

Cvičení č. 2

Téma: ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD

Zadání: S využitím softwaru AnClim proveďte statistickou analýzu jarní (MAM) teplotní a srážkové řady Brna v období 1800–2010. Vypočítejte, graficky znázorněte a následně slovně zhodnoťte:

- základní statistické charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, normální rozdělení, trend a jeho významnost atd.),
- kolísání časové řady shlazení Gaussovým filtrem a klouzavým průměrem (pro 10 let) a obě metody srovnajte,
- koeficienty autokorelace,
- spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů,
- dynamická MESA,
- smovná filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus, případně jiný statisticky významný.

1. Základní statistické charakteristiky

a) teplota vzduchu

Statistical Characteristics for Single Series	Spring
> brno_temp.txt (1800-2010)	
Length of the Series	211
Arithmetic Mean	8.381517
Standard Deviation	1.268745
Variance	1.609715
Coefficient of Variance	15.1374%
Coefficient of Skew	-0.006268
Coefficient of Kurtosis	-0.278925
Maximal Value	11.567 (2000)
Minimal Value	4.600 (1839)
1st Quartile (25%)	7.375
Median	8.367
3rd Quartile (75%)	9.233
Outliers	/
Extremes	/
Kolmogorov-Smirnov test for Normal Distribution	D= 0.04472 (p=0.79267, O.K.)

Linear Regression Model (x=Time)

$$(y=b_0+b_1*x): y = 7.671234+0.006701*x$$

T-test for Coefficient b1: T=4.92473 <? 1.97126 (95%):

(SIGNIFICANT) Trend /10 years: 0.06701 (out)

Index of Determination (Correlation): 0.103977 (0.322455)

Variance (Residuals+Estimates=Total): 1.435506+0.166580=1.602086

Tests of Randomness (general): Serial Correlation Coefficient r1: r1 = 0.20169 <? r1(Tg_95%) = 0.10848 (out)

Von Neumann Ratio V: V = 1.60043 >? V(Tg_95%) = 1.78303 (out)


Test of Randomness (against Trend): Spearman Rank Statistic rs: rs = 0.30885, t = 4.69458 <? Tkrit_97.5% = 1.97126 (out)

Degrees of Freedom: 209

Mann-Kendall Rank Statistic: t = 0.21038 <? Tkrit_95% = 0.09070 (out)

Confidence Intervals 95%: Arithm. Mean (8.21032, 8.55271)

(Statistics are estimations of parameters of population)

Závěr: Teplota v ním období by měla vykázat statisticky významný růstový trend, a to přibližně o 0,6 °C/100 let.

b) srážky

Statistical Characteristics for Single Series

> brno_temp.txt (1800-2010)

Length of the Series

Arithmetic Mean

Standard Deviation

Variance

Coefficient of Variance

Coefficient of Skew

Coefficient of Kurtosis

Maximal Value

Minimal Value

1st Quartile (25%)

Median

3rd Quartile (75%)

Outliers

Extremes

Spring



37.003205

12.108701

146.620645

32.7234%

0.292004

-0.104483

73.833 (1911)

9.967 (1808)

28.500

36.850

45.083

1911 (73.833),

/

/

Kolmogorov-Smirnov test for Normal Distribution

D= 0.04958 (p=0.68608, O.K.)

Linear Regression Model (x=Time)

(y=b0+b1*x): y = 34.080955+0.027964*x

T-test for Coefficient b1: T=2.01460 <? 1.97142 (95%):

(SIGNIFICANT) Trend /10 years: 0.27964 (out)

Index of Determination (Correlation): 0.019321 (0.139001)

Variance (Residuals+Estimates=Total): 143.096462+2.819276=145.915738

Tests of Randomness (general): Serial Correlation Coefficient r1 = 0.12852 <? r1(Tg_95%) = 0.10923 (out)

Von Neumann Ratio V: V = 1.73250 >? V(Tg_95%) = 1.78154 (out)

Test of Randomness (against Trend): Spearman Rank Statistic rs: rs = 0.11578, t = 1.67305 <? Tkrit_97.5% = 1.97142 (O.K.)

Degrees of Freedom: 206

Mann-Kendall Rank Statistic: $t = 0.07776 < T_{krit_95\%} = 0.09136$ (O.K.)

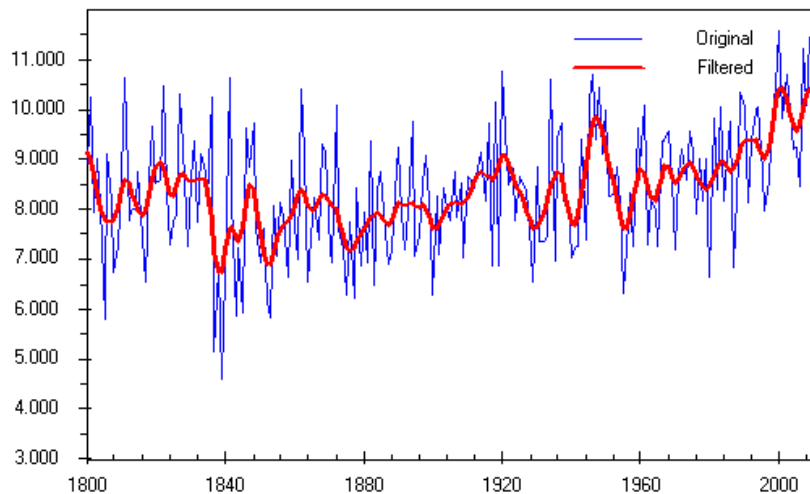
Confidence Intervals 95%: Arithm. Mean (35.35761, 38.64880)

(Statistics are estimations of parameters of population)

Závěr: Suma srážek na jaře by měla vykazat statisticky významný růstový trend, a to přibližně o 2,8 mm/100 let.

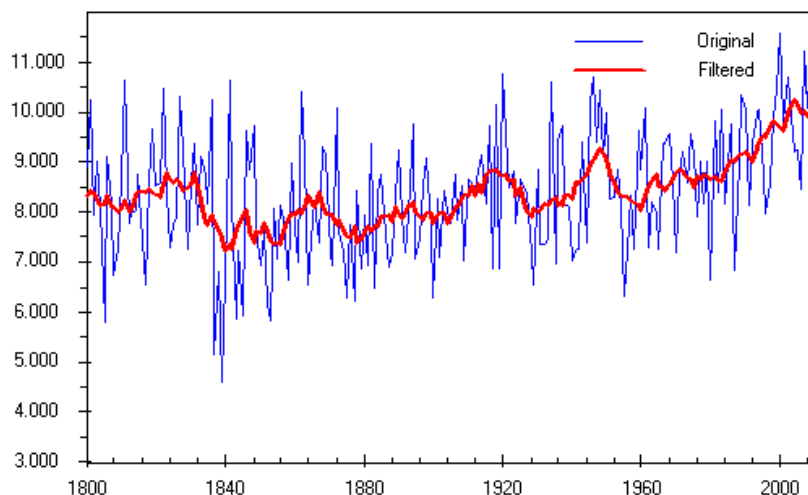
2. Kolísání časové řady shlazené Gaussovým filtrem a klouzavým průměrem

a) teplota vzduchu



Obr. 1 Kolísání časové řady teploty vzduchu na stanici Brno v letech 1800–2010, shlazené Gaussovým filtrem

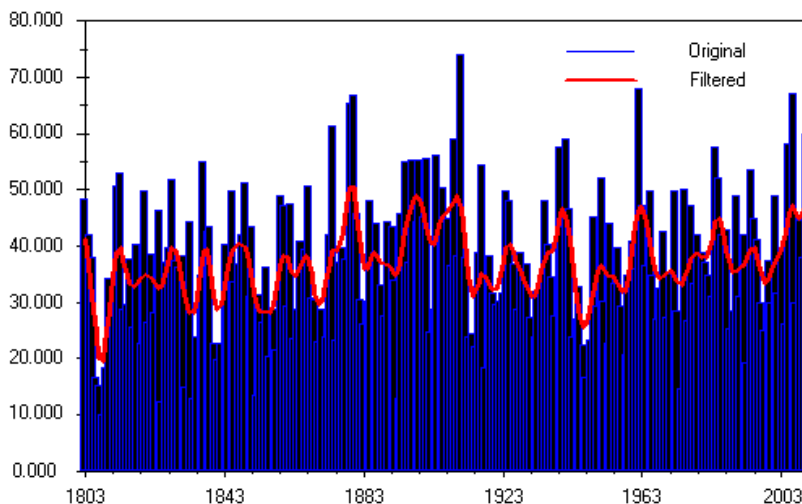
Závěr: V letech 1840–1920, dále ve 40. letech a pozdních 50. letech 20. století se vyskytovala převážně chladná jara (v rámci křivky shlazené Gaussovým filtrem), zatímco v prvních třech desetiletích 19. století, kolem roku 1920, v první polovině 50. let a od 60. let se vyskytovala převážně teplá jara.



Obr. 2 Kolísání časové řady teploty vzduchu na stanici Brno v letech 1800–2010, shlazené 10letým klouzavým průměrem

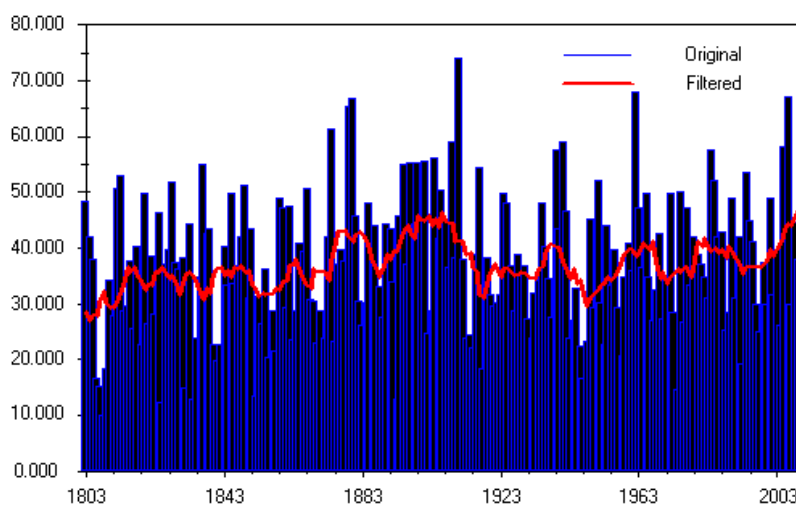
Závěr: Kolísání řady jarních teplot je použitím metody klouzavých průměrů značně generalizováno, což se nejvíce projevuje u extrémních výkyvů (ty jsou pak méně výrazné a tím čitelné).

b) srážky



Obr. 3 Kolísání časové řady srážek na stanici Brno v letech 1803–2010, shlazeno Gaussovým filtrem

Závěr: Období nejvlhčích jar se vyskytlo přibližně v letech 1880–1915. Další období značně vlhkých jarních období se vyskytla v první polovině 40. let 20. století, kolem roku 1963 a po roce 2003. Velmi suchá jara byla v prvních letech 19. století, kolem roku 1840, 1918 a 1947.



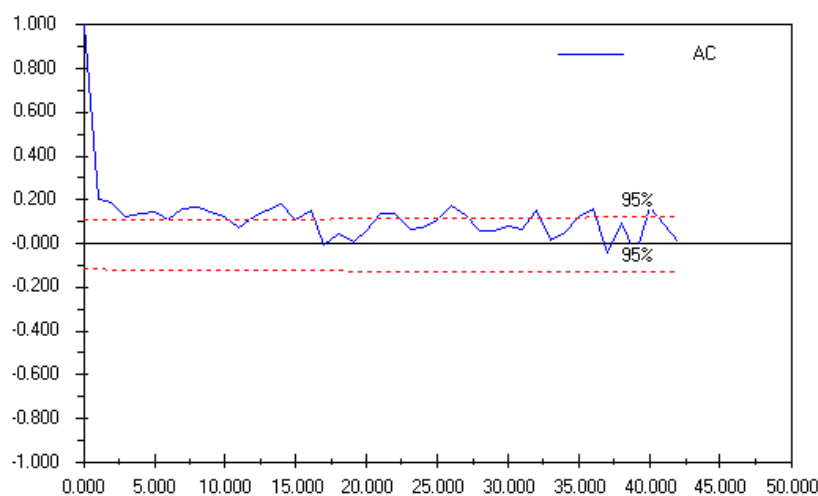
Obr. 4 Kolísání časové řady srážek na stanici Brno v letech 1803–2010, shlazeno klouzavým průměrem

Závěr: Shlazení srážkové řady metodou klouzavých průměrů opět oproti metodě Gaussova filtru její průběh značně generalizuje. Oproti předcházející metodě také potlačuje vlhká jara z přelomu 19. – 20. století a naopak zvýrazňuje vlhká jara po roce 2003. Období značně suchých jar jsou v rámci klouzavých průměrů silně potlačena.

3. Koeficienty autokorelace

a) teplota vzduchu

Lag	+	Values	8	0.16273	<	17	-0.01229	26	0.17519	<	35	0.12794	<	
	0	1.00000	<	9	0.14067	<	18	0.04458	27	0.13405	<	36	0.16004	<
	1	0.20218	<	10	0.11866	<	19	0.00441	28	0.05867		37	-0.04012	
	2	0.18333	<	11	0.07292		20	0.05973	29	0.05582		38	0.09621	
	3	0.12589	<	12	0.12552	<	21	0.13865	30	0.07856		39	-0.04928	
	4	0.13450	<	13	0.15440	<	22	0.13595	31	0.06929		40	0.16748	<
	5	0.14073	<	14	0.17652	<	23	0.06335	32	0.15098	<	41	0.08294	
	6	0.11284	<	15	0.10506		24	0.07462	33	0.01591		42	0.00449	
	7	0.15597	<	16	0.15399	<	25	0.11243	34	0.05401				

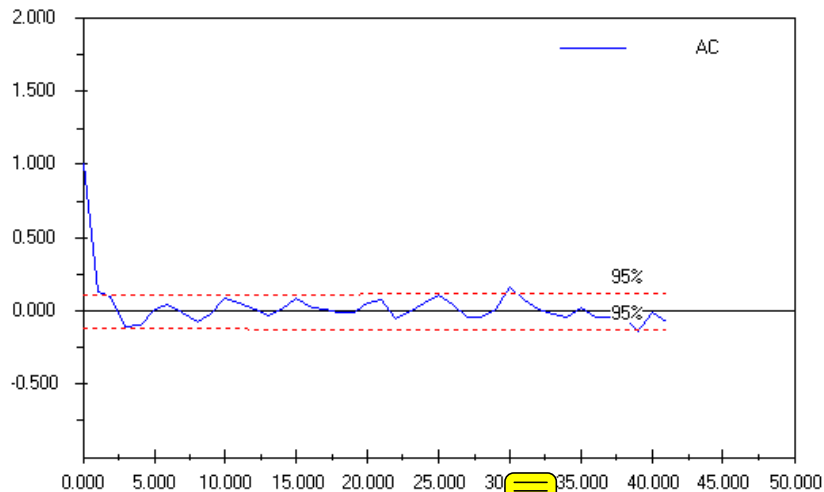


Obr. 5 Průběh autokorelační funkce s vyznačením hladiny významnosti 95 %

Závěr: V analyzované teplotní řadě se projevuje velké množství nepravidelných cyklů, jelikož hodnota autokorelační funkce téměř ve všech případech překračuje nulovou hodnotu. Celkem u 21 z 41 relevantních autokorelací je také překročen interval spolehlivosti 95 %.

b) srážky

Lag	+	Values	8	-0.07860	17	0.01782	26	0.04642	35	0.02445			
	0	1.00000	<	9	-0.01238	18	-0.00893	27	-0.03854	36	-0.04685		
	1	0.12779	<	10	0.08717	19	-0.00906	28	-0.04912	37	-0.03857		
	2	0.10183		11	0.05583	20	0.05488	29	0.01764	38	-0.03151		
	3	-0.09952		12	0.01539	21	0.08115	30	0.15801	<	39	-0.13841	<
	4	-0.09102		13	-0.02822	22	-0.05884	31	0.07911	40	-0.01089		
	5	0.00668		14	0.01419	23	-0.00091	32	0.00640	41	-0.07024		
	6	0.04251		15	0.08755	24	0.05442	33	-0.01342	42			
	7	-0.00493		16	0.02204	25	0.11159	34	-0.04490				



Obr. 6 Průběh autokorelační funkce s vyznačením hladiny významnosti 95 %

Závěr: V případě srážek je hranice významnosti 95 % překročena pouze u 3 z 40 relevantních autokorelací. Nepravidelných cyklů je méně než v případě teploty vzduchu.

4. Spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů

a) teplota vzduchu – před normalizací

Frequencies + V + Periods

0.00000	32.08786	<	0.000000	0.10119	0.46907	;	9.882353	0.20238	0.52790	;	4.941176
0.00298	16.82244	<	336.000000	0.10417	0.38124	;	9.600000	0.20536	0.35253	;	4.869565
0.00595	7.24974	<	168.000000	0.10714	0.35833	;	9.333333	0.20833	0.29101	;	4.800000
0.00893	4.00165	<	112.000000	0.11012	0.38926	;	9.081081	0.21131	0.28775	;	4.732394
0.01190	2.67556	<	84.000000	0.11310	0.49278	;	8.842105	0.21429	0.33923	;	4.666667
0.01488	2.04563	;	67.200000	0.11607	0.73864	;	8.615385	0.21726	0.48585	;	4.602740
0.01786	1.72781	;	56.000000	0.11905	1.31728	;	8.400000	0.22024	0.88693	;	4.540541
0.02083	1.58232	;	48.000000	0.12202	2.46617	<	8.195122	0.22321	2.19163	;	4.480000
0.02381	1.55801	;	42.000000	0.12500	2.98987	<	8.000000	0.22619	4.85783	<	4.421053
0.02679	1.64346	;	37.333333	0.12798	2.15630	;	7.813953	0.22917	2.87112	<	4.363636
0.02976	1.84132	;	33.600000	0.13095	1.56280	;	7.636364	0.23214	1.42098	;	4.307692
0.03274	2.11916	;	30.545455	0.13393	1.38715	;	7.466667	0.23512	0.96134	;	4.253165
0.03571	2.30135	;	28.000000	0.13690	1.54543	;	7.304348	0.23810	0.84397	;	4.200000
0.03869	2.11067	;	25.846154	0.13988	2.15440	;	7.148936	0.24107	0.91386	;	4.148148
0.04167	1.61944	;	24.000000	0.14286	3.44749	<	7.000000	0.24405	1.16987	;	4.097561
0.04464	1.16263	;	22.400000	0.14583	4.09043	<	6.857143	0.24702	1.61008	;	4.048193
0.04762	0.86643	;	21.000000	0.14881	2.62453	<	6.720000	0.25000	1.89273	;	4.000000
0.05060	0.70448	;	19.764706	0.15179	1.51824	;	6.588235	0.25298	1.60091	;	3.952941
0.05357	0.63676	;	18.666667	0.15476	1.03385	;	6.461538	0.25595	1.17033	;	3.906977
0.05655	0.64473	;	17.684211	0.15774	0.83869	;	6.339623	0.25893	0.91222	;	3.862069
0.05952	0.73444	;	16.800000	0.16071	0.78022	;	6.222222	0.26190	0.81323	;	3.818182
0.06250	0.94082	;	16.000000	0.16369	0.78412	;	6.109091	0.26488	0.83620	;	3.775281
0.06548	1.32911	;	15.272727	0.16667	0.78129	;	6.000000	0.26786	0.97943	;	3.733333
0.06845	1.91606	;	14.608696	0.16964	0.71405	;	5.894737	0.27083	1.25761	;	3.692308
0.07143	2.39783	<	14.000000	0.17262	0.60010	;	5.793103	0.27381	1.60529	;	3.652174
0.07440	2.38679	<	13.440000	0.17560	0.50085	;	5.694915	0.27679	1.74402	;	3.612903

0.07738	2.17404	;	12.923077	0.17857	0.44901	;	5.600000	0.27976	1.52753	;	3.574468
0.08036	2.14407	;	12.444444	0.18155	0.45592	;	5.508197	0.28274	1.21648	;	3.536842
0.08333	2.45424	<;	12.000000	0.18452	0.54739	;	5.419355	0.28571	0.99074	;	3.500000
0.08631	3.09798	<;	11.586207	0.18750	0.82310	;	5.333333	0.28869	0.86029	;	3.463918
0.08929	3.21453	<;	11.200000	0.19048	1.70460	;	5.250000	0.29167	0.79590	;	3.428571
0.09226	2.07805	;	10.838710	0.19345	4.46359	<;	5.169231	0.29464	0.77438	;	3.393939
0.09524	1.12577	;	10.500000	0.19643	2.97905	<;	5.090909	0.29762	0.78483	;	3.360000
0.09821	0.67234	;	10.181818	0.19940	1.05042	;	5.014925	0.30060	0.83016	;	3.326733
0.30357	0.92893	;	3.294118	0.40476	0.69440	;	2.470588				
0.30655	1.11841	;	3.262136	0.40774	0.56793	;	2.452555				
0.30952	1.44885	;	3.230769	0.41071	0.56296	;	2.434783				
0.31250	1.89069	;	3.200000	0.41369	0.67747	;	2.417266				
0.31548	2.06461	;	3.169811	0.41667	0.99941	;	2.400000				
0.31845	1.66215	;	3.140187	0.41964	1.75719	;	2.382979				
0.32143	1.16102	;	3.111111	0.42262	2.72448	<;	2.366197				
0.32440	0.85367	;	3.082569	0.42560	2.21067	;	2.349650				
0.32738	0.71486	;	3.054545	0.42857	1.37134	;	2.333333				
0.33036	0.69852	;	3.027027	0.43155	0.99634	;	2.317241				
0.33333	0.80522	;	3.000000	0.43452	0.91556	;	2.301370				
0.33631	1.09062	;	2.973451	0.43750	1.07923	;	2.285714				
0.33929	1.57788	;	2.947368	0.44048	1.67123	;	2.270270				
0.34226	1.71259	;	2.921739	0.44345	3.14679	<;	2.255034				
0.34524	1.13774	;	2.896552	0.44643	3.27943	<;	2.240000				
0.34821	0.67412	;	2.871795	0.44940	1.49684	;	2.225166				
0.35119	0.45214	;	2.847458	0.45238	0.75041	;	2.210526				
0.35417	0.35760	;	2.823529	0.45536	0.48533	;	2.196078				
0.35714	0.33314	;	2.800000	0.45833	0.39142	;	2.181818				
0.36012	0.36633	;	2.776860	0.46131	0.38439	;	2.167742				
0.36310	0.48317	;	2.754098	0.46429	0.45925	;	2.153846				
0.36607	0.79207	;	2.731707	0.46726	0.67994	;	2.140127				
0.36905	1.67306	;	2.709677	0.47024	1.25205	;	2.126582				
0.37202	3.48870	<;	2.688000	0.47321	2.16686	;	2.113208				
0.37500	2.67329	<;	2.666667	0.47619	1.66671	;	2.100000				
0.37798	1.37296	;	2.645669	0.47917	0.88675	;	2.086957				
0.38095	0.89731	;	2.625000	0.48214	0.56456	;	2.074074				
0.38393	0.76158	;	2.604651	0.48512	0.45431	;	2.061350				
0.38690	0.81487	;	2.584615	0.48810	0.45652	;	2.048780				
0.38988	1.08235	;	2.564885	0.49107	0.57945	;	2.036364				
0.39286	1.68899	;	2.545455	0.49405	0.98531	;	2.024096				
0.39583	2.27841	;	2.526316	0.49702	2.57529	<;	2.011976				
0.39881	1.72759	;	2.507463	0.50000	7.11937	<;	2.000000				
0.40179	1.02936	;	2.488889								

Mark "<" is used where the value exceeds 95%

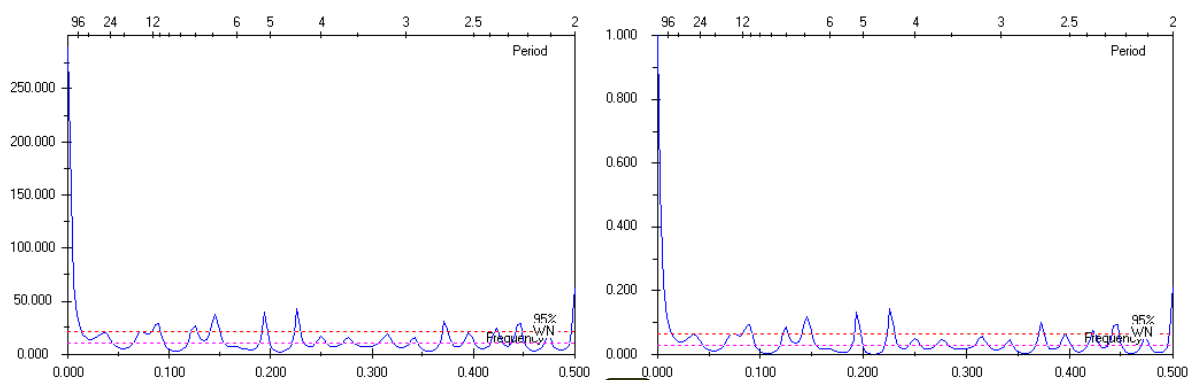
b) teplota vzduchu – po normalizaci

Frequencies + Values + Periods

0.00000	1.00000	<;	0.000000	0.10119	0.00570	;	9.882353	0.20238	0.00755	;	4.941176
0.00298	0.51996	<;	336.000000	0.10417	0.00294	;	9.600000	0.20536	0.00204	;	4.869565
0.00595	0.21893	<;	168.000000	0.10714	0.00222	;	9.333333	0.20833	0.00010	;	4.800000
0.00893	0.11679	<;	112.000000	0.11012	0.00319	;	9.081081	0.21131	0.00000	;	4.732394
0.01190	0.07509	<;	84.000000	0.11310	0.00645	;	8.842105	0.21429	0.00162	;	4.666667
0.01488	0.05528	;	67.200000	0.11607	0.01418	;	8.615385	0.21726	0.00623	;	4.602740
0.01786	0.04528	;	56.000000	0.11905	0.03237	;	8.400000	0.22024	0.01884	;	4.540541
0.02083	0.04071	;	48.000000	0.12202	0.06850	<;	8.195122	0.22321	0.05987	;	4.480000
0.02381	0.03995	;	42.000000	0.12500	0.08497	<;	8.000000	0.22619	0.14371	<;	4.421053
0.02679	0.04263	;	37.333333	0.12798	0.05876	;	7.813953	0.22917	0.08124	<;	4.363636
0.02976	0.04885	;	33.600000	0.13095	0.04010	;	7.636364	0.23214	0.03564	;	4.307692
0.03274	0.05759	;	30.545455	0.13393	0.03457	;	7.466667	0.23512	0.02118	;	4.253165
0.03571	0.06332	;	28.000000	0.13690	0.03955	;	7.304348	0.23810	0.01749	;	4.200000
0.03869	0.05732	;	25.846154	0.13988	0.05870	;	7.148936	0.24107	0.01969	;	4.148148
0.04167	0.04188	;	24.000000	0.14286	0.09936	<;	7.000000	0.24405	0.02774	;	4.097561
0.04464	0.02751	;	22.400000	0.14583	0.11958	<;	6.857143	0.24702	0.04158	;	4.048193
0.04762	0.01820	;	21.000000	0.14881	0.07348	<;	6.720000	0.25000	0.05047	;	4.000000
0.05060	0.01310	;	19.764706	0.15179	0.03869	;	6.588235	0.25298	0.04129	;	3.952941
0.05357	0.01097	;	18.666667	0.15476	0.02346	;	6.461538	0.25595	0.02775	;	3.906977
0.05655	0.01123	;	17.684211	0.15774	0.01732	;	6.339623	0.25893	0.01964	;	3.862069
0.05952	0.01405	;	16.800000	0.16071	0.01549	;	6.222222	0.26190	0.01652	;	3.818182
0.06250	0.02054	;	16.000000	0.16369	0.01561	;	6.109091	0.26488	0.01725	;	3.775281
0.06548	0.03275	;	15.272727	0.16667	0.01552	;	6.000000	0.26786	0.02175	;	3.733333
0.06845	0.05120	;	14.608696	0.16964	0.01341	;	5.894737	0.27083	0.03050	;	3.692308
0.07143	0.06635	<;	14.000000	0.17262	0.00982	;	5.793103	0.27381	0.04143	;	3.652174
0.07440	0.06601	<;	13.440000	0.17560	0.00670	;	5.694915	0.27679	0.04579	;	3.612903
0.07738	0.05932	;	12.923077	0.17857	0.00507	;	5.600000	0.27976	0.03899	;	3.574468
0.08036	0.05837	;	12.444444	0.18155	0.00529	;	5.508197	0.28274	0.02921	;	3.536842
0.08333	0.06813	<;	12.000000	0.18452	0.00816	;	5.419355	0.28571	0.02211	;	3.500000
0.08631	0.08837	<;	11.586207	0.18750	0.01683	;	5.333333	0.28869	0.01800	;	3.463918
0.08929	0.09204	<;	11.200000	0.19048	0.04455	;	5.250000	0.29167	0.01598	;	3.428571
0.09226	0.05630	;	10.838710	0.19345	0.13132	<;	5.169231	0.29464	0.01530	;	3.393939
0.09524	0.02635	;	10.500000	0.19643	0.08463	<;	5.090909	0.29762	0.01563	;	3.360000
0.09821	0.01209	;	10.181818	0.19940	0.02398	;	5.014925	0.30060	0.01706	;	3.326733
0.30357	0.02016	;	3.294118	0.40476	0.01279	;	2.470588				
0.30655	0.02612	;	3.262136	0.40774	0.00881	;	2.452555				
0.30952	0.03651	;	3.230769	0.41071	0.00865	;	2.434783				
0.31250	0.05041	;	3.200000	0.41369	0.01226	;	2.417266				
0.31548	0.05588	;	3.169811	0.41667	0.02238	;	2.400000				
0.31845	0.04322	;	3.140187	0.41964	0.04621	;	2.382979				
0.32143	0.02746	;	3.111111	0.42262	0.07663	<;	2.366197				
0.32440	0.01780	;	3.082569	0.42560	0.06047	;	2.349650				
0.32738	0.01343	;	3.054545	0.42857	0.03407	;	2.333333				

0.33036	0.01292	;	3.027027	0.43155	0.02228	;	2.317241
0.33333	0.01627	;	3.000000	0.43452	0.01974	;	2.301370
0.33631	0.02525	;	2.973451	0.43750	0.02489	;	2.285714
0.33929	0.04057	;	2.947368	0.44048	0.04351	;	2.270270
0.34226	0.04481	;	2.921739	0.44345	0.08991	<;	2.255034
0.34524	0.02673	;	2.896552	0.44643	0.09408	<;	2.240000
0.34821	0.01215	;	2.871795	0.44940	0.03802	;	2.225166
0.35119	0.00517	;	2.847458	0.45238	0.01455	;	2.210526
0.35417	0.00220	;	2.823529	0.45536	0.00621	;	2.196078
0.35714	0.00143	;	2.800000	0.45833	0.00326	;	2.181818
0.36012	0.00247	;	2.776860	0.46131	0.00304	;	2.167742
0.36310	0.00615	;	2.754098	0.46429	0.00539	;	2.153846
0.36607	0.01586	;	2.731707	0.46726	0.01233	;	2.140127
0.36905	0.04356	;	2.709677	0.47024	0.03032	;	2.126582
0.37202	0.10066	<;	2.688000	0.47321	0.05909	;	2.113208
0.37500	0.07502	<;	2.666667	0.47619	0.04336	;	2.100000
0.37798	0.03413	;	2.645669	0.47917	0.01884	;	2.086957
0.38095	0.01917	;	2.625000	0.48214	0.00870	;	2.074074
0.38393	0.01490	;	2.604651	0.48512	0.00524	;	2.061350
0.38690	0.01658	;	2.584615	0.48810	0.00531	;	2.048780
0.38988	0.02499	;	2.564885	0.49107	0.00917	;	2.036364
0.39286	0.04406	;	2.545455	0.49405	0.02194	;	2.024096
0.39583	0.06260	;	2.526316	0.49702	0.07193	<;	2.011976
0.39881	0.04528	;	2.507463	0.50000	0.21483	<;	2.000000
0.40179	0.02332	;	2.488889				

Mark "<" is used where the value exceeds 95%



Obr. 7 Spektrogram MESA – před normalizací (vlevo) a po normalizaci (vpravo)

Závěr: Z grafu i tabulky je zřejmé, že nejvýznamnější cykly teploty vzduchu jsou přibližně v periodách 2, 4,42 a 5,17 let. Mezi další statisticky významné cykly patří např. cyklus s periodou 7 a 11,59 let.

c) srážky – před normalizací

Frequencies +  + Periods

0.00000	2487.93041	<;	0.000000	0.10366	1363.25307	;	9.647059	0.20732	690.14202	;	4.823529
0.00305	2600.18212	<;	328.000000	0.10671	1340.46445	;	9.371429	0.21037	353.13849	;	4.753623

0.00610	2715.03176	<;	164.000000	0.10976	1448.25361	;	9.111111	0.21341	218.75380	;	4.685714
0.00915	2291.64328	<;	109.333333	0.11280	1647.85418	;	8.864865	0.21646	158.74782	;	4.619718
0.01220	1512.92617	;	82.000000	0.11585	1866.43858	;	8.631579	0.21951	132.67043	;	4.555556
0.01524	957.15659	;	65.600000	0.11890	2013.31576	;	8.410256	0.22256	127.10462	;	4.493151
0.01829	667.80678	;	54.666667	0.12195	2067.93284	;	8.200000	0.22561	140.60467	;	4.432432
0.02134	536.30238	;	46.857143	0.12500	2088.51490	;	8.000000	0.22866	183.60061	;	4.373333
0.02439	500.69366	;	41.000000	0.12805	2112.07569	;	7.809524	0.23171	295.87091	;	4.315789
0.02744	547.42878	;	36.444444	0.13110	2088.43648	;	7.627907	0.23476	626.69167	;	4.259740
0.03049	711.04954	;	32.800000	0.13415	1922.22059	;	7.454545	0.23780	1413.19458	;	4.205128
0.03354	1117.26636	;	29.818182	0.13720	1621.70475	;	7.288889	0.24085	976.66621	;	4.151899
0.03659	2045.35839	;	27.333333	0.14024	1316.74612	;	7.130435	0.24390	412.93989	;	4.100000
0.03963	2998.19013	<;	25.230769	0.14329	1103.66707	;	6.978723	0.24695	227.92085	;	4.049383
0.04268	2178.10300	<;	23.428571	0.14634	1004.78205	;	6.833333	0.25000	160.98771	;	4.000000
0.04573	1297.71875	;	21.866667	0.14939	1022.65380	;	6.693878	0.25305	137.78452	;	3.951807
0.04878	911.86947	;	20.500000	0.15244	1181.58087	;	6.560000	0.25610	138.96233	;	3.904762
0.05183	785.66744	;	19.294118	0.15549	1550.76249	;	6.431373	0.25915	163.72786	;	3.858824
0.05488	821.63397	;	18.222222	0.15854	2210.15391	<;	6.307692	0.26220	226.33740	;	3.813953
0.05793	1039.13346	;	17.263158	0.16159	2885.90339	<;	6.188679	0.26524	370.01996	;	3.770115
0.06098	1583.27655	;	16.400000	0.16463	2735.85359	<;	6.074074	0.26829	691.02994	;	3.727273
0.06402	2688.10689	<;	15.619048	0.16768	2034.06422	;	5.963636	0.27134	1144.06383	;	3.685393
0.06707	3542.66479	<;	14.909091	0.17073	1509.98473	;	5.857143	0.27439	1114.59488	;	3.644444
0.07012	2703.81295	<;	14.260870	0.17378	1244.10146	;	5.754386	0.27744	823.50678	;	3.604396
0.07317	1796.30600	;	13.666667	0.17683	1152.52448	;	5.655172	0.28049	675.06109	;	3.565217
0.07622	1375.83021	;	13.120000	0.17988	1179.11181	;	5.559322	0.28354	675.80419	;	3.526882
0.07927	1268.69927	;	12.615385	0.18293	1294.35615	;	5.466667	0.28659	832.51245	;	3.489362
0.08232	1395.76805	;	12.148148	0.18598	1484.18172	;	5.377049	0.28963	1220.87854	;	3.452632
0.08537	1786.12061	;	11.714286	0.18902	1771.55115	;	5.290323	0.29268	1747.21121	;	3.416667
0.08841	2457.85871	<;	11.310345	0.19207	2289.75119	<;	5.206349	0.29573	1592.31596	;	3.381443
0.09146	2975.22623	<;	10.933333	0.19512	3443.43574	<;	5.125000	0.29878	1007.13504	;	3.346939
0.09451	2650.98122	<;	10.580645	0.19817	5703.44448	<;	5.046154	0.30183	660.23833	;	3.313131
0.09756	1995.95736	;	10.250000	0.20122	4636.76702	<;	4.969697	0.30488	509.07997	;	3.280000
0.10061	1559.09017	;	9.939394	0.20427	1699.81837	;	4.895522	0.30793	464.29813	;	3.247525
0.31098	494.03739	;	3.215686	0.41463	761.39181	;	2.411765				
0.31402	600.97087	;	3.184466	0.41768	913.17995	;	2.394161				
0.31707	798.54364	;	3.153846	0.42073	1227.69612	;	2.376812				
0.32012	1040.64054	;	3.123810	0.42378	1690.75601	;	2.359712				
0.32317	1149.38354	;	3.094340	0.42683	1975.15120	;	2.342857				
0.32622	1065.09961	;	3.065421	0.42988	1756.49542	;	2.326241				
0.32927	957.50110	;	3.037037	0.43293	1377.98478	;	2.309859				
0.33232	941.97131	;	3.009174	0.43598	1123.20723	;	2.293706				
0.33537	1063.15063	;	2.981818	0.43902	1008.02471	;	2.277778				
0.33841	1356.10391	;	2.954955	0.44207	995.10902	;	2.262069				
0.34146	1715.08589	;	2.928571	0.44512	1050.17324	;	2.246575				
0.34451	1643.17433	;	2.902655	0.44817	1129.98243	;	2.231293				
0.34756	1153.18156	;	2.877193	0.45122	1177.97849	;	2.216216				

0.35061	771.51173	;	2.852174	0.45427	1164.21813	;	2.201342
0.35366	574.78774	;	2.827586	0.45732	1118.70127	;	2.186667
0.35671	494.62812	;	2.803419	0.46037	1095.62519	;	2.172185
0.35976	492.47821	;	2.779661	0.46341	1134.45612	;	2.157895
0.36280	563.65199	;	2.756303	0.46646	1257.61641	;	2.143791
0.36585	726.86425	;	2.733333	0.46951	1465.67447	;	2.129870
0.36890	986.37775	;	2.710744	0.47256	1694.14166	;	2.116129
0.37195	1196.49160	;	2.688525	0.47561	1785.30009	;	2.102564
0.37500	1124.19503	;	2.666667	0.47866	1653.63733	;	2.089172
0.37805	904.89887	;	2.645161	0.48171	1423.66320	;	2.075949
0.38110	749.18557	;	2.624000	0.48476	1235.99893	;	2.062893
0.38415	699.31747	;	2.603175	0.48780	1134.47021	;	2.050000
0.38720	760.02523	;	2.582677	0.49085	1112.25665	;	2.037267
0.39024	973.92926	;	2.562500	0.49390	1146.40258	;	2.024691
0.39329	1453.58435	;	2.542636	0.49695	1199.85785	;	2.012270
0.39634	2214.98913	<;	2.523077	0.50000	1225.73495	;	2.000000
0.39939	2368.34133	<;	2.503817				
0.40244	1643.21648	;	2.484848				
0.40549	1086.16303	;	2.466165				
0.40854	822.56787	;	2.447761				
0.41159	732.36664	;	2.429630				

Mark "<" is used where the value exceeds 95%

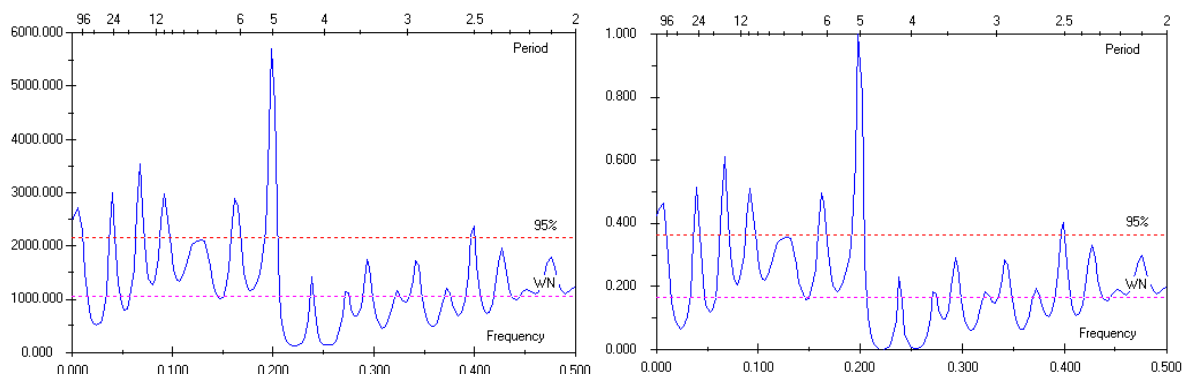
d) srážky – po normalizaci

Frequencies + Values + Periods

0.00000	0.42336	<;	0.000000	0.10366	0.22168	;	9.647059	0.20732	0.10097	;	4.823529
0.00305	0.44349	<;	328.000000	0.10671	0.21759	;	9.371429	0.21037	0.04053	;	4.753623
0.00610	0.46409	<;	164.000000	0.10976	0.23692	;	9.111111	0.21341	0.01644	;	4.685714
0.00915	0.38816	<;	109.333333	0.11280	0.27271	;	8.864865	0.21646	0.00567	;	4.619718
0.01220	0.24852	;	82.000000	0.11585	0.31191	;	8.631579	0.21951	0.00100	;	4.555556
0.01524	0.14885	;	65.600000	0.11890	0.33825	;	8.410256	0.22256	0.00000	;	4.493151
0.01829	0.09696	;	54.666667	0.12195	0.34805	;	8.200000	0.22561	0.00242	;	4.432432
0.02134	0.07338	;	46.857143	0.12500	0.35174	;	8.000000	0.22866	0.01013	;	4.373333
0.02439	0.06700	;	41.000000	0.12805	0.35596	;	7.809524	0.23171	0.03026	;	4.315789
0.02744	0.07538	;	36.444444	0.13110	0.35172	;	7.627907	0.23476	0.08959	;	4.259740
0.03049	0.10472	;	32.800000	0.13415	0.32192	;	7.454545	0.23780	0.23063	;	4.205128
0.03354	0.17756	;	29.818182	0.13720	0.26803	;	7.288889	0.24085	0.15235	;	4.151899
0.03659	0.34400	;	27.333333	0.14024	0.21334	;	7.130435	0.24390	0.05126	;	4.100000
0.03963	0.51487	<;	25.230769	0.14329	0.17513	;	6.978723	0.24695	0.01808	;	4.049383
0.04268	0.36780	<;	23.428571	0.14634	0.15739	;	6.833333	0.25000	0.00608	;	4.000000
0.04573	0.20993	;	21.866667	0.14939	0.16060	;	6.693878	0.25305	0.00192	;	3.951807
0.04878	0.14073	;	20.500000	0.15244	0.18910	;	6.560000	0.25610	0.00213	;	3.904762
0.05183	0.11810	;	19.294118	0.15549	0.25530	;	6.431373	0.25915	0.00657	;	3.858824
0.05488	0.12455	;	18.222222	0.15854	0.37355	<;	6.307692	0.26220	0.01780	;	3.813953
0.05793	0.16355	;	17.263158	0.16159	0.49473	<;	6.188679	0.26524	0.04356	;	3.770115
0.06098	0.26113	;	16.400000	0.16463	0.46782	<;	6.074074	0.26829	0.10113	;	3.727273

0.40854 0.12472 ; 2.447761
 0.41159 0.10854 ; 2.429630

Mark "<" is used where the value exceeds 95%

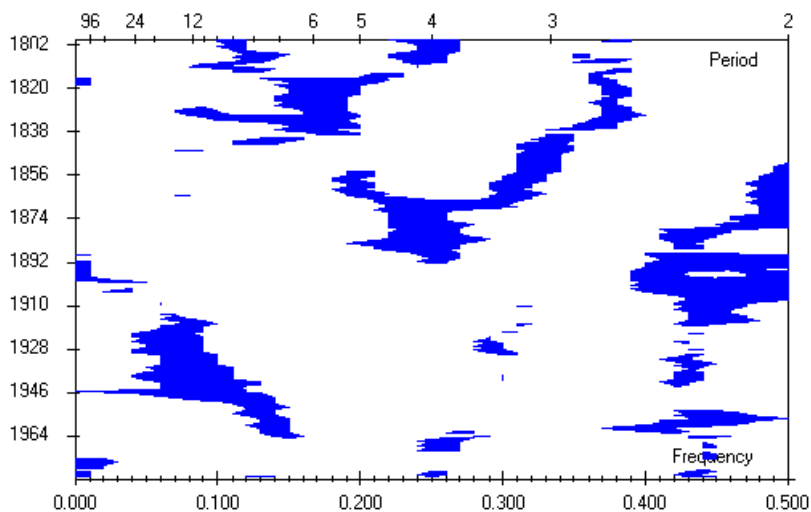


Obr. 8 Spektrogram MESA – před normalizací (vlevo) a po normalizaci (vpravo)

Závěr: Z grafu i tabulky je zřejmé, že nejvýznamnější srážkový cyklus je přibližně v periodě 5,05 let. Mezi další statisticky významné cykly patří např. cyklus s periodou 11,31 a 14,91 let.

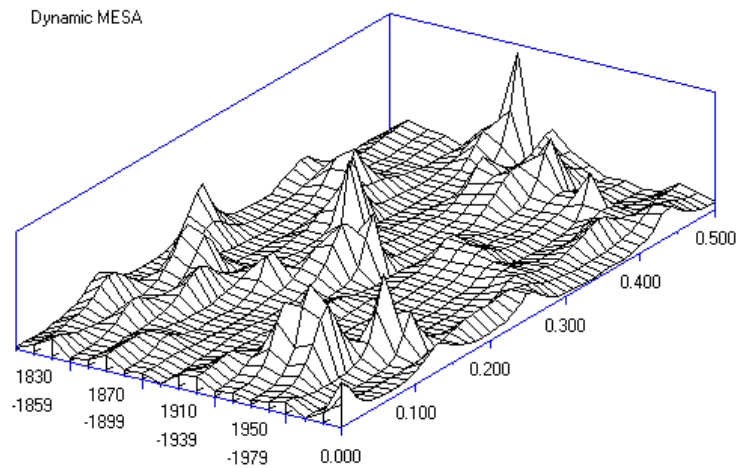
5. Dynamická MESA

a) teplota vzduchu



Obr. 9 Dynamická MESA 2D (významné cykly)

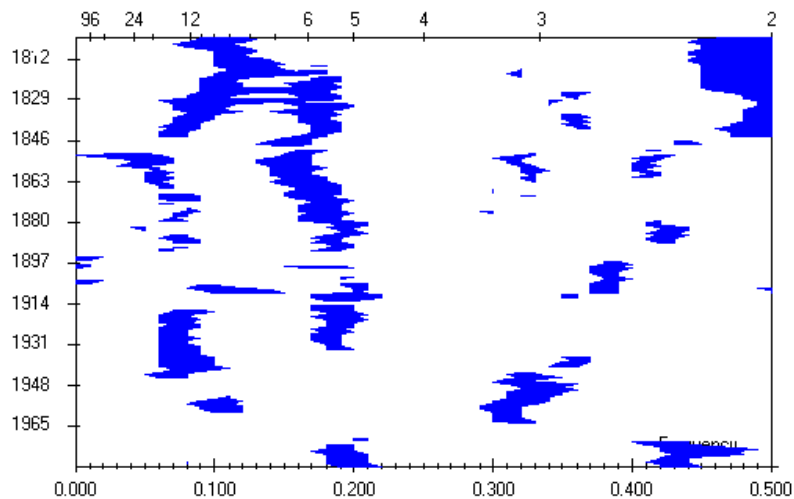
Závěr: Graf zobrazuje rozsah statisticky významných period a jejich časový vývoj. Je patrné, že velmi stabilní teplotní cykly se ve studovaném období nevyskytují. Významnější cyklus osciluje s periodou 5–6 let v období 1819–1838, další s periodou 4–5 let přibližně v období 1860–1892, další s periodou kolem 12 let v období 1910–1946. Cyklus s periodou kolem 2 let osciluje v letech 1856–1874 a na přelomu 19. a 20. století.



Obr. 10 Dynamická MESA 3D (pouze významné cykly)

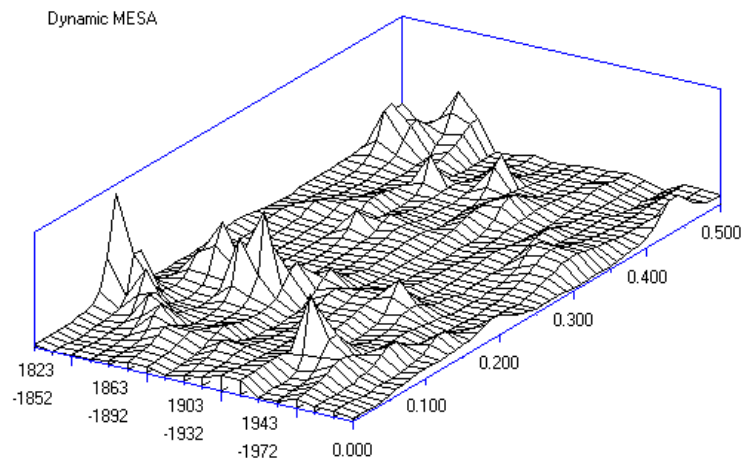
Závěr: Graf potvrzuje stejné rozložení významnějších cyklů jako v metodě MESA 2D.

b) srážky



Obr. 11 Dynamická MESA 2D (významné cykly)

Závěr: Je patrné, že jarní srážkové cykly jsou ve zkoumaném období také málo stabilní. Významnější cykly se vyskytly v následujících obdobích: v 1803–1846 (přibližně dvouletý a také devítiletý), 1812–1846 a 1847–1880 (přibližně šestiletý), 1914–1948 (přibližně 12letý), 1948–1965 (přibližně 3,5letý).

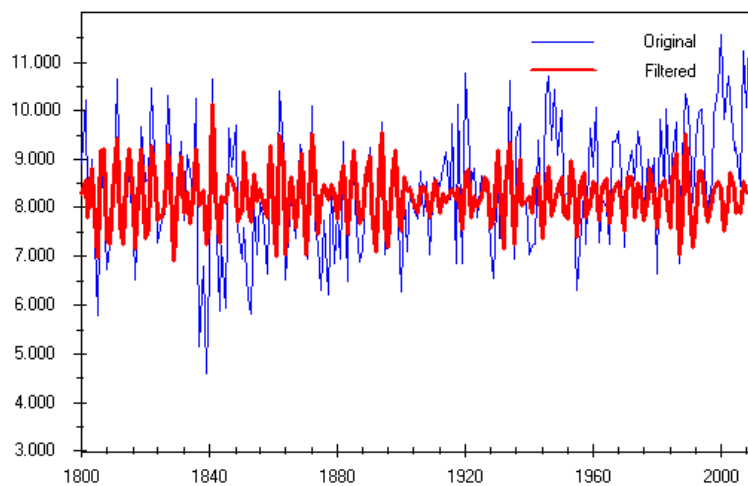


Obr. 12 Dynamická MESA 3D (pouze významné cykly)

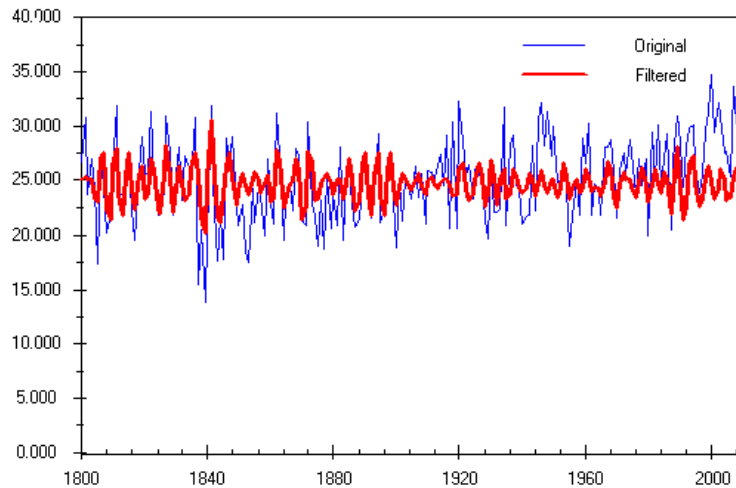
Závěr: Graf potvrzuje stejné rozložení významnějších cyklů jako v metodě MESA 2D.

6. Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus

a) teplota vzduchu



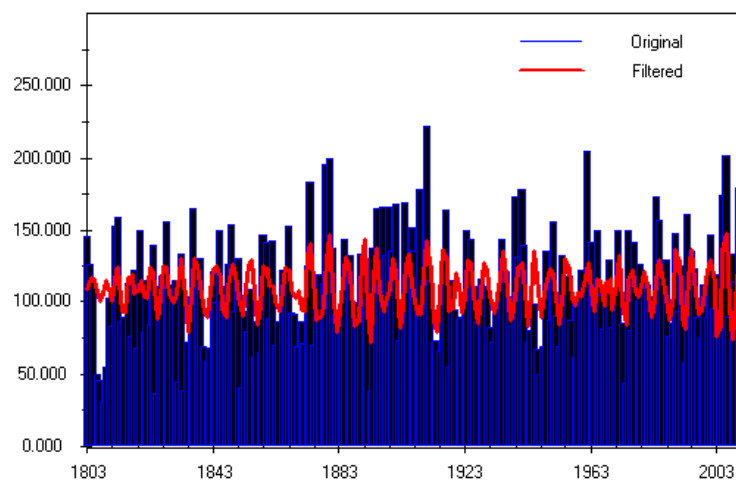
Obr. 13 Pásmová filtrace pro statisticky významný cyklus 4,5 let



Obr. 14 Pásmová filtrace pro statisticky významný cyklus 5,5 let

Závěr: Pásmová filtrace co nejvíce zesiluje vybranou periodu (v případě teploty vzduchu nejprve 4,5 a poté 5,5 let) a potlačuje ostatní. Nejvýznamnější výkyvy v rámci 4,5letého cyklu se vyskytly přibližně v letech 1800–1840, 1860–1875, 1880–1900, kolem roku 1930 a 1990. Nejméně rozkolísané bylo období ca 1900–1925 a 1995–2010. Nejvýznamnější výkyvy v rámci 5,5letého cyklu se vyskytly v letech 1800–1850, další významné byly přibližně v letech 1860–1880, 1890–1900 a kolem roku 1990. Nejméně rozkolísané bylo období cca 1900–1990.

b) srážky



Obr. 15 Pásmová filtrace pro statisticky významný cyklus 5,5 let

Závěr: V případě srážek byl zesílen cyklus 5,5 let. Nejvýznamnější výkyvy byly v období zhruba 1870–1915 a kolem roku 2003, nejméně rozkolísané byla období ca 1803–1830 a 1963–1980.

