

Vliv sluneční aktivity na úmrtnost podle příčin v České republice

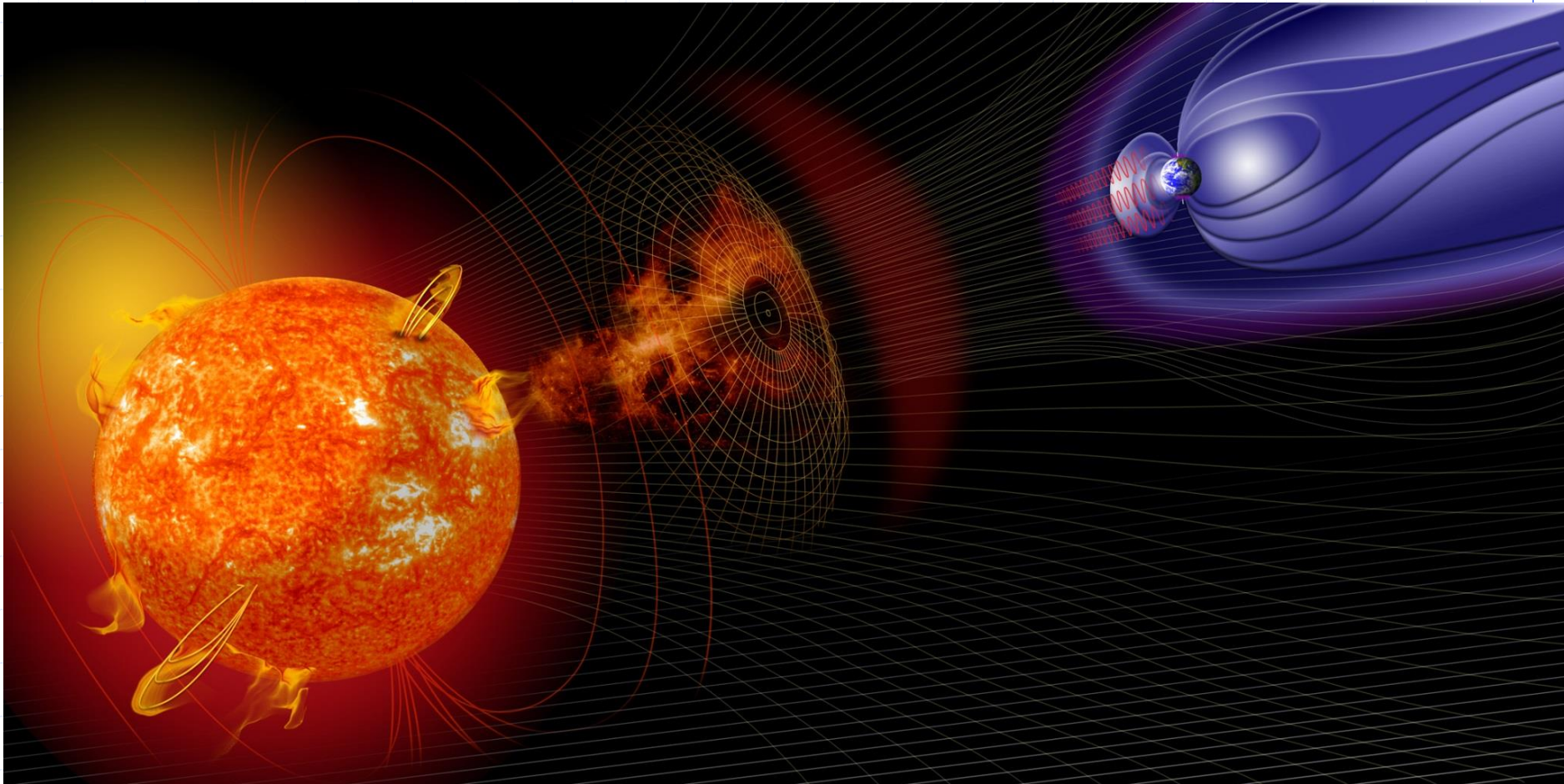
Kateřina Podolská

Diskusní večer ČDS
KDGD Přf UK 20.11.2013

Obsah

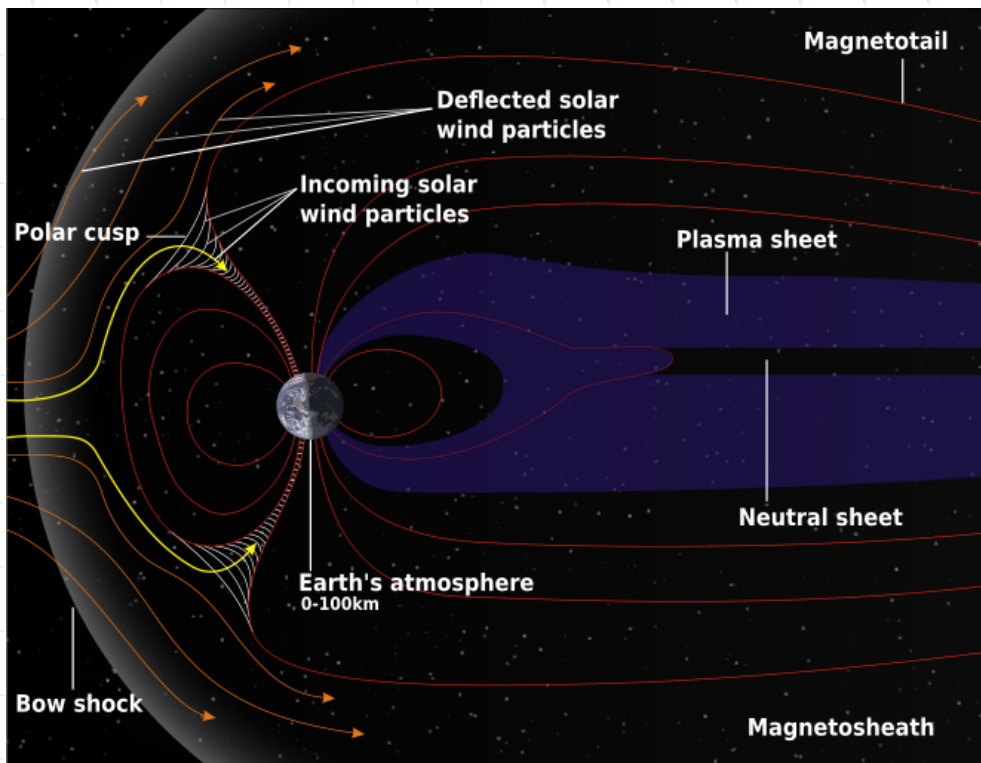
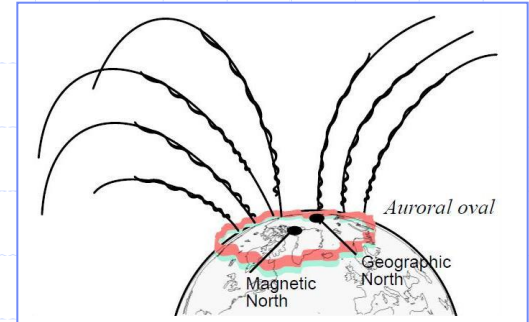
- ☒ Dopady sluneční aktivity na geosféru
- ☒ Data a metodika
- ☒ Závislost denních a měsíčních počtů zemřelých podle příčin smrti na sluneční aktivitě
- ☒ Typologie časových profilů příčin úmrtí

Sluneční aktivita a geosféra



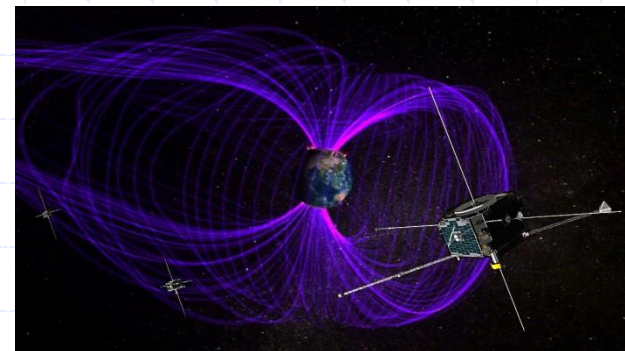
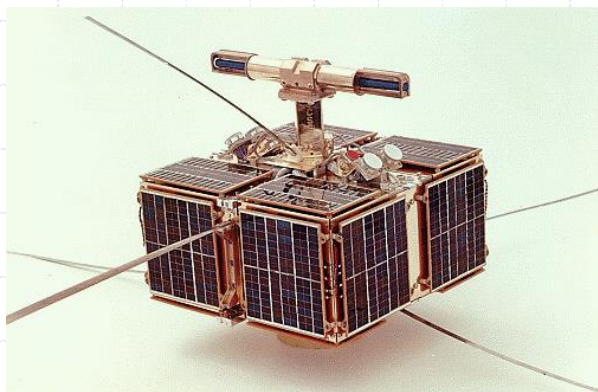
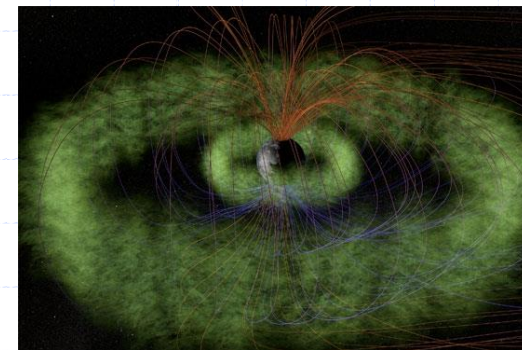
Projevy sluneční aktivity na Zemi

zesílení polární záře na pólech
ionizovaná atmosféra ruší rozhlasové vlny
kolísání a výpadky v energetických sítích
rušení nebo poškození družic



Geofyzikální výzkum

- ✚ Mezinárodní geofyzikální rok 1957
- ✚ Družice Explorer-I, 1958 Alpha, Jupiter-C na palubě Geigerův-Müllerův detektor: objev Van Allenových radiačních pásů
- ✚ SOHO (1995), Ulysses (1994), STEREO (2006), NASA
- ✚ Hinode (2006), JAXA
- ✚ Cluster (2000), ESA
- ✚ Magion 1 (1978), Magion 2 – 5 (1989-1995), ČR



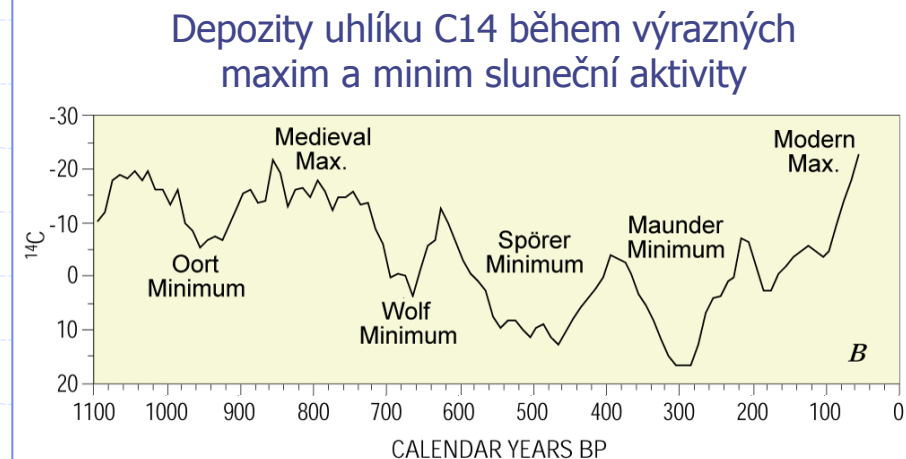
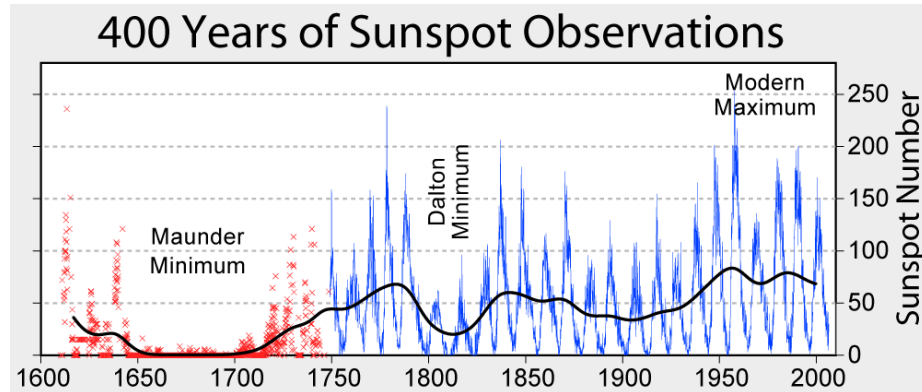
Zdroj: <http://mepag.nasa.gov>, <http://ufa.cas.cz>

Sluneční aktivita v minulosti

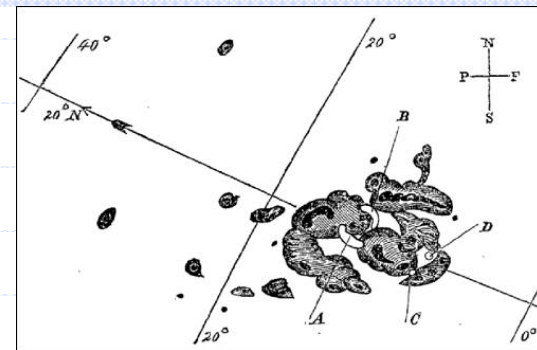


<http://antwarp.gsfc.nasa.gov>

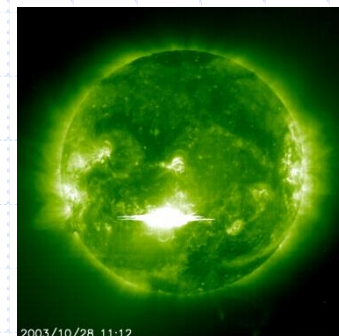
- ☒ První popsaná magnetická bouře Anders Celsius a Olof Hiorter 1741
- ☒ Edward Maunder 1909
1. statistická analýza souvislostí mezi vzplanutími a geomagnetickými bouřemi
- ☒ Sekulární změny klimatu – „malé doby ledové“ a „malá klimatická optima“



Silné sluneční bouře



- # **2. září 1859 – Carringtonovo vzplanutí**, RTG vzplanutí na Slunci (X10),
Dst -1 760 nT, zatím nejsilnější pozorovaná bouře
1992 byly nalezeny stopy v grónských ledových krách
- # **24. září 1909 – polární záře v rovníkových oblastech**
Dst -1 500 nT, výpadky telegrafní sítě, výboje, E.Maunder
- # **13. března 1989 – Blackout**
Dst -589 nT, RTG vzplanutí na Slunci (X15)
zhroucení elektrické sítě na severu USA, Kanady, Švédska
počátek systematického sledování kosmického počasí
16.8.1989 RTG vzplanutí (X20)
- # **21. století –** 30. 10. 2003 (Dst -342 nT, X17.2)
9. 3. 2012 (Dst -133 nT, X5.4)
nebyl pokles Dst pod -500 nT



Vliv sluneční aktivity na lidský organizmus

⌘ Vliv záření

Vliv elektromagnetického záření 4 kHz až 50 kHz na akutní stav pacientů s mozgovými, nervovými a srdečními chorobami

⌘ Poškození DNA

⌘ Účinky stochastické – bezprahové

s expozicí neroste závažnost, ale pravděpodobnost poškození

⌘ Účinky deterministické – mají prahovou hodnotu

nad touto hodnotou roste závažnost poškození lineárně

⌘ Vliv magnetických polí

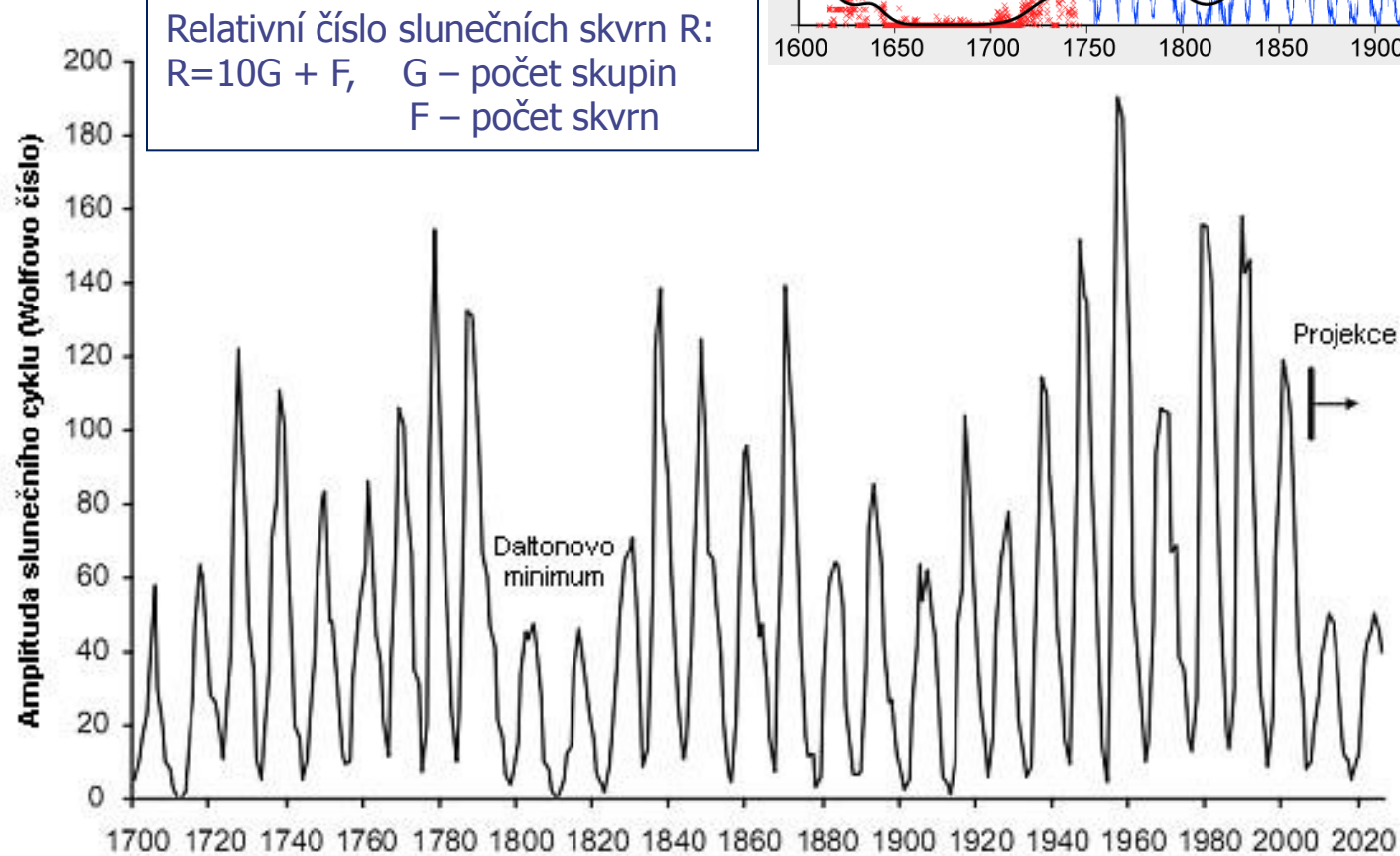
Ve dnech magnetických bouří změny srážlivosti a sedimentace krve a pulsu nespecificky ovlivněna i nervová soustava a hormonální činnost

⌘ Neuropsychologické obtíže, ženy větší citlivost než muži

Vliv sluneční aktivity na lidský organizmus

- ✚ Nemoci nervové soustavy a genetická postižení
 - kosmické záření a sluneční aktivita [Halberg, 2000]
 - nestabilita systému v době vzestupu a poklesu aktivity [Johnsen, 2005]
- ✚ Akutní infarkt myokardu – [Stoupel, 1976 – 2011]
 - kosmické záření a sluneční aktivita, geomagnetická aktivita minimální role
 - mužská populace výraznější reakce na kosmickém záření
 - vliv sluneční a geomagnetické aktivity na těhotenské hypertenze
- ✚ Závislosti dlouhodobých cyklických změn délky biorytmu [Halberg, 2001]
 - starší zemřelí na akutní infarkt myokardu a cévní mozkovou příhodu
 - širší 10,5. 20. a 50. leté cykly sluneční aktivity, ČR a Minnesota

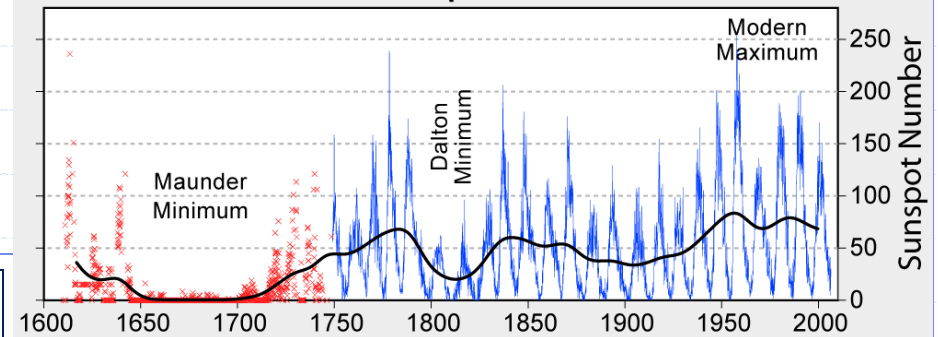
Sluneční cyklus



David C. Archibald, 2008

Dlouhodobý průběh relativního čísla slunečních skvrn R a jeho projekce

400 Years of Sunspot Observations

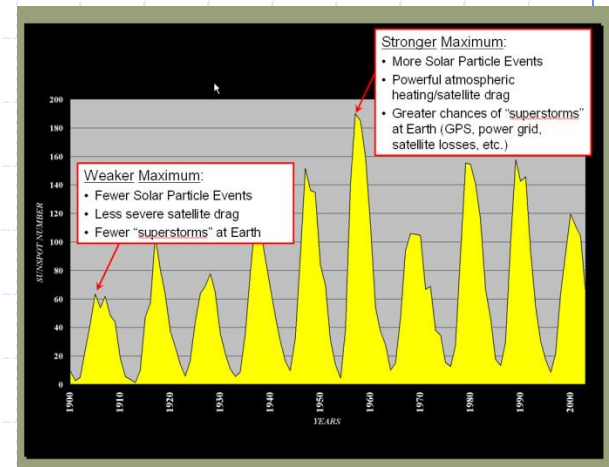
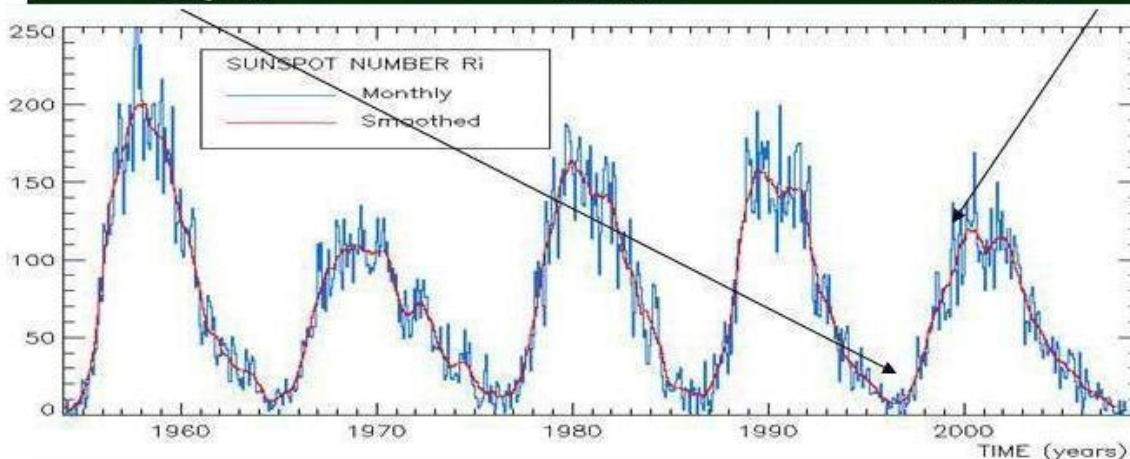
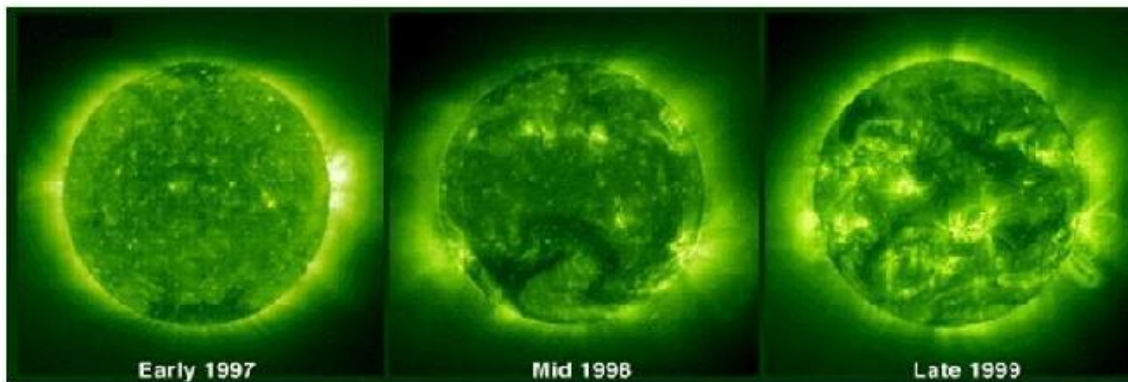


Sluneční cyklus

Maximum 23. SC dlouhé a nízké ve tvaru "W,,

Minimum mezi 23. a 24. SC $R \sim 0$

Relativní číslo slunečních skvrn R , poslední cykly



[Space Weather Now](#)

[n3kl](#)

Fyzikální parametry popisující vliv sluneční aktivity na geosféru

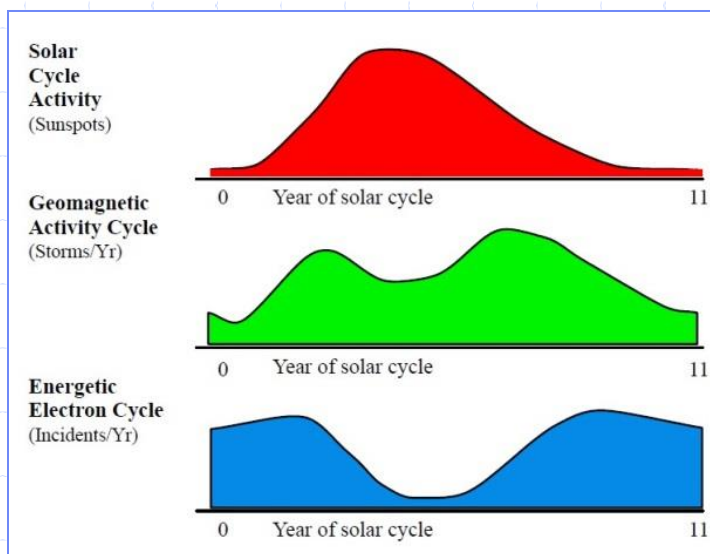


Nabité částice zasáhnou Zemi za několik dní, radiace už za 8 minut

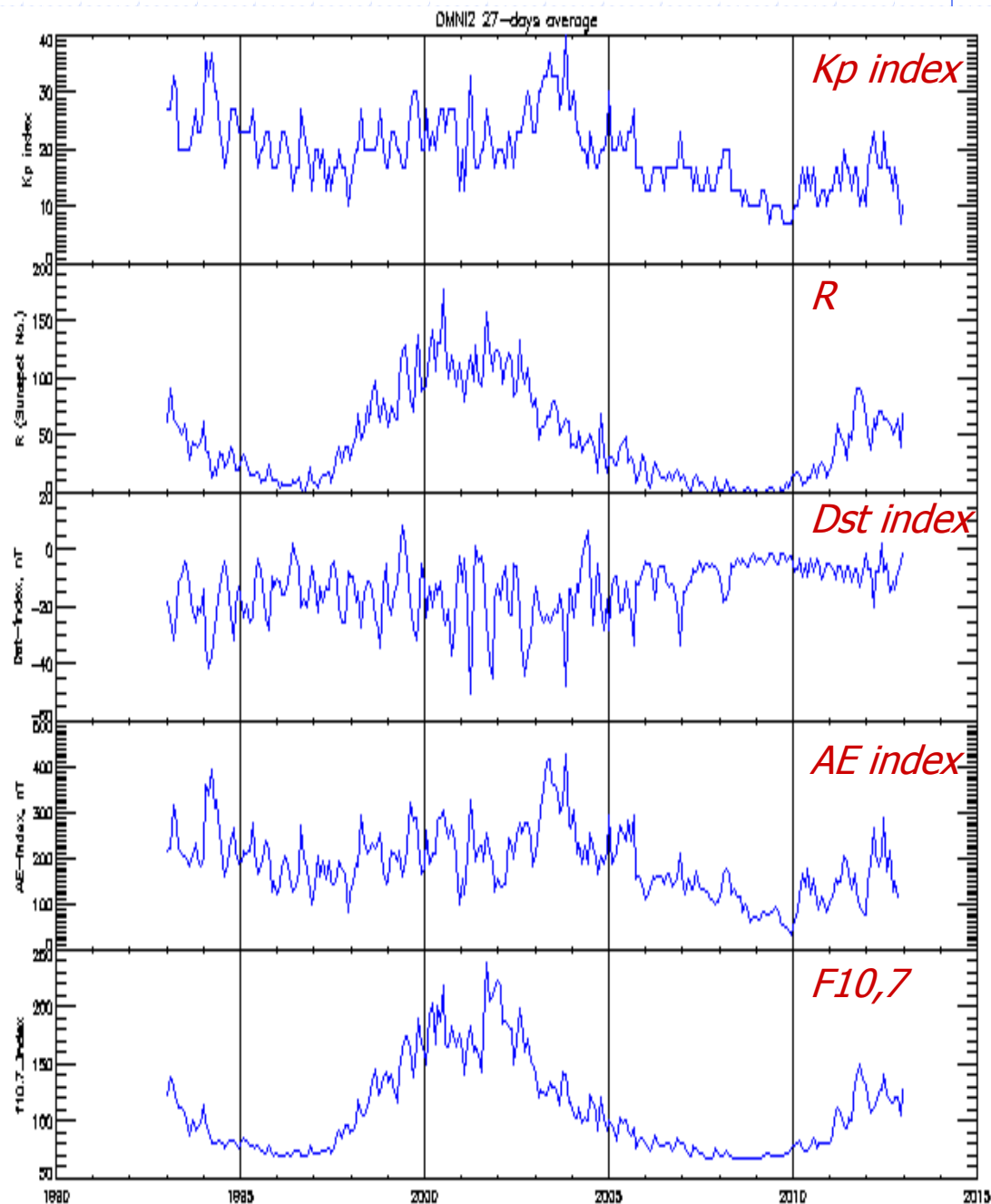
Sluneční cyklus

Počet slunečních skvrn,
geomagnetických bouří
a spršek vysokoenergetických
elektronů

Maxima v různých fázích
slunečního cyklu



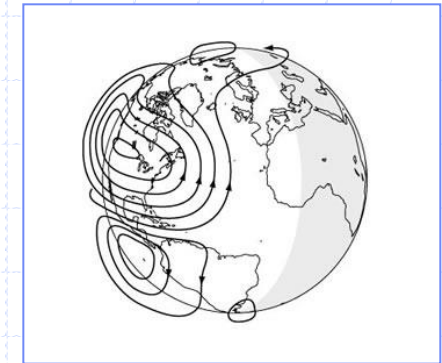
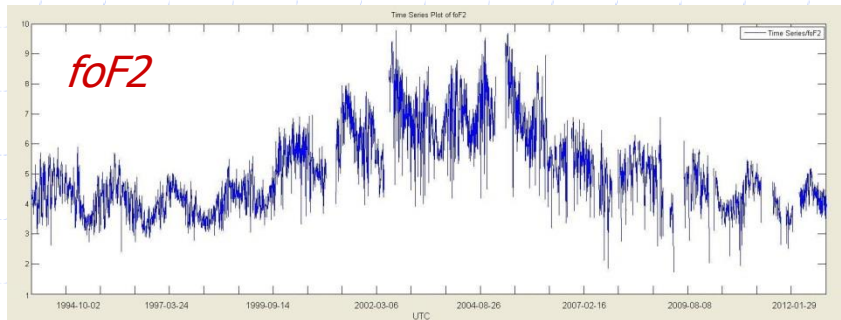
Zdroj: <http://www.spwcc.noaa.gov/info/SolarMax.pdf>



Ionosférické projevy sluneční aktivity

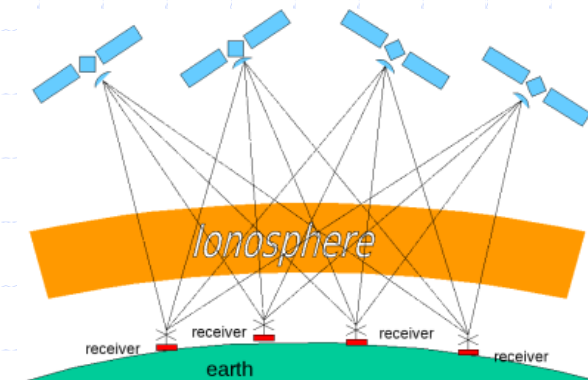
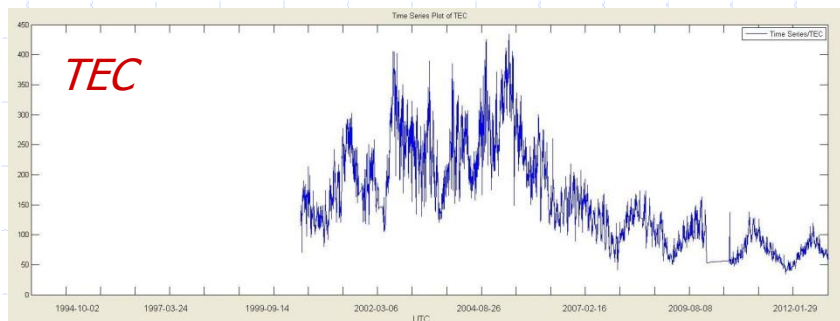
Ionosférické parametry jsou geograficky specifické

foF2 - kritická frekvence F2 vrstvy
měření ionosférickou sondáží



Zdroj: <http://mepag.nasa.gov>

TEC - celkový obsah volných elektronů v ionosféře
měření ze zpoždění signálů družic GPS



Data – fyzikální parametry

✚ **Kp index:**

World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University, Japonsko

✚ **R, AE index, Dst, F10,7:**

Space Physics Interactive Data Resource (SPIDR), National Geophysical Data Center, Boulder, USA

✚ **Průběh slunečního cyklu:**

NWRA/CoRA, NorthWest Research Associates, Boulder, USA

Deutsches GeoForschungsZentrum, Helmholtz-Zentrum, Potsdam, Německo

✚ **foF2: UK Solar System Data Centre**, Rutherford Appleton Laboratory, Oxfordshire, Velká Británie, JR055 Juliusruh/Rügen

✚ **TEC: Institut Géographique National (IGN)**, France

Data – zemřelí podle příčin smrti

- ✚ **období let 1994 – 2011**

- ✚ časové řady zemřelých podle vybraných příčin smrti

- ✚ 10. revize MKN

- ✚ denní agregované počty zemřelých, muži a ženy dohromady

- ✚ příčiny smrti s velmi malými počty zemřelých – agregované měsíční počty

- ✚ **68 příčin smrti ze skupin**

 - II. novotvary

 - VI. nemoci nervové soustavy

 - IX. nemoci oběhové soustavy

 - XII. nemoci kůže a podkožního vaziva

 - XVII. vrozené vady, deformace a chromozomální abnormality

- ✚ **Zdroj dat: Český statistický úřad**

 - agregované soubory z anonymizovaných individuálních záznamů o zemřelých byly poskytnuty KDGD PŘF UK

Použité metody

- ▣ **Lineární regresní model**
- ▣ **Shluková analýza aplikovaná na časové řady**
- ▣ **Grafické modely podmíněných nezávislostí**

Závislost počtů zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě

Lineární regresní model

- ✚ **Lineární regresní model s regresory slunečních parametrů**

$$Y = b_0 + b_1 Kp + b_2 R + b_3 AE + b_4 F10,7 + b_5 Dst + e_i$$

- ✚ **Lineární regresní model s regresory ionosférických parametrů**

$$Y = b_0 + b_1 foF2 + b_2 TEC + e_i$$

- ✚ SAS 9.2, procedura REG
výběr modelu podle hodnoty upraveného koeficientu determinance
- ✚ Proměnné byly zařazovány do modelu na hladině významnosti 0,05

Lineární regresní modely s regresory slunečních parametrů

příčina smrti	b_0	Kp	R	AE	F10,7	Dst	Koeficient determinance
I21 Akutní infarkt myokardu	27.6009	4.0027	0.0480	-0.0227	-0.0399	-0.0128	0.0562
I45 Jiné poruchy vedení srdečních vzruchů	1.1657	0.0689	0.0016	-0.0008	-0.0020	-0.0034	0.0741
I64 Cévní příhoda mozková (mrtvice)	17.6751	2.8467	0.0276	-0.0147	-0.0023	-0.0050	0.0765
I67 Jiná cévní onemocnění mozku	8.0335	0.7413	-0.0159	-0.0032	0.0421	0.0040	0.0961
Q04 Jiné vrozené vady mozku	1.1275	-0.0716				-0.0044	0.0894
Q20 Vrozené vady srdečních komor a spojení	1.1157		0.0015		-0.0017	-0.0009	0.0580
Q21 Vrozené vady srdeční přepážky	0.9117	0.1559	-0.0023	-0.0010	0.0014		0.0691
Q23 Vrozené vady aortální a dvojcípé chlopně	1.2883		0.0032		-0.0033	0.0012	0.0782
Q25 Vrozené vady velkých arterií	0.8374	0.0487	-0.0022	-0.0005	0.0026	-0.0030	0.0595
Q26 Vrozené vady velkých žil	1.1490		-0.0024				0.0514
Q87 Jiné určené malformační syndromy	0.9663	0.1515		-0.0011			0.0703
Q90 Downův syndrom	1.2135	-0.0699	0.0019	0.0007	-0.0024		0.0628
Q91 Syndromy Edwardsův a Patauův	0.9814		0.0003	-0.0003		-0.0051	0.4450

Lineární regresní modely s regresory ionosférických parametrů

příčina smrti	b_0	foF2	TEC	Koeficient determinance
I21 Akutní infarkt myokardu	17.0432	0.4951	0.0373	0.2482
I46 Srdeční zástava	3.7437		-0.0056	0.0624
I48 Fibrilace a flutter síní	2.1346		-0.0034	0.0543
I50 Selhání srdce	8.2147	-0.1251	-0.0089	0.0529
I63 Mozkový infarkt	8.6637	-0.1012	-0.0064	0.0533
I64 Cévní příhoda mozková (mrtvice)	11.7375	0.6925	0.0267	0.2046
I67 Jiná cévní onemocnění mozku	9.5856	0.4000	0.0081	0.0744
C69 Zhoubný novotvar oka a očních adnex	1.5611	-0.1497	0.0021	0.0545
Q89 Jiné vrozené vady, nezařazené jinde	0.9574		0.0005	0.0488
Q90 Downův syndrom	1.5020	-0.1473	0.0022	0.0935
Q91 Syndromy Edwardsův a Patauův	1.4880	-0.1746	0.0031	0.1524

Ověření shody modelu s daty: statistika koeficient determinance

Proměnné byly zařazovány do modelu na hladině významnosti 0,05

Typologie časových profilů příčin úmrtí

- # **Shluková analýza aplikovaná na časovou řadu**

- # **Objekty shlukové analýzy**

realizace náhodného vektoru $X = (Rok, Počet\ zemřelých)$

denní data počet realizací nv 6573, měsíční data 216

- # Výpočet pro rozdělení do 1 – 5 skupin

- # Počet iterací výpočtu rozdělení do skupin: 10

- # Homogenita skupin měřena střední kvadratickou odchylkou skupiny

- # Roky centroidů skupin - medián časových proměnných
ve výsledných skupinách

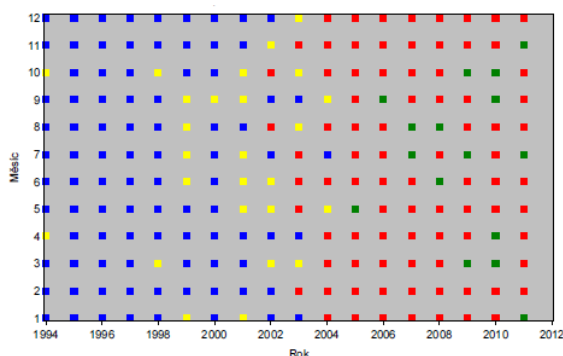
- # **Podobnost časování fází slunečního cyklu
a časových profilů příčin úmrtí**

Typologie časových profilů příčin úmrtí

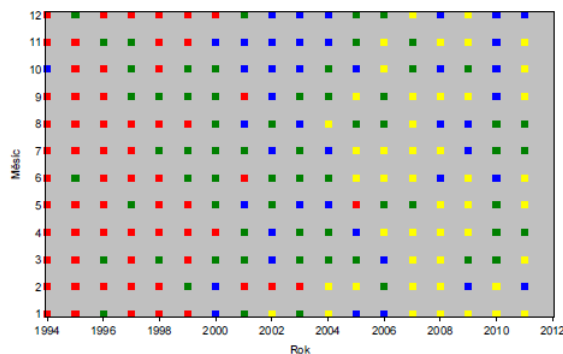
II. Novotvary (C00-D48)

Roky centroidů v minimech slunečního cyklu
a v době maxima ve tvaru "W",
Velká variabilita roků centroidů mezi
diagnózami ve skupině

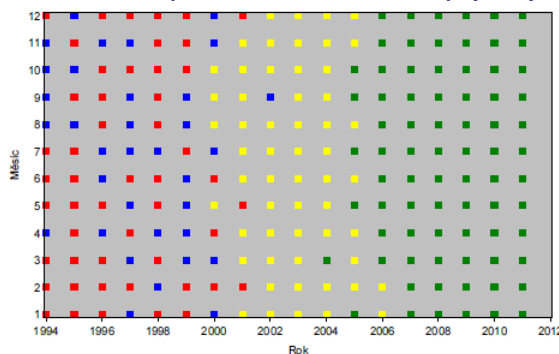
Zhoubný melanom kůže (C40)



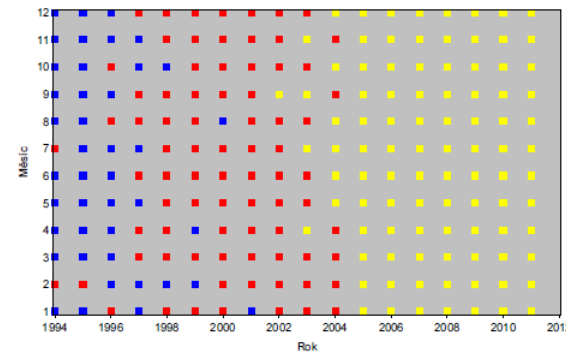
Zhoubný novotvar mozku (C71)



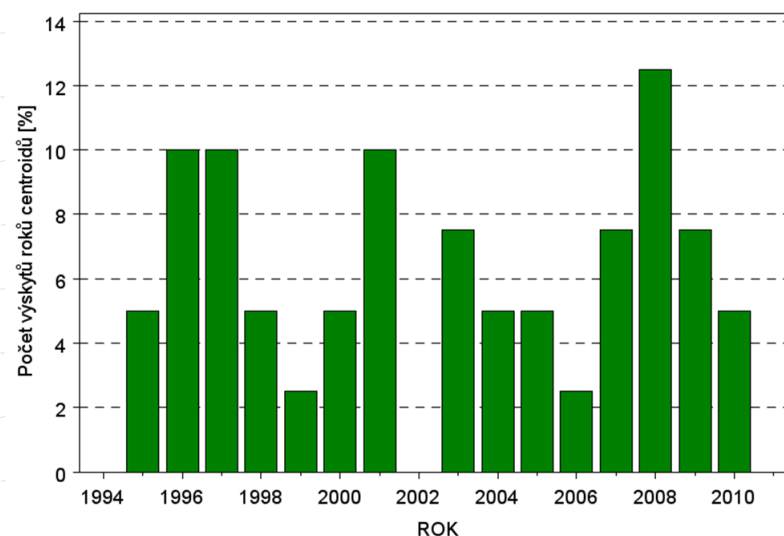
Zhoubný novotvar štítné žlázy (C73)



Hodgkinova nemoc (C81)



II. Novotvary (C00-D48)

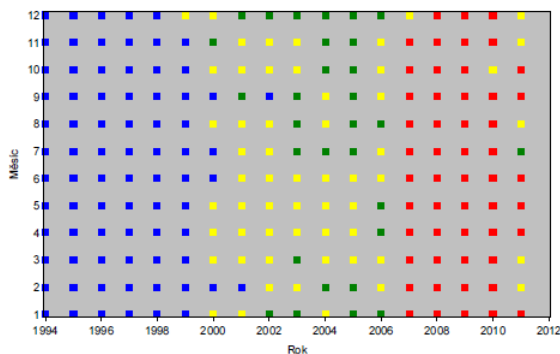


Typologie časových profilů příčin úmrtí

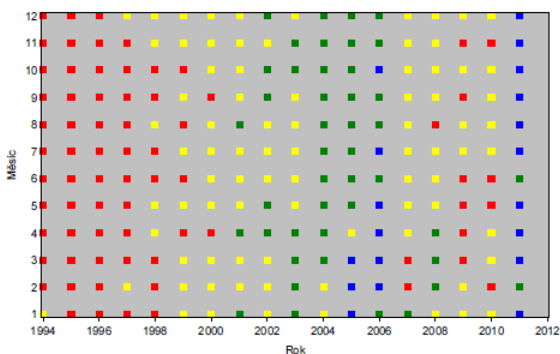
VI. Nemoci nervové soustavy (G00-G99)

Odlišnosti v rozložení centroidů
v maximu slunečního cyklu

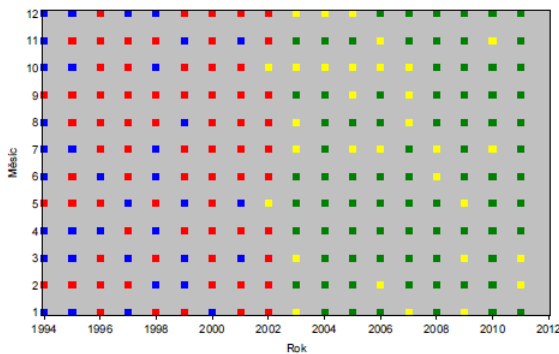
Parkinsonova nemoc (G20)



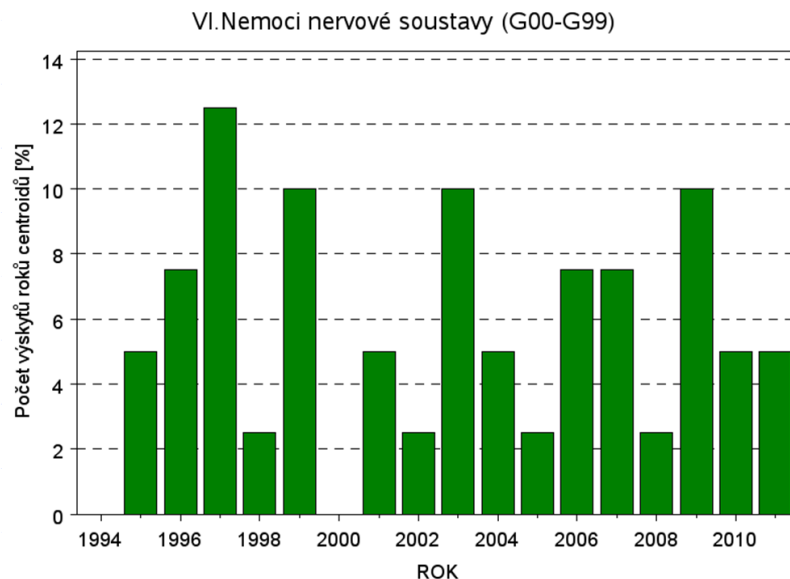
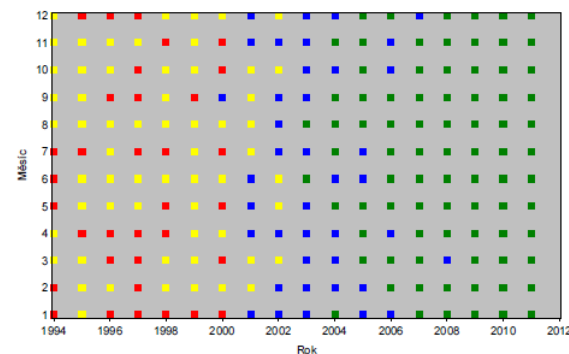
Alzheimerova nemoc (G30)



Roztroušená skleróza (G35)



Epilepsie - padoucnice (G40)

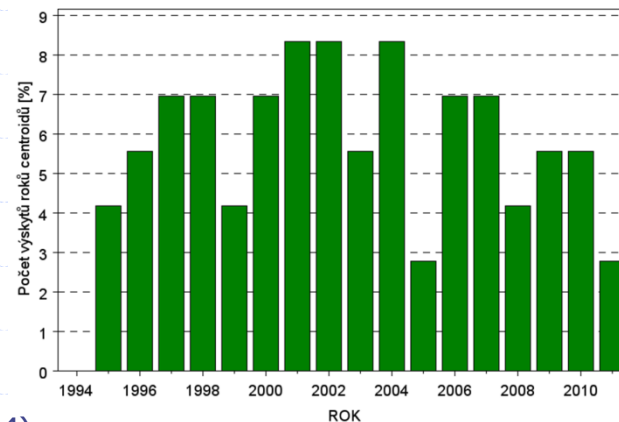


Typologie časových profilů příčin úmrtí

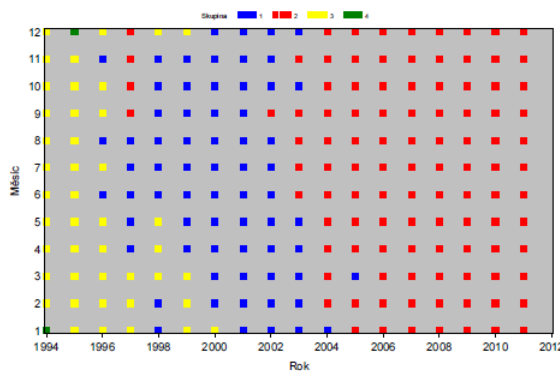
IX. Nemoci oběhové soustavy (I00 – I99)

centroidy skupin lokalizovány do obou
minim a maxima slunečního cyklu

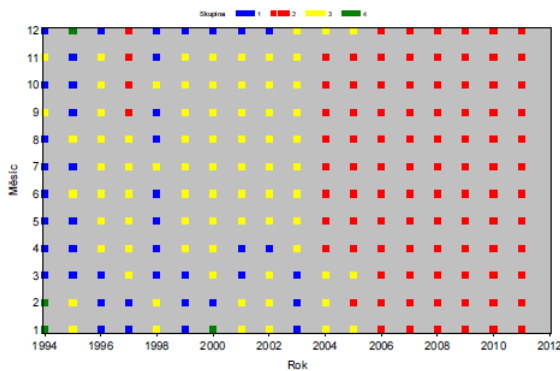
IX. Nemoci oběhové soustavy (I00-199)



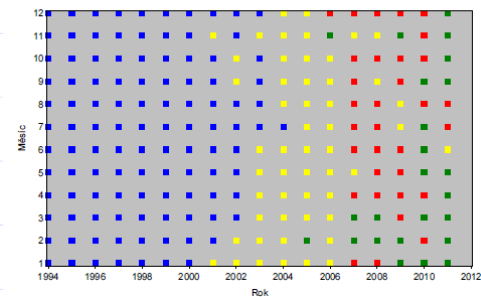
Akutní infarkt myokardu (I21)



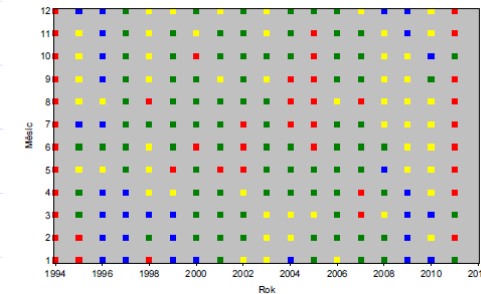
Cévní příhoda mozková (mrtvice) (I64)



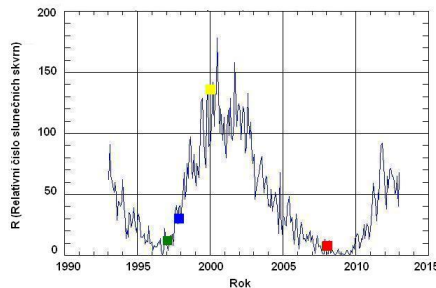
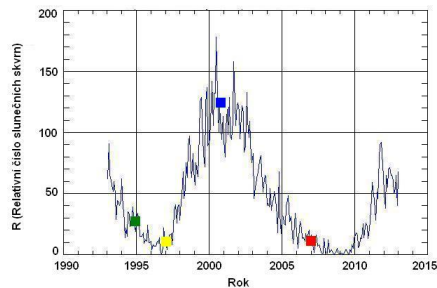
Fibrilace a flutter síní (I48)



Plicní embolie (I26)



Zdroj: Vlastní výpočet z dat ČSÚ

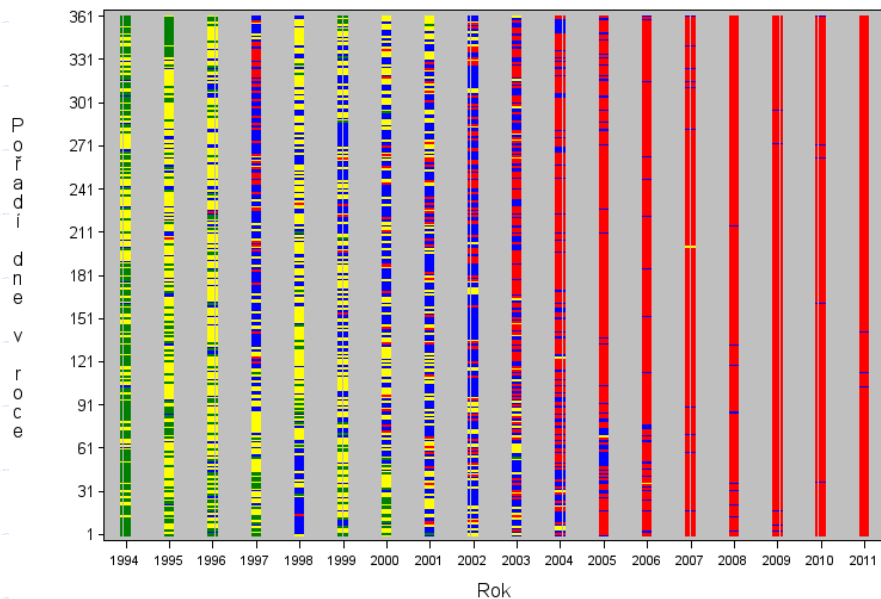


Typologie časových profilů příčin úmrtí

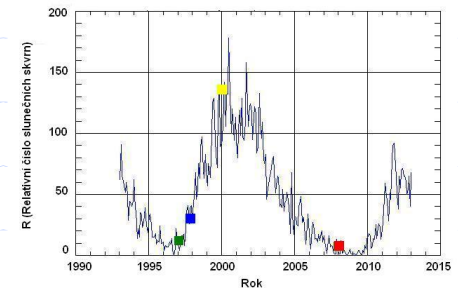
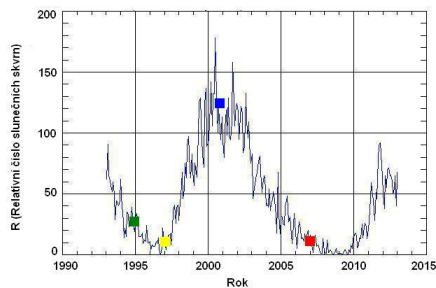
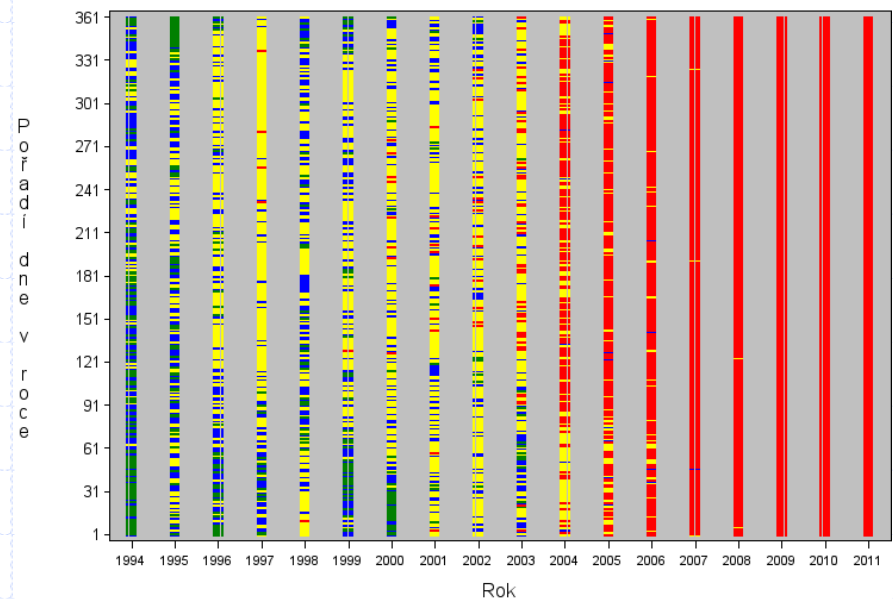
IX. Nemoci oběhové soustavy (I00 – I99)

centroidy skupin lokalizovány do obou
minim a maxima slunečního cyklu

Akutní infarkt myokardu (I21)



Cévní příhoda mozková (mrtvice) (I64)



Zdroj: Vlastní výpočet z dat ČSÚ

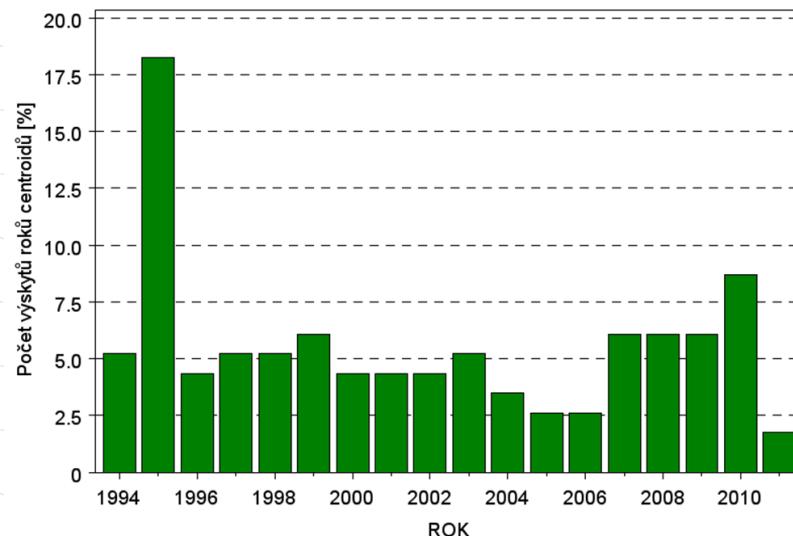
Typologie časových profilů příčin úmrtí

XVII. Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99)

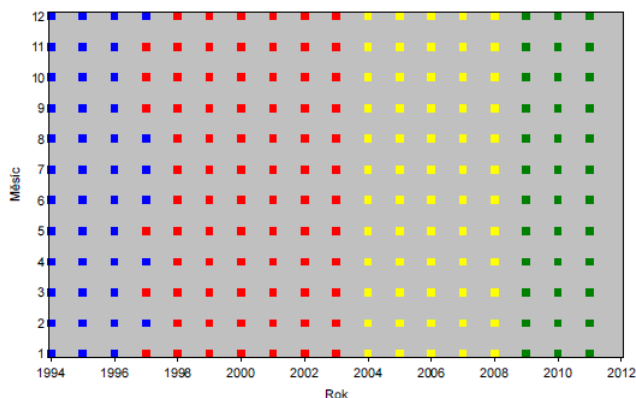
Centroidy skupin v roce 1995 a v roce 2010
výrazná odlišnost mezi maximem a minimem
slunečního cyklu.

Nízké měsíční počty zemřelých – analýza ve skupině
pomocí četnosti výskytu let centroidů

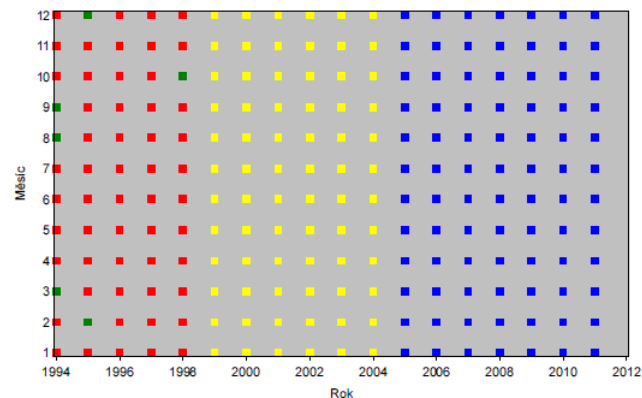
XVII. Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99)



Vrozené vady srdeční přepážky (Q21)



Vrozené vady velkých arterií (Q25)



Závislost počtů zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě

Grafické modely podmíněných nezávislostí

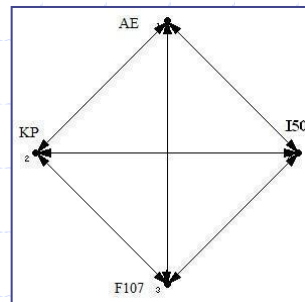
Metoda grafických modelů podmíněných nezávislostí

hledání struktury vzájemné závislosti jednotlivých složek modelu

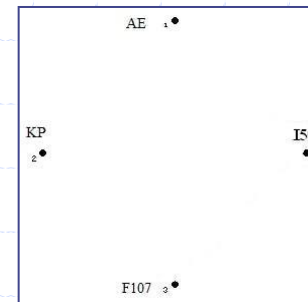
Grafický model – systém pravděpodobnostních rozdělení náhodného vektoru X

$G = (V, E)$, $V = \{1, 2, \dots, k\}$, hrana $\{i, j\}$ vyňata z modelu pokud $X_i \perp X_j / X_k \mid \{i, j\}$
tj. vektory X_i a X_j podmíněně nezávislé za podmínky X_k

úplný graf modelu



prázdný graf modelu



Aplikace na řady počtů zemřelých podle příčin smrti

I21, I26, I50, I60, I61, I63, I64, I67

Sluneční aktivita: řady denních hodnot slunečních parametrů

AE aurorální proud, **Kp** planetární Kp index a **F10,7** sluneční rádiový tok

Závislost počtů zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě

Grafické modely podmíněných nezávislostí

- # **Selekce modelu IPF algoritmus (backward)**
- # **Testová statistika deviance** $dev(G) = 2 (I_{(S)} - I_{(G)})$
 - $I_{(S)}$ – maximum logaritmické věrohodnostní funkce úplného grafu
 - $I_{(G)}$ – maximum logaritmické věrohodnostní funkce grafu G
 - $dev(G)$ asymptoticky χ^2 rozdělení s f stupni volnosti (pro vynechaných hran)
- # **Deviance úplného grafu v IPF algoritmu = 0**
 - s počtem vynechaných hran v grafu se deviance zvyšuje
- # **Diference deviancí** $dev^* = - (dev^{f2} - dev^{f1})$
 - test proti alternativě modelu s více hranami
 - hrany vyjímány na hladině významnosti testu 0.05
- # **Sestavena varianční a korelační matice a matice sousednosti**
- # **U všech modelů nalezena podmíněná závislost časových řad AE – Kp**
- # **Akutní infarkt myokardu (I21)**
 - nalezena podmíněná závislost na slunečním rádiovém toku F10,7**

Závislost počtů zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě

Akutní infarkt myokardu (I21)

I21 - Akutní infarkt myokardu

Zvolené rady:

1 AE
2 KP
3 F107
4 I21

Počet realizací = délka log rady = 6573

počet vrcholů = 4

varianční matice=

$$\begin{pmatrix} 0.485909 & 0.385393 & 0.000667242 & -0.00211457 \\ 0.385393 & 0.444941 & 0.00141358 & 0.000720506 \\ 0.000667242 & 0.00141358 & 0.00868454 & 0.000749463 \\ -0.00211457 & 0.000720506 & 0.000749463 & 0.0929971 \end{pmatrix}$$

korelační matice=

$$\begin{pmatrix} 1. & 0.828849 & 0.0102715 & -0.00994742 \\ 0.828849 & 1. & 0.0227402 & 0.00354202 \\ 0.0102715 & 0.0227402 & 1. & 0.0263719 \\ -0.00994742 & 0.00354202 & 0.0263719 & 1. \end{pmatrix}$$

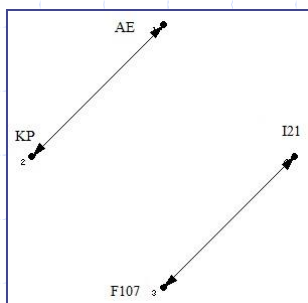
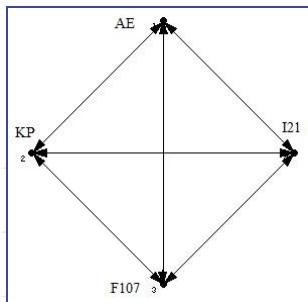
matice sousednosti =

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -4 & 0 & 0 \\ -3 & -2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Počet vymechaných hran = 4

Číselná deviance = 8.37101

p-value = 0.0788949



Cévní příhoda mozková (mrtvice) (I64)

I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice)

Zvolené rady:

1 AE
2 KP
3 F107
4 I64

Počet realizací = délka log rady = 6573

počet vrcholů = 4

varianční matice=

$$\begin{pmatrix} 0.485909 & 0.385393 & 0.000667242 & -0.00352758 \\ 0.385393 & 0.444941 & 0.00141358 & -0.00539344 \\ 0.000667242 & 0.00141358 & 0.00868454 & 0.000500399 \\ -0.00352758 & -0.00539344 & 0.000500399 & 0.135373 \end{pmatrix}$$

korelační matice=

$$\begin{pmatrix} 1. & 0.828849 & 0.0102715 & -0.0137541 \\ 0.828849 & 1. & 0.0227402 & -0.021976 \\ 0.0102715 & 0.0227402 & 1. & 0.0145941 \\ -0.0137541 & -0.021976 & 0.0145941 & 1. \end{pmatrix}$$

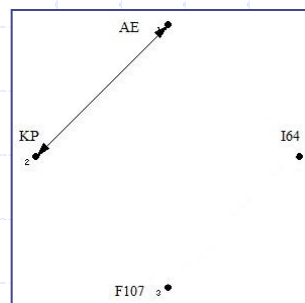
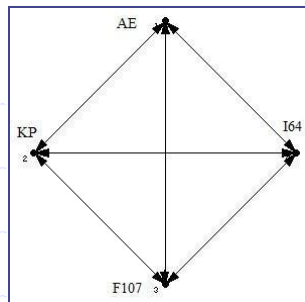
matice sousednosti =

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & -5 & 0 & 0 \\ -1 & -4 & -2 & 0 \end{pmatrix}$$

Číselná deviance = 10.0628

Počet vymechaných hran = 5

p-value = 0.122032



Jiná cévní onemocnění mozku (I67)

I67 - Jiná cévní onemocnění mozku

Zvolené rady:

1 AE
2 KP
3 F107
4 I67

Počet realizací = délka log rady = 6573

počet vrcholů = 4

varianční matice=

$$\begin{pmatrix} 0.485909 & 0.385393 & 0.000667242 & -0.000963831 \\ 0.385393 & 0.444941 & 0.00141358 & -0.000671111 \\ 0.000667242 & 0.00141358 & 0.00868454 & 0.000362949 \\ -0.000963831 & -0.000671111 & 0.000362949 & 0.234685 \end{pmatrix}$$

korelační matice=

$$\begin{pmatrix} 1. & 0.828849 & 0.0102715 & -0.00285417 \\ 0.828849 & 1. & 0.0227402 & -0.00207682 \\ 0.0102715 & 0.0227402 & 1. & 0.0080395 \\ -0.00285417 & -0.00207682 & 0.0080395 & 1. \end{pmatrix}$$

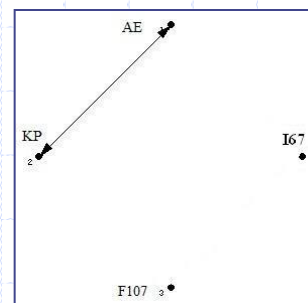
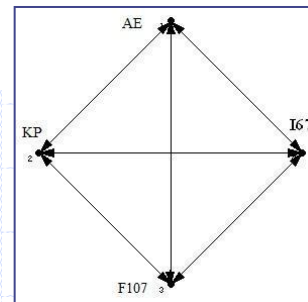
matice sousednosti =

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & -5 & 0 & 0 \\ -2 & -1 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

Číselná deviance = 5.42779

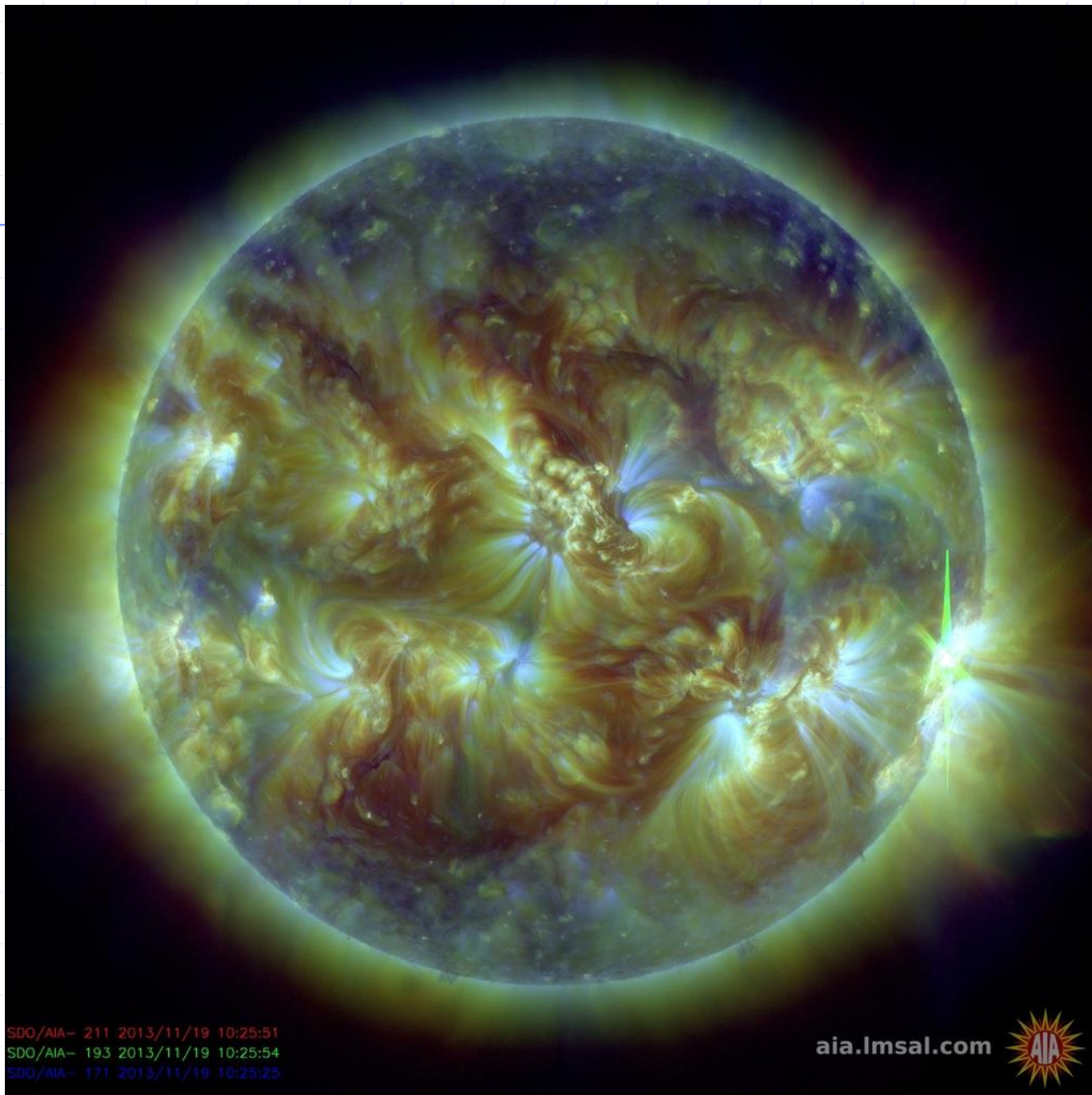
Počet vymechaných hran = 5

p-value = 0.490227



Závěr

- ✚ Ionosférické parametry foF2 a TEC vysvětlují větší část variability než indexy sluneční aktivity pro akutní infarkt myokardu (I21) a cévní příhodu mozkovou (I64)
- ✚ Nebyla nalezena významná závislost na geomagnetické složce
- ✚ Podmíněná závislost pro akutní infarkt myokardu (I21) na parametru sluneční aktivity F10,7
- ✚ U příčin smrti cévní příhoda mozková (mrtvice) (I64) jiná cévní onemocnění mozku (I67) nenalezena podmíněná závislost se slunečními parametry
- ✚ Lineární regresní model se slunečními parametry
> 5 % variability u příčin smrti Q04, Q20, Q21, Q23, Q 25, Q26, Q87, Q90
44 % variability pro příčinu smrti syndromy Edwardsův a Patauův (Q91)



SDO/AIA- 211 2013/11/19 10:25:51
SDO/AIA- 193 2013/11/19 10:25:54
SDO/AIA- 171 2013/11/19 10:25:25

aia.lmsal.com

