Obr. 31 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - leden



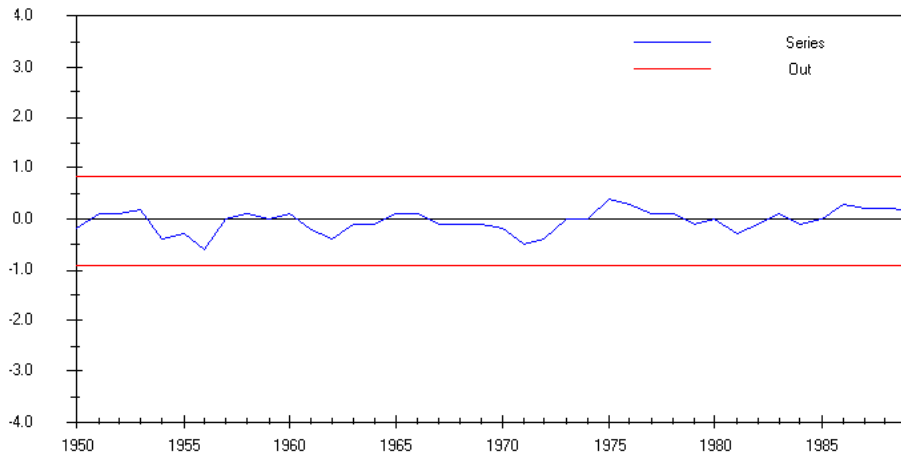
Obr. 32 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - únor



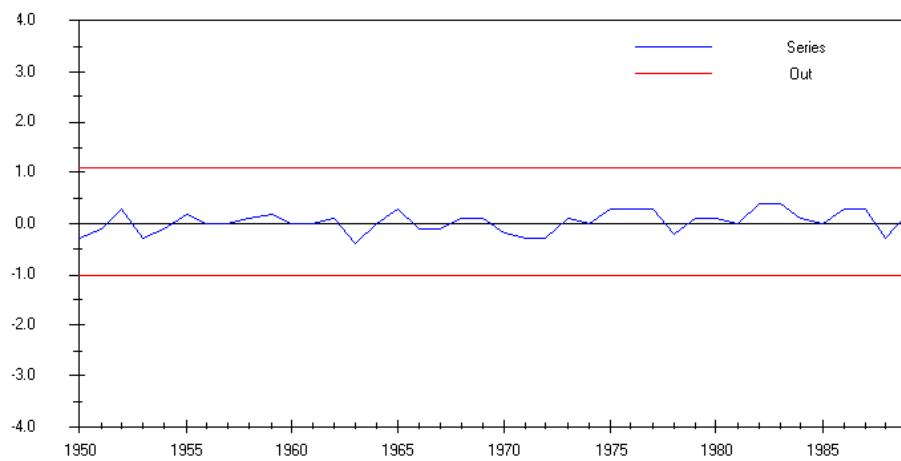
Obr. 33 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - březen



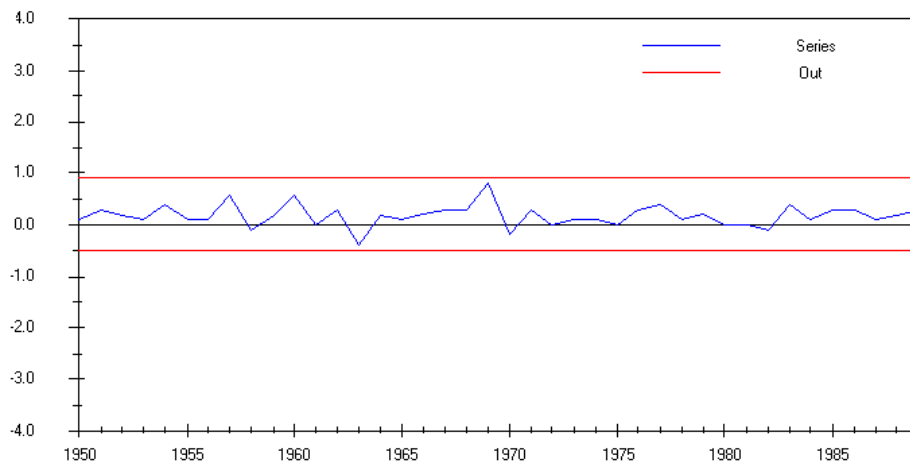
Obr. 34 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - duben



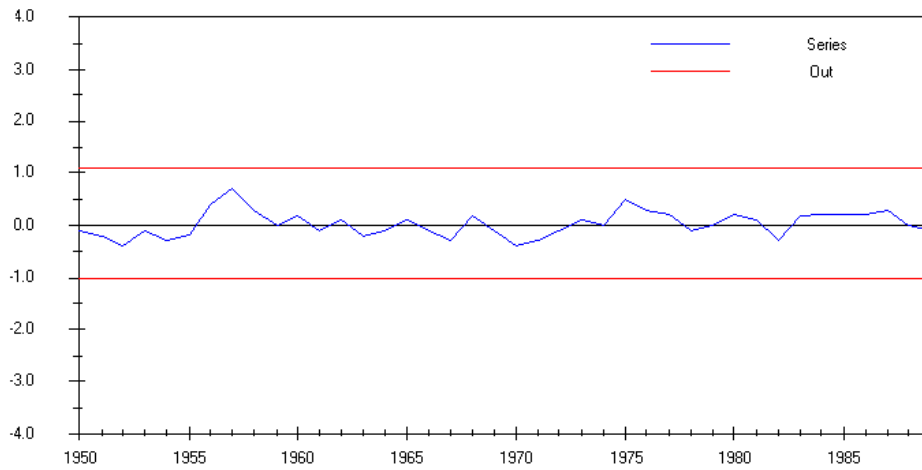
Obr. 35 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - květen



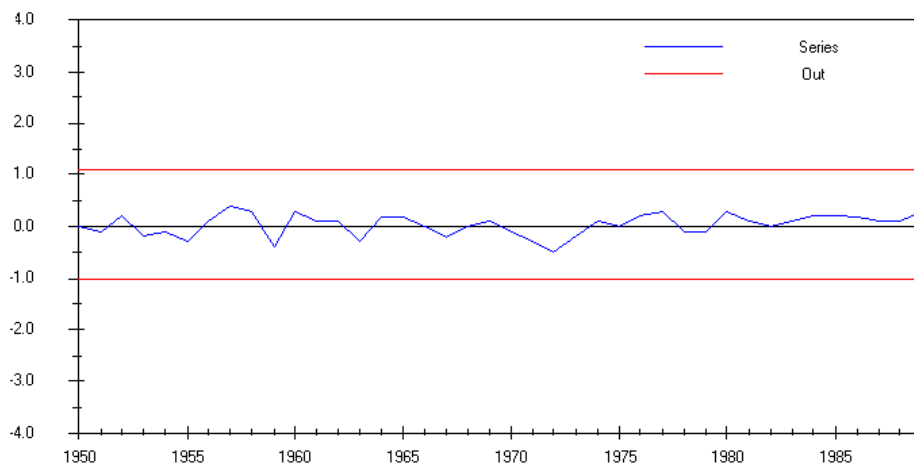
Obr. 36 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - červen



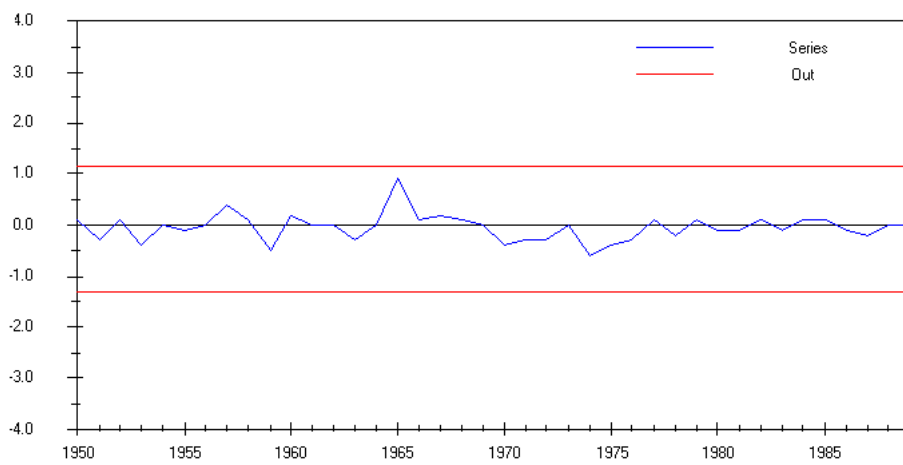
Obr. 37 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - červenec



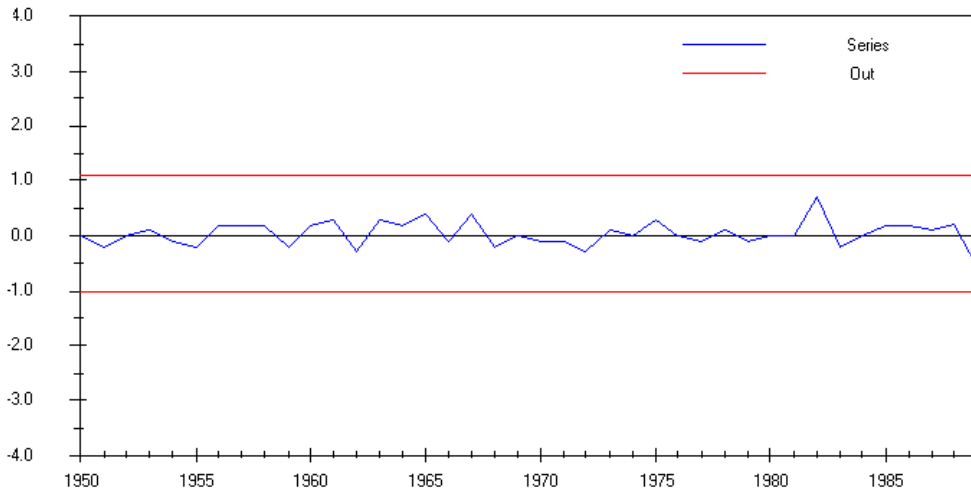
Obr. 38 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - srpen



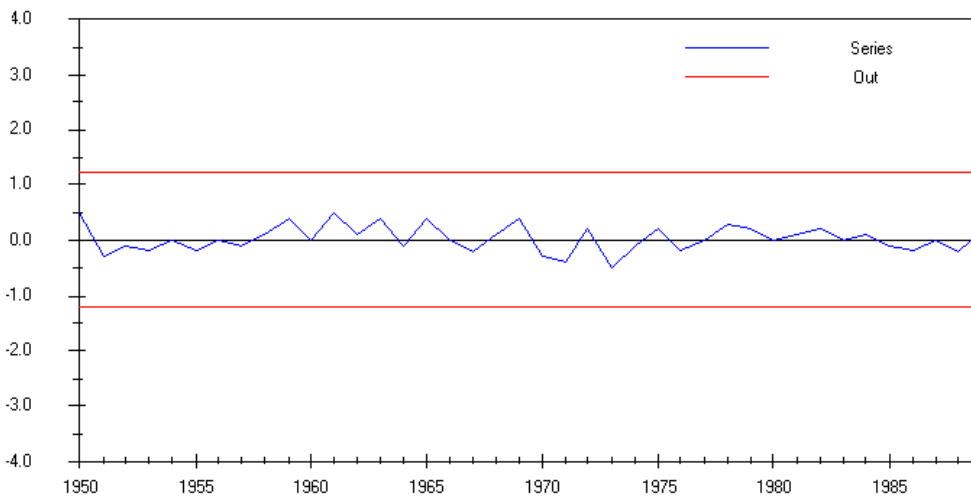
Obr. 39 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - září



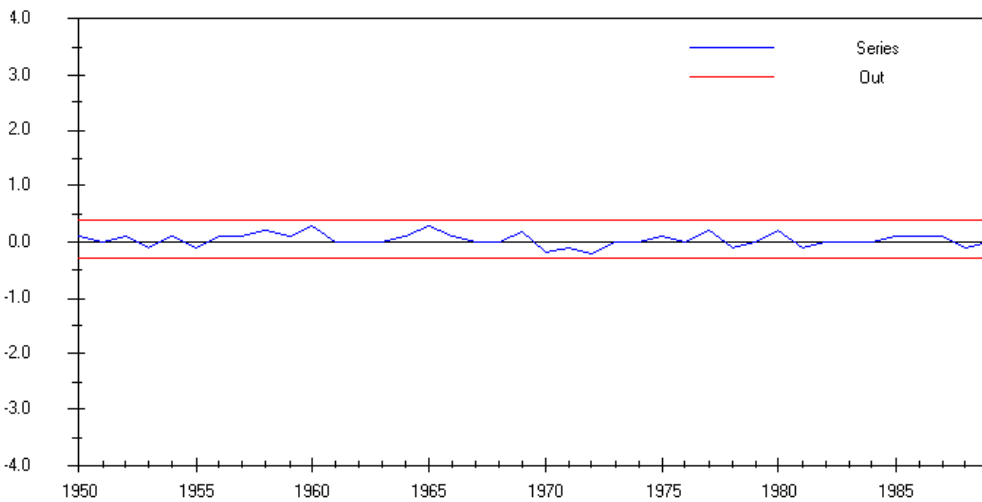
Obr. 40 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - říjen



Obr. 41 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - listopad



Obr. 42 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - prosinec



Obr. 43 Chod diferencí mezi referenční a testovanou řadou po provedení homogenizace - roční průměr

Závěr

Testovaná řada obsahující data teplot vzduchu od roku 1950 do roku 1989 byla homogenizována poměrně hodně. V první řadě se zde nacházely výrazně vychýlené teploty v rozmezí roku 1950 – 1960, a to v průměru asi o 1,25 °C. Dále byly doplněny chybějící hodnoty teploty vzduchu za roční průměr, leden, únor, březen a duben roku 1961 dle vybrané referenční řady. Jak vychýlené teploty, tak chybějící data mohou poukazovat na výměnu přístroje, kdy původní měřicí zařízení bylo jiné, popřípadě jinak kalibrované a chybějící údaje poukazují přímo na čas jeho výměny, popř. poruchy a výměny.

Po provedení homogenizaci je vidět velkou shodu hodnot na testované a referenční řadě především v intervalech roku 1950-1957 a 1980-1987 (obr. 30). Diference ročních průměrů teploty vzduchu referenční a testované řady před homogenizací dosahovala rozptylu 2 °C, zatímco po homogenizaci v cca 1°C.