

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní obor: Demografie



Bc. Kateřina Podolská

Vliv změny parametrů termálního plazmatu Země
a slunečních indexů na úmrtnost podle příčin v České republice

Impact of changes in Earth thermal plasma parameters
and solar indices on mortality by cause in the Czech Republic

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Jitka Rychtaříková, CSc.

Praha, 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 30. dubna 2013

Kateřina Podolská

Chtěla bych poděkovat zejména vedoucí práce prof. Jitce Rychtařikové za poskytnutí dat, nevhedně vstřícný přístup a cenné připomínky k práci.

Tato práce byla napsána v programu L^AT_EX. Pro práci s citačním indexem byl použit *BibTeX*, styl *Abstract Alpha*.

Vliv změny parametrů termálního plazmatu Země a slunečních indexů na úmrtnost podle příčin v České republice

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo hledání závislosti intenzity úmrtnosti v České republice podle vybraných příčin úmrtí na sluneční aktivitě během vzestupné a sestupné fáze slunečního cyklu v období 1994–2011, a to použitím metod statistické analýzy mnohorozměrných dat. Sluneční aktivita byla reprezentována základními indexy R, Kp, F10,7 a Dst, ale i výškou foF2 vrstvy a TEC pro území České republiky. Typologie časových profilů příčin úmrtí byla uskutečněna na pomoci shlukové analýzy v časových řadách. Závislost mezi sledovanými časovými řadami byla zjišťována metodou grafických modelů podmíněných nezávislostí. Byla nalezena závislost počtu zemřelých na akutní infarkt myokardu, cévní mozkovou příhodu a Edwardsův a Patauův syndrom na parametrech sluneční aktivity. Závislost na ionosférických parametrech foF2 a TEC vztažených k území České republiky byla výraznější než na slunečních indexech.

Klíčová slova: úmrtnost, sluneční indexy, plazmasféra, příčiny úmrtí

Impact of changes in Earth thermal plasma parameters and solar indices on mortality by cause in the Czech Republic

Abstract:

The aim of this diploma thesis was to study the dependence of the intensity of mortality in the Czech Republic, according to the chosen causes of death, on the Solar activity during the increasing and decreasing phase of the Solar cycle in the period 1994–2011, using the methods of the multivariate statistical analysis. The Solar activity was represented by the indices R, Kp, F10.7 and Dst, and also by the height of the F2 layer and TEC for the Czech Republic. The typology of time profiles for causes of death was identified with the help of cluster analysis using time. The dependence between the analyzed time series was investigated using the multivariate statistical analysis. The correlation of the intensity of mortality from coronary heart disease, from stroke, Edwards' and Patau's syndrom with the Solar activity parameters was discovered, as well as a stronger dependence on the ionosphere parameters related to the Czech Republic area.

Keywords: mortality, solar indices, plasmasphere, causes of death

Obsah

1 Úvod	11
2 Vliv sluneční činnosti na biosféru	14
2.1 Mechanismus působení Slunce na Zemi	14
2.2 Kontexty vlivu sluneční činnosti na úmrtnost	14
3 Data a jejich zdroje	20
3.1 Popis relevantních fyzikálních parametrů	20
3.2 Indexy sluneční aktivity	23
3.3 Ionosférická data a TEC	23
3.4 Zemřelí podle příčin smrti	24
3.5 Postup přípravy dat ke zpracování	27
4 Metody analýzy	29
4.1 Regresní model	29
4.2 Shluková analýza	31
4.3 Grafy podmíněných nezávislostí	37
4.3.1 Popis metody grafických modelů podmíněných nezávislostí	39
4.3.2 Testování vstupních dat	40
4.3.3 Příklad výpočtu	41
4.4 Krabicové diagramy	43
5 Identifikace vlivu sluneční činnosti na úmrtnost podle příčin	44
5.1 Explorační analýza	44
5.2 Typologie časových profilů příčin úmrtí	64
5.3 Regresní analýza závislosti počtu zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě	79
5.4 Zjištění závislosti počtu zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě meto- dou grafických modelů	84
6 Závěr	89
Seznam použité literatury	93
Zdroje dat	96
Příloha č.1:	
Zemřelí podle vybraných příčin smrti (1994–2011): tabulky	97

Příloha č.2:

Zemřelí podle vybraných příčin smrti (1994–2011): sloupcové grafy 100

Příloha č.3:

Projekce do skupin pro časové řady zemřelých, reprezentace v čase
(1994–2011) 117

Seznam tabulek

3.1	Příčiny úmrtí analyzované s denní frekvencí.	24
3.2	Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí.	25
3.3	Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí, pokračování.	26
5.1	Dopady změn v kódovací praxi	50
5.2	Zařazení pozorování do skupin, IX.nemoci oběhové soustavy (I20-I48) . . .	71
5.3	Zařazení pozorování do skupin, IX.Nemoci oběhové soustavy (I49-I67) . . .	71
5.4	Zařazení pozorování do skupin, IX.Nemoci oběhové soustavy (I44-I74) . . .	72
5.5	Zařazení pozorování do skupin, II.Novotvary (C43-C85)	72
5.6	Zařazení pozorování do skupin, VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99) . .	73
5.7	Zařazení pozorování do skupin, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q02-Q25)	73
5.8	Zařazení pozorování do skupin, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q26-Q60)	74
5.9	Zařazení pozorování do skupin, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q61-Q91)	74
5.10	Pozorování zařazená do 3 skupin	75
5.11	Příčiny úmrtí, z modelu s parametry sluneční aktivity vyloučeny všechny proměnné.	79
5.12	Příčiny úmrtí, z modelu s ionosférickými parametry vyloučeny všechny proměnné.	80
5.13	Výsledky regresní analýzy, regresory parametry sluneční aktivity.	81
5.14	Výsledky regresní analýzy, regresory ionosférické parametry f_oF2 a TEC . .	82
6.1	Roční počty zemřelých podle vybraných příčin smrti v období let 1994–2011. .	98
6.2	Roční počty zemřelých podle vybraných příčin smrti v období let 1994–2011, pokračování.	99

Seznam obrázků

2.1	Tvar rázové vlny.	15
2.2	Aurorální ovál	16
2.3	Depozity uhlíku C14 během výrazných maxim a minim sluneční aktivity.	17
2.4	Průběh relativního čísla slunečních skvrn R	18
3.1	Průběh slunečního cyklu č.23	21
3.2	Extremně dlouhý sluneční cyklus č. 23.	22
3.3	Vývoj typického slunečního cyklu	23
3.4	Časový průběh ionosférického parametru foF2 v období 1994–2011.	27
4.1	Příslušnost ke skupinám v měsících pro příčinu smrti I21	34
4.2	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C43	35
4.3	Kompletní a prázdný graf grafického modelu podmíněných nezávislostí	40
5.1	Časový průběh denních průměrů ionosférických parametrů	45
5.2	Časový průběh 27-denních průměrů slunečních parametrů	46
5.3	Krabicový diagram relativního čísla slunečních skvrn R	47
5.4	Krabicový diagram stupně narušení magnetického pole Země Dst	47
5.5	Krabicový diagram intenzity slunečního rádiového toku $F10,7$	48
5.6	Krabicový diagram planetárního Kp indexu Kp	48
5.7	Krabicový diagram aurorálního proudu AE	49
5.8	Krabicový diagram kritické frekvence ionosférické F2 vrstvy $foF2$	49
5.9	Krabicový diagram celkového obsahu volných elektronů v ionosféře TEC	50
5.10	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti C43	53
5.11	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti C44	53
5.12	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti C69	54
5.13	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti C73	54
5.14	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti C81	55
5.15	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti G20	55
5.16	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti G21	56
5.17	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti G30	56
5.18	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti G35	57
5.19	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti G40	57
5.20	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I20	58
5.21	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I21	58
5.22	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I26	59
5.23	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I45	59
5.24	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I46	60

5.25	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I48	60
5.26	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I50	61
5.27	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I60	61
5.28	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I61	62
5.29	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I63	62
5.30	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I64	63
5.31	Krabicový diagram počtu zemřelých na příčinu smrti I67	63
5.32	Příslušnost ke skupinám v měsících pro příčinu smrti I21	65
5.33	Roky centroidů v průběhu slunečních cyklů 22–24 pro příčinu smrti I21	66
5.34	Příslušnost denních počtů zemřelých ke skupinám pro příčinu smrti I21	67
5.35	Příslušnost ke skupinám v měsících pro příčinu smrti I64	68
5.36	Roky centroidů v průběhu slunečních cyklů 22–24 pro příčinu smrti I64	68
5.37	Příslušnost denních počtů zemřelých ke skupinám pro příčinu smrti I64	69
5.38	Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, všechny skupiny příčin smrti dohromady.	76
5.39	Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, IX.nemoci oběhové soustavy (I00-I99).	77
5.40	Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, II.Novotvary (C00-D48).	77
5.41	Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99).	78
5.42	Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99).	78
5.43	Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I21	84
5.44	Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I64	86
5.45	Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I67	87
6.1	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I20	100
6.2	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I21	101
6.3	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I22	101
6.4	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I26	102
6.5	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I44	102
6.6	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I45	103
6.7	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I46	103
6.8	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I47	104
6.9	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I48	104
6.10	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I49	105
6.11	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I50	105
6.12	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I60	106
6.13	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I61	106
6.14	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I62	107
6.15	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I63	107
6.16	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I64	108
6.17	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I67	108
6.18	Rozložení zemřelých na příčinu smrti I74	109
6.19	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C43	109
6.20	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C44	110

6.21	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C69	110
6.22	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C70	111
6.23	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C71	111
6.24	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C72	112
6.25	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C73	112
6.26	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C81	113
6.27	Rozložení zemřelých na příčinu smrti C85	113
6.28	Rozložení zemřelých na příčinu smrti G20	114
6.29	Rozložení zemřelých na příčinu smrti G30	114
6.30	Rozložení zemřelých na příčinu smrti G35	115
6.31	Rozložení zemřelých na příčinu smrti G40	115
6.32	Rozložení zemřelých na příčinu smrti G80	116
6.33	Rozložení zemřelých na příčinu smrti Q91	116
6.34	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I21	117
6.35	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I26	118
6.36	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I46	118
6.37	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I48	119
6.38	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I49	119
6.39	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I50	120
6.40	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I60	120
6.41	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I61	121
6.42	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I63	121
6.43	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I64	122
6.44	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I67	122
6.45	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I20	123
6.46	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I22	124
6.47	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I44	124
6.48	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I45	125
6.49	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I47	125
6.50	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I62	126
6.51	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti I74	126
6.52	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C43	127
6.53	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C44	128
6.54	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C69	128
6.55	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C70	129
6.56	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C71	129
6.57	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C72	130
6.58	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C73	130
6.59	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C81	131
6.60	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C84	131
6.61	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C85	132
6.62	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G20	133
6.63	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G21	134
6.64	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G30	134
6.65	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G31	135
6.66	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G35	135

6.67	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G36	136
6.68	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G37	136
6.69	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G40	137
6.70	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti G80	137
6.71	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q02	138
6.72	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q03	139
6.73	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q04	139
6.74	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q07	140
6.75	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q20	140
6.76	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q21	141
6.77	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q22	141
6.78	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q23	142
6.79	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q24	142
6.80	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q25	143
6.81	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q26	143
6.82	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q28	144
6.83	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q31	144
6.84	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q33	145
6.85	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q39	145
6.86	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q43	146
6.87	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q44	146
6.88	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q60	147
6.89	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q61	147
6.90	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q64	148
6.91	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q79	148
6.92	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti C87	149
6.93	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q89	149
6.94	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q90	150
6.95	Zobrazení příslušnosti ke skupinám pro příčinu smrti Q91	150

Kapitola 1

Úvod

Slunce je primárním zdrojem energie pro celou sluneční soustavu, planetu Zemi a všechny její ekosystémy včetně lidské populace. Paralelně se základní závislostí biosféry na Slunci prostřednictvím tepla životního prostředí, potravy, vidění a fotoperiodismu existuje i skupina druhotných závislostí. Tyto druhotné vlivy jsou buď bezprostřední nebo zprostředkované prostředím. Jsou jimi například vliv počasí, změn v magnetosféře Země a elektrického pole mezi ionosférou a povrchem Země.

Obecně známá je závislost biosféry na viditelné části slunečního záření, která se během slunečního cyklu nemění a působí na naše životní prostředí přímo. Závažnější dopad na změny v biosféře má sluneční záření v neviditelné části spektra, tedy ultrafialové, rentgenové, rádiové a korpuskulární. Intenzita záření této části spektra se mění velmi silně a výrazně kolísá v rámci slunečního cyklu.

Klimatické projevy tohoto působení jsou v různých částech povrchu Země různé a kauzálně hůře vysledovatelné. Oproti tomu přímé fyzikální působení vysokoenergetického slunečního záření, zejména při slunečních erupcích, má globální dopad na živé organismy i technická zařízení. Identifikace těchto vlivů je podmíněna zejména úrovní registrace a klasifikace jejich následků.

V druhé polovině 20. století byla věnována velká pozornost vlivu kosmického i slunečního záření na lidské zdraví. Tento zájem byl stimulován rozvojem satelitní techniky a pilotovaných kosmických letů. Byl prokázán vliv změn geosféry způsobených sluneční aktivitou i kosmického záření na lidské zdraví. Předmětem výzkumu byla zejména infekční a kardiovaskulární onemocnění. Šlo většinou o medicínské studie týmů kardiologických pracovišť a tím byla ovlivněna i metodika výzkumu.

K nejvýznamnějším na tomto poli patří dílo E.Stoupela. V monografii *Forecasting in cardiology* [Stoupeľ, 1976] autor detailně popisuje kontury vlivu kosmických parametrů na výskyt onemocnění oběhového systému. Později se v práci [Stoupeľ, 1991] zabýval korelací kosmických fyzikálních parametrů a měsíčních počtů zemřelých na kardiovaskulární onemocnění z dat hospitalizovaných osob v období let 1974–1988 (tedy během 21.slunečního cyklu) v Izraeli. Jako kosmické parametry byly použity měsíční průměry indexů sluneční aktivity, geomagnetické aktivity a kosmického záření. Autoři našli pro toto období korelaci s kosmickým zářením a inverzní korelaci se sluneční aktivitou. Geomagnetická aktivita podle této studie sehrává jen minimální roli.

Podobná studie byla provedena na souboru pacientů ve Vratislavi [Szczeklik, 1984], kde byla pro období let 1969–1976 zkoumána souvislost počtu onemocnění na akutní infarkt myokardu se sluneční a geomagnetickou aktivitou. Identifikovali vzrůst počtu onemocnění

v roce 1975 během období nízké sluneční aktivity a pokles počtu během období 1969–1970 s vyšší sluneční aktivitou. K obdobným výsledkům dospěl L.Dorman a kol. ve studii z roku 2001 [Dorman, 2001].

Další rozsáhlou studií byla práce týmu izraelských a litevských badatelů [Stoupel, 2004a], kteří mapovali závislost mezi měsíčním počtem zemřelých podle některých skupin příčin úmrtí, včetně vnějších, odděleně pro muže a ženy na kosmickém záření a geomagnetické aktivitě (K_p index) na území Litvy a Izraele v období let 1990–2004.

Výsledky pro obě populace Litvy i Izraele byly podobné. Byla nalezena souvislost mezi měsíční řadou zemřelých na kardiovaskulární a cévní nemoci a kosmickým zářením a inverzní korelace se sluneční aktivitou. Geomagnetická aktivita (K_p index) hraje jen malou roli a může fyzikálně blokovat vliv kosmického záření. Pro mužskou populaci byla závislost na kosmickém záření výraznější. K obdobným výsledkům došel stejný kolektiv autorů v práci [Stoupel, 2004b], kde se zaměřil na souvislost různě energetického slunečního protonového toku a úmrtnosti na vnější příčiny a kardiovaskulární onemocnění. Byla zde nalezena silná korelace u vnějších příčin smrti a slabší korelace pro akutní kardiovaskulární příčiny úmrtí a cévní mozkovou příhodu.

Podobně byl studován vliv sluneční a geomagnetické aktivity na výskyt těhotenské hypertenze v letech 1979–1983 v Izraeli [Stoupel, 1990]. Byla nalezena statisticky významná korelace s poledními hodnotami vysokého krevního tlaku u těhotných, pro měsíční průměry a ranní hodnoty krevního tlaku byla nalezena inverzní korelace. Autoři se domnívají, že tento jev může být jedním z faktorů vzniku některých vrozených vad. Tato oblast výzkumu je velmi senzitivní na socioekonomické, ekologické, technologické a genetické faktory ve sledovaných populacích a úroveň demografické statistiky v regionu.

Cílem práce bylo zjistit zda v České republice v období let 1994 až 2011 byla ovlivněna úroveň úmrtnosti podle vybraných příčin smrti změnami sluneční a geomagnetické aktivity a ionosférických parametrů pro území České republiky. V České republice disponujeme detailními daty počtu zemřelých podle příčin smrti. K dispozici jsou dlouhodobé řady počtu zemřelých pokrývající období od počátku měření slunečních a ionosférických fyzikálních parametrů. Pokud jsou tyto řady v rámci jedné revize MKN, je datová základna zcela dostačující pro tento typ analýzy. Období let 1994–2011 bylo zvoleno proto, že pokrývá celý 23. sluneční cyklus s přílehlými minimy a dobu platnosti 10. revize Mezinárodní statistické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů. To je metodickou výhodou oproti lékařským výzkumům, které používaly jako datovou základnu evidenci vedenou zdravotnickými zařízeními.

Příčiny smrti byly vybrány k analýze s ohledem na poznatky výzkumů [Cornelissen, 2002], [Halberg, 2000a], [Halberg, 2000b], [Stoupel, 2002a], [Stoupel, 2002b] a [Stoupel, 1990]. V těchto pracích autoři našli souvislosti slunečních a geomagnetických parametrů a počtu kardiovaskulárních onemocnění, onemocnění neurologického charakteru, některých onkologická onemocnění. Pro analýzu byly zvoleny podrobné příčiny úmrtí ze skupin II.Novotvary, VI.Nemoci nervové soustavy, IX.Nemoci oběhové soustavy, XII.Nemoci kůže a podkožního vaziva a XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality. Zvolené příčiny smrti jsou dále uvedeny v tabulkách 3.1, 3.2 a 3.3.

Primárně bylo v práci předpokládáno, že existuje závislost mezi úrovní sluneční aktivity, geomagnetické aktivity a intenzitou úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění a novotvary. Tato závislost by měla být nejpatrnější z analýzy denních dat, protože není potlačen efekt rychlosti změny fyzikálních parametrů zejména Dst , K_p a $F10,7$. Pro analýzu

těchto skupin onemocnění mohou být významné také ionosférické parametry *TEC* (celkový obsah volných elektronů v ionosféře) a *foF2* (kritická frekvence foF2 vrstvy), které kvantifikují zpožděnou reakci geosféry na změny sluneční aktivity a vlastního prostředí ve kterém sledovaná populace žije. Hodnota parametrů *TEC* a *foF2* je na Zemi geograficky diferencovaná a proto předpokládáme, že bude těsněji souviset s intenzitou úmrtnosti na vybrané příčiny smrti než globální parametry sluneční aktivity. Souvislost mezi parametry *TEC* a *foF2* a úmrtností podle příčin nebyla zatím podle dostupných zdrojů zkoumána.

Pro neurologická onemocnění je možné podle [Johnsen, 2005] předpokládat, že zde bude působit spíše nestabilita systému v době vzestupu a poklesu sluneční činnosti. Podle [Bencko, 2002] u vrozených vad mohou být významné počty epizod spršek vysokoenergetických elektronů, ke kterým dochází zejména mimo maximum slunečního cyklu. Lze tedy předpokládat, že ke korelaci počtu zemřelých na vrozené vývojové vady bude docházet spíše mimo maximum slunečního cyklu.

Fáze slunečního cyklu nejsou ekvidistatní v čase. Proto by změna charakteristik časových řad počtu zemřelých v těchto obdobích mohla indikovat reakci na změny sluneční aktivity během slunečního cyklu. Maximum slunečního cyklu č.23 bylo v letech 2000–2003, předchozí minimum 1995–1997, následné minimum v letech 2007–2009. Vzestupná fáze slunečního cyklu č.23 probíhala od roku 1998 do roku 2000 a sestupná v letech 2003–2007. Závislost intenzity úmrtnosti na vybrané příčiny smrti na sluneční aktivitě by tedy mohla být viditelná i z podobnosti časování fází slunečního cyklu a časových profilů příčin úmrtí.

Práce je rozdělena do několika kapitol, v nichž je nejdříve popsán kontext vlivu sluneční činnosti na biosféru a zejména lidské populace, a dále pak metodika která byla ke zjišťování těchto vlivů použita. Různé aspekty působení složek sluneční aktivity na úmrtnost podle příčin byly zkoumány odlišnými statistickými metodami.

Typologie časových profilů příčin úmrtí byla zjišťována pomocí shlukové analýzy v časových řadách. Elementární závislost počtu zemřelých podle příčin na slunečních indexech a ionosférických parametrech byla analyzována pomocí lineární regresní analýzy. Pro zjištění závislosti mezi sledovanými časovými řadami byla použita metoda grafických modelů podmíněných nezávislostí, jeden z nástrojů mnohorozměrné statistické analýzy.

Kapitola 2

Vliv sluneční činnosti na biosféru

2.1 Mechanismus působení Slunce na Zemi

S elektromagnetickým zářením uniká ze Slunce také velké množství částic, které nazýváme sluneční vítr. Jsou to zejména elektrony, protony a jádra těžších prvků. Počet částic a energie slunečního větru těsně souvisí s aktuální úrovní sluneční aktivity. Sluneční činnost se mění v pravidelných 11, 22 a 80-letých cyklech. Výrazná je zde i náhodná aperiodická složka sluneční aktivity. Sluneční vítr deformuje tvar magnetosféry Země i ostatních planet z původně dipólového pole do rázové vlny na denní straně a charakteristického ohonu na noční straně. To na denní straně způsobuje skokové změny koncentrace a rychlosti částic i hodnoty indukce magnetického pole Země, viz obrázek 2.1.

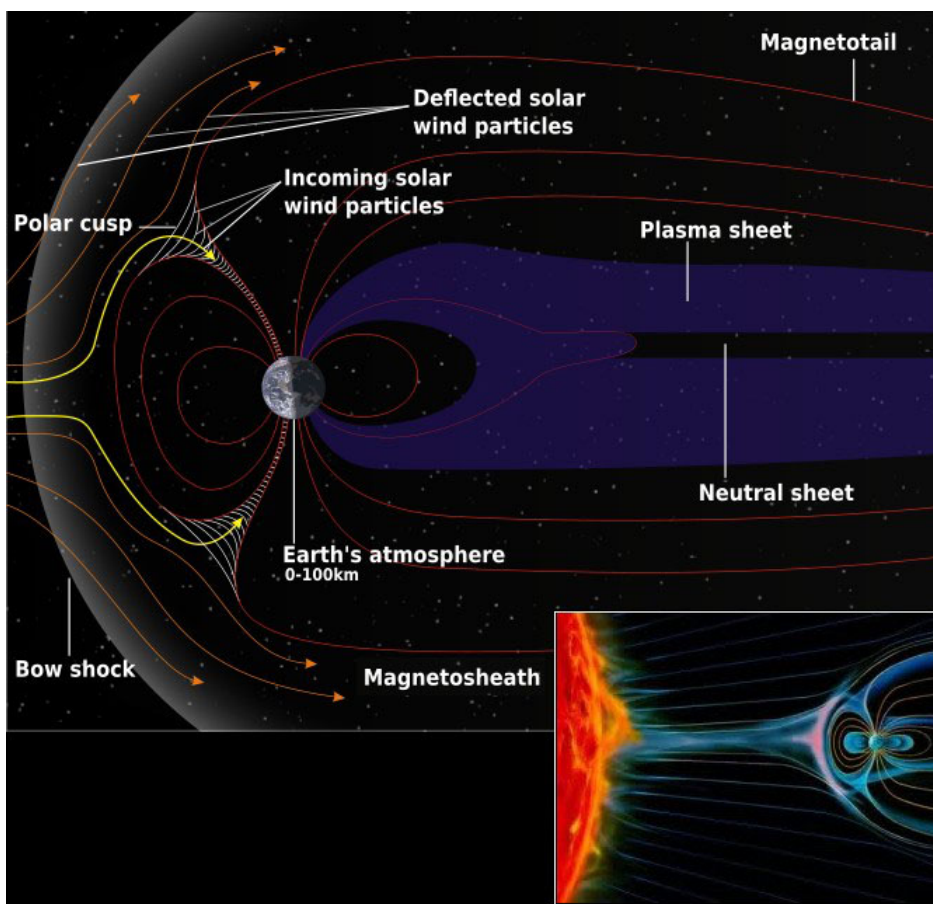
V době zvýšené sluneční aktivity dochází při rekonekci (propojení) magnetických siločar Slunce k výronu oblaku částic o vysokých energiích s tzv. zamrzlým magnetickým polem, kdy částice plazmatu jsou vázány ke svým siločarám a sdílejí s nimi směr jejich pohybu. Když se oblak těchto vysokoenergetických částic střetne se Zemí, vzrostou fyzikální parametry magnetosféry na mnohonásobky klidových hodnot, následně dojde k výrazné geomagnetické bouři. Nabité částice při ní pronikají do magnetosféry Země, spirálovitě rotují podél jejich siločar a v polárních a subpolárních oblastech (po 70. rovnoběžku) pak dochází k elektrickým výbojům. Vzniklé proudy pak tečou podél siločar magnetického pole Země směrem dovnitř i ven z ionosféry. Všechny ostatní siločarové křivky jsou uzavřené. V prstencových oválných oblastech kolem magnetických pólů Země, tzv. aurorálních oblastech tvořících přechodovou oblast mezi otevřenými a uzavřenými siločarovými křivkami, se může proud částic dostávat do vyšších vrstev atmosféry, kterou ionizuje, viz obrázek 2.2. Tento jev je pozorovatelný jako polární záře.

Zvýšený tok krátkovlnného slunečního záření tedy zvyšuje ionizaci v ionosféře a tím její vodivost. Silné proměnlivé elektrické proudy v ionosféře se projevují také změnou velikosti magnetického pole Země na povrchu a tedy i v biosféře.

2.2 Kontexty vlivu sluneční činnosti na úmrtnost

Souvislost mezi intenzitou sluneční činnosti a úrovní úmrtnosti je známa již dlouhou dobu. Toto téma bylo v minulosti zkoumáno v mnoha odborných pracích z různých oborů. Pozornost byla věnována zejména příčinám tzv. malé doby ledové datované od 14. do 19. století a delším útlumům sluneční činnosti nazývaným Oortovo (r. 1010–1050), Wolfovo

Obrázek 2.1: Tvar rázové vlny.



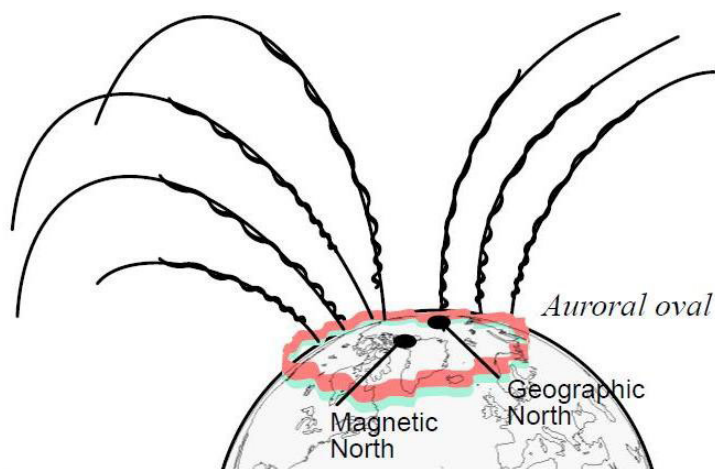
Sluneční vítr deformuje tvar magnetosféry Země z dipólového pole do rázové vlny na denní straně a charakteristického ohonu na noční straně. **Poznámky:** Bow shock–rázová vlna, Deflected solar wind particles–částice slunečního větru obtékající magnetosféru, Incoming solar wind particles–částice slunečního větru vstupující do atmosféry, Earth's atmosphere–zemská atmosféra, Magnetosheath–přechodová turbulentní oblast, Magnetotail–magnetosférický ohon, Neutral sheet–neutrální vrstva, Plasma sheet–plazmová vrstva, Polar cusp–roh magnetosféry (cusp).

Zdroj: <[http://mepag.nasa.gov/science/5 Planetary Magnetism/index.html](http://mepag.nasa.gov/science/5%20Planetary%20Magnetism/index.html)>

(r. 1280–1340), Spörerovo (r. 1420–1530), Maunderovo (r. 1645–1715) a Daltonovo minimum (r. 1800–1825), viz [Fagan, 2007]. Nízká úroveň sluneční činnosti v těchto obdobích byla potvrzena i nízkým obsahem radioaktivního uhlíku v biologických vzorcích. Časový průběh obsahu radioaktivního uhlíku C14 s vyznačením významných útlumů sluneční činnosti je na obrázku 2.3. Důležitým faktorem zvýšení koncentrace radioaktivních částic je zde zesílení ultrafialového a rentgenového záření k němuž dochází zejména při slunečních erupcích. V dobách nízkého počtu slunečních erupcí a tedy i nízké sluneční aktivity depozity radioaktivního uhlíku poklesnou.

I dlouhodobá složka slunečního záření, tj. rádiové záření, je proměnlivá v rámci slunečního cyklu. Již dlouho je znám nepříznivý vliv tohoto záření na obsluhu radarů. Muži dlouhodobě vystavení mikrovlnnému rádiovému záření mají více potomků ženského pohlaví, než by odpovídalo sekundárnímu indexu maskulinity srovnatelné populace. Jak

Obrázek 2.2: Aurorální ovál.



Energetické elektrony se pohybují po spirále podél magnetických siločar směrem k polární oblasti, kde způsobují polární záře.

Poznámky: Auroral oval – aurorální ovál, Magnetic North – magnetický severní pól, Geographic North – zeměpisný severní pól.

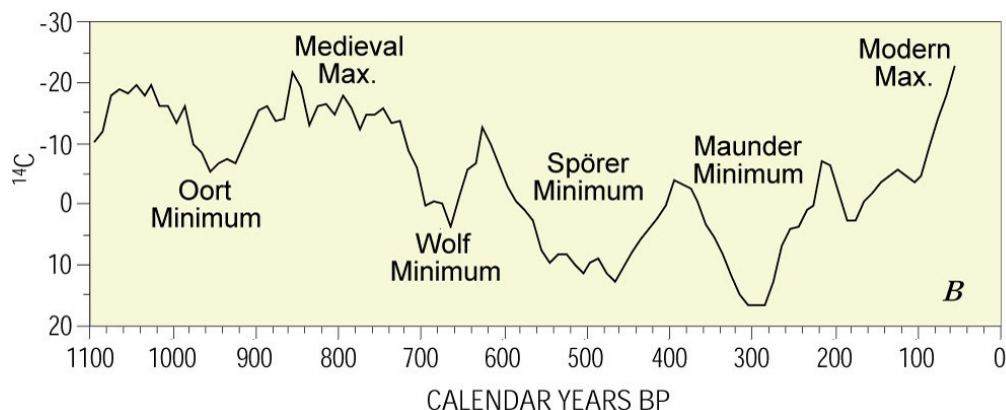
Zdroj: <<http://www.swpc.noaa.gov/info/Aurora.pdf>>

uvádí [Johnsen, 2005] a [Kleczek, 1973], medicínské výzkumy na velkých skupinách pacientů trpících mozkovými, nervovými a srdečními chorobami prokázaly vliv elektromagnetického záření o kmitočtu 4 kHz až 50 kHz na akutní stav pacientů. Tyto jevy ovlivňují i organismus zcela zdravých lidí. Ve dnech magnetických bouří se mění srážlivost a sedimentace krve i puls. Ovlivněna je zejména nervová soustava, krevní oběh a hormonální činnost.

Jak ukázal již Norbert Wiener koncem 50. let 20. století [Wiener, 1958], elektromagnetickým polem lze přímo působit na nervovou soustavu člověka. Toto potvrdily i další výzkumy na vyšších živočiších. Biomedicínské pokusy [Cornelissen, 2002] potvrdily změny v kardiogramech vyšších živočichů pod vlivem výkyvů elektromagnetického pole jemuž byli vystaveni. Přirozeně tak lze očekávat, že se i změny v zemském magnetickém a elektrickém poli projeví na srdeční a nervové činnosti člověka. Podle [Kleczek, 1973] změna magnetického pole Země, prostupujícího i celou biosféru, indukuje ve vodičích, kterými je i každá živá tkáň, elektrické pole. To se děje dvěma způsoby:

- i. magnetické pole brání pohybu iontů kolmo k magnetickým siločávkám a snižuje tak elektrickou vodivost v tomto směru
- ii. změna magnetického pole indukuje elektrické síly, které vyvolávají v organismu tok elektrického proudu

Už ve druhé polovině 19. století, jak uvádí [Kleczek, 1973], našli statistici souvislost mezi celkovou plochou slunečních skvrn a výskytem některých infekčních onemocnění jako je dětská obrna, cholera, chřipka, tularemie a klíšťová encefalitida. Jako jeden z prvních se tomuto výzkumu věnoval Reinhold von Reiter, který v roce 1955 publikoval matematicky exaktní studii [Reiter, 1955] o souvislosti sluneční aktivity, klimatu a změn v organismu. V 50. letech 20. století byla prokázána souvislost počtu onemocnění infekční žloutenkou na území USA a posunutého relativního čísla slunečních skvrn. Vliv sluneční aktivity na

Obrázek 2.3: Depozity uhlíku C14 během výrazných maxim a minim sluneční aktivity.

Poznámky: Calendar years BP - Kalendářní rok zpětně od roku 2010.

Zdroj: <<http://www.cosmosportal.org/articles/view/138731/>>

výskyt infekčních chorob je v dnešní době už obtížně identifikovatelný, protože moderní léčebné postupy a vakcinace řadu z nich potlačily a snížily i úmrtnost na jejich následky. Tato závislost zůstává dnes zejména u chorob neinfekčních.

Zájem o danou problematiku se zvýšil na přelomu let 1957 a 1958, kdy proběhl 1. Mezinárodní geofyzikální rok. Šlo o ve své době ojedinělou akci, na které se vědecky podílelo mnoho států z obou geopolitických bloků, včetně tehdejšího Československa. V těchto letech právě kulminovala sluneční aktivita během výjimečně vysokého 19. slunečního cyklu, viz obrázek 2.4, což bylo mimořádně stimulující pro geofyzikální výzkum. Začalo se rozvíjet studium horních vrstev atmosféry, geomagnetismu, polárních září i kosmického záření. Souběžně započala řada dlouhodobých projektů sledujících sluneční aktivitu a reakci geosféry na ni, včetně prvních satelitních pozorování.

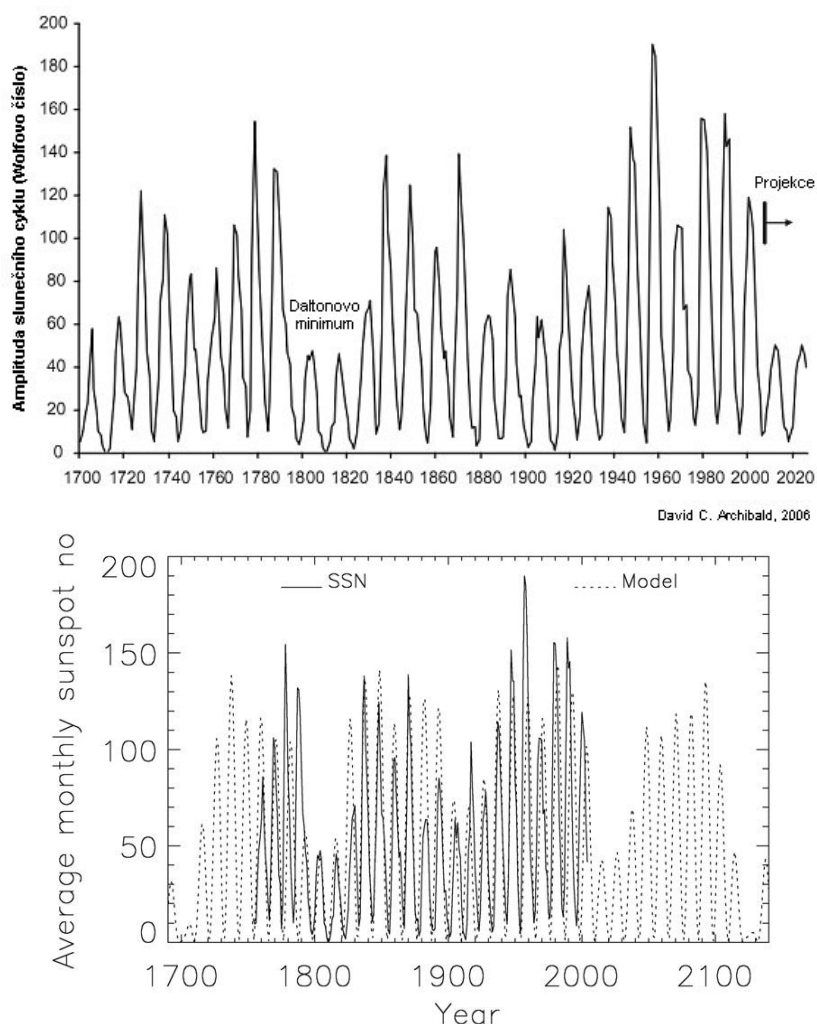
Průlomem ve výzkumu kosmického záření byla měření prvních amerických družic série Explorer, které objevily tzv. Van Allenovy radiační pásy kolem Země.¹ Tento objev je dodnes považován za jeden z nejvýznamnějších v geofyzikálním výzkumu. V této době soutěže velmocí o prvenství v pilotovaných kosmických letech byly prováděny i četné medicínské výzkumy vlivu kosmického záření a sluneční aktivity na lidský organismus s ohledem na pobyt lidí v kosmickém prostoru.

Nemoci oběhové soustavy se ve stejné době stávaly závažným problémem vyspělých zemí, a proto se výzkum zaměřoval i tímto směrem. Některé kardiovaskulární choroby byly v té době všeobecně považovány za neodvratitelnou příčinu úmrtí, a proto zkoumání jejich podmíněnosti vnějšími přírodními vlivy bylo velmi aktuální.

V 70. letech 20. století začalo ve státech západního bloku bezprecedentní snižování úmrtnosti na tuto skupinu chorob, tzv. „kardiovaskulární revoluce“, zejména vlivem rozvíjející se kardiochirurgie, kardiologické prevence i změn životního stylu, což podrobně popisuje [Ford, 2007]. Jak uvádí [Bruthans, 2009], ve státech východního bloku se kardiovaskulární úmrtnost spíše zhoršovala, a to i nedostupností moderních metod léčby a

¹Van Allenovy radiační pásy jsou oblasti nabitých částic, které zachytilo magnetické pole Země. Jsou pojmenovány po Jamesi Van Allenovi, který v rámci 1. Mezinárodního geofyzikálního roku prosadil umístění Geigerových-Müllerových počítačů na palubu prvních amerických sond řady Explorer vynášených modifikovanou raketou Jupiter-C postavenou týmem americké armády v jehož čele stál dr. Wernher von Braun.

Obrázek 2.4: Průběh relativního čísla slunečních skvrn R a jeho střednědobá a dlouhodobá projekce.



Poznámky: Average monthly sunspot no – měsíční průměr počtu slunečních skvrn, SSN – počet slunečních skvrn, Year – rok.

Zdroj: <<http://www.ukssdc.ac.uk/sedat/datasets.html>>

nevhodného životního stylu. Tato úmrtnostní situace bývá označována jako „kardiovaskulární epidemie Východu“. Ke zlepšování začalo ve státech východní Evropy docházet až ke konci 80. let 20. století, ale zejména po pádu komunistických režimů v regionu střední Evropy. V různých zemích ovšem k tomuto poklesu docházelo značně diferencovaně.

Tato rozdílná situace měla v minulosti za následek i diametrálně odlišné přístupy v posuzování vlivu kosmického prostředí na lidský organismus. V roce 1968 publikovala sovětská skupina K.F.Novikova v časopise *Kardiologiia* článek [Novikov, 1968], ve kterém nalézají silnou korelaci mezi sluneční aktivitou měřenou relativním číslem slunečních skvrn a úmrtností na infarkt myokardu a vyvozuje z něj závislost kauzální.

Jednou z pozdějších reakcí na tuto práci byla Feinlaibova, Rogotova a Sturrockova studie [Feinlaib, 1975], ve které pro území USA pro denní data z let 1964–66 a měsíční data z let 1964–71 zkoumají vliv sluneční a geomagnetické aktivity na počty zemřelých podle podrobných příčin smrti ze skupiny nemocí oběhové soustavy podle Mezinárodní statis-

tické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů Světové zdravotnické organizace. Výsledky byly zcela v rozporu s Novikovovým článkem, protože pro skupinu nemocí oběhové soustavy se korelace nepotvrdila. Jejich výsledky pro jednotlivé diagnózy byly motivací pro mnoho dalších studií. Novikovova práce je dnes považována za tendenční k ospravedlnění zvyšující se nejen kardiovaskulární úmrtnosti v bývalém Sovětském svazu, jak uvádí [Tkatchenko, 2000] a [McKee, 2007].

V dnešní době začínajícího třetího stádia zdravotnického přechodu je prodlužování střední délky života při narození ve vyspělých zemích podle [Vallin, 2004] determinováno snižováním úmrtnosti na nemoci stáří, mezi které patří nejen kardiovaskulární nemoci, ale i zatím obtížně léčitelná neurologická onemocnění. V této souvislosti, jak uvádí [Halberg, 2000b], se v medicíně opět zmiňuje vliv kosmického záření a sluneční aktivity na vznik a průběh nemocí nervové soustavy a genetická postižení.

Pro území České republiky a Minnesoty byla provedena rozsáhlá studie [Halberg, 2001] závislosti dlouhodobých cyklických změn délky biorytmu u starších dospělých a zemřelých na akutní infarkt myokardu a cévní mozkovou příhodu v závislosti na širších 10,5., 20. a 50.letých cyklech sluneční aktivity. Závislost tohoto typu byla potvrzena v dlouhodobém časovém horizontu. Autoři práce další mapování těchto cyklů považují za významné pro výzkum v gerontologii a nemocí oběhové soustavy.

Kapitola 3

Data a jejich zdroje

Data o počtu zemřelých podle příčin, sluneční i ionosférické parametry byly načteny do databázi software SAS 9.2 a spojeny do relační databáze. Všechny datové zdroje jsou uvedeny v rejstříku datových zdrojů.

3.1 Popis relevantních fyzikálních parametrů

K nejdůležitějším indikátorům sluneční činnosti a jejího vlivu na Zemi patří níže uvedené fyzikální veličiny. Komplexně popisují přímý vliv intenzity slunečního záření i odpověď geomagnetického pole na výkyvy sluneční činnosti. Pro analýzu vztahu s úmrtností podle příčin byly zvoleny s ohledem na charakter studovaných biologických procesů.

Analyzována byla časová řada za roky 1994–2011 pokrývající sluneční cyklus č.23 v období květen 1996–prosinec 2008, viz obrázek 3.1. Délka tohoto slunečního cyklu byla 12,6 roku. S maximem průměrného počtu slunečních skvrn 120,8 v březnu roku 2000 a minimem 79,1 v květnu roku 2010 byl tento cyklus spíše klidnější a delší, jak lze vidět na obrázku 3.2. Maximum bylo dlouhé a nízké tvaru "W". Minimum mezi 23. a 24. slunečním cyklem pak bylo enormně nízké. Během něj byl vysoký počet dní zcela bez slunečních skvrn.

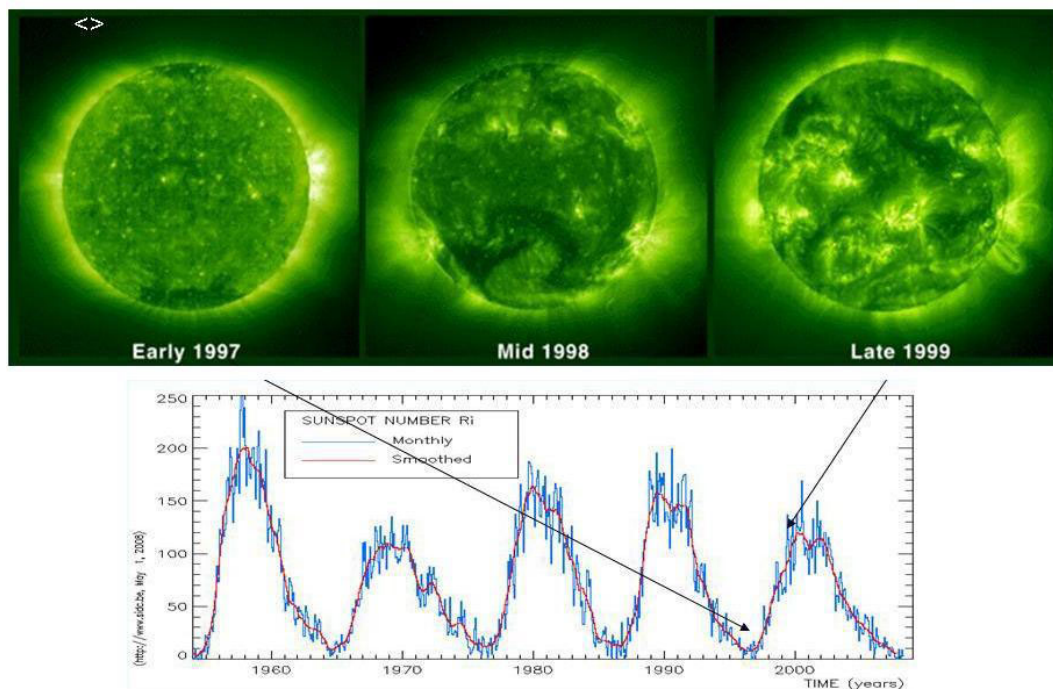
Fyzikální veličiny popisující vztahy mezi sluneční aktivitou a geosférou mění svou variabilitu v různých fázích slunečního cyklu podle způsobu interakce s geosférou, viz obrázek 3.3. Fyzikální definice jsou převzaty z referenční publikace *Velká encyklopedie vesmíru* [Kleczek, 2002]. Pokud se jejich hodnota mění vzhledem ke geografické poloze, byla uvažována hodnota adjustovaná pro území České republiky.

R relativní číslo slunečních skvrn, někdy také nazývané Wolfovo číslo. Relativní číslo slunečních skvrn se určuje jako desetinásobek počtu skupin skvrn na slunečním disku G , ke kterému přičteme počet jednotlivých skvrn F včetně skvrn ve skupinách, $R = 10G + F$. Není-li na Slunci žádná skvrna, je relativní číslo rovno nule. Při extrémně vysoké sluneční aktivitě může přesáhnout i hodnotu 300. Hodnota je bezrozměrná.

F10,7 je intenzita rádiového toku Slunce s vlnovou délkou 10,7 cm. Jeho velikost je závislá na síle a rychlosti slunečního větru a koreluje se sluneční aktivitou a počtem slunečních skvrn. Sluneční rádiový tok je všesměrový a má tedy stejnou hodnotu pro celou Zemi.

Kp index je logaritmická míra fluktuací vodorovné složky geomagnetického pole vztahovaná k jeho klidovému stavu. Je také globální mírou disipace energie slunečního větru. Ná-

Obrázek 3.1: Průběh slunečního cyklu č.23



Indikátorem sluneční činnosti je zejména relativní číslo slunečních skvrn R_i . Aktivní oblasti jsou na slunečním disku vidět jako světlejší místa.

Poznámky: Early 1997 - počátek roku 1997, Mid 1998 - polovina roku 1998, Late 1999 - konec roku 1999, Sunspot number R_i - relativní číslo slunečních skvrn, Monthly - měsíční, Smoothed - vyhlazený, Time (years) - čas (roky).

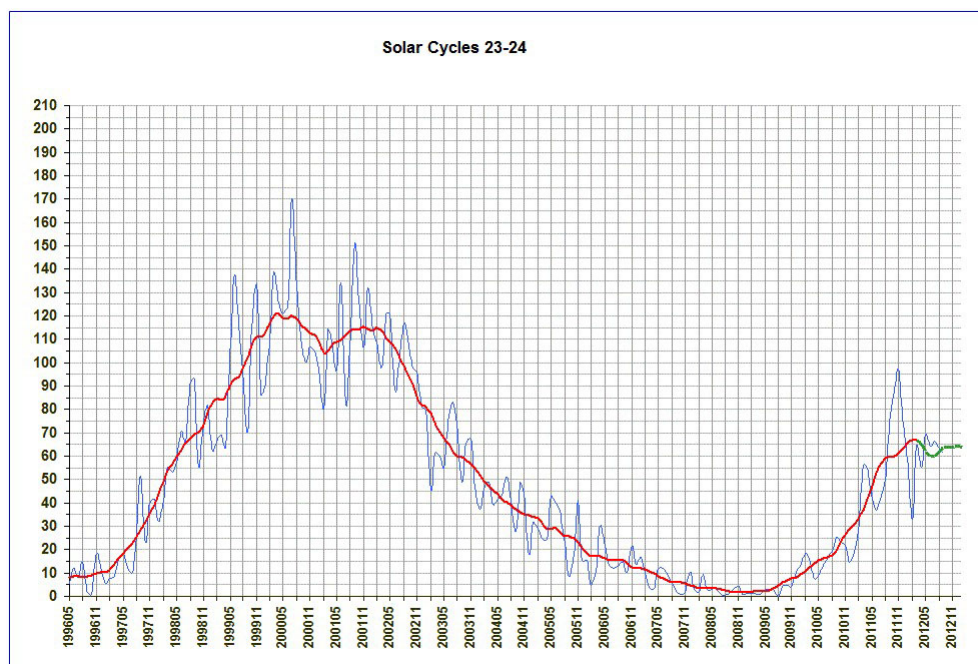
Zdroj: <http://solarcycle24com.proboards.com/index_thread/1306>

zev pochází z německého Kennzahl planetar. Zavedl ho Bartels v roce 1949 a je nejčastější charakteristikou magnetické aktivity. Jeho hodnota pro celou planetu je stanovena každé tři hodiny v kvazilogaritmické škále. 0 odpovídá velmi klidnému geomagnetickému poli, 9 velmi narušenému geomagnetickému poli. Měří se na dvanácti pozorovacích stanicích rozmístěných po celé Zemi, je bezrozměrný. Ke každé hodnotě logaritmického Kp indexu existuje ekvivalentní lineární hodnota, která se nazývá **ap index**.

Ap index je součtem průměrných hodnot ap indexů za jeden den. Udává se v nT, má lineární stupnici a nabývá pouze kladných hodnot.

Dst (z Disturbance Storm Time) je index popisující stupeň narušení magnetického pole Země. Měří velikost odchylky zemského magnetického pole od klidového stavu v rovníkové oblasti jako hodinový průměr odchylky vodorovné složky pole v blízkosti rovníku. Měření se provádí pozemními magnetometry. Odchylky od normální hodnoty jsou vždy záporné a jsou způsobeny tzv. prstencovým proudem elektronů a protonů. Tyto částice drifují v magnetosféře v rovině rovníku napříč zemskými siločkami. Drift je způsoben zakřivením siloček a gradientem magnetického pole dle vzdáleností od Země. Jednotkou je nT.

Obrázek 3.2: Extrémně dlouhý sluneční cyklus č. 23.



Maximum 23. slunečního cyklu bylo dlouhé a nízké ve tvaru "W". Minimum mezi 23. a 24. slunečním cyklem pak bylo enormně nízké s vysokým počtem dní zcela bez slunečních skvrn.

Poznámky: Solar cycles 23–24 - Sluneční cykly č.23–24.

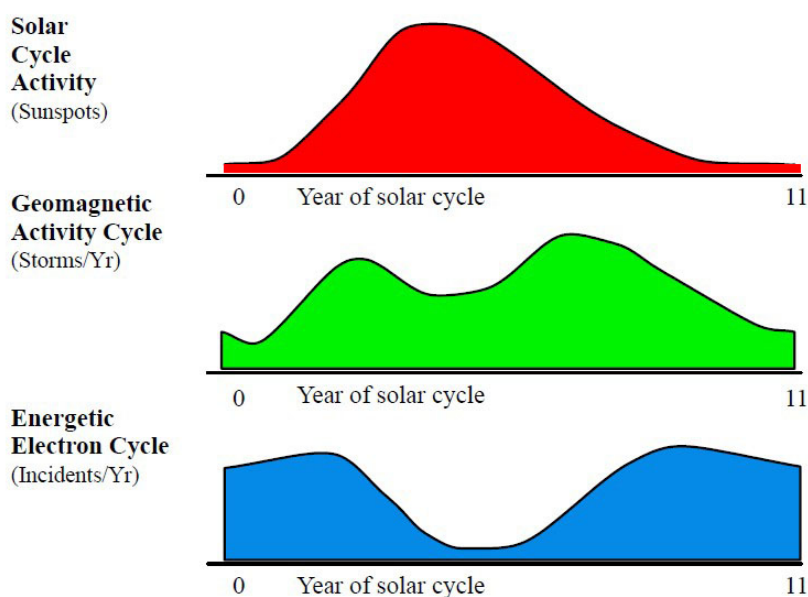
Zdroj: <<http://solarcycle24com.proboards.com/ind lay thread/1306>>

AE index udává aurorální proud. Kvantifikuje velikost odchylky geomagnetického pole od klidového stavu v polárních oblastech.

foF2 je kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy. K maximální ionizaci dochází ve výšce cca 250 km ve vrstvě F2, kde je koncentrace 1011–1013 iontů/ m^3 . Je to maximální frekvence, která se odrazí od vrstvy F2 a odpovídá maximální plazmové frekvenci a tím i maximální koncentraci elektronů ve vrstvě F2. Typické hodnoty kritických frekvencí jsou v zeměpisných šířkách České republiky kolem 4–12 MHz pro vrstvu F2. Tyto hodnoty jsou závislé zejména na úrovni sluneční aktivity. Kritická frekvence je přímo úměrná koncentraci iontů. Čím více je atmosféra ionizována, tím vyšší je kritická frekvence a tím více rádiových vln se od ionosféry odráží. Vzduch je ve dne ionizován slunečním zářením, a proto se mění kritická frekvence podle denní i roční doby. Z tohoto důvodu byly hodnoty $foF2$ uvažovány jako tříhodinový průměr pro poledne místního času. Pro analýzu byla použita měření z ionosondy JR055 Juliusruh/Rugen, která dostatečně pokrývá sledované časové období a odpovídají hodnotám pro území České republiky. Jednotkou je MHz.

TEC (z Total Electron Content) je celkový obsah volných elektronů v ionosféře, udávaný v jednotkách TECU 10^{16} elektronů / m^3 . Měření jsou získávána ze zpoždění signálů družic GPS. Data jsou k dispozici až od roku 1998 a poskytuje je NASA ILRS (International Laser Ranging Service).

Obrázek 3.3: Vývoj typického slunečního cyklu



Vývoj počtu slunečních skvrn (nahore), geomagnetických bouří (uprostřed) a spršek vysokoenergetických elektronů (dole) během typického slunečního cyklu.

Poznámky: Year of solar cycle - rok od počátku slunečního cyklu, Solar Cycle Activity (Sunspots) - cyklus sluneční aktivity (počet slunečních skvrn), Geomagnetic Activity Cycle (Storms/Yr) - cyklus geomagnetické aktivity (počet bouří /rok), Energetic Electron Cycle (Incidents/Yr) - cyklus vysokoenergetických elektronů (události/rok).

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

3.2 Indexy sluneční aktivity

Data popisující sluneční aktivitu byla do databáze importována z dále uvedených datových úložišť a mezinárodních databází:

- i. Kp index z datového úložiště World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University, Japonsko, <<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index.html>>.
- ii. Ostatní sluneční indexy z interaktivní databáze OMNI/OMNIWEB data and service, NASA/Goddard Space Flight Center, USA, <<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/omni-min.html>>.
- iii. Údaje o slunečních událostech z pravidelně vydávaných zpráv NWRA/CoRA, NorthWest Research Associates, Boulder, USA, <<http://www.nwra.com/spawx/spawx.html>> a Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Helmholtz-Zentrum, Potsdam, Německo, <<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/kp-freq/>>.

3.3 Ionosférická data a TEC

Data o stavu ionosféry nad územím České republiky reprezentovaná parametrem foF2 a měření TEC byla importována z následujících zdrojů:

- i. Ionosférické parametry kombinací databází UK Solar System Data Centre (UKSSDC), Rutherford Appleton Laboratory, Oxfordshire, Velká Británie, <<http://www.ukssdc.ac.uk/wdcc1/ionosondes/secure/iono-data.shtml>> a Space Physics Interactive Data Resource (SPIDR), National Geophysical Data Center, Boulder, USA, <<http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/dataset.do?view=ionospheri>>. Tyto zdroje jsou rozsáhlou datovou sítí umožňující přístup k datům v reálném čase, různých specifikovaných formátech a z mnoha různých experimentů.
- ii. *TEC* z úložiště dat Institut Géographique National (IGN), France, <<ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/ionosphere/>>.

3.4 Zemřelí podle příčin smrti

Časová řada zemřelých podle příčin byla uvažována podle desáté revize Mezinárodní statistické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů (10. revize MKN), v České republice platné od 1. 1. 1994. Od 1. 1. 2009 je platné 2. vydání MKN-10 s aktualizací z let 2004–2008. Od 1. 1. 2011 jsou do statistiky zemřelých podle příčin smrti zahrnuty aktualizace MKN-10 vyhlášené SZO s účinností od roku 2010. Garantem MKN-10 je ÚZIS ČR. Od roku 2011 se výběr základních příčin smrti provádí pomocí programu pro automatizované kódování (IRIS), viz. [ÚZIS ČR, 2012]. Databázi zemřelých podle příčin smrti pořizuje Český statistický úřad.¹ Data jsou organizována jako denní agregované počty zemřelých a členěná podle vybraných příčin smrti za muže a ženy dohromady.

Pro analýzu byly zvoleny podrobné příčiny úmrtí ze skupin II.Novotvary, VI.Nemoci nervové soustavy, IX.Nemoci oběhové soustavy, XII.Nemoci kůže a podkožního vaziva a XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality. Výběr konkrétních příčin smrti potenciálně ovlivněných úrovní sluneční činnosti byl proveden na základě studií [Cornelissen, 2002], [Halberg, 2000a], [Halberg, 2000b], [Stoupel, 2002a] a [Stoupel, 2002b]. Seznam příčin úmrtí vybraných k analýze je uveden v tabulkách 3.1, 3.2 a 3.3.

Tabulka 3.1: Příčiny úmrtí analyzované s denní frekvencí.

Kód	Příčiny úmrtí analyzované s denní frekvencí Název příčiny úmrtí
I21	Akutní infarkt myokardu
I26	Plicní embolie
I46	Srdeční zástava
I48	Fibrilace a flutter síní
I49	Jiné srdeční arytmie
I50	Selhání srdce
I60	Subarachnoidální krvácení
I61	Intracerebrální krvácení
I63	Mozkový infarkt
I64	Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt
I67	Jiná cévní onemocnění mozku

¹Agregované soubory z anonymizovaných individuálních záznamů o zemřelých za období 1. 1.1994–31. 12.2011 byly poskytnuty prof. J. Rychtaříkovou z Katedry demografie a geodemografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

Tabulka 3.2: Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí.

Kód	Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí Název příčiny úmrtí
I20	Angina pectoris
I22	Pokračující infarkt myokardu
I44	Blokáda atrioventrikulární a levého raménka
I45	Jiné poruchy vedení srdečních vzruchů
I47	Paroxysmální tachykardie
I62	Jiné neúrazové intrakraniální krvácení
I74	Tepenný vmetek - arteriální embolie - a trombóza
C43	Zhoubný melanom kůže
C44	Jiný zhoubný novotvar kůže
C69	Zhoubný novotvar oka a očních adnex
C70	Zhoubný novotvar mozkomíšních plen
C71	Zhoubný novotvar mozku
C72	Zhoubný novotvar míchy, mozkových nervů a jiných částí CNS
C73	Zhoubný novotvar štítné žlázy
C81	Hodgkinova nemoc
C84	Periferní a kožní T- buněčné lymfomy
C85	Non-Hodgkinův lymfom, jiných a neurčených typů
G20	Parkinsonova nemoc
G21	Sekundární parkinsonismus
G30	Alzheimerova nemoc
G31	Jiné degenerativní nemoci nervové soustavy, nezařazené jinde
G35	Roztroušená skleróza - sclerosis multiplex
G36	Jiná akutní roztroušená demyelinizace
G37	Jiné demyelinizující nemoci centrální nervové soustavy
G40	Epilepsie - padoucnice
G80	Mozková obrna
G90	Poruchy autonomní nervové soustavy
L90	Atrofická onemocnění kůže

Tabulka 3.3: Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí, pokračování.

Kód	Příčiny úmrtí analyzované s měsíční frekvencí - pokračování Název příčiny úmrtí
Q02	Microcephalia
Q03	Vrozený hydrocefalus
Q04	Jiné vrozené vady mozku
Q07	Jiné vrozené vady nervové soustavy
Q20	Vrozené vady srdečních komor a spojení
Q21	Vrozené vady srdeční přepážky
Q22	Vrozené vady pulmonální a trojcípé chlopně
Q23	Vrozené vady aortální a dvojcípé chlopně
Q24	Jiné vrozené vady srdce
Q21	Vrozené vady srdeční přepážky
Q22	Vrozené vady pulmonální a trojcípé chlopně
Q23	Vrozené vady aortální a dvojcípé chlopně
Q24	Jiné vrozené vady srdce
Q25	Vrozené vady velkých arterií
Q26	Vrozené vady velkých žil
Q28	Jiné vrozené vady oběhové soustavy
Q31	Vrozené vady hrtanu
Q33	Vrozené vady plic
Q39	Vrozené vady jícnu
Q43	Jiné vrozené vady střeva
Q44	Vrozené vady žlučníku, žlučvodů a jater
Q60	Renální ageneze a hypoplazie
Q61	Cystická nemoc ledvin
Q63	Jiné vrozené vady ledvin
Q64	Jiné vrozené vady močové soustavy
Q79	Vrozené vady svalové a kosterní soustavy, nezařazené jinde
Q85	Fakomatózy, nezařazené jinde
Q86	Vrozené malformační syndromy způsobené známými zevními příčinami
Q87	Jiné určené vrozené malformační syndromy postihující více systémů
Q89	Jiné vrozené vady, nezařazené jinde
Q90	Downův syndrom
Q91	Syndromy Edwardsův a Patauův
Q96	Turnerův syndrom

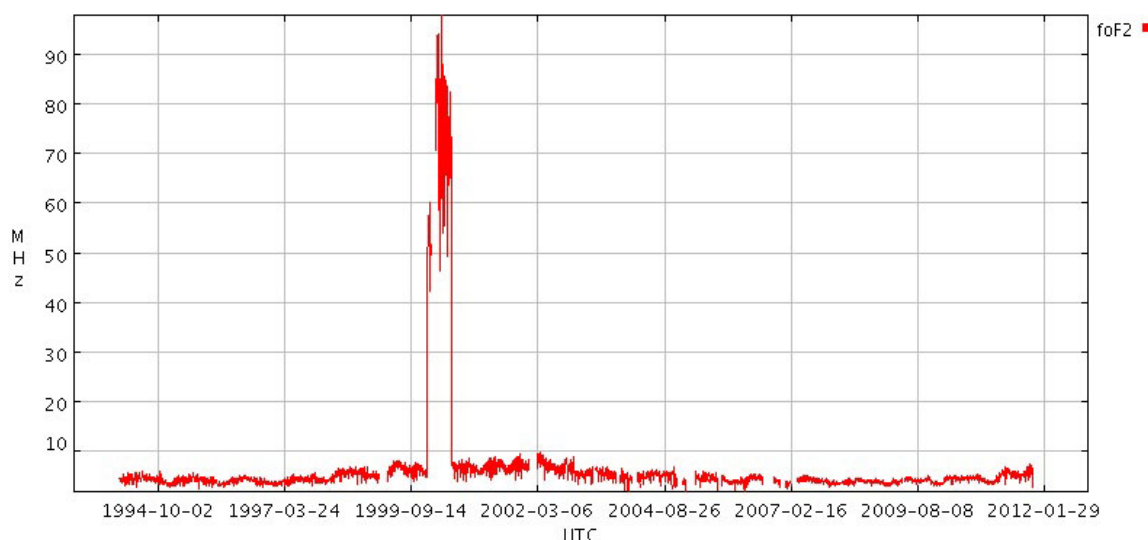
3.5 Postup přípravy dat ke zpracování

Zpracování dat a jejich úprava pro výpočty bylo provedeno v prostředí software SAS 9.2. Data z měření fyzikálních parametrů z distribučních datových stránek popsaných v kapitolách 2.2. a 2.3. byla odděleně pro jednotlivé parametry načtena do samostatných databázových tabulek formátu SAS Data Set. Protože každý z datových zdrojů pracuje se specifickým formátem a strukturou dat, byly importované soubory v prostředí MatLab upraveny do tvaru vhodného pro načtení v prostředí SAS 9.2. Databázové tabulky byly indexovány podle roku, měsíce a dne pomocí unikátních kompozitních indexových souborů.

Každý fyzikální parametr reprezentovala samostatná proměnná. Pokud denní měření v importovaném souboru chybělo byla načtena identifikace dne a do proměnné doplněna hodnota 'missing'. V souborech fyzikálních parametrů nebyly nalezeny žádné nekonzistence.

Výjimkou byl soubor měření slunečního rádiového toku F10,7, kde se na konci roku 2011 vyskytlo extrémní pozorování ležící mimo fyzikálně reálné hodnoty. Do databáze bylo zpracováno jako chybějící pozorování. U měření hodnot foF2 z ionosondy Juliusruh/Rugen byla v roce 2000 používána změněná metodika, viz obrázek 3.4. U dat v tomto období musel být upraven řád naměřených hodnot. Měření TEC jsou prováděna až od roku 1998, proto byla v databázi předcházející pozorování nahrazena hodnotou 'missing'. Časová řada TEC pro geografickou polohu České republiky byla z globálních map TEC extrahována v prostředí MatLab.

Obrázek 3.4: Časový průběh ionosférického parametru foF2 v období 1994–2011.



Poznámky: Na grafu můžeme sledovat jiné škálování měřených hodnot během roku 2000.

Zdroj: <<http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/dataset.do?view=ionospheri>>

Soubor denních počtů zemřelých podle vybraných příčin smrti byl importován z formátu .xls. Vzniklá databázová tabulka s denními počty zemřelých podle vybraných příčin smrti byla použita jako základ databáze. Pro každý den sledovaného období bylo vytvořeno jedno pozorování v databázi. Denní počty zemřelých označené kódem příčiny smrti reprezentovaly proměnné. Načtená pozorování byla opět indexována podle roku, měsíce a dne pomocí unikátního kompozitního indexového souboru. Podle tohoto klíče byly da-

tabázové tabulky denních počtů zemřelých a fyzikálních parametrů spojeny do relační databáze pomocí procedury SQL implementující dotazovací jazyk SQL do prostředí SAS 9.2.

Z databázové tabulky denních počtů zemřelých podle příčin smrti byla vytvořena pomocí procedury SQL v prostředí SAS 9.2 databázová tabulka měsíčních agregovaných počtů zemřelých na vybrané příčiny smrti. Ta pak byla použita pro shlukovou analýzu řad s nízkým denním počtem zemřelých.

Pro potřeby výpočtu grafických modelů podmíněných nezávislostí v programu Mathematica 5.2 byl pomocí procedury EXPORT vytvořen textový soubor s fixními oddělovači denních počtů zemřelých na vybrané příčiny smrti a příslušných fyzikálních parametrů. Tento soubor pak byl zpracován programem Backward1 v programu Mathematica 5.2.

Kapitola 4

Metody analýzy

Pro analýzu struktury vztahů mezi náhodnými veličinami je používáno množství metod, přičemž každá z nich s sebou nese historii toho, proč byla daná metoda budována. Mnoho postupů vznikalo zcela mimo obor matematické statistiky a jejich matematický aparát byl až následně doplněn. Existují však i metody, kde byla sofistikovaná matematická teorie prvotní a teprve později byla nalezena její aplikační sféra. Takovou metodou je i metoda grafických modelů podmíněných nezávislostí použitá v této práci, jež aplikuje stochastický přístup k analýze časových řad. Její pomocí je dále zkoumána podmíněná závislost časových řad počtu zemřelých podle příčin smrti a indexů sluneční činnosti.

Ke zjištění obecné závislosti počtu zemřelých na vybrané příčiny smrti na parametrech sluneční aktivity byl použit klasický regresní model a k popisu závislosti počtu zemřelých na fázi slunečního cyklu shlukovací analýza v časových řadách. V následujících podkapitolách je popsána aplikace těchto metod na zkoumaný problém. Teoretické popisy metod a matematická notace jsou uvedeny podle [Zichová, 2007], pro metodu grafických modelů podmíněných nezávislostí podle [Matoušek, 2002] a [Chýna, 2002].

4.1 Regresní model

Regresní modelování je jednou z neefektivnějších a nejběžnějších metod analýzy mnoho-rozměrných dat. Popisuje náhodnou veličinu Y pomocí vysvětlujících proměnných, tzv. regresorů X_1, X_2, \dots, X_k . Vztah mezi závisle proměnnou Y a vektorem regresorů je vyjádřen lineární funkcí. Vektor pozorování závislé proměnné je ve tvaru $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$. Matice pozorování veličiny X_j má v nulém sloupci 1 a je ve tvaru:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}.$$

Závislost modelujeme rovnicí $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + e$, kde e je náhodná chyba. Pro jednotlivé realizace náhodného vektoru je vztah ve tvaru: $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + e_i$, kde $i = 1, 2, \dots, n$.

Vektor parametrů $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)^T$ je odhadnut metodou nejmenších čtverců.

Ověřeny byly základní předpoklady regresního modelu:

- i. Nezávislost sloupců matice X .
- ii. Nezávislost náhodných chyb e_i a to, zda pocházejí z normálního rozdělení.

Vzhledem k velkému počtu cyklických složek v časových řadách slunečních indexů a ionosférických parametrů, viz [Třísková, 2011], byla pro detekci elementární závislosti počtu zemřelých podle příčin na fyzikálních datech zvolena klasická regresní analýza. Ověřujeme zde úvodní předpoklad, že ionosférické parametry Země lépe vystihují dopad sluneční aktivity na sledovanou populaci než sluneční parametry. Protože ionosférické parametry jsou na rozdíl od slunečních parametrů geograficky diferencované, byly modely vypočteny odděleně pro vysvětlující proměnné slunečních indexů a modely závislosti na ionosférických parametrech.

Pro každou řadu denních počtů zemřelých podle jednotlivých vybraných příčin smrti jako vysvětlovanou proměnnou Y byl vypočten lineární regresní model se slunečními parametry jako vysvětlujícími proměnnými. Mezi vysvětlující proměnné byly zahrnuty fyzikální parametry sluneční aktivity Kp (planetární Kp index), R (relativní číslo slunečních skvrn), AE (aurorální proud), $F10,7$ (sluneční rádiový tok) a Dst (stupeň narušení magnetického pole Země). Vektor vysvětlujících proměnných tedy byl pro model se slunečními parametry $X = (Kp, R, AE, F10,7, Dst)$. Závislost modelujeme pro sluneční parametry rovnicí

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Kp + \beta_2 R + \beta_3 AE + \beta_4 F10,7 + \beta_5 Dst + e,$$

kde e je náhodná chyba. Pro jednotlivé realizace náhodného vektoru je vztah ve tvaru:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 Kp_i + \beta_2 R_i + \beta_3 AE_i + \beta_4 F10,7_i + \beta_5 Dst_i + e_i,$$

kde $i = 1, 2, \dots, n$; zde $n = 6573$ a udává počet denních pozorování.

Mezi vysvětlující proměnné modelu s ionosférickými parametry byly zařazeny řady $foF2$ (kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy) a TEC (celkový obsah volných elektronů v ionosféře). Vektor vysvětlujících proměnných tedy byl pro model s ionosférickými parametry byl tedy $X = (foF2, TEC)$.

Pro ionosférické parametry modelujeme závislost rovnicí

$$Y = \beta_0 + \beta_1 foF2 + \beta_2 TEC + e,$$

kde e je náhodná chyba. Pro jednotlivé realizace náhodného vektoru je vztah ve tvaru:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 foF2_i + \beta_2 TEC_i + e_i,$$

kde $i = 1, 2, \dots, n$; i zde $n = 6573$ a udává počet denních pozorování. Jako vektor vysvětlované proměnné Y jsou postupně dosazovány řady počtu zemřelých podle vybraných příčin smrti.

Jako příklad uvedeme model pro denní počty zemřelých na příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu). Pro model se slunečními parametry je rovnice modelu ve tvaru

$$I21 = \beta_0 + \beta_1 Kp + \beta_2 R + \beta_3 AE + \beta_4 F10,7 + \beta_5 Dst + e,$$

pro ionosférické parametry ve tvaru

$$I21 = \beta_0 + \beta_1 foF2 + \beta_2 TEC + e.$$

Analogicky jednotlivé realizace náhodného vektoru jsou pro sluneční parametry

$$I21_i = \beta_0 + \beta_1 Kp_i + \beta_2 R_i + \beta_3 AE_i + \beta_4 F10,7_i + \beta_5 Dst_i + e_i,$$

a pro ionosférické parametry

$$I21_i = \beta_0 + \beta_1 foF2_i + \beta_2 TEC_i + e_i.$$

Počet denních pozorování i nabývá hodnot od 1 do $n = 6573$, tj. počtu dní v období let 1994–2011.

Vektor parametrů $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)^T$ byl, jak je uvedeno v teoretickém popisu, odhadnut metodou nejmenších čtverců. Náhodné chyby e_i byly testovány, zda pocházejí z normálního rozdělení a jsou nezávislé.

Analýza byla provedena v programu SAS 9.2 pomocí procedury REG. Optimální podmnožina vysvětlujících proměnných byla vybrána pomocí příkazu MODEL s parametrem *selection = ADJRSQ*. Ověření shody modelu s daty bylo provedeno pomocí statistiky *koefficient determinance*, tj. procenta variability veličiny Y vysvětlované regresním modelem při daných datech. Koefficient determinace je roven kvadrátu koeficientu mnohonásobné korelace veličiny Y a vektoru nezávisle proměnných.

4.2 Shluková analýza

Shluková analýza používá specifické metody a algoritmy, pomocí kterých sdružuje data s podobnými vlastnostmi do skupin. Předpokládáme uspořádání dat jako realizace náhodného vektoru Y, X_1, X_2, \dots, X_k pro n pozorování pro k znaků. Tedy jako skupiny n objektů, přičemž na každém objektu bylo měřeno k znaků.

Databázová tabulka pak má obecně tvar matice:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}.$$

V našem případě objektem rozumíme realizaci náhodného vektoru $X = (X_1, X_2)$, kde první složka je rok pozorování v numerické podobě a druhá složka denní, resp. měsíční, agregovaný počet zemřelých na analyzovanou příčinu smrti. Databáze má tedy tvar matice o 6573 řádcích (počet dní v období 1994–2011) pro časové řady analyzované s denní frekvencí, resp. 216 řádcích (počet měsíců v období 1994–2011) pro časové řady analyzované s měsíční frekvencí a 2 sloupcích.

Databáze pak má například pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu), analyzovanou s denní frekvencí, tvar matice:

$$X = \begin{pmatrix} Rok_1 & I21_1 \\ \vdots & \vdots \\ Rok_{6573} & I21_{6573} \end{pmatrix}.$$

Pro příčiny analyzované s měsíční frekvencí, například C43 (Zhoubný melanom kůže), má databáze tvar matice:

$$X = \begin{pmatrix} Rok_{k_1} & C43_{k_1} \\ \vdots & \vdots \\ Rok_{k_{216}} & C43_{k_{216}} \end{pmatrix}.$$

V proměnné Rok je rok pro dané pozorování v numerickém tvaru a v proměnné $I21$ denní počet zemřelých na příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu), resp. v proměnné $C43$ měsíční počet zemřelých na příčinu smrti C43 (Zhoubný melanom kůže).

Algoritmy shlukové analýzy můžeme rozdělit na hierarchické a nehierarchické. V tomto případě byl použit nehierarchický shlukovací algoritmus. Pracuje se zástupci skupin nazvaných *centroidy*, které jsou těžišti skupin. Jsou to hypotetické objekty se souřadnicemi průměru všech souřadnic objektů příslušné skupiny. Pozorování je zařazeno do skupiny, od jejíhož centroidu má minimální vzdálenost. V této práci je ve výpočtech používána euklidovská vzdálenost. Algoritmus postupně mění obsah skupin, až je docíleno optimálního stavu.

Na počátku výpočtu je n objektů z X rozděleno náhodně do p počátečních skupin $S_1^{(0)}, S_2^{(0)}, \dots, S_p^{(0)}$. Určí se centroidy $c_1^{(t-1)}, c_2^{(t-1)}, \dots, c_p^{(t-1)}$ počátečních skupin. Výpočtem se všechny vzájemné vzdálenosti objektů a centroidů. Následně se každý objekt přiřadí k centroidu ke kterému má nejmenší vzdálenost. Vznikne tak nová p -tice shluků $S_1^{(t)}, S_2^{(t)}, \dots, S_p^{(t)}$. Výpočet je ukončen je-li

$$S_1^{(t)} = S_1^{(t-1)}, \dots, S_p^{(t)} = S_p^{(t-1)}.$$

Použita byla shluková analýza aplikovaná na časovou řadu podle [Corliss, 2012]. Výpočet byl realizován v programu SAS 9.2 pomocí procedury FASTCLUS pro denní i měsíční agregované počty zemřelých podle zvolených jednotlivých příčin smrti. Data nebyla transformována, časový vektor je identický pro všechny řady analyzované se stejnou frekvencí. Odděleně pro každou zvolenou příčinu smrti jsou hledány roky centroidů. Maximální počet iterací shlukování byl zvolen 10 podle metodiky uvedené v [Corliss, 2012] pro daný časový vektor. Výpočet příslušnosti ke skupinám se provádí odděleně pro každou vybranou příčinu smrti. Časová proměnná (zde rok) vstupuje do výpočtu na místě první proměnné příkazu VAR procedury FASTCLUS. Denní, resp. měsíční agregovaný počet zemřelých v časové řadě jako druhá proměnná.

To způsobí, že procedura FASTCLUS vytvoří první dělení dat tak, že z obou konců časové řady pro analyzovanou příčinu smrti začne směrem ke středu řady přiřazovat pozorování ke skupinám podle denního (resp. měsíčního) počtu zemřelých. Když vzniknou dostatečně odlišné skupiny počtů zemřelých, je časová řada rozdělena na 2 části. Počáteční běh tedy dělí řadu jen na 2 skupiny, aby bylo otestováno zda jsou data správně rozdělena do skupin, které se významně liší a nejen na polovinu. V dalším kroku se výpočet opakuje pro každou skupinu zvlášť. To se opakuje podle zvoleného počtu iterací než se dosáhne optimálního rozdělení a počtu skupin zadaného v parametru MAXC. Homogenita skupin je měřena střední kvadratickou odchylkou skupiny.

Výsledné roky centroidů skupin jsou vypočteny jako medián časových proměnných v jednotlivých výsledných skupinách. Výsledkem je pro každou analyzovanou řadu počtu zemřelých na zvolenou příčinu smrti databázová tabulka ve tvaru:

(*Skupina, Centroid, RMSSTD, Radius, Gap, Optimalizační kritérium, Rok, Měsíc*).

Pro řady analyzované s denní frekvencí je v databázové tabulce ještě *Číslo dne v roce*. V proměnné *Skupina* je číslo skupiny, *Centroid* - vypočtený rok centroidu skupiny, *RMSSTD* - střední kvadratická odchylka ve skupině, *Radius* - maximální vzdálenost od středu skupiny, *Gap* - vzájemná vzdálenost skupiny od nejbližší skupiny a *optimalizační kritérium*. V proměnné *Rok* a *Měsíc*, případně i *Číslo dne v roce* je zachována i původní časová souřadnice. Pro každé pozorování z původního souboru je vytvořeno jedno pozorování souboru s výsledky shlukování. Charakteristiky skupin se samozřejmě u pozorování opakují. Dále je uveden příklad části souboru s výsledky shlukovací analýzy pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu):

Skupina	Centroid	RMSSTD	Radius	Gap	Opt.kritérium	Rok	Měsíc	Číslo dne v roce
4	1995	3,71	25,20	11,21	0,88	1994	01	01
4	1995	3,71	25,20	11,21	0,88	1994	01	02
4	1995	3,71	25,20	11,21	0,88	1994	01	03
4	1995	3,71	25,20	11,21	0,88	1994	01	04
3	1997	3,30	14,59	11,02	0,88	1994	01	05
4	1995	3,71	25,20	11,21	0,88	1994	01	06
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3	1997	3,30	14,59	11,02	0,88	1994	01	31
3	1997	3,30	14,59	11,02	0,88	1994	02	32
3	1997	3,30	14,59	11,02	0,88	1994	02	33
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Pořadové číslo dne, resp. měsíce v roce ze souboru zařazení pozorování do skupin je použito pro grafické znázornění příslušnosti denních, resp. měsíčních pozorování ke skupinám v časovém rastru Rok x Den, resp. Měsíc, viz [Corliss, 2012]. Výstup shlukové analýzy byl pomocí procedury SQL postupně pro každou analyzovanou příčinu smrti zvlášť upraven do databázové tabulky ve formátu:

(*Rok, Měsíc, Číslo dne v roce, Číslo skupiny, Číslo skupiny v měsíci*),

pro příčiny smrti analyzované s denní frekvencí. Za každý den sledovaného období bylo v tabulce vytvořeno jedno pozorování. Do proměnné *Číslo skupiny v měsíci* je dosazeno číslo skupiny, která se v daném měsíci v roce vyskytla v souboru nejčastěji. Pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí byla databázová tabulka ve tvaru:

(*Rok, Měsíc, Číslo skupiny*).

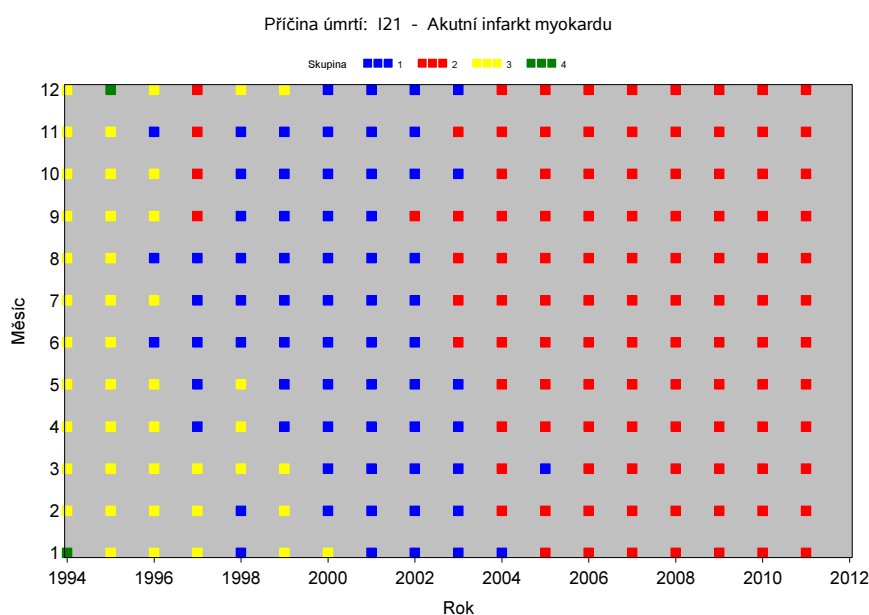
Pro každý měsíc sledovaného období bylo v tabulce vytvořeno jedno pozorování. Tyto soubory pak byly použity pro grafické znázornění příslušnosti denních, resp. měsíčních pozorování ke skupinám v časovém rastru Rok x Den, resp. Měsíc, viz [Corliss, 2012].

Jako příklad výstupního souboru pro grafické znázornění příslušnosti ke skupinám u řady počtu zemřelých na příčinu smrti s denní frekvencí uvedeme část souboru pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu). V proměnné *Skupina v měsíci* je dosazeno číslo skupiny, která se ve dnech příslušného měsíce a roku vyskytla nejčastěji. Grafické znázornění příslušnosti pozorování ke skupinám ve dnech pro níže uvedený vzorek výstupního souboru je na obrázku 5.34, pro příslušnost ke skupinám v měsících je graf na obrázku 4.1. Výstupní soubor pro příčinu smrti I21:

Rok	Měsíc	Den	Číslo dne v roce	Skupina	Skupina v měsíci
1994	01	01	01	4	4
1994	01	02	02	4	4
1994	01	03	03	4	4
1994	01	04	04	4	4
1994	01	05	05	3	4
1994	01	06	06	4	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1994	01	31	31	3	4
1994	02	01	32	3	3
1994	02	02	33	3	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Uvedený soubor pro příčinu smrti I21 je graficky znázorněn na obrázku 4.1. Proměnná *Skupina v měsíci* je znázorněna v rastru *Rok x Měsíc* barevnými okénky, jejichž barva je dána číslem skupiny. Poloha okénka v grafu je dána kategoriemi číslo měsíce (proměnná *Měsíc*) na svislé ose a číslo roku (proměnná *Rok*) na vodorovné ose. Jak je vidět v legendě obrázku 4.1 skupina číslo 1 je vyznačena modře, číslo 2 červeně, číslo 3 žlutě a skupina číslo 4 zeleně. Všechny řádky uvedeného výstupního souboru s hodnotou proměnné *Rok* = 1994 a *Měsíc* = 01 jsou zakresleny jako zelené okénko ve sloupci 1994 a řádku 1. Následující řádky s hodnotou proměnné *Rok* = 1994 a *Měsíc* = 02 jsou zakresleny jako žluté okénko ve sloupci 1994 a řádku 2. Změna barvy okénka indikuje významně se lišící počty zemřelých mezi skupinou pozorování. Na obrázku lze vidět, že v letech 2004–2011 patří téměř všechna pozorování do skupiny číslo 4 vyznačené červenou barvou. To ukazuje na vyrovnané počty zemřelých v tomto období oproti období 1994–2003.

Obrázek 4.1: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících pro příčinu smrti Akutní infarkt myokardu (I21) v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

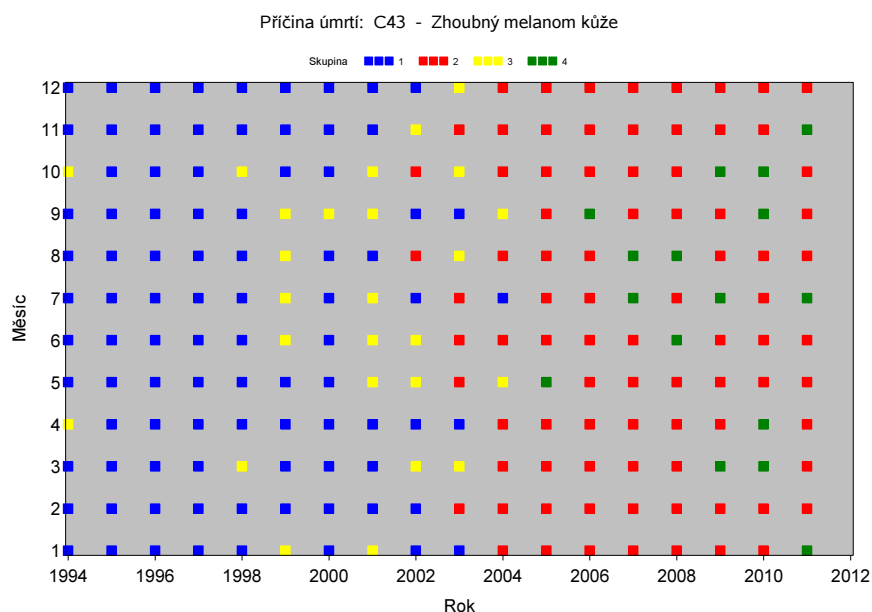
Stejný způsob zobrazení je použit pro grafické znázornění souboru v rastru $Rok \times Den$ kde jako kategorie na svislé ose je použita proměnná Den a zakreslována jsou okénka podle čísel skupin v proměnné $Skupina$. Výsledek je na obrázku 5.34

Jako příklad výstupního souboru pro grafické znázornění příslušnosti ke skupinám u řady počtu zemřelých na příčinu smrti s měsíční frekvencí uvedeme část souboru pro příčinu smrti C43 (Zhoubný melanom kůže):

Rok	Měsíc	Skupina
1994	01	1
1994	02	1
1994	03	1
1994	04	3
⋮	⋮	⋮
1994	12	1
1995	01	1
1995	02	1
⋮	⋮	⋮

Grafickým znázorněním příslušnosti pozorování ke skupinám v měsících pro výše uvedený výstupní soubor pro příčinu smrti C43 (Zhoubný melanom kůže) je graf na obrázku 4.2.

Obrázek 4.2: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Proměnná $Skupina$ je zde znázorněna v rastru $Rok \times Měsíc$ barevnými okénky, jejichž barva je dána číslem skupiny. Poloha okénka v grafu je dána kategoriemi číslo měsíce (proměnná $Měsíc$) na svislé ose a číslo roku (proměnná Rok) na vodorovné ose. Jak je vidět v legendě obrázku 4.2 skupina číslo 1 je vyznačena modře, číslo 2 červeně, číslo 3 žlutě a skupina číslo 4 zeleně. Například první řádek uvedeného výstupního souboru s hodnotou proměnné $Rok = 1994$ a $Měsíc = 01$ je zakreslen jako modré okénko ve sloupci

1994 a řádku 1. Druhý řádek s hodnotou proměnné $Rok = 1994$ a $Měsíc = 02$ je zakreslen rovněž jako modré okénko ve sloupci 1994 a řádku 2. Obdobně třetí řádek souboru. Čtvrtý řádek s hodnotou proměnné $Rok = 1994$ a $Měsíc = 04$ je zakreslen jako žluté okénko ve sloupci 1994 a řádku 4. Různá barva sousedních okének indikuje významně se lišící počty zemřelých mezi pozorováními.

Shluková analýza byla postupně provedena pro všechny řady zemřelých na zvolené příčiny smrti, pro denní počty zemřelých i pro měsíční agregované soubory v období 1994–2011. Zjištěny byly roky centroidů skupin pro jednotlivé příčiny smrti a porovnány s časovým intervalem fází slunečního cyklu.

Maximum slunečního cyklu č.23 bylo v letech 2000–2003, předchozí minimum 1995–1997, následné minimum v letech 2007–2009. Vzestupná fáze slunečního cyklu č.23 probíhala od roku 1998 do roku 2000 a sestupná v letech 2003–2007. Protože fáze slunečního cyklu nejsou ekvidistatní v čase, umístění centroidů skupin v těchto obdobích může indikovat reakci na změny sluneční aktivity během slunečního cyklu.

Dále byla pro jednotlivé roky sledovaného období 1994–2011 zjišťována četnost roků centroidů ve skupinách příčin smrti rozdělených podle kapitol MKN-10. Pro tyto skupiny i všechny sledované příčiny smrti dohromady byly vykresleny histogramy.

4.3 Grafy podmíněných nezávislostí

Takzvané grafické modely jsou jedním z nástrojů mnohorozměrné statistické analýzy. Umožňují popis a přehledné znázornění struktury vzájemných závislostí v dané množině náhodných vektorů. V poslední době se široce uplatňují jak v ekonomických analýzách, tak i v oblasti věd o Zemi. V této části práce bylo cílem aplikovat metodu grafických modelů podmíněných nezávislostí určenou pro zpracování dat se spjitým rozdělením. Pro tento účel byly zvoleny denní počty zemřelých podle příčin v období 1994–2011, u nichž se nevyskytují nulové počty zemřelých. Analyzovány byly příčiny úmrtí I21, I26, I50, I60, I61, I63, I64, I67. Sluneční aktivitu v tomto modelu reprezentují denní hodnoty slunečních parametrů AE , Kp a $F10,7$.

Použitá data jsou ve formě realizace normálně rozděleného náhodného vektoru. Hledáme strukturu vzájemné závislosti jeho jednotlivých složek. Uvažujeme všechny grafy podmíněných nezávislostí na dané množině, z nichž jsou vybrány ty, jež vykazují nejlepší shodu s daty. Hledá se tedy maximálně věrohodný odhad varianční matice V , za podmínek daných grafickým modelem. Pro snazší orientaci v následujícím textu uvedeme základní definice, věty a lemata související s popisem a konstrukcí grafů podmíněných nezávislostí, které jsou upraveny podle [Matoušek, 2002] a [Whittaker, 1990].

Nezávislé jsou náhodné vektory X a Y , spjitě rozdělené, právě tehdy, když jejich sdružená hustota f_{XY} splňuje rovnost

$$f_{XY}(x, y) = f_X(x)f_Y(y)$$

pro všechna x a y . Tento vztah bude značen $X \perp Y$.

Nezávislé při dané hodnotě vektoru X jsou náhodné vektory Y a Z , spjitě rozdělené, právě když podmíněná hustota $f_{YZ|X}$ splňuje rovnost

$$f_{YZ|X}(y, z; x) = f_{Y|X}(y; x)f_{Z|X}(z; x)$$

pro všechna y a z a pro všechna x , pro která $f_X(x) > 0$. Tento vztah nazýváme **podmínečná nezávislost** a zapisujeme ho $Y \perp Z | X$.

Graf G je uspořádaná dvojice množin (V, E) , **vrcholy** nazýváme prvky množiny V , **hrany** nazýváme prvky množiny E tvořené dvouprvkovými podmnožinami množiny V . Je-li $i, j \in E$, říkáme, že v grafu G je **hrana mezi vrcholy i a j** . Vrcholy i a j jsou **spojené**, je-li v grafu G hrana mezi vrcholy i a j .

Graf podmíněných nezávislostí náhodného vektoru X je graf $G = (V, E)$, kde $V = \{1, 2, \dots, k\}$. Hrana $\{i, j\}$ není v E , právě když $X_i \perp X_j | X_{K \setminus \{i, j\}}$.

Matice sousednosti grafu G , $G = (V, E)$, $V = (v_0, \dots, v_n)$,

je matice $A_G = (a_{i,j})_{i,j=1}^n$ definovaná předpisem:

$$a_{i,j} = 1 \text{ pro } \{v_i, v_j\} \in E,$$

$$a_{i,j} = 0 \text{ jinde.}$$

Matice sousednosti je čtvercová a symetrická, prvky na diagonále jsou rovny 0. Pokud dva vrcholy nejsou spojeny hranou, prvkem matice je 0. Pokud jsou spojeny hranou, prvek je

roven 1.

Grafický model s grafem $G = (V, E)$ o k vrcholech pro k -rozměrný náhodný vektor $X = X_1, X_2, \dots, X_k$ je skupina pravděpodobnostních rozdělení vektoru X , která splňují podmíněné nezávislosti dané vektorem G . Pro náhodný vektor $X = X_a, X_b, X_c$ v grafickém modelu platí, že podmnožina vrcholů a **separuje** podmnožiny vrcholů b a c když platí: $X_b \perp X_c \mid X_a$.

Maximálně věrohodné odhady D a V v grafickém modelu s grafem G založené na náhodném výběru z mnohorozměrného normálního rozdělení¹ označíme jako \hat{D} a \hat{V} . \hat{D} a \hat{V} splňují tyto věrohodnostní rovnice:

$$\begin{aligned} \hat{d}_{ij} &= 0 \text{ pro každé dva vrcholy } i, j \text{ grafu } G, \text{ které nejsou spojené,} \\ \hat{V}_{aa} &= S_{aa} \text{ pro každou množinu } a \subseteq K, \text{ která je klika}^2, \end{aligned}$$

kde S_{aa} je submatice výběrové varianční matice S .

Odhady \hat{D} a \hat{V} splňují rovnost $\hat{D} = \hat{V}^{-1}$ a jsou s pravděpodobností 1 určeny jednoznačně.

Deviance grafu G je definována:

$$dev^f = 2[l(S) - l(\hat{V})],$$

- S ... maximálně věrohodný odhad v saturovaném modelu s úplným grafem G_0 , což je výběrová varianční matice (graf G , ve kterém chybí f hran, je podgraf grafu G_0).
- \hat{V} ... je maximálně věrohodný odhad v modelu s grafem G .
- l ... je logaritmická věrohodnostní funkce.

Deviance dev^f má asymptoticky rozdělení χ_f^2 s f stupni volnosti, kde f je dáno počtem chybějících hran v grafu G .

Je-li G_0 úplný graf, graf G_1 jeho podgraf s f_1 chybějícími hranami a deviancí dev^{f_1} , a graf G_2 podgraf grafu G_1 ($G_0 \supset G_1 \supset G_2$), ve kterém chybí f_2 hran a má devianci dev^{f_2} , pak:

Diference deviancí modelu s grafy $G_1 \supset G_2$ definována vztahem:

$$dev^* = -[dev^{f_1} - dev^{f_2}].$$

Pokud v grafu G_2 oproti G_1 chybí pouze jedna hrana $\{i, j\}$ ($G_2 = G_1 \setminus \{i, j\}$), nazýváme diferenci jejich deviancí **deviancí vynechané hrany** a značíme ji dev_{ij}^* .

¹ n -rozměrný náhodný vektor X má n -rozměrné normální rozdělení, jestliže jeho hustota je ve tvaru

$$f_X(x) = (2\pi)^{-\frac{k}{2}} (\det D)^{\frac{1}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2}(x - \mu)^T D(x - \mu) \right\}$$

Náhodná veličina Y má χ^2 -rozdělení s n stupni volnosti, jestliže $Y = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2$, kde X_1, X_2, \dots, X_n jsou nezávislé náhodné veličiny s rozdělením $N(0, 1)$.

²Klika je taková podmnožina a množiny V , která indukuje úplný podgraf, a která po přidání libovolného dalšího vrcholu z V indukuje podgraf, který není úplný. Říkáme, že klika je maximální úplný podgraf. Úplný graf má tedy jedinou kliku, a to celou množinu vrcholů V .

4.3.1 Popis metody grafických modelů podmíněných nezávislostí

Použitá data jsou ve formě realizace normálně rozděleného náhodného vektoru a budeme se zabývat strukturou vzájemné závislosti jeho jednotlivých složek. Vycházíme z množiny všech grafů podmíněných nezávislostí, z nichž vybereme ty, jež vykazují nejlepší shodu s daty. Hledáme tedy maximálně věrohodný odhad varianční matice \hat{V} , za podmínek daných grafickým modelem. Výběr je nejuvhodnější provést přímým výpočtem následujícím postupem, podrobně viz. [Lněnička, 2001]:

- i. Určení systému k -rozměrných normálních rozdělení pro X a popis množiny parametrů. Pro mnohorozměrné normální rozdělení je nezávislost charakterizována varianční maticí $V = \text{var}(X)$ nebo její inverzí D .
- ii. Volba grafického modelu, který budeme testovat na shodu s daty.
- iii. Konstrukce věrohodnostní funkce.
- iv. Určení neznámých parametrů pomocí maximalizace věrohodnostní funkce přes množinu těchto parametrů. Požadavky na věrohodnostní funkci vyplývají z volby grafického modelu.
- v. Test shody vybraného grafického modelu s daty. Testová statistika (deviance) je rovna dvojnásobku rozdílu maximalizovaných logaritmičeských věrohodnostních funkcí. První je maximalizovaná bez omezení, druhá s omezením daným vybraným grafickým modelem, protože deviance má χ^2 - rozdělení. Proto lze posoudit, zda grafický model datům vyhovuje.

IPF algoritmus

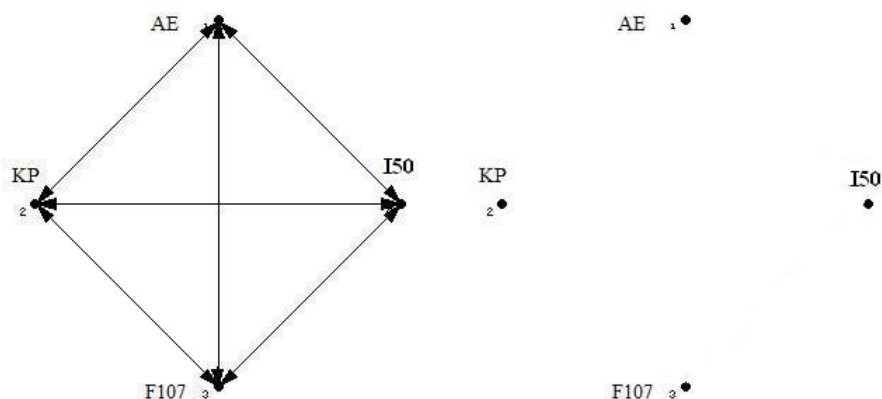
IPF (Iterative Proportional Fitting) je iterační algoritmus, který pro dvě hustoty g^0 a f k -rozměrného náhodného vektoru X , hledá hustotu g^∞ , která má stejnou interakční hustotu jako g^0 a identická marginální rozdělení jako f na podmnožinách množiny vrcholů $V = (v_1, \dots, v_k)$. Žádná z těchto podmnožin nesmí být částí jiné. Tuto podmínku splňují kliky grafu a proto je volíme za tyto podmnožiny. V n -tém kroku platí:

$$g_{ab}^{n+1} = g_{a|b}^n f_a.$$

Za a volíme v cyklu postupně kliky grafu, b potom určíme jako doplněk $b = V \setminus a$. IPF algoritmus pro vyhledávání grafů, které nejlépe popisují konkrétní data je podrobně popsán v práci [Whittaker, 1990] na stranách 256–260, programové řešení pak v [Chýna, 2002] na str. 40–46. Jde o dva tzv. Backward algoritmy, které vycházejí z kompletního (úplného) grafu. Kompletní a prázdný graf je uveden na levé a pravé části obrázku 4.3. Výchozím je úplný graf, jeho deviance je položena rovna 0 ($dev^f = 0$). Výpočet deviance vynechaných hran je proveden pomocí IPF algoritmu. Je vybrána hrana s nejmenší nevýznamnou deviancí a vyloučena z grafu. Pokud jsou všechny deviance významné, výpočet je ukončen. Pokud nejsou žádné dvě složky analyzovaného náhodného vektoru podmíněně závislé, jsou z modelu vyjmuty postupně všechny hrany a výsledkem je prázdný graf.

Pro selekci grafického modelu s nejlepší shodou s daty byl použit program Backward1, vytvořený jako součást diplomové práce [Chýna, 2002], realizovaný v systému Mathematica 4.0. Tento program byl upraven pro verzi Mathematica 5.2 a tvar náhodného vektoru zkoumaného v této práci, tj. kombinaci měřených fyzikálních veličin a agregovaných počtů zemřelých.

Obrázek 4.3: Kompletní a prázdný graf pro grafický model podmíněných nezávislostí, příklad pro náhodný vektor $X = (AE, Kp, F10.7, I50)$.



4.3.2 Testování vstupních dat

Uvedená metoda byla aplikována na databázi denních dat počtu zemřelých podle vybraných příčin a indexů sluneční aktivity. Pro tuto metodu byly vybrány časové řady indexů sluneční činnosti s nezápornými a nenulovými hodnotami, vzájemně nezávislou fyzikální definicí a časové řady počtu zemřelých s vyšší denní četností z důvodu ověření nezávislosti logaritmických dat.

Jsou to následující indexy sluneční činnosti:

AE - Aurorální proud

Kp - Kp index

F10.7 - Sluneční rádiový tok

Analyzované řady zemřelých na příčiny úmrtí jsou:

I21 - Akutní infarkt myokardu

I26 - Plicní embolie

I50 - Selhání srdce

I60 - Subarachnoidální krvácení

I61 - Intracerebrální krvácení

I63 - Mozkový infarkt

I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice)

I67 - Jiná cévní onemocnění mozku

Náhodný vektor, je tedy v našem případě:

$$X = (AE, Kp, F10.7, I21, I26, I50, I60, I61, I63, I64, I67)$$

a to v řadě s denní frekvencí pro jednotlivé roky (1994 - 2011), postupně pro řady jednotlivých příčin úmrtí. U slunečních indexů byla použita denní hodnota. Časový údaj ve formě data byl nahrazen pro účely výpočtu odpovídající posloupností celých čísel, vyjadřující pořadové číslo dne v časové řadě. Chybějící hodnoty se nevyskytovaly.

Nejprve byly ověřeny předpoklady požadované pro modely spojených dat, což bylo provedeno při vlastním výpočtu:

- i. Nezávislost logaritmických dat ($\log \frac{K_t}{K_{t-1}} = \log K_t - \log K_{t-1}$) pomocí testu znamének diferencí, kde K_t je hodnota realizace náhodného vektoru v čase t a K_{t-1} je hodnota realizace náhodného vektoru v čase $(t - 1)$.
- ii. Normalita logaritmických dat.

4.3.3 Příklad výpočtu

Program Backward1 byl použit pro identifikaci podmíněné závislosti řady zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) a indexů sluneční činnosti AE, Kp a F10,7. Příklad výpočtu byl proveden pro období let 1994–2011.

Náhodný vektor byl tedy $X = (AE, Kp, F10,7, I21)$. Počet vrcholů grafu je proto v našem případě 4. Počet všech možných grafů N pro $n=4$ vrcholů vypočteme podle vzorce:

$$N = 2^{\binom{n}{2}} = 2^{\frac{n(n-1)}{2}} = 2^6 = 64.$$

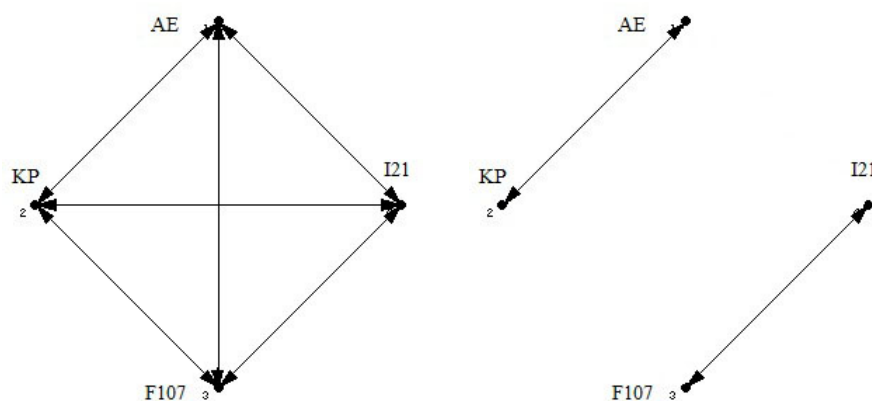
Počet všech grafů bez výchozího úplného grafu je zde tedy 63.

Počet realizací, tj. délka logaritmické řady, je 6573, což je počet pozorování náhodného vektoru neboli počet dní ve sledovaném období let 1994–2011. Výpočtem byla sestavena matice sousednosti grafu. Znaménko „-“ v matici sousednosti značí vynechanou hranu. Číslo u znaménka indikuje, ve kterém kroku byla hrana vynechána. Počet prvků matice sousednosti se záporným znaménkem odpovídá počtu vynechaných hran. Výpočtem jsou v tomto případě vynechány 4 hrany mezi vrcholy.

Varianční matice pro náhodný vektor $X = (AE, Kp, F10,7, I21)$ je složena z kovariancí mezi jeho složkami s rozptyly složek na diagonále. Korelační matice pro uvedený náhodný vektor má na hlavní diagonále 1, mimo hlavní diagonálu korelační koeficienty mezi složkami náhodného vektoru. Pořadí řádků a sloupců matic odpovídá číslům složek náhodného vektoru v protokolu. Varianční matice, korelační matice a matice sousednosti jsou spočteny v následujícím protokolu:

```
I21 - Akutni infarkt myokardu
Zvolene rady:
1 AE
2 KP
3 F107
4 I21
Pocet realizaci = delka log rady =6573
pocet vrcholu = 4
variancni matice=
( 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 )
korel matice=
( 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. )
matice sousednosti =
( 0  0  0  0
  1  0  0  0
 -1 -4  0  0
 -3 -2  1  0 )
Pocet vynechanych hran = 4
Celkova deviance = 8.37101
p-value = 0.0788949
```

Deviance je použita jako testová statistika pro testování minimalizovaného grafického modelu oproti modelu s úplným grafem. Deviance dev^f má asymptoticky rozdělení χ_f^2 s f stupni volnosti, kde f je počet chybějících hran v grafu G oproti úplnému grafu. Deviance úplného grafu v IPF algoritmu je položena rovna 0. S počtem vynechaných hran v grafu se tedy deviance zvyšuje. Celková deviance minimalizovaného grafu pro náhodný vektor $X = (AE, Kp, F10, 7, I21)$ je 8,37101, p -hodnota testu je zde 0,0788949. Je tedy větší než 0,05, a proto nezamítáme shodu modelu s daty. Grafy kompletního a minimalizovaného modelu jsou pak následující:



Z grafu je patrná podmíněná závislost ve dvojicích náhodných vektorů reprezentujících časové řady: 1(AE) – 2(Kp) a 3(F10,7) – 4(I21). Na grafu lze tak jasně identifikovat efekt separace mezi dvojicemi náhodných vektorů $\{1(AE), 2(Kp)\}$ a $\{3(F10,7), 4(I21)\}$. Počty zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) jsou tedy podmíněně závislé na slunečním rádiovém toku (F10,7).

V případě dvojice fyzikálních parametrů $\{1(AE), 2(Kp)\}$ plyne vzájemná podmíněná závislost z fyzikální definice těchto slunečních indexů. Výsledky aplikace metody na ostatní vybrané časové řady úmrtí podle příčin jsou uvedeny v následující kapitole.

4.4 Krabicové diagramy

Krabicové diagramy znázorňují výběrové kvantily a používají se pro vizualizaci tvaru rozdělení, střední hodnoty a variability. Vodorovné ohraničení krabičky zobrazuje dolní a horní kvartil, dělicí čára v krabičce medián. Výška krabičky odpovídá mezikvartilovému rozpětí, které je rozdílem třetího a prvního kvartilu.

Úsečky (vousy) u krabicového diagramu typu *Skeletal* označují minimální a maximální pozorování. V práci jsou používány krabicové diagramy typu *Schematic*, kde úsečky reprezentují meze D a H , kde D je nejmenší hodnota větší nebo rovná dolnímu kvartilu zmenšenému o 1,5-násobek mezikvartilového rozpětí a H je největší hodnota menší nebo rovná hornímu kvartilu zvětšenému o 1,5-násobek mezikvartilového rozpětí. Hodnoty D a H jsou považovány za hranice pro odlehlá pozorování. Při neexistenci odlehlých pozorování jsou hodnoty průměru a mediánu blízké, jejich přítomnost způsobí odlišnost hodnot průměru a mediánu.

Krabicové diagramy použité v této práci pro explorační analýzu řad počtu zemřelých podle vybraných příčin smrti a slunečních i ionosférických parametrů byly vytvořeny v programu SAS 9.2 pomocí procedury BOXPLOT s parametrem *boxstyle = schematic*. Jsou tedy typu *Schematic* a odpovídají popisu v předchozím odstavci. Krabicové diagramy jsou vykresleny po skupinách podle let pozorování. Odlehlá pozorování jsou vyznačena značkou \square . Šířka krabiček je zadána pevnou hodnotou. V krabičkách jsou žlutě vyneseny průměry v jednotlivých letech a spojeny žlutou čarou.

Kapitola 5

Identifikace vlivu sluneční činnosti na úmrtnost podle příčin

5.1 Explorační analýza

Časový průběh hodnot ionosférických parametrů f_oF2 (kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy) a TEC (celkový obsah volných elektronů v ionosféře) ve sledovaném období let 1994–2011 je vykreslen na obrázku 5.1. Hodnoty těchto dvou parametrů jsou narozdíl od slunečních parametrů geograficky diferencované a kopírují průběh slunečního cyklu. Z krabicových diagramů 5.8 a 5.9 je vidět, že naměřené hodnoty ionosférických indexů mají větší rozptyl ve sledovaném maximu slunečního cyklu oproti jeho minimu.

Časové průběhy slunečních indexů jsou zobrazeny na obrázku 5.2. Jsou zde vykresleny 27-denní průměry slunečních indexů Kp planetární Kp index, R relativní číslo slunečních skvrn, AE aurorální proud, $F10,7$ sluneční rádiový tok a Dst stupeň narušení magnetického pole Země v období let 1994–2011. Pro vyhlazení křivek byl zvolen 27-denní průměr, tj. doba vlastní rotace Slunce vůči Zemi. Na obrázku můžeme také sledovat, že průběh relativního čísla slunečních skvrn R a slunečního rádiového toku $F10,7$ odpovídá průběhu slunečního cyklu na obrázku 3.2. Sluneční rádiový tok výrazněji sleduje průběh maxima slunečního cyklu č.23 ve tvaru "W" v letech 2000–2003. Relativní číslo slunečních skvrn R v době minima mezi 23. a 24. slunečním cyklem v letech 2007–2009 klesalo až na nulové hodnoty.

Vývoj variability a popisných statistik indexů sluneční aktivity a ionosférických parametrů v období let 1994–2011 pro analyzovaná data je zobrazen v krabicových diagramech na obrázcích 5.3 až 5.9. Krabicové diagramy byly vykresleny z databázové tabulky v programu SAS 9.2 pomocí procedury BOXPLOT s parametrem `boxstyle = schematic` po skupinách podle let pozorování. Šířka krabiček je fixní. V krabičkách jsou žlutě označeny průměry v jednotlivých letech a spojeny čarou. Odlehlá pozorování jsou vynesena jako značka \square . Hodnoty popisných statistik fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem.

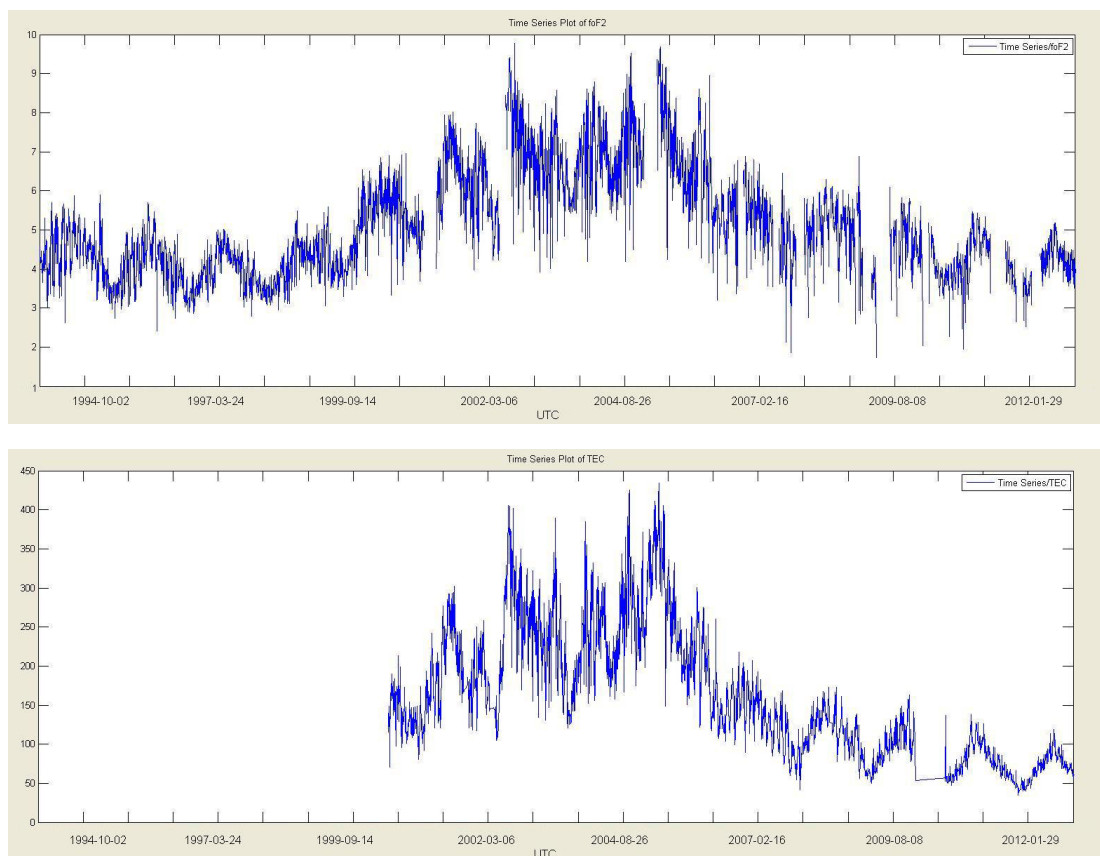
Planetární Kp index Kp a aurorální proud AE mají vzájemně podobný průběh. Až do konce maxima slunečního cyklu mají velkou variabilitu a vyrovnaný průměr, v sestupné fázi slunečního cyklu se variabilita snižuje a dochází k poklesu průměrných hodnot, což lze vidět na obrázku 5.2 i z krabicových diagramů na obrázcích 5.6 a 5.7.

Specifický průběh má ve sledovaném období stupeň narušení magnetického pole Země Dst . Na jeho časovém průběhu na obrázku 5.2 je vidět, že v průběhu slunečního cyklu se mění pouze kolísání jeho hodnot. Na krabicovém diagramu 5.4 je vidět, že průměrné hodnoty parametru Dst jsou téměř vyrovnané v průběhu celého sledovaného období. V době kolem maxima slunečního cyklu v letech 1999–2004 je zřetelně na počtu odlehklých pozorování vidět vyšší výskyt prudkých krátkodobých poklesů Dst do záporných hodnot. Tyto prudké poklesy způsobuje oblak sluneční plazmy unášející zamrzlé magnetické pole při kontaktu s magnetosférou. Velikost poklesu indikuje intenzitu magnetické bouře.

Lze zde pozorovat, že ve sledovaném období, i když šlo o poměrně nízký sluneční cyklus, sluneční indexy i ionosférické parametry odpovídají popisu chování heliosféry a geosféry uvedenému v podkapitole 3.1 *Popis relevantních fyzikálních parametrů*. Jsou v souladu i s cyklickým průběhem fyzikálních parametrů zobrazených na obrázku 3.1.

Všechny indexy, sluneční i ionosférické, tedy vykazují zvýšený počet extrémních hodnot v maximu slunečního cyklu. Parametry AE , Kp , a Dst mají během tohoto období vyrovnané průměry, zatímco průměry parametrů R , $F10,7$, $foF2$ a TEC kopírují průběh slunečního cyklu.

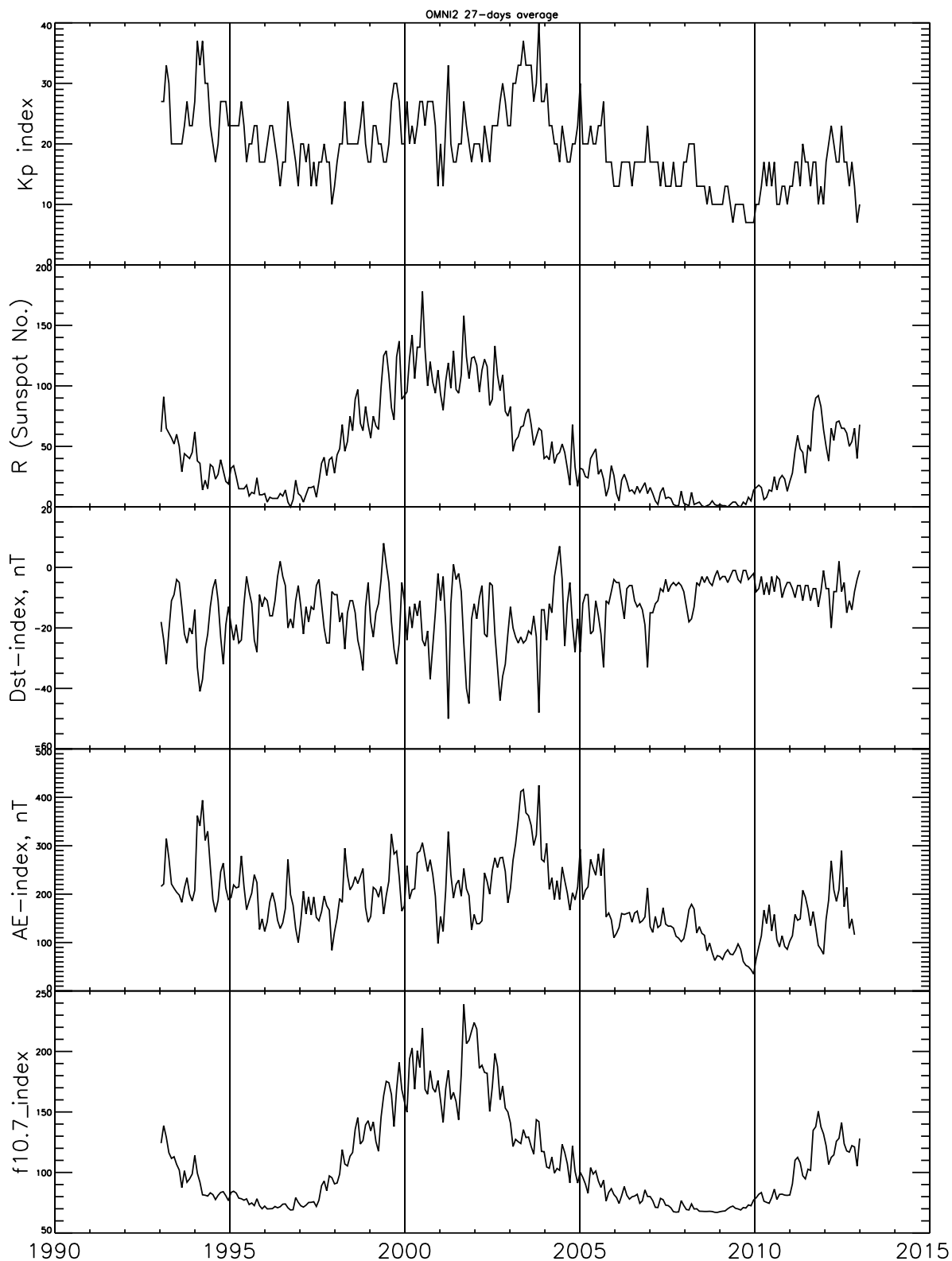
Obrázek 5.1: Časový průběh denních průměrů ionosférických parametrů



Časový průběh denních průměrů ionosférických parametrů $foF2$ kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy a TEC celkový obsah volných elektronů v ionosféře v období let 1994–2011.

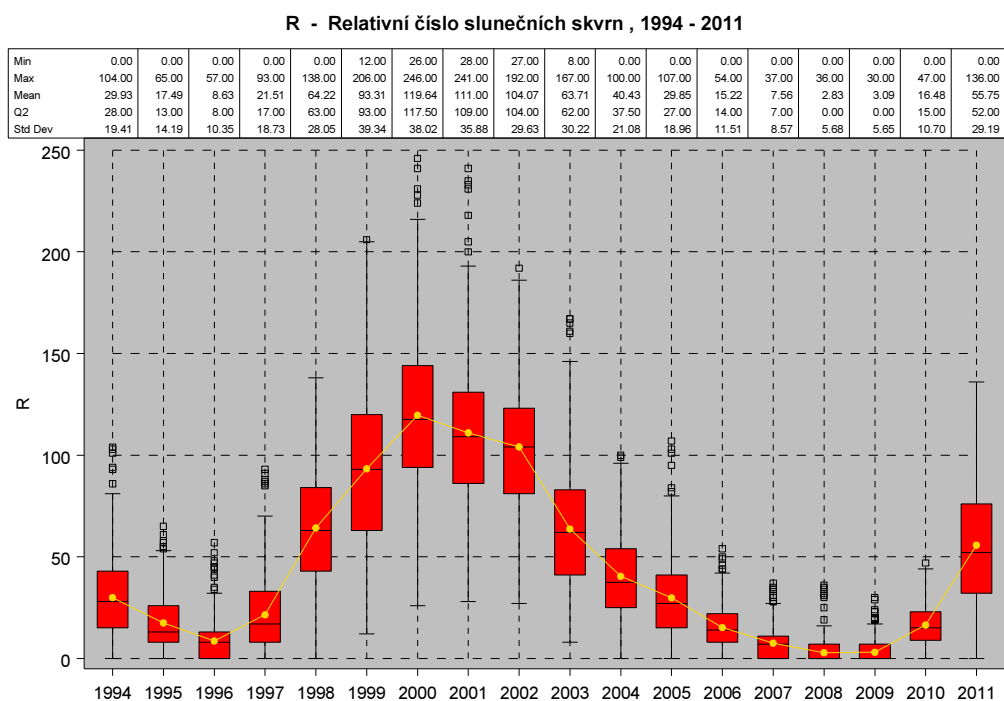
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 5.2: Časový průběh 27-denních průměrů slunečních parametrů

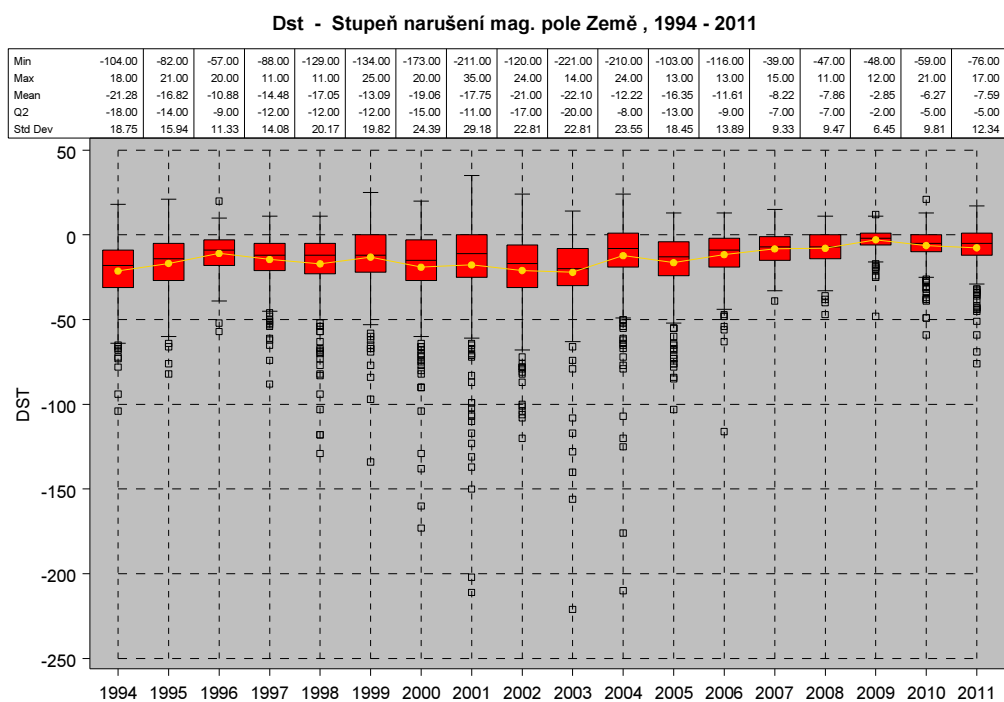


Časový průběh 27-denních průměrů slunečních indexů Kp planetární Kp index, R relativní číslo slunečních skvrn, AE aurální proud, $F10,7$ sluneční rádiový tok a Dst stupeň narušení magnetického pole Země v období let 1994–2011.

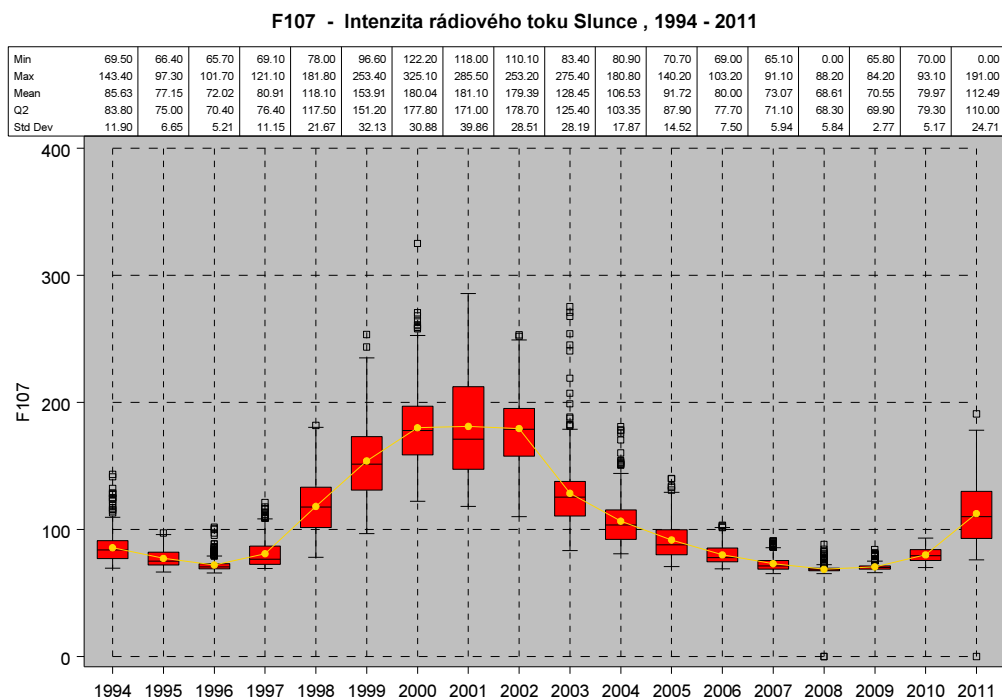
Zdroj: NASA/Goddard Space Flight Center, USA, <<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/omni-min.html>>.

Obrázek 5.3: R - relativní číslo slunečních skvrn v období let 1994–2011.

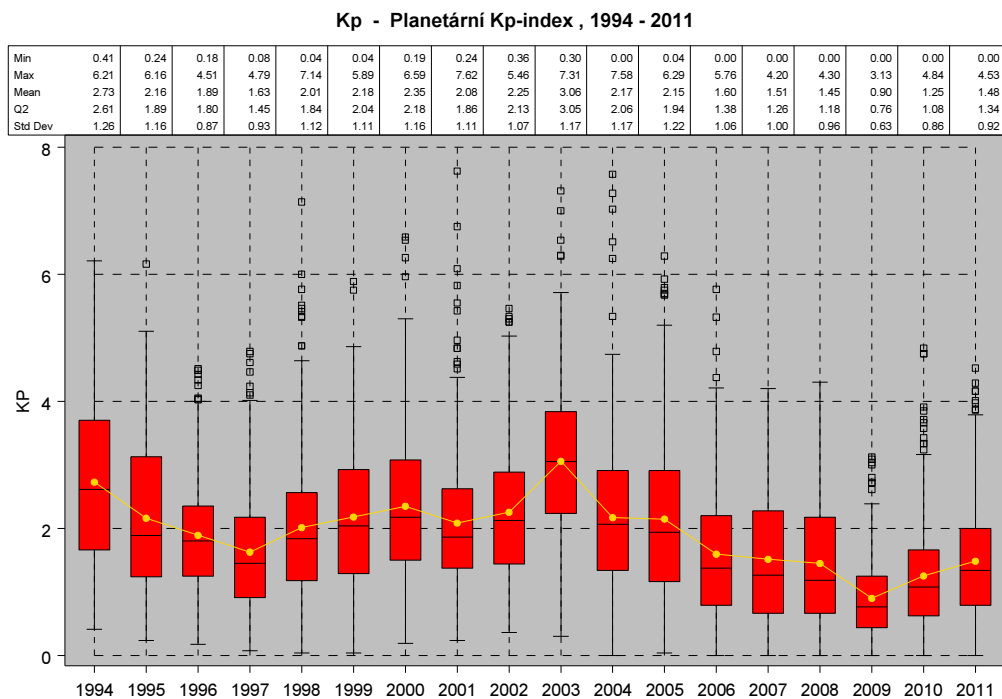
Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Obrázek 5.4: Dst - stupeň narušení magnetického pole Země v období let 1994–2011.

Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

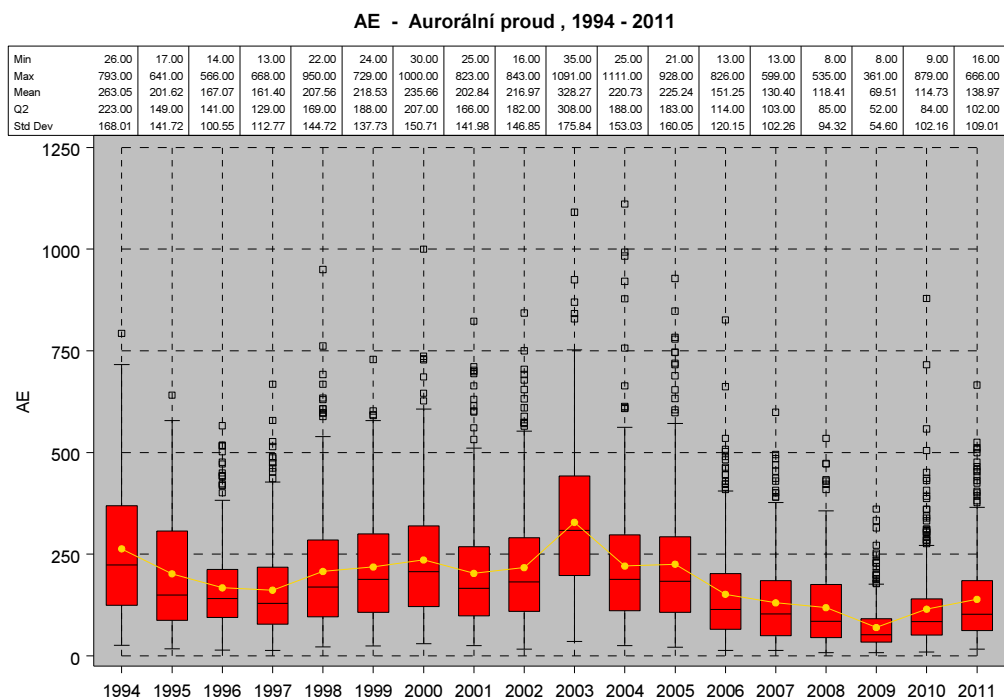
Obrázek 5.5: $F_{10,7}$ - intenzita slunečního rádiového toku v období let 1994–2011.

Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

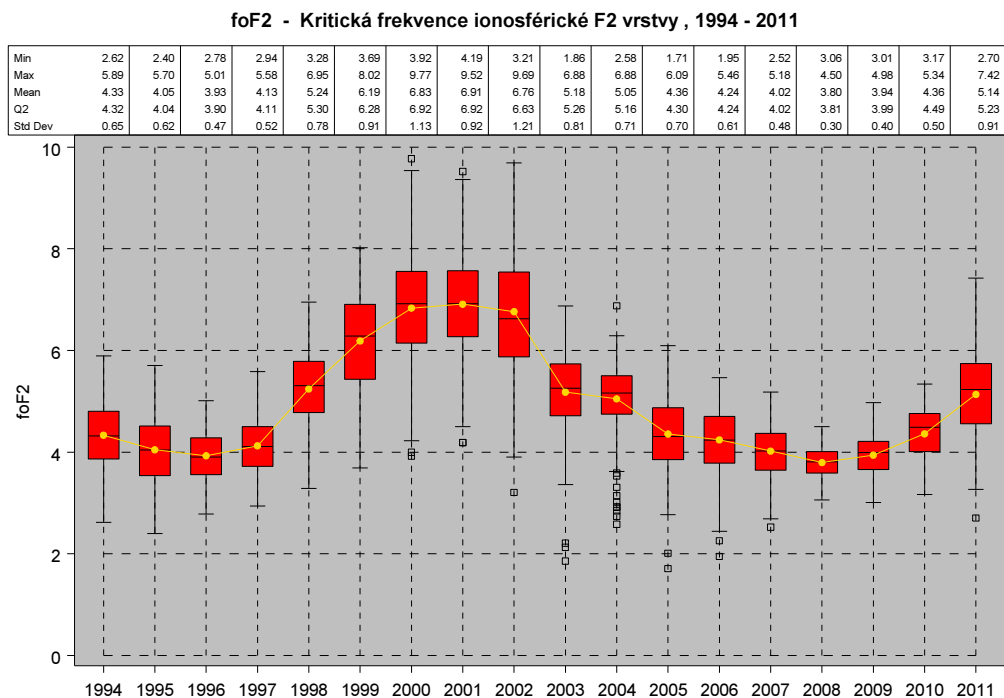
Obrázek 5.6: K_p - planetární K_p indexu v období let 1994–2011.

Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Obrázek 5.7: AE - aurální proud v období let 1994–2011.

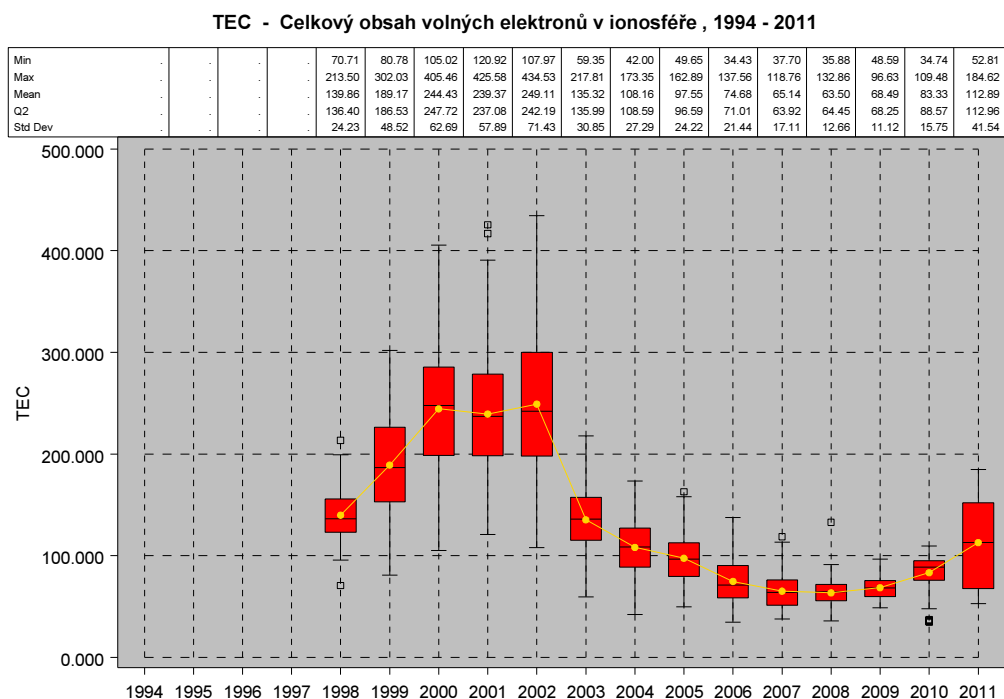


Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Obrázek 5.8: f_oF2 - kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy v období let 1994–2011.

Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Obrázek 5.9: TEC - celkový obsah volných elektronů v ionosféře v období let 1994–2011.



Poznámky: Popisné statistiky fyzikálních parametrů v jednotlivých letech jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Pro příčiny smrti, které jsou v dalších analýzách podrobněji zmiňovány jsou na obrázcích 5.10 až 5.31 krabicové diagramy. Krabicové diagramy typu *Schematic* byly stejně jako pro krabicové diagramy slunečních a ionosférických parametrů vykresleny v programu SAS 9.2 z databázové tabulky s denními resp. měsíčními agregovanými počty zemřelých na vybrané příčiny smrti. Maxima a minima počtu zemřelých a počet zemřelých za rok jsou uvedeny v rámečku nad krabicovým diagramem. Na diagramech lze vidět i dopad změn v kódovací praxi z tabulky 5.1.

Roční počty zemřelých na všechny zvolené příčiny smrti v analyzovaném období let 1994–2011 jsou uvedeny v Příloze č.1 v tabulkách 6.1 a 6.2 a zobrazeny sloupcovými grafy 6.1 až 6.33.

Tabulka 5.1: Dopady změn v kódovací praxi na počty zemřelých na analyzované příčiny smrti.

Příčina smrti	2010	2011	Změna celkem (2010=1)	Vliv kódování (2010=1)	Reálný vývoj (2010=1)
Alzheimerova nemoc (G30)	403	1 046	2,6	2,33	1,27
Plicní embolie (I26)	1 903	1 252	0,66	0,69	0,97
Srdeční zástava (I46)	1 112	615	0,55	0,4	1,15
Selhání srdce (I50)	1 734	4 214	2,43	1,83	1,6

Zdroj: Daňková, Š.: Změny evidence zemřelých od roku 2013, ÚZIS ČR, 2013

Podle [Daňková, 2013] v důsledku změn kódovací praxe MKN-10 klesl ve sledovaném období od roku 2007 registrovaný počet zemřelých na příčinu smrti I50 (Selhání srdce). Pokles je viditelný na grafu rozložení zemřelých 6.11 v Příloze č.2 a na krabicovém diagramu na obrázku 5.26. V roce 2011 došlo k nárůstu počtu zemřelých na příčinu smrti G30 (Alzheimerova nemoc) z důvodu registrace až na dvojnásobek, viz tabulka 5.1 a grafy 6.29 a 5.17.

Obdobný výkyv je pozorovatelný pro příčiny smrti G20 (Parkinsonova nemoc), na obrázcích 6.29 a 5.15, a G21 (Sekundární parkinsonismus), na obrázku 6.28. Tyto změny mohou případně ovlivnit výsledky shlukové analýzy v počtu skupin, ale na sledování závislosti počtu zemřelých na denních a měsíčních změn slunečních a ionosférických parametrů nemají podstatný vliv.

Dále budou podle [Klener, 2006] popsány příčiny smrti, které jsou podle [Cornelissen, 2002], [Halberg, 2000a], [Halberg, 2000b], [Stoupel, 2002a], [Stoupel, 2002b] a [Stoupel, 1990] popisovány jako ovlivňované fyzikálními parametry.

Hodgkinova nemoc C81 patří mezi nádorová onemocnění lymfatické tkáně. Genetickou predispozicí je porucha imunity, EBV, HIV. Nejčastěji je diagnostikován mezi 20. a 30. rokem života. U diagnózy byla po roce 2004 zaváděna nová léčba, která podle dosavadních výsledků zvyšuje přežití na více než 90% po 5 letech a snižuje počet relapsů. Tato změna je viditelná na grafu 6.26 rozložení zemřelých v Příloze č.2 a na krabicovém diagramu na obrázku 5.14.

Zhoubný melanom kůže C43 je nádorové onemocnění postihující většinou kůži. Incidence melanomu v dnešní době roste a postihuje zejména bílou populaci. Mezi rizikové faktory patří věk nad 50 let, vyšší senzitivita na sluneční záření, nadměrná expozice slunečnímu záření v dětství, bulózní dermatitida po spálení sluncem v dětství, imunosuprese a používání solária.

Parkinsonova nemoc G20 je chronické progresivní onemocnění vznikající degenerativním zánikem neuronů. Vyskytuje v jakémkoliv věku, ale nejčastěji mezi 50. až 60. rokem. Zhruba 10 % onemocnění je geneticky podmíněných.

Alzheimerova nemoc G30 je chronické progresivní onemocnění nervové soustavy způsobené degenerativního zániku neuronů. Alzheimerova nemoc je dnes nejčastější příčinou demence středního a vyššího věku. S prodlužováním lidského života začíná být důležitým zdravotnickým, ale i socioekonomickým problémem. Rizikovými faktory jsou věk, Downův syndrom v rodině, ženské pohlaví a nízké vzdělání.

Roztroušená skleróza - sclerosis multiplex G35 je autoimunitní onemocnění bílé hmoty centrální mozkové soustavy vedoucí ke ztrátě myelinu v zánětlivých ložiscích a k difúzní ztrátě axonů. Začíná nejčastěji mezi 20. a 30. rokem. Postihuje muže i ženy v poměru 1 : 2. To je vysvětlováno hormonálními vlivy na imunitní systém.

Epilepsie - padoucnice G40 jsou opakované záchvaty přechodné mozkové dysfunkce podmíněné excesivními výboji mozkových neuronů, depolarizace více neuronů současně a EEG změnami. Výskyt v populaci je 3–5 %.

Akutní infarkt myokardu I21 je akutní nekróza srdeční tkáně vznikající v důsledku ischemie. Příčinou ischemie je náhlý uzávěr koronární tepny nebo její extrémní zúžení. Studie INTERHEART uvádí jako hlavními rizikové faktory infarktu myokardu (nezávisle na pohlaví, věku a geografické oblasti): poruchu lipidového metabolismu, kouření, hypertenze, diabetes mellitus, břišní typ obezity, psychosociální faktory, nedostatečnou pohybovou aktivitu a nadměrnou konzumaci alkoholu.

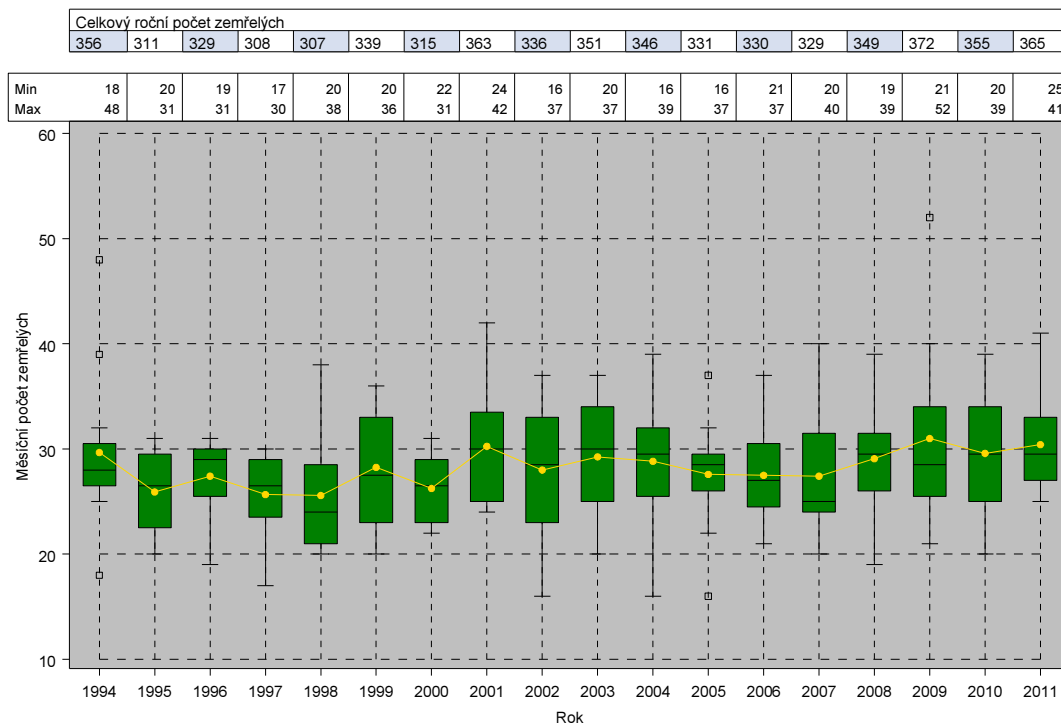
I61 Intracerebrální krvácení je hemoragická cévní mozková příhoda charakterizována intrakraniálním krvácením do mozku nebo do komorového systému. Hemoragická cévní mozková příhoda tvoří přibližně 20 % všech mozkových příhod a jsou spojeny s nižším přežitím než je tomu u ischemických mozkových příhod. Až 60 % nemocných umírá do půl roku od vzniku onemocnění.

Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt I64 je selhání mozkového krevního oběhu. Ischemické cévní mozkové příhody tvoří 80–85% všech cévních mozkových příhod. Možnosti léčby prodělávají v současnosti významné změny. Rozšířily se jak včasné diagnostické metody, tak i účinná a včasná léčba.

Syndrom Edwardsův a Patauův Q91 je vrozená vývojová vada způsobená chromozomální abnormalitou a patří tedy mezi příčiny smrti které jsou ovlivnitelné vysokoenergetickými částicemi. Většina postižených tímto syndromem umírá před dosažením 2 měsíce života, 50 % během prvního měsíce. Hlavními znaky jsou rozštěpy rtu a patra, polydaktylie, anomálie obratlů, mnohočetné vady - srdce, ledvin, CNS, pohlavních orgánů, hluchota, anomálie ušních boltců a těžká psychomotorická retardace.

Obrázek 5.10: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti C43 v období let 1994–2011, Česká republika.

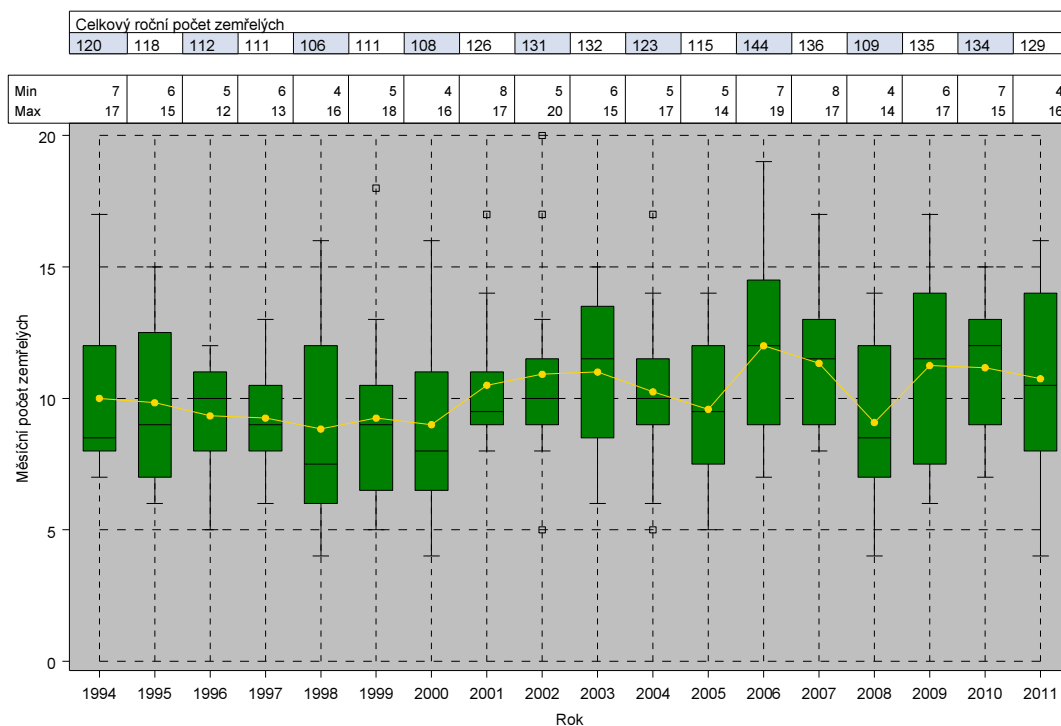
Příčina smrti: C43 - Zhoubný melanom kůže



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.11: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti C44 v období let 1994–2011, Česká republika.

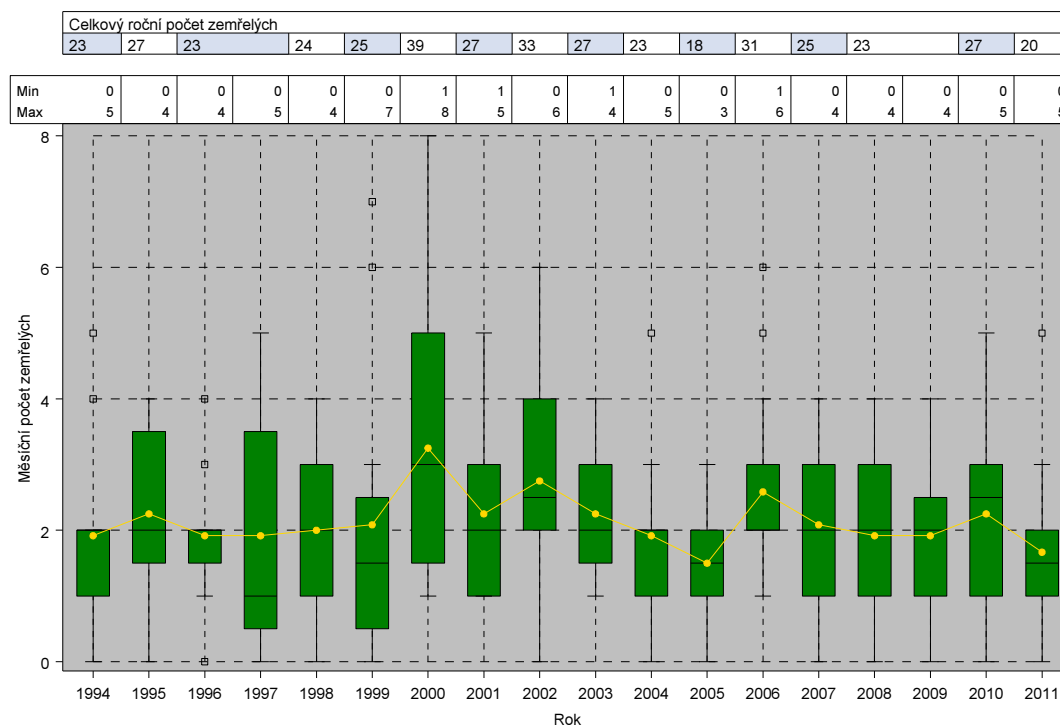
Příčina smrti: C44 - Jiný zhoubný novotvar kůže



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.12: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti C69 v období let 1994–2011, Česká republika.

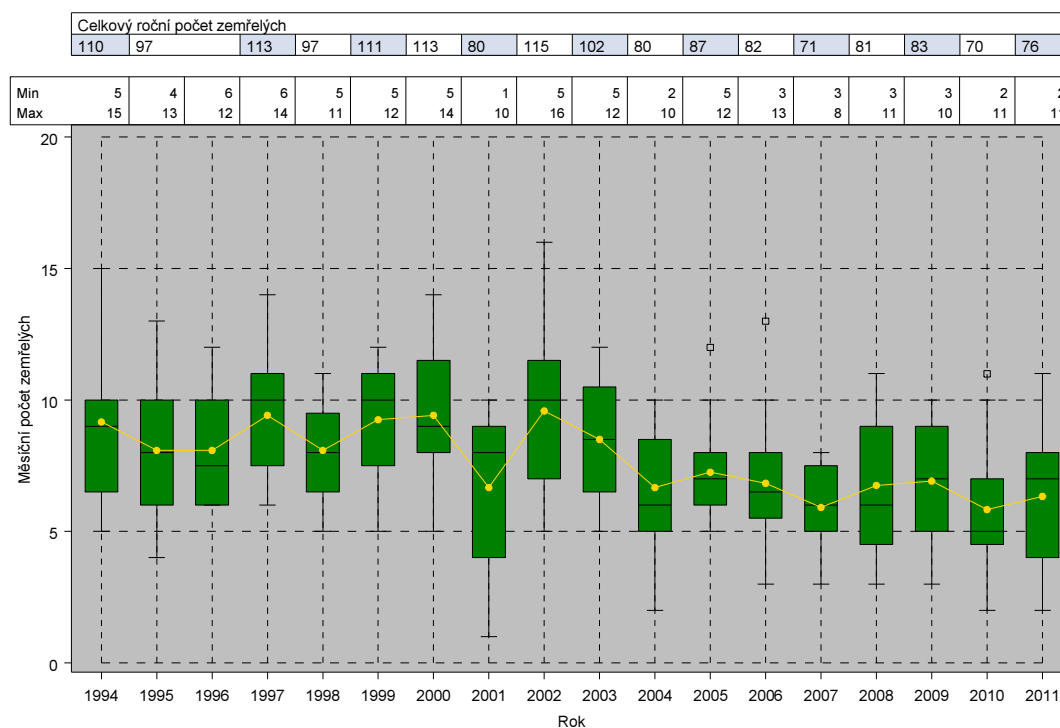
Příčina smrti: C69 - Zhoubný novotvar oka a očních adnex



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

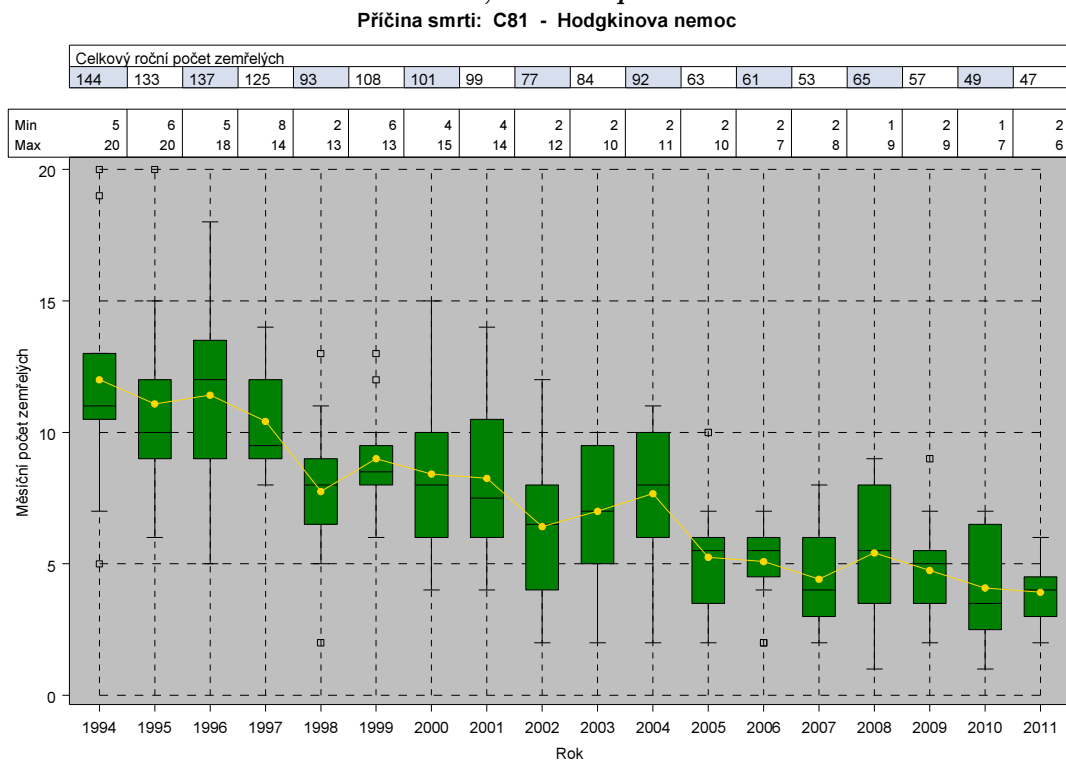
Obrázek 5.13: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti C73 v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina smrti: C73 - Zhoubný novotvar štítné žlázy



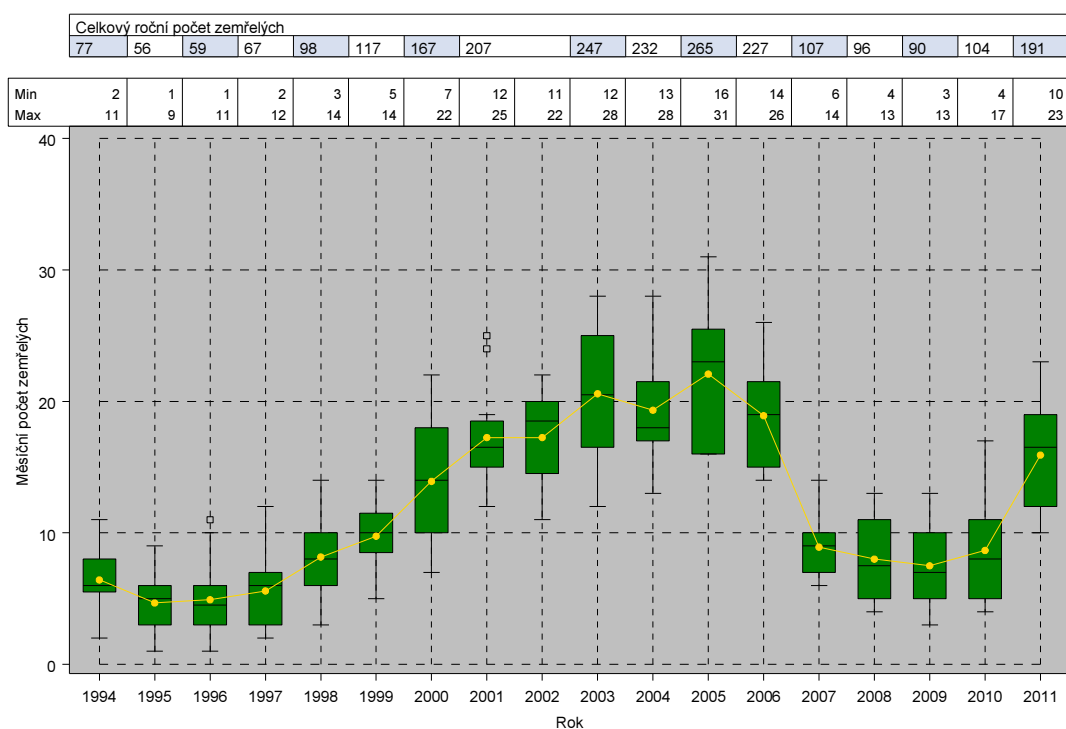
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.14: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti C81 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

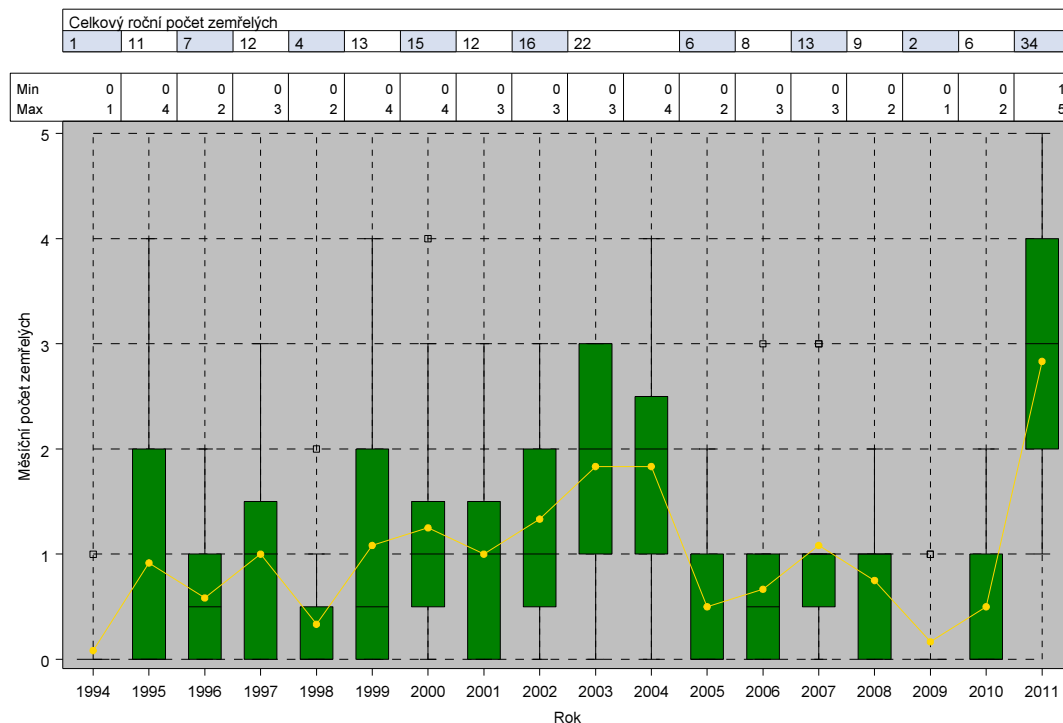
Obrázek 5.15: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti G20 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.16: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti G21 v období let 1994–2011, Česká republika.

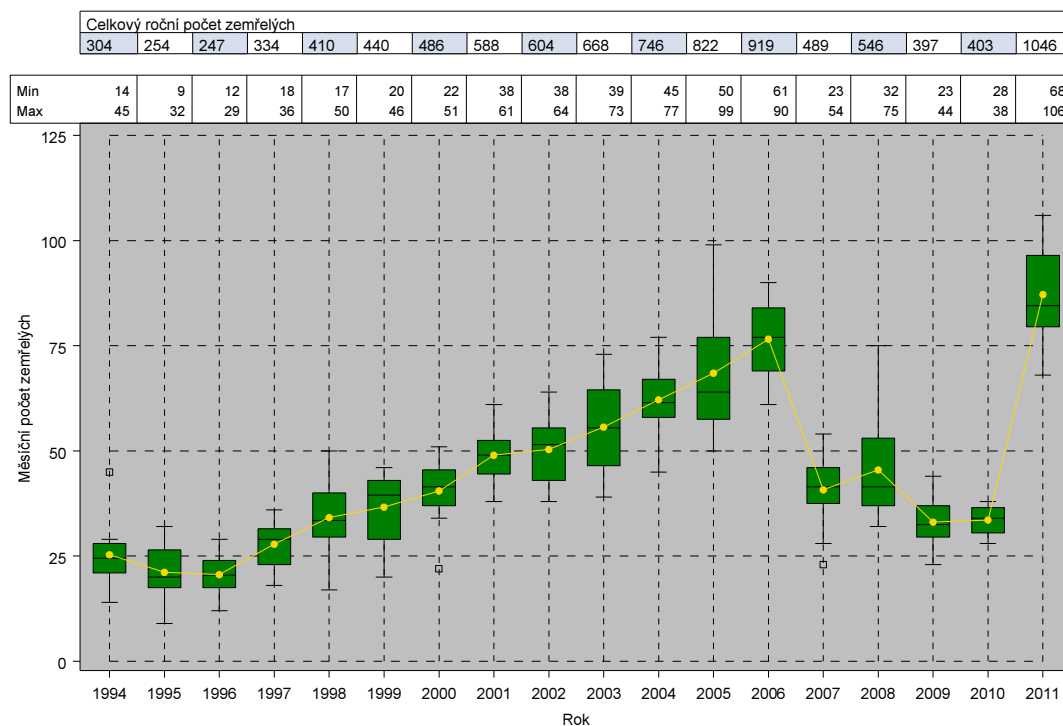
Příčina smrti: G21 - Sekundární parkinsonismus



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.17: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti G30 v období let 1994–2011, Česká republika.

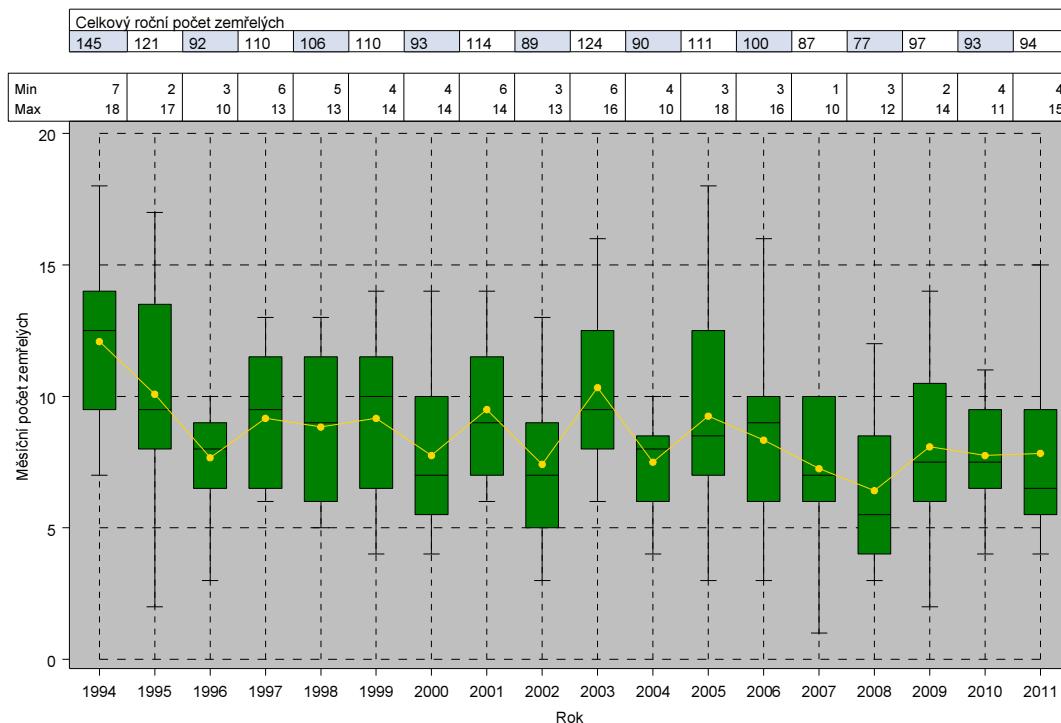
Příčina smrti: G30 - Alzheimerova nemoc



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.18: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti G35 v období let 1994–2011, Česká republika.

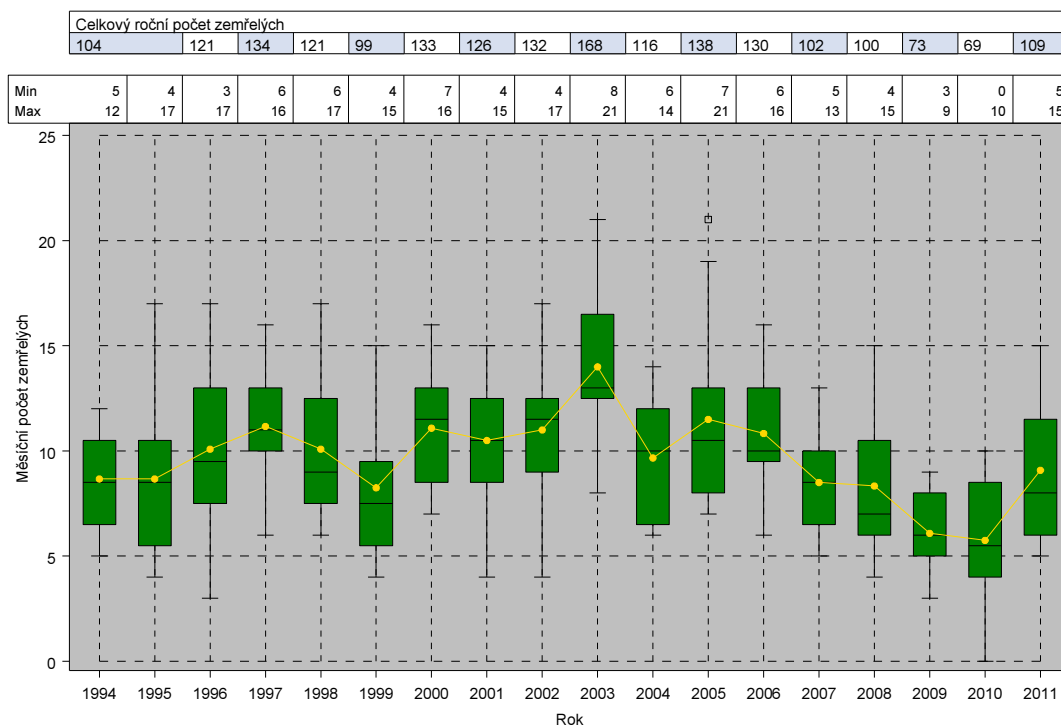
Příčina smrti: G35 - Roztroušená skleróza - sclerosis multiplex



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.19: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti G40 v období let 1994–2011, Česká republika.

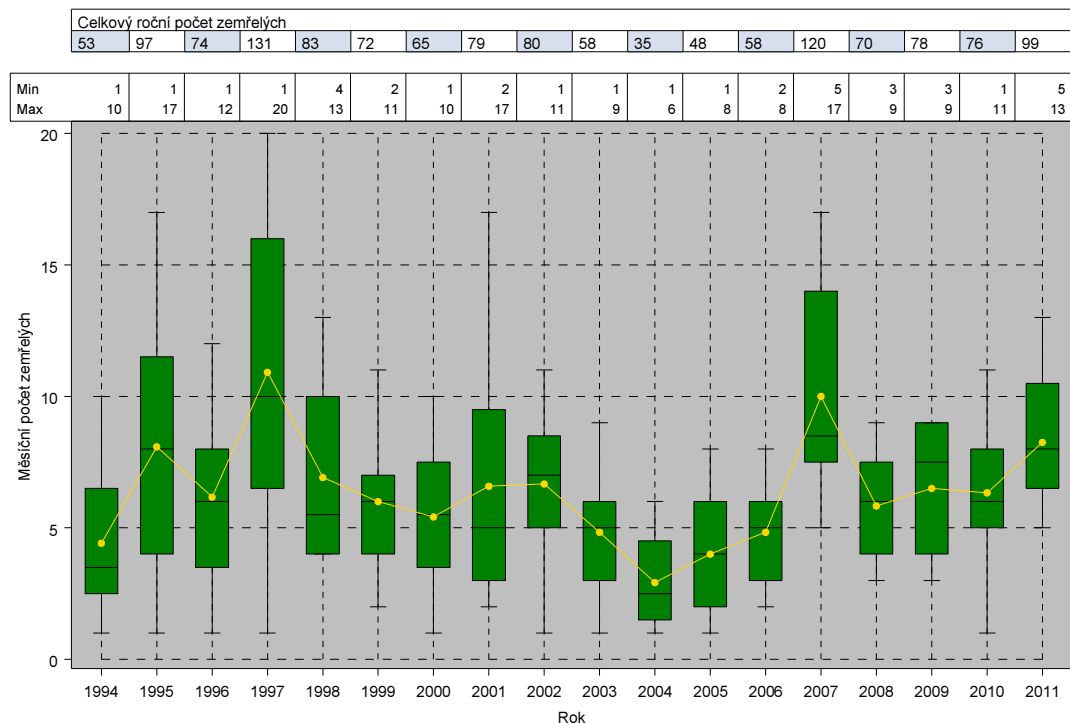
Příčina smrti: G40 - Epilepsie - padoucnice



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.20: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I20 v období let 1994–2011, Česká republika.

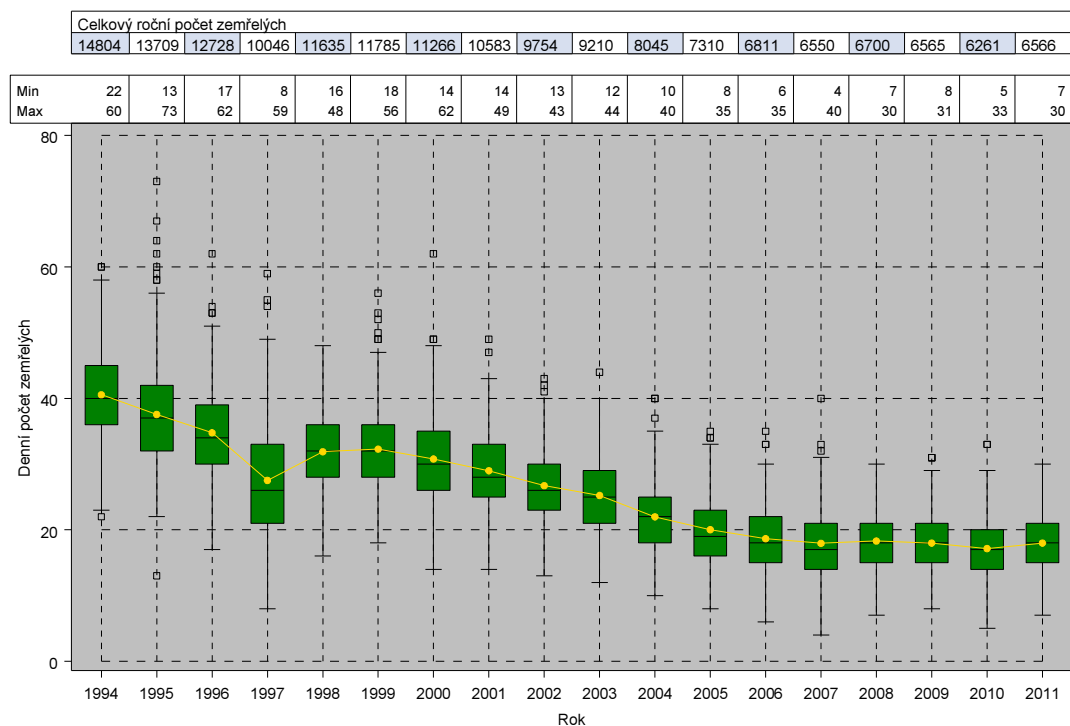
Příčina smrti: I20 - Angina pectoris



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.21: Krabicový diagram denních počtů zemřelých na příčinu smrti I21 v období let 1994–2011, Česká republika.

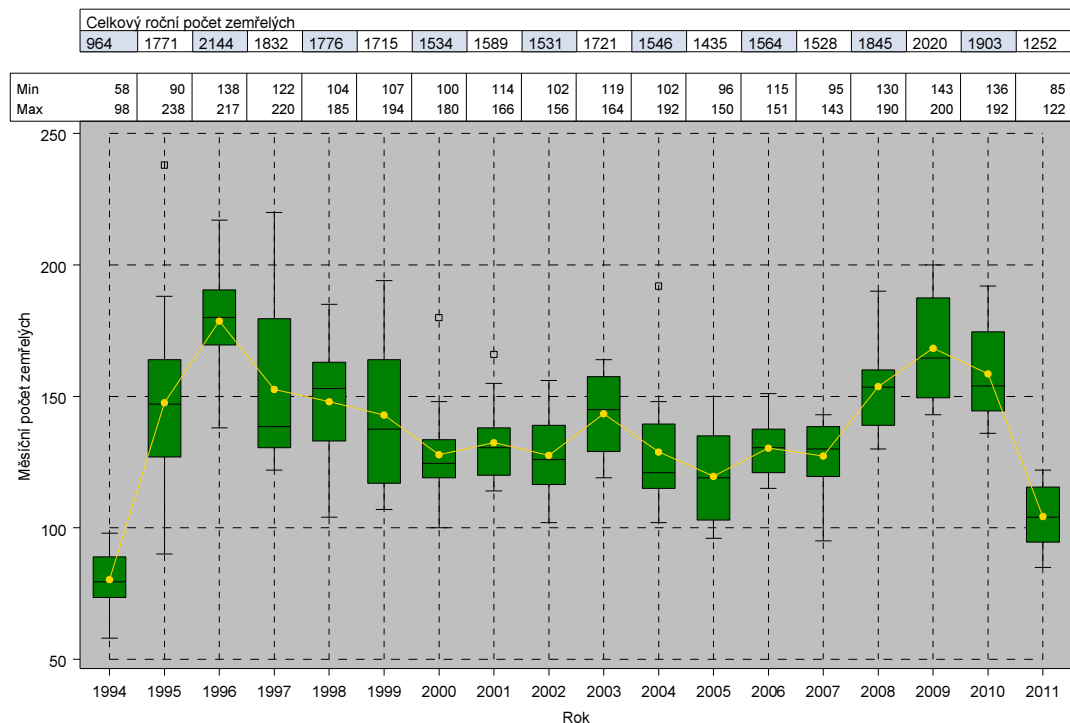
Příčina smrti: I21 - Akutní infarkt myokardu



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.22: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I26 v období let 1994–2011, Česká republika.

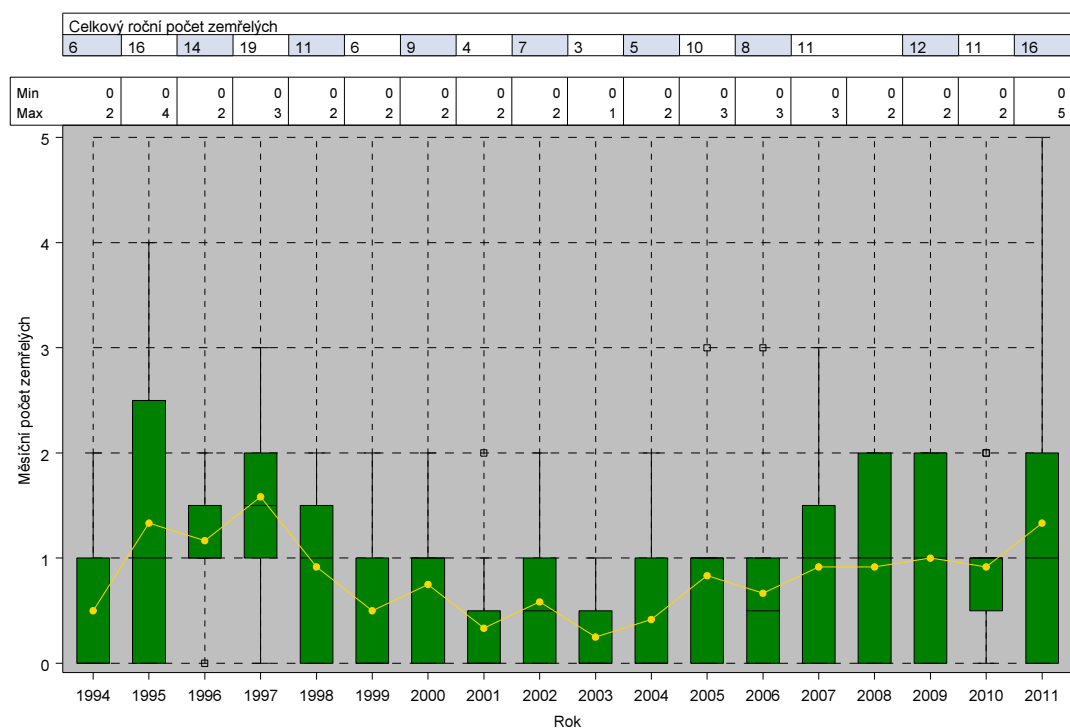
Příčina smrti: I26 - Plicní embolie



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.23: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I45 v období let 1994–2011, Česká republika.

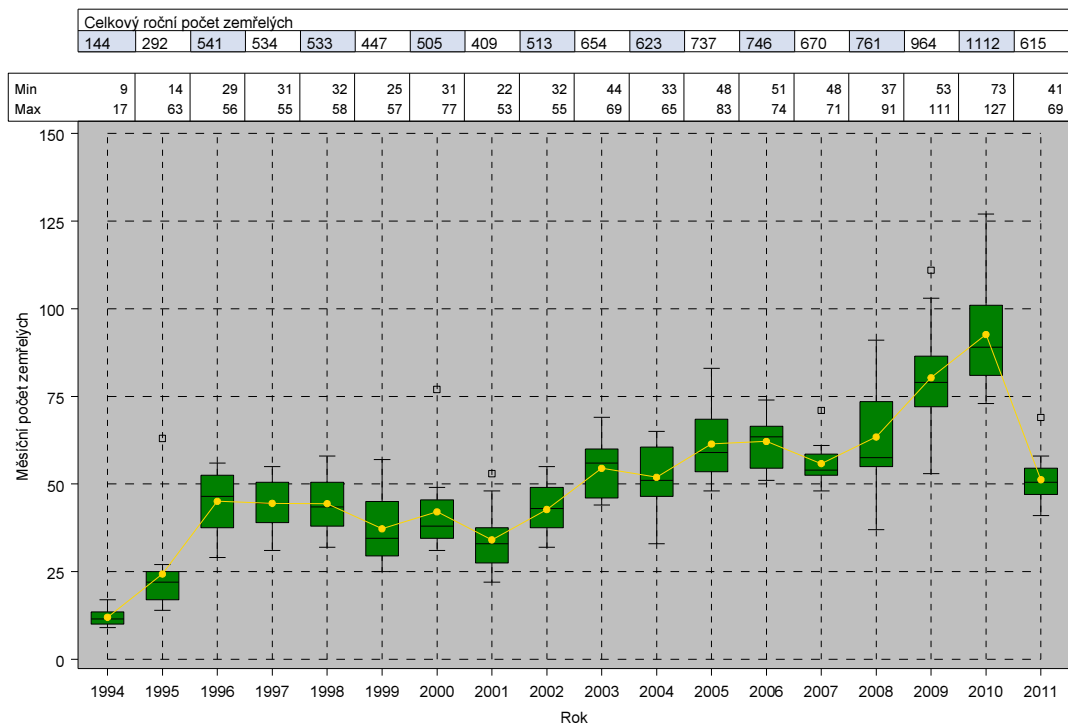
Příčina smrti: I45 - Jiné poruchy vedení srdečních vzruchů



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.24: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I46 v období let 1994–2011, Česká republika.

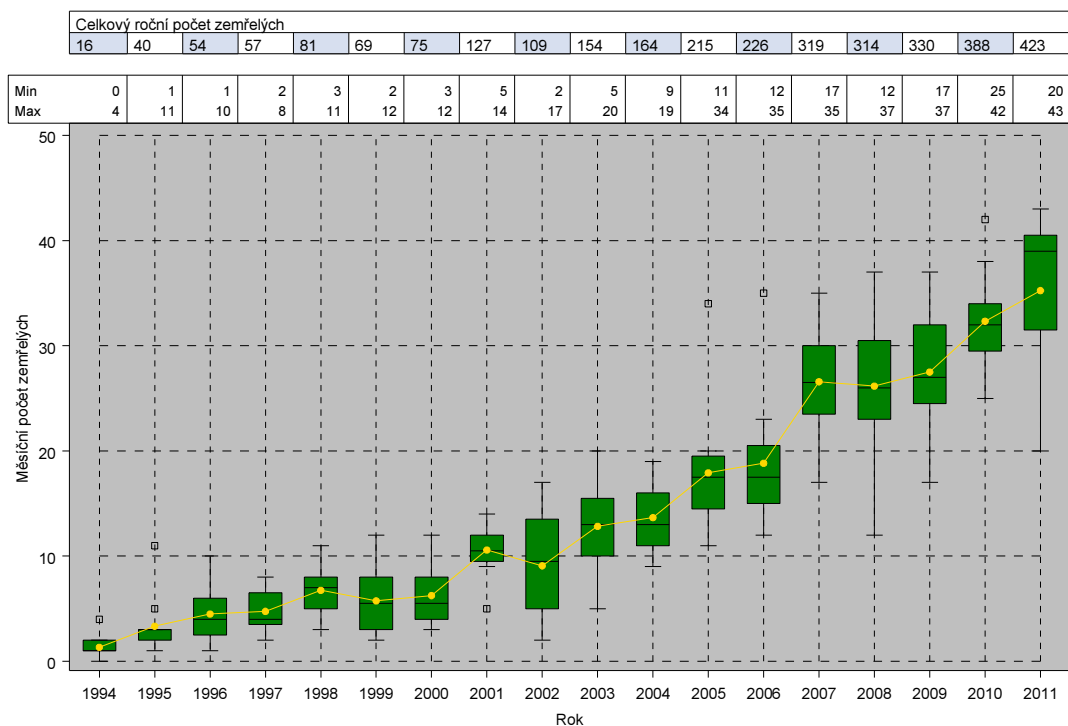
Příčina smrti: I46 - Srdeční zástava



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

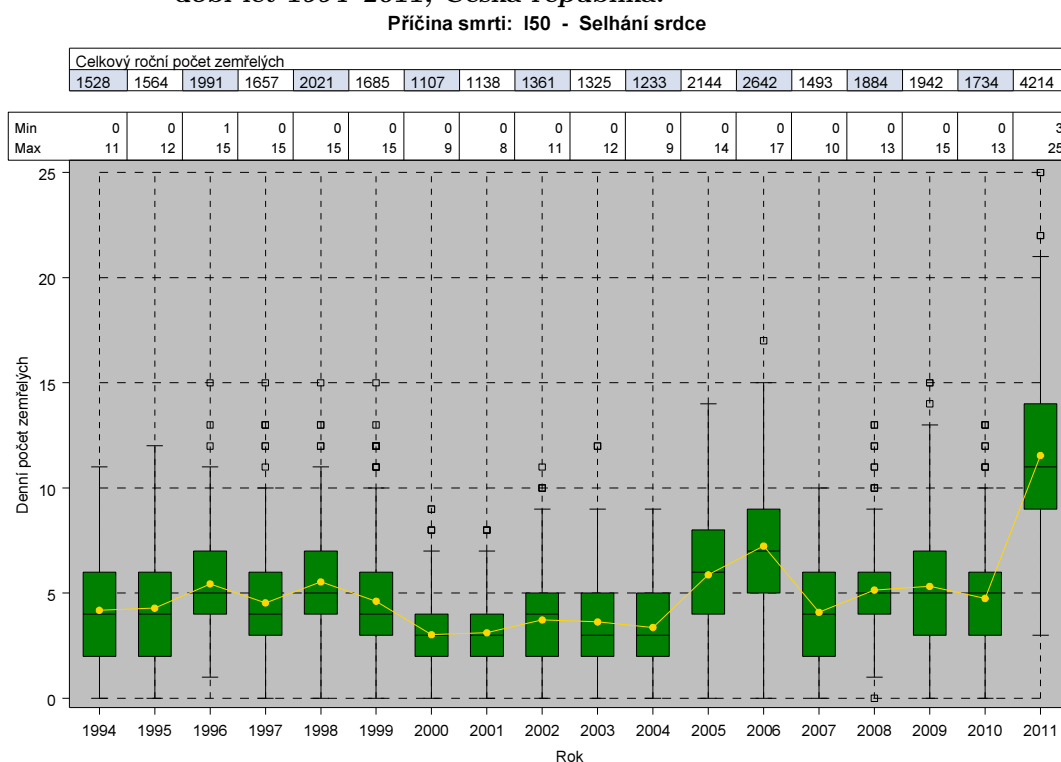
Obrázek 5.25: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I48 v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina smrti: I48 - Fibrilace a flutter síní



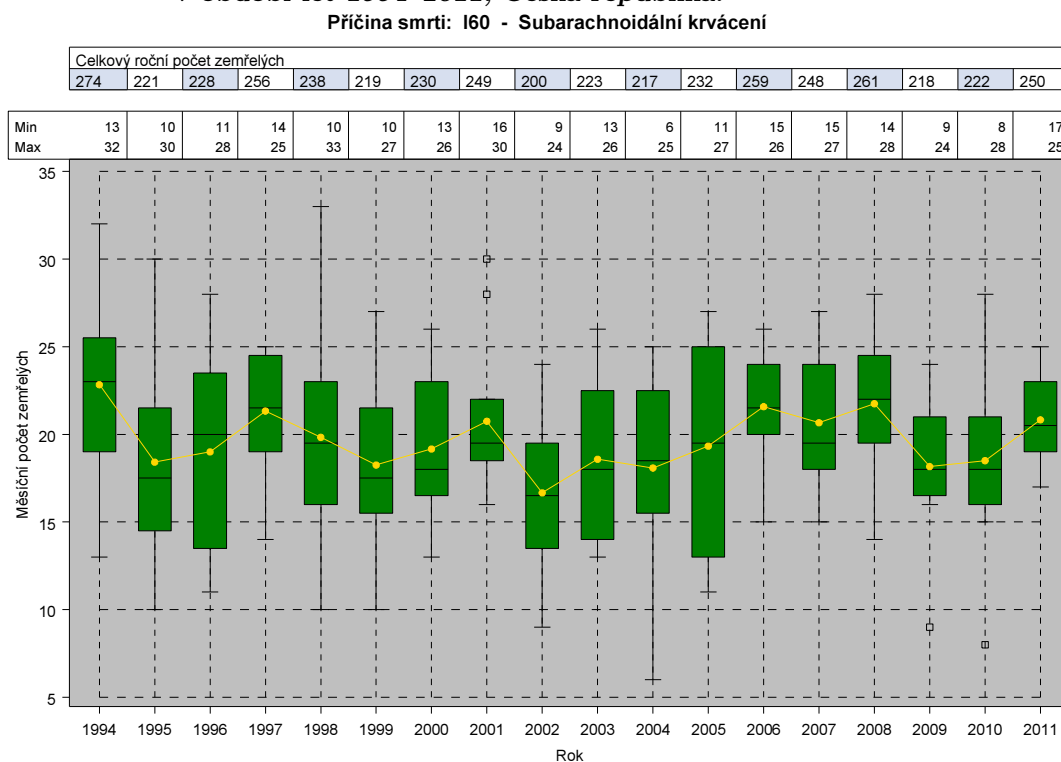
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.26: Krabicový diagram denních počtů zemřelých na příčinu smrti I50 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

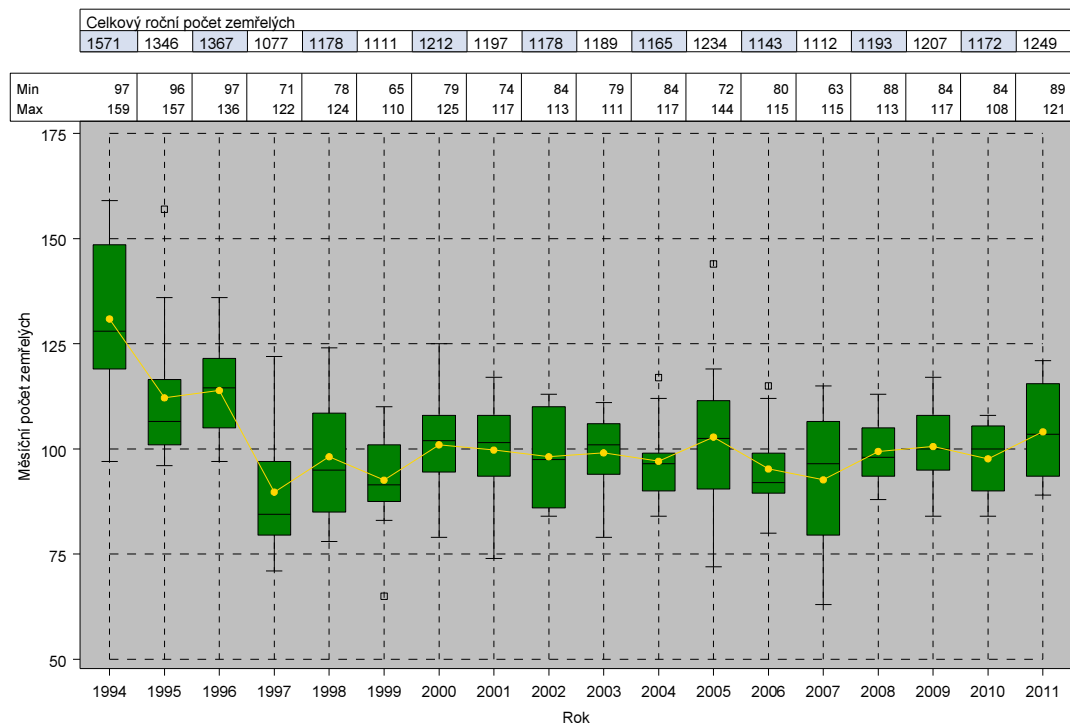
Obrázek 5.27: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I60 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.28: Krabicový diagram měsíčních počtů zemřelých na příčinu smrti I61 v období let 1994–2011, Česká republika.

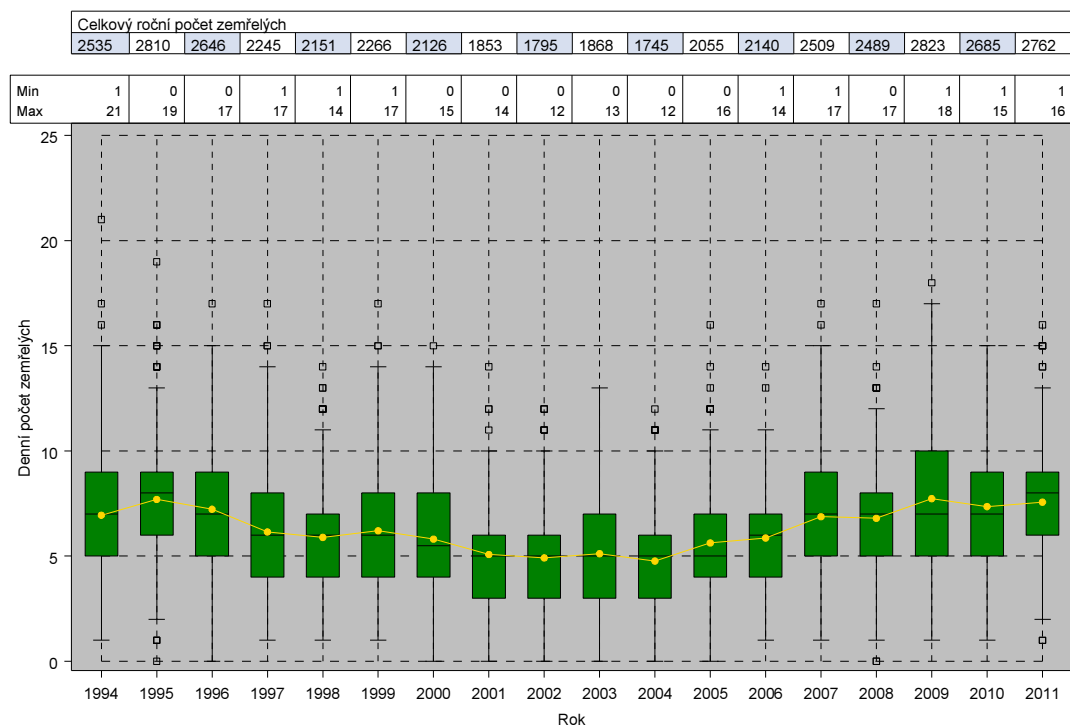
Příčina smrti: I61 - Intracerebrální krvácení



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.29: Krabicový diagram denních počtů zemřelých na příčinu smrti I63 v období let 1994–2011, Česká republika.

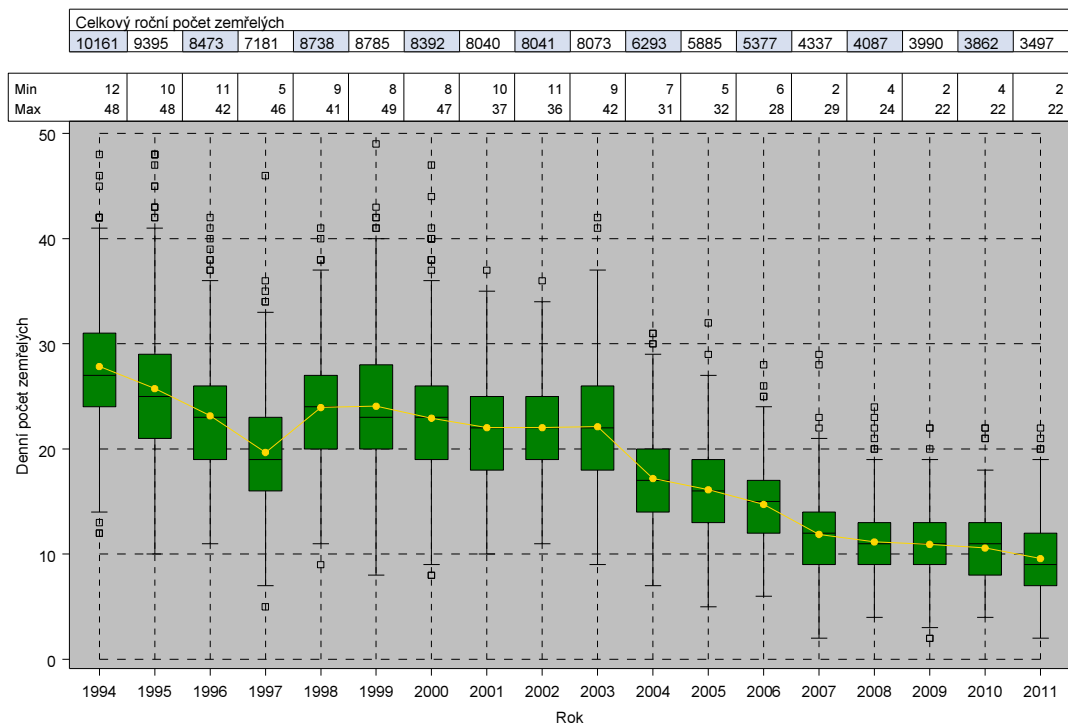
Příčina smrti: I63 - Mozkový infarkt



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.30: Krabicový diagram denních počtů zemřelých na příčinu smrti I64 v období let 1994–2011, Česká republika.

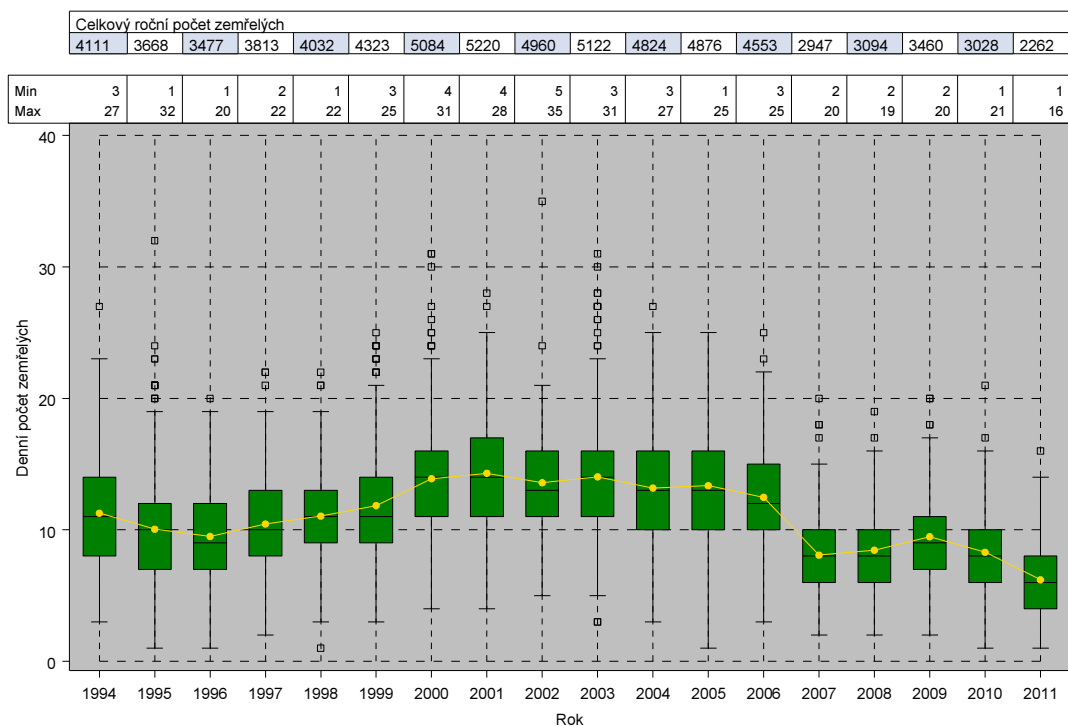
Příčina smrti: I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 5.31: Krabicový diagram denních počtů zemřelých na příčinu smrti I67 v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina smrti: I67 - Jiná cévní onemocnění mozku



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

5.2 Typologie časových profilů příčin úmrtí

V této podkapitole jsou uvedeny výsledky shlukové analýzy pro vybrané příčiny smrti v období let 1994–2011. Typologie časových profilů příčin úmrtí byla zjištěna pomocí shlukové analýzy pro řady zemřelých na zvolené příčiny smrti. Použita byla shluková analýza aplikovaná na časové řady podle [Corliss, 2012]. Výpočet byl realizován v programu SAS 9.2 pomocí procedury FASTCLUS pro denní, resp. měsíční agregované počty zemřelých podle zvolených jednotlivých příčin smrti. Výpočet byl proveden odděleně pro každou řadu počtu zemřelých na vybranou příčinu smrti. Postup výpočtu je popsán na straně 31. Objekty jsou zde tedy dvojsložkové vektory, kde první složka je rok pozorování v numerické podobě a druhá složka denní, resp. měsíční, agregovaný počet zemřelých na analyzovanou příčinu smrti. Maximální počet iterací při výpočtu byl zvolen 10, podle popisu shlukové analýzy časových řad v [Corliss, 2012].

Příčiny smrti G90, L90, Q63, Q85, Q86 a Q96 nebylo možné analyzovat vzhledem k malému počtu zemřelých a jejich rozložení ve sledovaném období 1994–2011. Za příčinu smrti G90 (Poruchy autonomní nervové soustavy) 12 zemřelých, L90 (Atrofická onemocnění kůže) 1 zemřelý, Q63 (Jiné vrozené vady ledvin) 11 zemřelých, Q85 (Fakomatózy, nezařazené jinde) 15 zemřelých, Q86 (Vroz. malformační syndromy způs. znám. zevními příč., nezařaz. jinde) 3 zemřelí, Q96 (Turnerův syndrom) 4 zemřelí. Podrobně jsou počty zemřelých na vybrané příčiny smrti uvedeny v tabulkách 6.1 a 6.2.

Pro každou řadu počtu zemřelých podle vybrané příčiny smrti byl postupně proveden výpočet pro rozdělení na 1, 2, 3, 4 a 5 skupin. Roztřídění do skupin ukázalo, že pro většinu příčin smrti jsou seskupeny do 4 skupin z hlediska roku pozorování a denního, resp. měsíčního, počtu zemřelých na analyzovanou příčinu smrti. Pro jiný počet skupin nebylo roztřídění signifikantní. Výjimkou jsou příčiny C81 (Hodgkinova nemoc), G31 (Jiné degenerativní nemoci nervové soustavy, nezařazené jinde), Q03 (Vrozený hydrocefalus) a Q24 (Jiné vrozené vady srdce), které optimálně tvoří podle analýzy 3 skupiny. Přehled rozdělení pozorování těchto příčin smrti do skupin je v tabulce 5.10. U diagnózy C81 (Hodgkinova nemoc) byla po roce 2004 zaváděna nová léčba, která podle dosavadních výsledků zvyšuje přežití na více než 90% po 5 letech a snižuje počet relapsů. To může být ve shlukové analýze důvodem členění pouze na 3 skupiny, protože počty zemřelých se ve druhé polovině sledovaného období stabilizovaly na nižší úrovni. To lze pozorovat na grafu 6.26 rozložení zemřelých v Příloze č.2 a na krabicovém diagramu na obrázku 5.14. Tato příčina smrti byla do analýzy vybrána proto, že za jeden z možných faktorů podílejících se na jejím rozvoji je kromě EB viru považována také expozice gama záření. Z důvodu výše zmíněné okolnosti ovšem tuto závislost není možné pro sledované období ověřit.

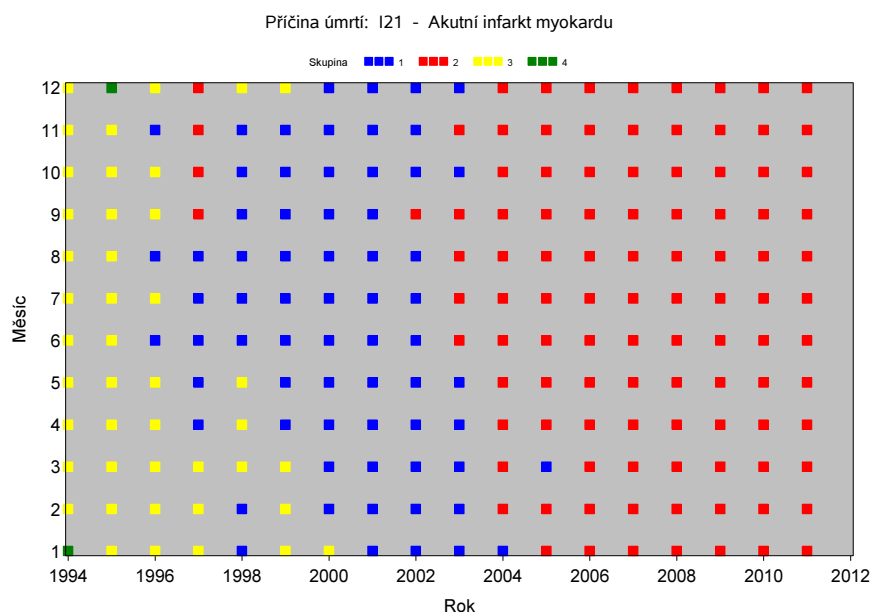
Přehled zařazení pozorování v jednotlivých letech pro sledované příčiny smrti do skupin pomocí shlukové analýzy je v tabulkách 5.2 až 5.10. Shlukování se provádí odděleně pro každou příčinu smrti, a v rámci této řady jsou vypočteny roky centroidů. Pro každou příčinu smrti jsou v tabulce uvedeny parametry 4 skupin, do kterých byly ve sledovaném období podle počtu zemřelých rozděleny. Ve sloupcích jsou kódy příčin smrti, v řádcích pak roky centroidů pro identifikované skupiny 1–4 (Skupina n), střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4 (RMSSTD n) měřící homogenitu skupin založená pouze na vnitroskupinové variabilitě. Vyšší hodnota RMSSTD indikuje nižší homogenitu skupiny. Využívá se také k výpočtu optimálního počtu skupin. Dále je v řádcích tabulek uvedena maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4 (Radius n) a vzájemná vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny (Gap n). V posledním řádku je optimalizační kritérium. Řádky jsou barevně rozlišeny podle barev přiřazených jednotlivým skupinám v grafech časových reprezentací projekcí do skupin.

V Příloze č.3 na obrázcích 6.34 až 6.95 jsou zobrazeny časové reprezentace projekcí do skupin podle roků a denních resp. měsíčních počtů zemřelých na jednotlivé příčiny smrti. Databázová tabulka, ze které jsou grafy kresleny je popsána na straně 33. Tyto grafy ilustrují typologii časových profilů pro jednotlivé příčiny smrti. Jedná se o trojrozměrné zobrazení příslušnosti ke skupině přiřazené shlukovací analýzou v časovém rastru. Grafy jsou vykresleny odděleně pro každou příčinu smrti a seřazeny v sekcích dle skupin příčin smrti. Příslušnost pozorování ke skupině přiřazená shlukovací analýzou je odlišena barvou. Svislá osa reprezentuje měsíc, resp. den pozorování a

vodorovná osa rok pozorování. Skupiny jsou diferencovány podle úrovně úmrtnosti a jejího rozložení ve sledovaném období.

Pro denní počty zemřelých na příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu) lze pozorovat tuto diferenciaci při podrobném vykreslení příslušnosti ke skupinám v časovém rastru den vs. rok, na obrázku 5.34. Na vodorovné ose jsou vyneseny jednotlivé roky, na svislé čísla dní v příslušném roce. Barva okénka zobrazuje přiřazení tohoto pozorování denního počtu zemřelých ke skupině.

Obrázek 5.32: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících pro příčinu smrti akutní infarkt myokardu (I21) v období let 1994–2011, Česká republika.



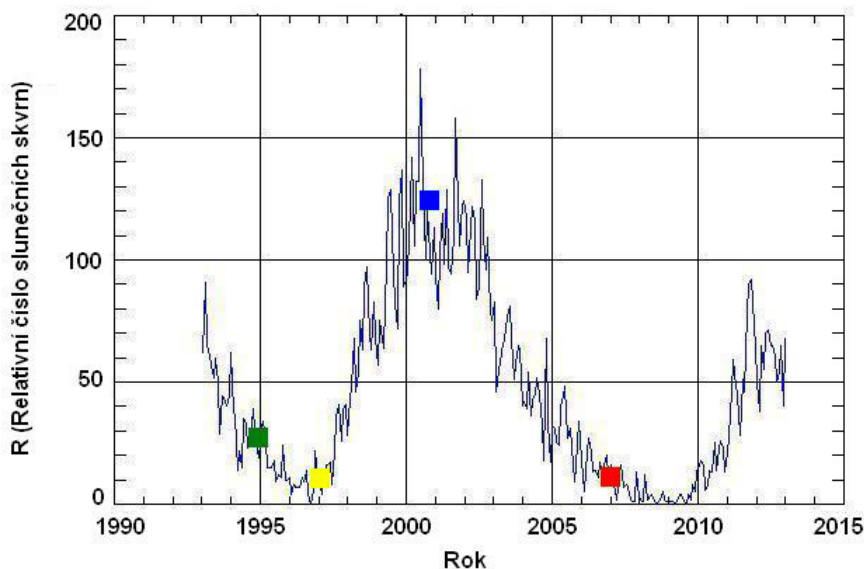
Poznámka: Na vodorovné ose je zobrazen rok, na svislé měsíce v příslušném roce. Barva okénka značí skupinu, ke které byla pozorování denního počtu zemřelých ve dnech daného měsíce nejčastěji přiřazena. Centroidy skupin jsou v letech 1995, 1997, 2001 a 2007.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Schematicky je pro tuto příčinu smrti příslušnost pozorování ke skupině znázorněna na obrázku 5.32, kde je jako v předchozím případě na vodorovné ose rok a na svislé ose měsíc pozorování. Barva okénka zde zobrazuje skupinu, ke které byla pozorování denního počtu zemřelých v daném měsíci nejčastěji přiřazena. Různá barva sousedních okének indikuje významně se lišící počty zemřelých mezi pozorováními. V počátku sledovaného období jsou skupiny menší a výrazněji diferencované. Zeleně je vyznačena nejmenší skupina číslo 4 charakterizovaná nejvyšším počtem zemřelých na počátku sledovaného období. Žlutě vyznačená skupina číslo 3 pokrývá období poklesu počtu zemřelých od roku 1994 do roku 1999. Skupina číslo 1 je na obrázku vyznačena modře a pokrývá období, kdy došlo k opětovnému vzestupu počtu zemřelých a následnému dalšímu poklesu a stabilizaci. Od roku 2004 je většina pozorování přiřazena k jedné homogenní skupině číslo 4 označené červeně, to odpovídá vyrovnanému průměrnému počtu zemřelých v tomto období. Centroidy skupin jsou pro příčinu smrti I21 v letech 1995, 1997, 2001 a 2007 a jsou zakresleny barvou příslušné skupiny do grafu průběhu slunečního cyklu na obrázku 5.33. Je zde pozorovatelná dislokace let centroidů do obou minim a maxima slunečního cyklu. Lze tedy usuzovat na odlišný průběh časové řady denního počtu zemřelých v maximu a minimech slunečního cyklu.

Analogické grafy pro příčinu smrti I64 (Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt) jsou na obrázcích 5.37 a 5.35. Pro tuto příčinu smrti jsou roky centroidů skupin 1997, 1998, 2000 a 2008 a jejich poloha v grafu průběhu slunečního cyklu je na obrázku 5.36. V těchto grafech lze pozorovat, že centroidy skupin jsou v čase lokalizovány zejména do obou minim sledovaného slunečního cyklu, maxima a do jeho vzestupné fáze. Toto rozložení lze pozorovat u sku-

Obrázek 5.33: Vyznačení let centroidů skupin do průběhu slunečních cyklů 22–24 pro příčinu smrti akutní infarkt myokardu (I21)



Roky centroidů jsou dislokovány do obou minim a maxima slunečního cyklu. Centroidy jsou odlišeny barvou podle skupin přiřazených pozorováním shlukovací analýzou.

Zdroj: Vlastní výpočet.

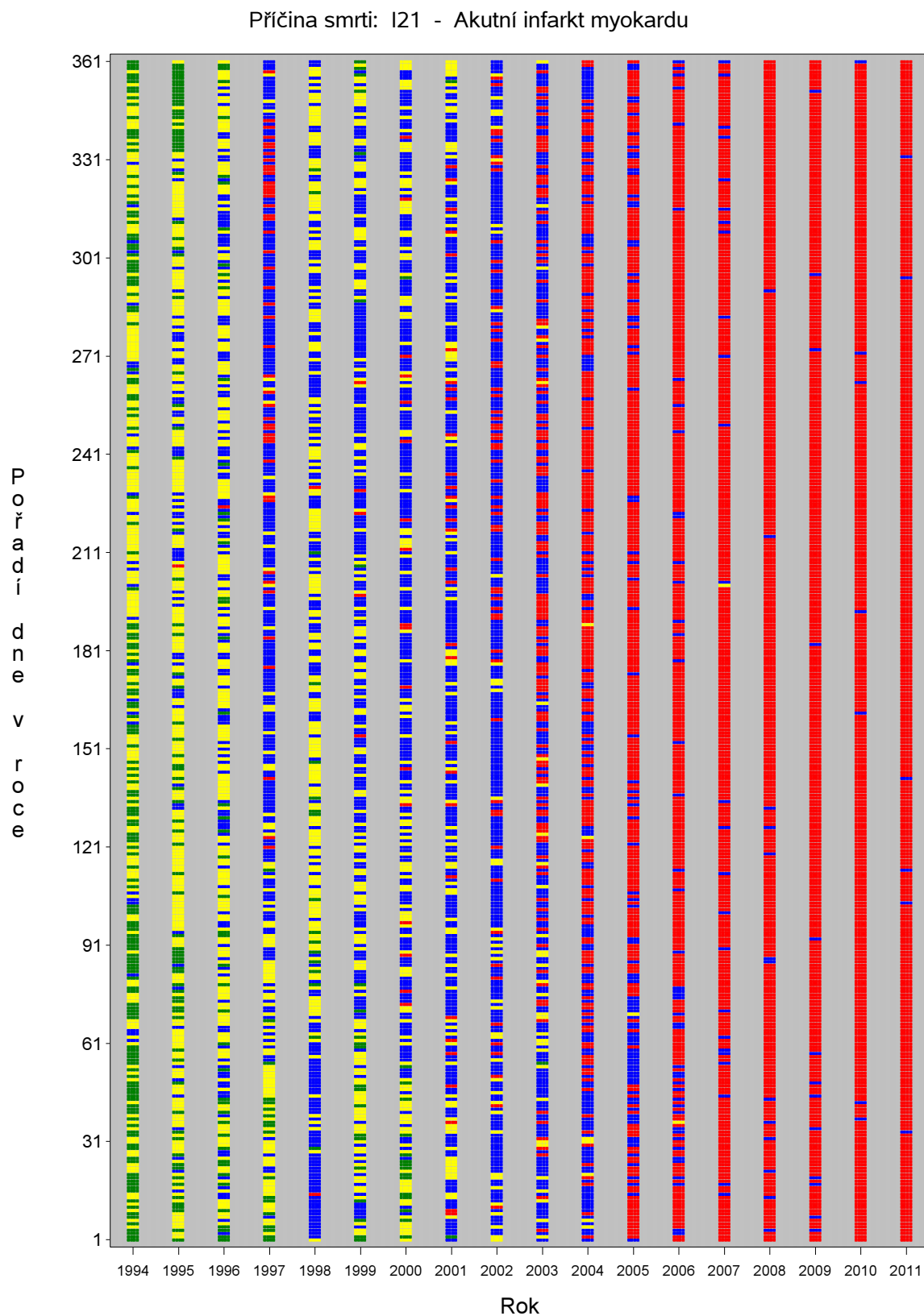
piny IX. Nemoci oběhové soustavy. Nejde samozřejmě o zcela jednotný proces, pro ostatní skupiny příčin smrti jsou pozorovatelné odlišnosti v rozložení centroidů mezi skupinami příčin smrti.

V počátku sledovaného období jsou skupiny menší, skupina v maximu slunečního cyklu není tak kompaktní jako u akutního infarktu myokardu. Od roku 2004 je většina pozorování přiřazena k jedné homogenní skupině. Počet zemřelých na tuto příčinu smrti lze podle variability a úrovně také rozdělit do 4 období. Pokles v letech 1994–1997 a 2003–2007, a stabilní období v letech 1998–2008 a 2008–2011. Do roku 2003 bylo možné pozorovat výrazně vyšší variabilitu denních počtů zemřelých.

Rozložení skupin v čase se pro příčinu smrti I26 (Plicní embolie), obr. 6.35, I46 (Srdeční zástava), obr. 6.36, I60 (Subarachnoidální krvácení), obr. 6.40, a I61 (Intracerebrální krvácení), obr. 6.41 liší od ostatních příčin smrti ve skupině IX. Nemoci oběhové soustavy. Skupiny se zde v čase překrývají a nejsou vzájemně výrazně diferencované. To je v souladu s vyrovnanými ročními počty zemřelých ve sledovaném období, na obrázcích 6.4, 6.7, 6.12 a 6.13, a velkým ročním rozptylem měsíčních počtů zemřelých ve sledovaném období, na krabicových diagramech 5.22, 5.24, 5.27 a 5.28.

U skupiny příčin smrti II. Novotvary jsou odlišnosti v časovém rozložení příslušnosti ke skupinám identifikovaným shlukovou analýzou. Podobný typ rozložení skupin lze sledovat u příčin smrti C43 (Zhoubný melanom kůže), obr. 6.52 a C44 (Jiný zhoubný novotvar kůže), obr. 6.53, kde jsou výrazné dvě větší skupiny s centroidy v minimech slunečního cyklu a dvě menší v jeho maximu. U příčiny smrti C71 (Zhoubný novotvar mozku), obr. 6.56, se skupiny v čase překrývají a nejsou vzájemně výrazně diferencované. U příčiny smrti C73 (Zhoubný novotvar štítné žlázy), obr. 6.58 vidíme dvě skupiny ve vzestupné fázi slunečního cyklu, které se vzájemně překrývají. V maximu a dalším minimu jsou výrazně oddělené. Jak již bylo uvedeno, měsíční počty zemřelých na příčinu smrti C81 (Hodgkinova nemoc), obrázek 6.59, jsou rozděleny do tří skupin, z důvodu změny způsobu léčby v roce 2004. Pro ostatní příčiny smrti jsou skupiny kompaktní a výrazně časově diferencované.

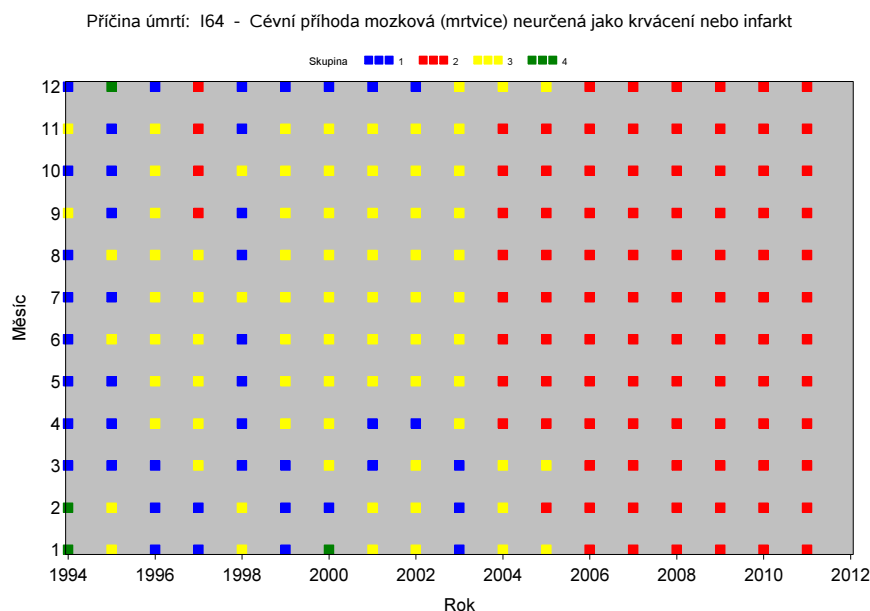
Obrázek 5.34: Zobrazení příslušnosti pozorování denních počtů zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) ke skupinám v období let 1994–2011, Česká republika.



Poznámka: Na vodorovné ose je zobrazen rok, na svislé čísla dní v příslušném roce. Barva okénka značí přiřazení pozorování denního počtu zemřelých ke skupině. Centroidy skupin jsou v letech 1995, 1997, 2001 a 2007.

Zdroj: Vlastní výpočet.

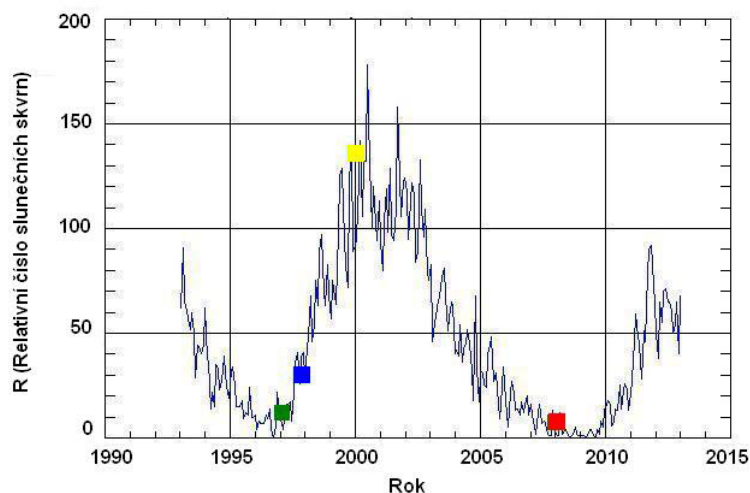
Obrázek 5.35: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících pro příčinu smrti cévní příhoda mozková (mrtvice) (I64) v období let 1994–2011, Česká republika.



Poznámka: Na vodorovné ose je zobrazen rok, na svislé měsíce v příslušném roce. Barva okénka značí skupinu. Centroidy skupin jsou v letech 1997, 1998, 2000 a 2008.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 5.36: Vyznačení let centroidů skupin do průběhu slunečních cyklů 22–24 pro příčinu smrti cévní příhoda mozková (mrtvice)(I64).

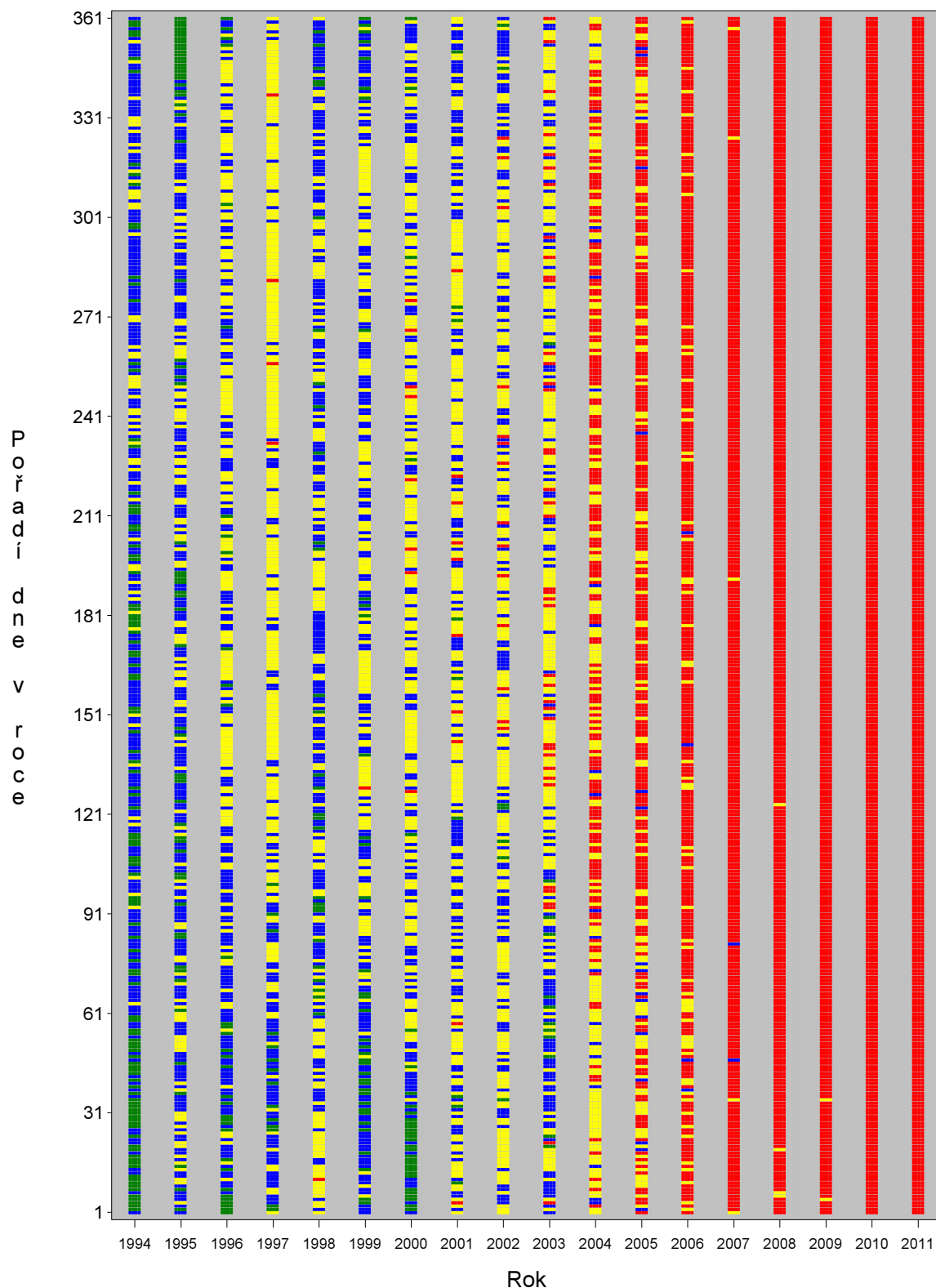


Roky centroidů jsou dislokovány do obou minim a maxima slunečního cyklu. Centroidy jsou odlišeny barvou podle skupin přiřazených pozorováním shlukovací analýzou.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 5.37: Zobrazení příslušnosti pozorování denních počtů zemřelých na cévní příhodu mozkovou (mrtvici)(I64) ke skupinám v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina smrti: I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt



Poznámka: Na vodorovné ose je zobrazen rok, na svislé čísla dní v příslušném roce. Barva okénka značí přiřazení pozorování denního počtu zemřelých ke skupině. Centroidy skupin jsou v letech 1997, 1998, 2000 a 2008.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Specifické časové rozložení příslušnosti ke skupinám identifikovaným shlukovou analýzou ve skupině příčin smrti VI. Nemoci nervové soustavy pozorujeme u příčiny smrti G20 (Parkinsonova nemoc), obr. 6.62 a G30 (Alzheimerova nemoc), obr. 6.64, kde jsou příslušnosti ke skupinám rozděleny na segmenty dle roků a měsíců. Důvodem zde může být změna metodiky registrace. Vzájemnou podobnost vidíme u dvojice příčin G35 (Roztroušená skleróza), obr. 6.66 a G40 (Epilepsie), obr. 6.69. Dvě skupiny jsou zde umístěny vždy do vzestupné a sestupné fáze slunečního cyklu. Toto rozložení odpovídá předpokladu podle [Johnsen, 2005], že zde působí nestabilita systému v době vzestupu a poklesu sluneční činnosti. Pro ostatní příčiny smrti jsou i zde skupiny kompaktní a výrazně časově diferencované.

Skupina příčin smrti XVII. Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality byla vzhledem k nízkým měsíčním počtům zemřelých pro jednotlivé příčiny smrti analyzována jen jako celek pomocí četnosti výskytu let centroidů, viz obrázek 5.42. Časové rozložení příslušnosti ke skupinám pro jednotlivé příčiny smrti je v Příloze č.3 na obrázcích 6.71 až 6.95.

Tabulka 5.2: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s denní frekvencí, IX.nemoci oběhové soustavy (I20-I48).

Kód ¹	I20	I21	I22	I26	I44	I45	I46	I47	I48
Skupina 1 ²	1995	2001	1996	2004	1995	1995	2009	1994	1997
Skupina 2	1998	2007	2007	1998	2010	2010	1997	1997	2002
Skupina 3	2009	1997	2001	2009	2000	1998	2003	2003	2010
Skupina 4	2003	1995	2010	1997	2005	2005	2008	2009	2007
RMSSTD 1 ³	0,62	3,12	0,96	1,74	0,71	0,54	1,34	0,38	1,10
RMSSTD 2	0,90	2,76	0,99	1,88	0,85	0,84	1,36	0,79	1,04
RMSSTD 3	1,27	3,30	0,91	1,97	1,03	0,98	1,52	1,15	0,88
RMSSTD 4	1,03	3,71	0,74	1,69	0,86	1,24	1,38	0,91	1,03
Radius 1 ⁴	1,99	11,01	2,36	6,11	2,09	1,22	6,72	0,57	3,23
Radius 2	2,95	10,20	2,61	7,44	1,75	1,64	5,02	2,57	2,42
Radius 3	3,10	14,59	2,33	8,04	2,28	2,65	4,54	2,79	3,15
Radius 4	2,49	25,20	2,64	4,74	2,00	2,95	3,32	2,42	4,18
Gap 1 ⁵	3,11	9,68	4,46	5,41	4,81	3,12	3,02	3,00	5,21
Gap 2	3,11	9,68	3,69	4,07	4,51	4,69	5,82	3,00	4,38
Gap 3	5,94	11,02	4,46	5,41	4,81	3,12	5,44	5,78	3,41
Gap 4	4,44	11,21	3,69	4,07	4,51	4,69	3,02	6,20	3,41
Opt.kritérium	1,04	3,15	0,88	1,83	0,86	0,94	1,42	0,95	0,99

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Tabulka 5.3: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s denní frekvencí, IX.Nemoci oběhové soustavy (I49-I67), pokračování.

Kód ¹	I49	I50	I60	I61	I62	I63	I64	I67
Skupina 1 ²	2009	2005	2009	1998	1995	2009	1998	2003
Skupina 2	2004	1997	1996	1995	2009	2006	2008	2008
Skupina 3	2000	2011	2006	2003	2000	1999	2000	2001
Skupina 4	1996	2008	2001	2009	2004	1996	1997	1997
RMSSTD 1 ³	1,09	2,13	1,02	1,49	0,83	2,01	2,73	2,09
RMSSTD 2	1,08	2,29	1,20	1,52	1,08	1,98	2,95	2,35
RMSSTD 3	0,89	2,11	0,98	1,73	0,80	2,04	3,48	2,93
RMSSTD 4	0,81	2,02	1,14	1,78	1,04	2,12	2,82	2,41
Radius 1 ⁴	3,24	6,28	3,64	4,30	2,29	8,13	8,98	7,59
Radius 2	3,26	9,40	3,84	6,77	2,57	6,93	10,96	8,62
Radius 3	3,69	9,97	2,80	7,60	1,80	6,72	13,49	14,58
Radius 4	2,81	6,88	3,52	6,90	2,54	11,07	12,93	9,84
Gap 1 ⁵	4,89	4,98	3,92	3,70	4,12	5,10	7,33	6,50
Gap 2	4,41	8,12	5,01	3,70	4,88	5,10	7,33	7,30
Gap 3	3,90	6,93	3,92	5,20	4,12	5,11	9,34	6,50
Gap 4	3,90	4,98	4,58	5,68	4,68	5,11	10,08	7,15
Opt.kritérium	1,01	2,17	1,10	1,67	0,98	2,04	2,91	2,39

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.

²Rok centroidu skupin 1–4.

³Střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4.

⁴Maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4.

⁵Vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny.

Tabulka 5.4: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, IX.Nemoci oběhové soustavy (I44-I74).

Kód ¹	I44	I45	I47	I62	I74
Skupina 1 ²	1999	1996	1997	2000	1998
Skupina 2	2009	2000	2006	1995	1997
Skupina 3	2004	2006	2002	2006	2005
Skupina 4	1995	2010	2010	2009	2008
RMSSTD 1 ³	1,04	0,97	1,15	1,80	2,51
RMSSTD 2	1,28	1,23	1,21	1,59	2,05
RMSSTD 3	1,49	1,11	0,97	2,06	2,27
RMSSTD 4	1,48	1,07	1,14	2,17	2,00
Radius 1 ⁴	2,21	2,12	2,57	5,13	6,22
Radius 2	2,94	3,05	2,35	4,38	5,15
Radius 3	4,22	2,40	2,08	5,57	6,86
Radius 4	3,62	3,11	3,32	6,71	5,57
Gap 1 ⁵	4,62	4,19	5,45	5,10	6,40
Gap 2	4,79	4,19	3,98	5,10	6,40
Gap 3	4,79	3,83	3,98	4,58	5,91
Gap 4	4,62	3,83	4,11	4,58	5,91
Opt.kritérium	1,34	1,08	1,11	1,94	2,18

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Tabulka 5.5: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, II.Novotvary (C43-C85).

Kód ¹	C43	C44	C69	C70	C71	C72	C73	C84	C85
Skupina 1 ²	1998	1996	2001	2009	2005	1996	1997	2007	1999
Skupina 2	2007	2008	1996	1995	1997	2006	1997	2003	2007
Skupina 3	2000	2001	2005	2000	2008	2010	2003	1997	1998
Skupina 4	2009	2004	2009	2004	2003	2001	2008	2010	2008
RMSSTD 1 ³	3.16	2.21	1.60	1.61	3.90	1.37	1.99	1.09	2.13
RMSSTD 2	2.94	2.29	1.34	1.38	4.00	1.16	1.73	1.51	2.36
RMSSTD 3	3.31	1.95	1.38	1.46	2.71	1.21	1.88	1.60	2.54
RMSSTD 4	3.60	2.41	1.12	1.57	3.84	1.33	2.06	1.19	2.47
Radius 1 ⁴	11.70	6.54	4.15	3.94	10.83	3.10	6.34	4.33	5.86
Radius 2	11.83	7.57	2.86	3.55	18.82	2.62	7.53	3.45	9.55
Radius 3	13.62	5.72	3.34	3.68	9.83	2.56	5.16	3.37	7.74
Radius 4	13.63	5.46	2.73	4.51	8.37	3.00	6.68	3.53	9.03
Gap 1 ⁵	9.49	5.92	4.61	4.83	10.83	5.11	4.56	3.17	7.83
Gap 2	9.49	6.49	4.66	4.57	11.77	3.90	4.56	4.12	6.26
Gap 3	8.75	5.92	4.44	4.36	9.92	3.90	5.86	6.36	7.83
Gap 4	8.75	6.49	4.44	4.36	9.92	4.60	5.86	3.17	6.26
Opt.kritérium	3.15	2.21	1.38	1.50	3.71	1.27	1.93	1.36	2.38

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.

²Rok centroidu skupin 1–4.

³Střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4.

⁴Maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4.

⁵Vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny.

Tabulka 5.6: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99).

Kód ¹	G20	G21	G30	G35	G36	G37	G40	G80
Skupina 1 ²	1997	1997	2009	1997	1996	1996	2003	2007
Skupina 2	2009	2002	1999	1999	2010	2003	1997	2010
Skupina 3	2004	2007	2003	2006	2001	1999	1998	1996
Skupina 4	2004	2011	2005	2007	2006	2009	2008	2001
RMSSTD 1 ³	2.57	1.36	6.53	2.17	1.05	0.96	2.31	1.50
RMSSTD 2	2.44	1.22	5.35	2.19	0.84	1.29	2.01	1.30
RMSSTD 3	2.73	1.00	4.82	2.52	1.00	1.08	2.17	1.64
RMSSTD 4	2.34	0.94	5.14	2.24	1.07	1.44	2.42	1.56
Radius 1 ⁴	7.68	3.21	16.98	5.78	2.27	1.80	6.71	4.04
Radius 2	6.73	2.83	17.33	6.73	1.39	2.66	4.42	3.07
Radius 3	7.94	2.27	11.97	5.58	2.00	2.18	5.60	3.76
Radius 4	6.95	2.22	12.66	6.22	2.44	3.27	7.22	3.80
Gap 1 ⁵	10.67	5.32	25.15	5.46	5.27	3.36	6.40	4.23
Gap 2	8.67	4.59	17.57	5.46	3.46	4.60	5.27	4.23
Gap 3	7.57	4.28	17.57	5.42	5.27	3.36	5.27	5.73
Gap 4	7.57	4.28	21.34	5.42	3.46	5.19	7.37	5.73
Opt.kritérium	2.54	1.16	5.34	2.27	0.94	1.23	2.25	1.53

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Tabulka 5.7: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q02-Q25).

Kód ¹	Q02	Q04	Q07	Q20	Q21	Q22	Q23	Q25
Skupina 1 ²	2003	1995	2002	2003	1995	1995	2000	2008
Skupina 2	1995	2005	1994	2009	2000	1997	2007	1996
Skupina 3	2008	2010	2009	1995	2007	2001	1995	2001
Skupina 4	1999	1999	1997	1998	2010	2008	2010	1995
RMSSTD 1 ³	0.83	0.90	1.16	1.29	1.41	0.46	1.33	1.38
RMSSTD 2	0.50	1.13	0.52	1.13	1.49	0.59	1.01	1.06
RMSSTD 3	1.05	0.95	1.06	0.75	1.09	1.17	1.14	1.36
RMSSTD 4	0.82	1.14	0.91	0.99	1.26	1.37	1.04	1.45
Radius 1 ⁴	1.83	2.15	2.68	2.56	3.25	0.90	3.04	3.29
Radius 2	0.90	2.59	0.75	2.56	3.50	1.01	2.62	2.31
Radius 3	2.39	1.81	2.33	1.63	2.77	3.14	2.64	2.86
Radius 4	1.00	2.51	2.02	2.04	3.46	3.32	2.06	3.14
Gap 1 ⁵	4.17	4.13	5.33	4.38	5.54	2.36	5.04	7.01
Gap 2	4.51	5.05	2.67	5.82	5.54	2.36	3.67	2.77
Gap 3	4.47	5.05	7.00	3.80	3.55	3.86	5.04	5.45
Gap 4	4.17	4.13	2.67	3.80	3.55	6.83	3.67	2.77
Opt.kritérium	0.76	1.04	0.92	1.06	1.34	1.02	1.16	1.29

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.

²Rok centroidu skupin 1–4.

³Střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4.

⁴Maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4.

⁵Vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny.

Tabulka 5.8: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q26-Q60).

Kód ¹	Q26	Q28	Q31	Q33	Q39	Q43	Q44	Q60
Skupina 1 ²	2004	1996	1996	2008	1995	1994	1995	1995
Skupina 2	1995	2010	2001	1995	2003	2005	2003	2009
Skupina 3	1998	2007	2011	2002	1999	1999	1999	1998
Skupina 4	2010	2002	2005	1997	2008	2010	2010	2003
RMSSTD 1 ³	0.82	1.03	1.08	1.12	0.53	0.39	0.84	0.53
RMSSTD 2	0.75	0.51	1.08	0.52	1.14	1.20	0.68	1.21
RMSSTD 3	0.83	0.87	0.50	1.22	0.58	1.49	0.89	0.70
RMSSTD 4	0.59	1.11	1.00	0.74	1.06	0.83	0.91	1.22
Radius 1 ⁴	1.33	2.11	1.67	2.81	0.80	0.60	1.43	1.29
Radius 2	1.34	0.91	1.67	0.85	2.43	2.11	1.25	2.75
Radius 3	2.17	1.92	0.50	2.61	1.00	3.01	2.10	1.92
Radius 4	1.50	2.14	1.00	1.62	2.29	1.54	1.50	2.51
Gap 1 ⁵	5.17	6.03	4.33	5.73	4.40	4.61	4.08	3.37
Gap 2	3.06	3.54	4.33	2.81	3.57	4.40	4.27	6.25
Gap 3	3.06	3.54	5.50	5.10	3.57	4.61	4.08	3.37
Gap 4	5.17	4.76	4.33	2.81	5.71	4.40	6.25	4.42
Opt.kritérium	0.68	0.86	0.77	1.05	0.82	1.07	0.81	0.96

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

Tabulka 5.9: Přehled zařazení pozorování do skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q61-Q91).

Kód ¹	Q61	Q64	Q79	Q87	Q89	Q90	Q91
Skupina 1 ²	2009	1995	1995	1994	1995	1999	1995
Skupina 2	1995	2009	2001	2008	1995	1995	2007
Skupina 3	2004	1998	1997	2002	2007	2006	2001
Skupina 4	1998	2004	2008	1998	2000	2011	1997
RMSSTD 1 ³	1.25	0.41	0.49	0.83	0.93	1.26	0.51
RMSSTD 2	0.72	1.08	1.30	1.14	1.01	0.99	1.78
RMSSTD 3	1.14	0.00	0.62	1.25	1.81	1.24	1.15
RMSSTD 4	0.77	0.82	1.62	0.91	1.40	1.27	0.74
Radius 1 ⁴	2.56	0.67	0.84	1.95	1.69	3.07	0.84
Radius 2	1.23	1.67	2.77	2.60	2.39	2.13	4.29
Radius 3	2.16	0.00	1.49	3.00	3.69	2.83	2.10
Radius 4	1.63	1.33	3.23	1.80	2.77	2.35	1.57
Gap 1 ⁵	5.46	3.33	1.98	3.63	2.54	4.11	2.11
Gap 2	3.55	4.33	4.67	6.43	2.54	4.11	5.67
Gap 3	5.46	3.33	1.98	4.34	6.92	4.93	4.40
Gap 4	3.55	4.33	7.00	3.63	5.05	4.93	2.11
Opt.kritérium	1.03	0.58	1.18	1.00	1.40	1.17	1.18

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech. **Zdroj:** Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.

²Rok centroidu skupin 1–4.

³Střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4.

⁴Maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4.

⁵Vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny.

Tabulka 5.10: Přehled zařazení pozorování do 3 skupin pro příčiny smrti analyzované s měsíční frekvencí.

Kód ¹	C81	G31	Q03	Q24
Skupina 1 ²	1996	1996	2007	2008
Skupina 2	2000	2002	2000	1998
Skupina 3	2007	2008	1995	1994
RMSSTD 1 ³	2.45	1.75	1.52	1.75
RMSSTD 2	2.26	1.54	1.28	1.87
RMSSTD 3	2.12	1.91	1.42	1.13
Radius 1 ⁴	7.08	4.86	3.55	5.09
Radius 2	7.06	4.61	3.02	4.55
Radius 3	6.35	4.69	4.38	2.01
Gap 1 ⁵	6.36	5.70	7.39	10.29
Gap 2	6.36	5.70	5.02	5.23
Gap 3	7.73	6.44	5.02	5.23
Opt.kritérium	2.29	1.53	1.39	1.76

Barva řádku odpovídá barvě přiřazené příslušné skupině v grafech.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Histogramy četností výskytů let centroidů skupin pro jednotlivé skupiny příčin smrti jsou zobrazeny na obrázcích 5.38 až 5.42. Usuzujeme zde jen na znaky časového průběhu četností roků centroidů v jednotlivých fázích slunečního cyklu. Výrazně je zastoupeno minimum před začátkem slunečního cyklu č.23 a na jeho počátku v letech 1995 a 1996.

U nemocí oběhové soustavy (I00-I99) se vyskytuje nejvíce roků centroidů skupin z maxima slunečního cyklu v letech 2000–2003, o něco méně pak ve vzestupné fázi cyklu a v minimu před jeho začátkem. Z toho lze usuzovat na změnu charakteru procesu v letech s vysokou sluneční aktivitou, kdy kulminuje množství vysokoenergetických protonů ve slunečním větru a výkyvy geomagnetické aktivity, a ve vzestupné fázi slunečního cyklu. Což je ve shodě s výsledky lékařských studií prováděných klasickou korelační analýzou [Cornelissen, 2002], [Stoupel, 2011], [Halberg, 2000a] a [Stoupel, 2002b], které pozorují změny v typu závislosti kardiovaskulární úmrtnosti na sluneční aktivitě v dlouhodobém horizontu.

Pro skupinu II.Novotvary (C00-D48) se nejvíce vyskytují roky centroidů v minimech slunečního cyklu a pak kolem maxima ve tvaru "W". Variabilita mezi jednotlivými diagnózami v rámci skupiny II.Novotvary je však velká. U skupiny VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99) jsou mezi diagnózami odlišnosti v rozložení centroidů, zejména v maximu slunečního cyklu tyto skupiny nevykazují společné rysy.

Možný důvod je vysvětlen v práci [Stoupel, 1990]. Reakce nervové soustavy na geomagnetické sluneční parametry je totiž podle tohoto příspěvku diferencována dle pohlaví. Podle [Halberg, 2001] se mění charakter i v dlouhodobějších slunečních cyklech, tyto jevy se tedy mohou vzájemně kombinovat a ve skupině je pak rozložení nezřetelné.

¹Kódy příčin smrti.

²Rok centroidu skupin 1–4.

³Střední kvadratická odchylka pro skupiny 1–4.

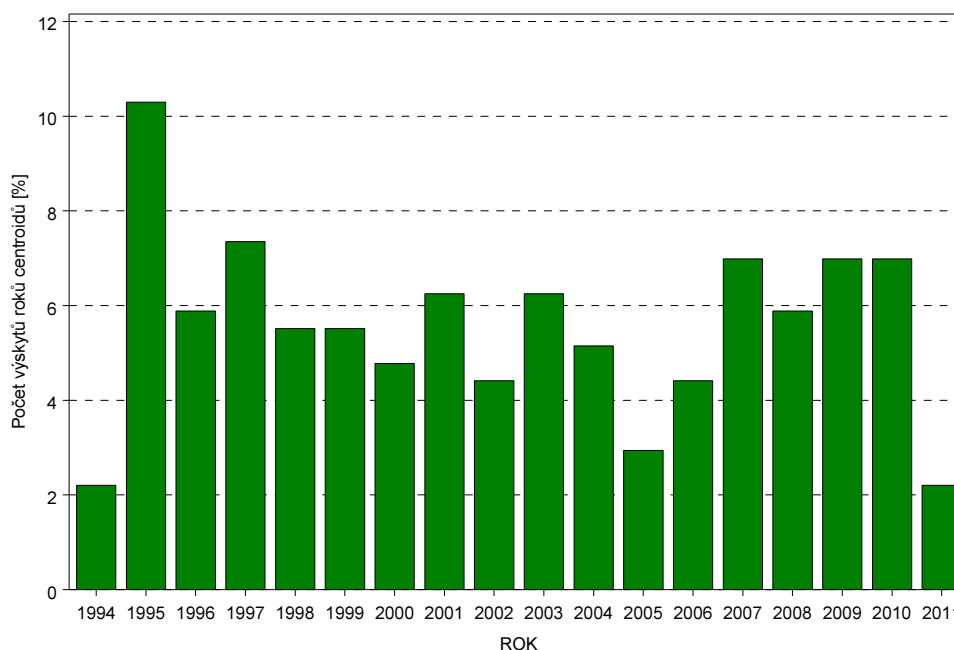
⁴Maximální vzdálenost od středu skupiny pro skupiny 1–4.

⁵Vzdálenost skupin 1–4 od nejbližší skupiny.

Ve skupině příčin smrti XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99) je výrazný výskyt centroidů skupin v roce 1995 a o něco méně výrazný v roce 2010, tedy v době dna minim mezi slunečními cykly č.22/23 a č.23/24. Průběh slunečního cyklu je ilustrován na obrázku 3.2, lze pozorovat dlouhé nízké maximum tvaru "W" a extrémní minimum mezi 23. a 24. slunečním cyklem, tedy ke konci sledovaného období. Tato skupina příčin smrti tedy vykazuje výraznou odlišnost časového profilu mezi maximem a minimem slunečního cyklu.

Ve skupině XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality je celkově nízký počet zemřelých. Výsledek ovšem dobře odpovídá poznatkům uvedeným v [Bencko, 2002], kde se předpokládá, že u vrozených vad mohou být významné počty epizod spršek vysokoenergetických elektronů. Ty jsou častější mimo maximum slunečního cyklu, jak je modře vyznačeno na obrázku 3.3.

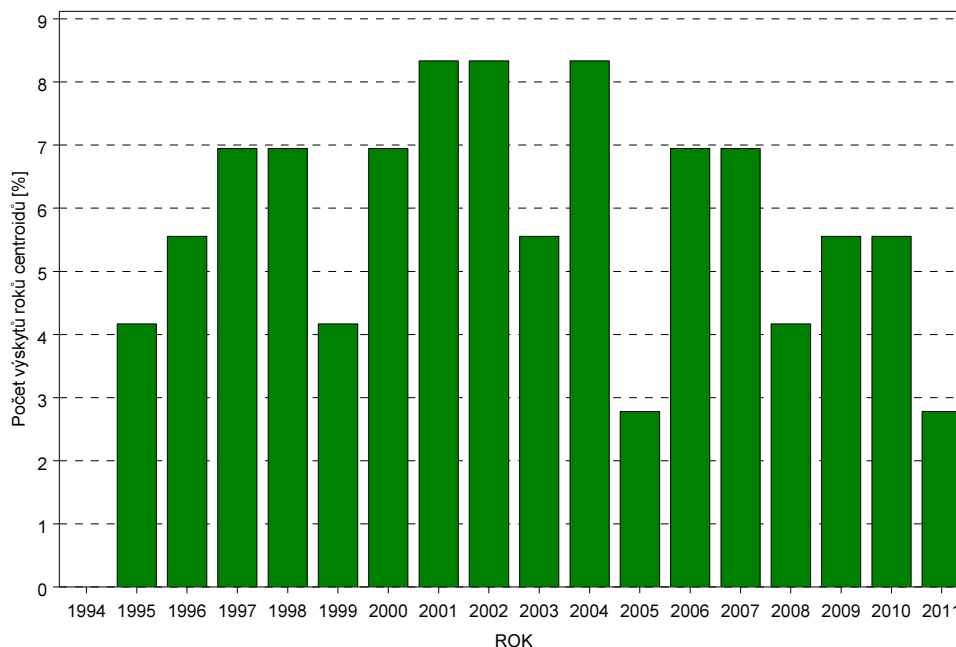
Obrázek 5.38: Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, všechny skupiny příčin smrti dohromady.



Výrazně jsou zastoupeny roky centroidů v minimum před začátkem slunečního cyklu č.23 a na jeho počátku.

Zdroj: Vlastní výpočet.

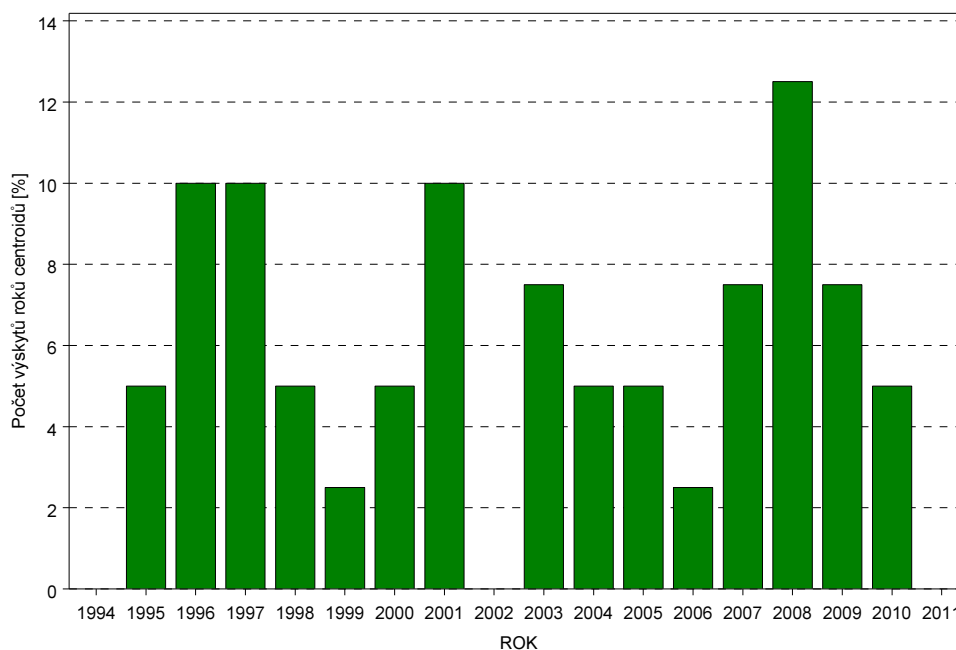
Obrázek 5.39: Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, IX.nemoci oběhové soustavy (I00-I99).



Nejvyšší počet roků centroidů skupin je z maxima slunečního cyklu v letech 2000–2004. To značí změnu charakteru procesu v letech s vysokou sluneční aktivitou.

Zdroj: Vlastní výpočet.

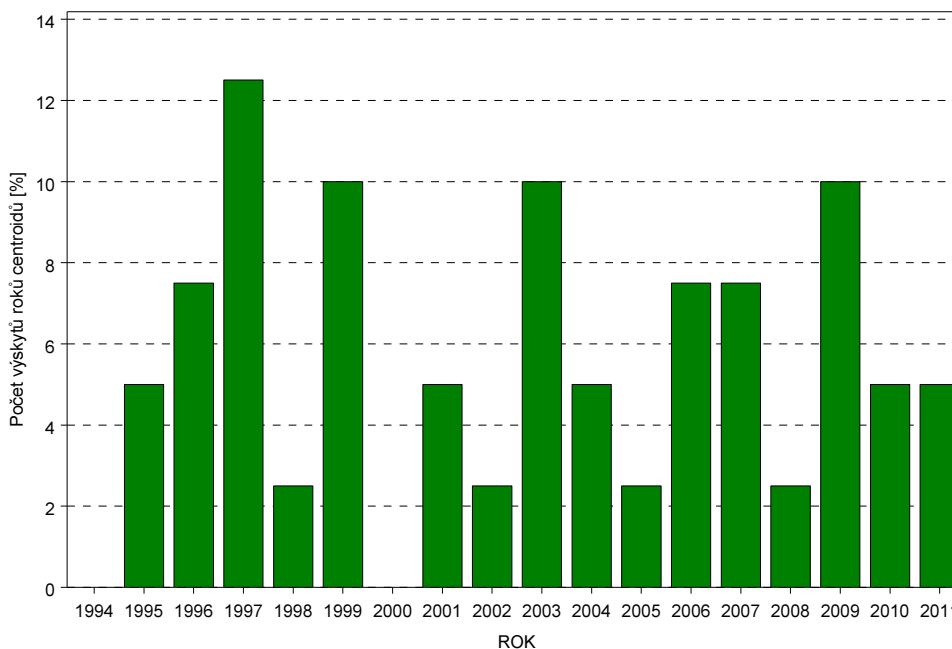
Obrázek 5.40: Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, II.Novotvary (C00-D48).



Nejvíce vyskytují roky centroidů v minimech slunečního cyklu a pak kolem maxima ve tvaru "W". Je zde variabilita mezi jednotlivými diagnózami uvnitř skupiny.

Zdroj: Vlastní výpočet.

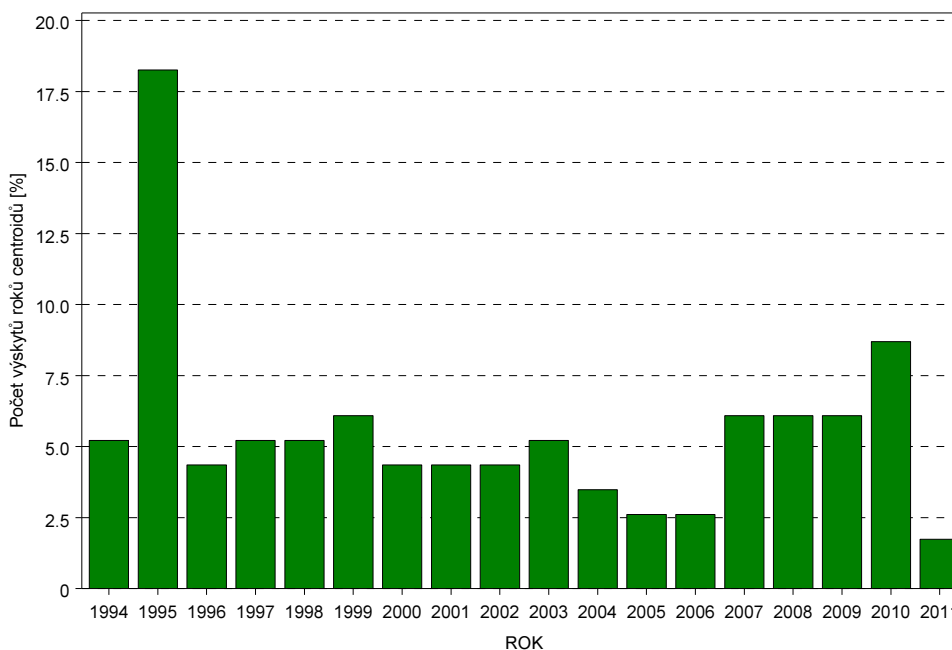
Obrázek 5.41: Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99).



Výrazné odlišnosti v rozložení centroidů mezi jednotlivými diagnózami. Zejména v maximu slunečního cyklu tyto skupiny nevykazují společné rysy.

Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 5.42: Histogramy četností výskytů let centroidů skupin v období let 1994–2011, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99).



Výrazný výskyt centroidů skupin v roce 1995 a o něco méně v roce 2010, tedy v době dna minim mezi slunečními cykly č.22/23 a č.23/24.

Zdroj: Vlastní výpočet.

5.3 Regresní analýza závislosti počtu zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě

Pro ověření elementárních závislostí časových řad počtu zemřelých na vybrané příčiny smrti na řadách slunečních indexů a ionosférických parametrů v období let (1994–2011) byla použita metoda klasického lineárního modelování. Regresní analýza byla rozdělena na dvě části, protože v případě ionosférických parametrů jde o zpožděnou odezvu geosféry na sluneční aktivitu [Bilitza, 1990]. Ionosférické parametry jsou na rozdíl od slunečních geograficky diferencované a tak lépe zohledňují dopad sluneční aktivity na prostředí v němž sledovaná populace žije. Modelovány tak byly odděleně řady počtu zemřelých podle příčin a slunečních indexů a modely závislosti na ionosférických parametrech.

Výpočet byl proveden v prostředí programu SAS 9.2 pomocí procedury REG. Optimální podmnožina vysvětlujících proměnných byla vybrána pomocí příkazu MODEL s parametrem *selection = ADJRSQ*. Kritériem výběru nejlepšího modelu tedy byla hodnota upraveného koeficientu determinance. Řady denních počtů zemřelých podle jednotlivých vybraných příčin smrti figurovaly v modelu postupně jako vysvětlovaná proměnná, fyzikální parametry sluneční aktivity *Kp* (planetární *Kp* index), *R* (relativní číslo slunečních skvrn), *AE* (aurorální proud), *F10,7* (sluneční rádiový tok) a *Dst* (stupeň narušení magnetického pole Země) resp. ionosférické parametry *foF2* (kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy) a *TEC* (celkový obsah volných elektronů v ionosféře) jako vysvětlující proměnné.

V tabulce 5.11 jsou příčiny smrti pro které byly z modelu vyloučeny všechny vysvětlující proměnné indexů sluneční aktivity. Příčiny smrti pro které byly vyloučeny z modelu všechny ionosférické veličiny jsou uvedeny v tabulce 5.12.

Tabulka 5.11: Příčiny úmrtí u nichž byly z modelu s parametry sluneční aktivity *Kp*, *R*, *AE*, *F10,7* a *Dst* vyloučeny všechny proměnné.

Kód	Název příčiny úmrtí
G36	Jiná akutní roztroušená demyelinizace
Q02	Microcephalia
Q07	Jiné vrozené vady nervové soustavy
Q22	Vrozené vady pulmonální a trojčípé chlopně
Q28	Jiné vrozené vady oběhové soustavy
Q31	Vrozené vady hrtanu
Q33	Vrozené vady plic
Q39	Vrozené vady jícnu
Q43	Jiné vrozené vady střeva
Q44	Vrozené vady žlučníku, žlučodů a jater
Q60	Renální ageneze a hypoplazie
Q64	Jiné vrozené vady močové soustavy
Q79	Vrozené vady svalové a kosterní soustavy, nezařazené jinde

Tabulka 5.12: Příčiny úmrtí u nichž byly z modelu s ionosférickými parametry f_oF2 a TEC vyloučeny všechny proměnné.

Kód	Název příčiny úmrtí
G36	Jiná akutní roztroušená demyelinizace
Q02	Microcephalia
Q07	Jiné vrozené vady nervové soustavy
Q20	Vrozené vady srdečních komor a spojení
Q22	Vrozené vady pulmonální a trojcípé chlopně
Q23	Vrozené vady aortální a dvojcípé chlopně
Q26	Vrozené vady velkých žil
Q28	Jiné vrozené vady oběhové soustavy
Q31	Vrozené vady hrtanu
Q33	Vrozené vady plic
Q39	Vrozené vady jícnu
Q43	Jiné vrozené vady střeva
Q44	Vrozené vady žlučníku, žlučovýchodů a jater
Q60	Renální ageneze a hypoplazie
Q64	Jiné vrozené vady močové soustavy
Q79	Vrozené vady svalové a kosterní soustavy, nezařazené jinde

Přehled odhadnutých koeficientů regresních modelů s parametry sluneční aktivity Kp , R , AE , $F10,7$ a Dst pro analyzované počty zemřelých podle zvolených příčin smrti jsou uvedeny v tabulce 5.13. Koeficienty regresních modelů s ionosférickými parametry f_oF2 a TEC jsou v tabulce 5.14. Ve sloupci *Intercept* je absolutní člen modelu, ve sloupcích s označením regresorů jsou odhady parametrů, které je v modelu násobí. Záporný koeficient u regresoru v modelu odpovídá záporné parciální korelaci. Pokud byla vysvětlující proměnná z modelu vyloučena, není příslušný parametr v tabulce uveden. Pokud byly postupně vyloučeny z modelu všechny vysvětlující proměnné, není v tabulkách uveden řádek s označením příčin smrti. Při výpočtu byla provedena analýza reziduí, spočteny 95% intervaly spolehlivosti pro odhady středních hodnot závisle proměnných, 95% intervaly spolehlivosti pro individuální odhady a 95% intervaly spolehlivosti pro odhady parametrů modelu.

Ověření shody modelu s daty bylo provedeno pomocí koeficientu determinance, který udává procento variability počtu zemřelých podle příčiny smrti vysvětlené regresním modelem při daných datech. Koeficient determinance je spolu se směrodatnou odchylkou uveden v dalších sloupcích tabulek. Analyzovaný soubor obsahoval 6574 pozorování, což je dostatečný počet vzhledem k počtu 5 vysvětlujících proměnných z parametrů sluneční aktivity a 2 vysvětlujících proměnných z ionosférických parametrů.

Největší procento variability počtu zemřelých (44,5 %) pro modely s parametry sluneční aktivity Kp , R , AE , $F10,7$ a Dst vysvětluje lineární regresní model pro příčinu smrti Q91 (Syndromy Edwardsův a Patauův). Do tohoto modelu jsou zahrnuty vysvětlující proměnné R , AE a Dst . Více než 5 % variability počtu zemřelých ve sledovaném období vysvětlují parametry sluneční aktivity ještě u příčin smrti I21, I45, I64, I67, Q04, Q20, Q21, Q23, Q25, Q26, Q87 a Q90, viz tabulka 5.13. Výsledek je pro příčiny smrti ze skupiny IX. Nemoci oběhové soustavy ve shodě s [Feinleib, 1975], kde nebyla v maximech slunečního cyklu nalezena přímá korelace počtu zemřelých na příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu) a I64 (Cévní příhoda mozková) s geomagnetickým slunečním indexem A_p . Tato studie byla také provedena z národních dat o zemřelých v USA podle Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů.

Tabulka 5.13: Výsledky regresní analýzy, regresory parametry sluneční aktivity.

Závislá proměnná ¹	Intercept ²	K _p ³	R ⁴	AE ⁵	F10,7 ⁶	DST ⁷	Koeficient determinance ⁸	Směrodatná odchylka
I20	1.3002	0.0572	-0.0008	-0.0008		-0.0025	0.0136	0.5138
I21	27.601	4.0027	0.0480	-0.0228	-0.0399	-0.0129	0.0562	9.5342
I22	1.3899		-0.0011	-0.0002			0.0116	0.5577
I26	5.7208	0.1172	-0.0102	-0.0018	0.0046	-0.0033	0.0174	2.3315
I44	1.0104	0.0412	-0.0003	-0.0003			0.0165	0.1595
I45	1.1658	0.0689	0.0016	-0.0008	-0.0021	-0.0034	0.0741	0.2022
I46	3.5022	-0.0730	-0.0028	0.0003	-0.0036	0.0022	0.0347	1.5409
I47	1.0097	0.0215				0.0018	0.0153	0.1631
I48	1.9880	0.0557	-0.0019	-0.0009	-0.0013		0.0296	0.8860
I49	1.3957			-0.0002		-0.0012	0.0015	0.6430
I50	9.4054	-0.1893	0.0237	-0.0017	-0.0275	0.0028	0.0310	3.5392
I60	1.7989		0.0011		-0.0017	-0.0008	0.0013	0.8468
I61	4.0895	0.2912	-0.0038	-0.0021	0.0024	-0.0022	0.0070	1.9047
I62	1.1982	0.1034	-0.0011	-0.001		-0.0021	0.0268	0.4319
I63	9.4129	0.1157	0.0064	-0.0028	-0.0186	-0.0087	0.0424	2.8163
I64	17.6752	2.8467	0.0276	-0.0148	-0.0023	-0.005	0.0765	7.3470
I67	8.0336	0.7414	-0.0160	-0.0033	0.0422	0.0041	0.0962	4.3004
I74	1.4237	0.0682	0.0016	-0.0008	-0.0014		0.0069	0.6022
C43	1.8084			0.0006	0.0004	0.0033	0.0051	0.9605
C44	1.3378	0.0982	0.0012	-0.0006	-0.0012	0.0010	0.0076	0.5415
C69	1.1234	0.0348			-0.0007	0.0022	0.0243	0.2957
C70	1.1670				-0.0005		0.0043	0.3358
C71	2.5629	0.0649	-0.0011	-0.0006	0.0032		0.0050	1.4040
C72	1.0328			0.0003		0.0010	0.0146	0.2983
C73	1.1848	0.0745	0.0004	-0.0006		-0.0013	0.0081	0.5374
C81	1.2970	0.0230	0.0013		-0.0015	-0.0011	0.0084	0.5082
C84	1.0768	0.0179				0.0016	0.0045	0.3060
C85	1.5533	-0.0187			0.0003		0.0009	0.7508
G20	1.1116	0.0862	-0.0016	-0.0003	0.0030	0.0024	0.0182	0.6941
G21	0.9990			0.0001			0.0117	0.1356
G30	2.6960	-0.0488	-0.001		0.0014		0.0017	1.4135
G31	1.0951	-0.0347			0.0007		0.0193	0.3301
G35	1.1718		-0.0019		0.0015	-0.0008	0.0047	0.5048
G37	1.0325	-0.0411		0.0005			0.0202	0.1982
G40	1.1548	0.0617	-0.0014	-0.0005	0.0022		0.0091	0.5878
G80	1.1169		0.0004			0.0025	0.0191	0.3364
Q03	0.9861	0.0599		-0.0004			0.0218	0.1717
Q04	1.1276	-0.0717				-0.0045	0.0894	0.2081
Q20	1.1157		0.0015		-0.0017	-0.001	0.0580	0.1106
Q21	0.9117	0.1559	-0.0024	-0.001	0.0015		0.0692	0.3036
Q23	1.2883		0.0032		-0.0034	0.0013	0.0783	0.2255
Q24	1.0075			0.0001		0.0014	0.0154	0.1029
Q25	0.8374	0.0487	-0.0023	-0.0005	0.0027	-0.0030	0.0595	0.2391
Q26	1.1490		-0.0024				0.0515	0.2755
Q61	1.0042	0.0728		-0.0006			0.0294	0.2065
Q87	0.9663	0.1515		-0.0011			0.0703	0.2272
Q89	1.0298					-0.0010	0.0065	0.2082
Q90	1.2136	-0.0700	0.0020	0.0008	-0.0025		0.0629	0.2046
Q91	0.9815		0.0004	-0.0004		-0.0052	0.4450	0.1076

Zdroj: Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.²Absolutní člen modelu.³Odhad parametru modelu K_p (planetární K_p index).⁴Odhad parametru modelu R (relativní číslo slunečních skvrn).⁵Odhad parametru modelu AE (aurorální proud).⁶Odhad parametru modelu $F10,7$ (sluneční rádiový tok).⁷Odhad parametru modelu Dst (stupeň narušení magnetického pole Země).⁸koeficient determinance (procento variability vysvětlené regresním modelem při daných datech).

Tabulka 5.14: Výsledky regresní analýzy, regresory ionosférické parametry f_oF2 a TEC .

Závislá proměnná ¹	Intercept ²	f_oF2 ³	TEC ⁴	Koeficient determinance ⁵	Směrodatná odchylka
I20	1.5456	-0.1027	0.0016	0.0078	0.4749
I21	17.0433	0.4951	0.0373	0.2482	6.6594
I22	1.4618		-0.0011	0.0243	0.5655
I26	6.8515	-0.2162	-0.0008	0.0246	2.2514
I44	1.0571		-0.0002	0.0048	0.1846
I45	1.0514		-0.0001	0.0005	0.2061
I46	3.7437		-0.0056	0.0624	1.5964
I47	1.0292	-0.0020		0.0003	0.1393
I48	2.1347		-0.0034	0.0543	0.8888
I49	1.4883		-0.0008	0.0092	0.6657
I50	8.2147	-0.1252	-0.0089	0.0529	3.4254
I60	1.7136		-0.0004	0.0018	0.8169
I61	4.4707	-0.0717	0.0012	0.0003	1.8319
I62	1.3813	-0.0363		0.0128	0.4302
I63	8.6637	-0.1013	-0.0065	0.0534	2.7319
I64	11.7376	0.6926	0.0268	0.2047	6.2795
I67	9.5856	0.4001	0.0082	0.0745	4.3582
I74	1.6556	-0.083	0.0008	0.0094	0.6137
C43	2.0857	-0.0509	0.0011	0.0009	0.9725
C44	1.0487	0.0840	-0.0012	0.0057	0.5424
C69	1.5612	-0.1498	0.0021	0.0546	0.2955
C70	1.1708		-0.0005	0.0146	0.3353
C71	3.0730	-0.0673	0.0017	0.0016	1.4350
C72	1.1254		-0.0002	0.0032	0.3306
C73	1.2327	0.0089		0.0006	0.5461
C81	1.1301		0.0004	0.0060	0.4376
C84	1.0437		0.0005	0.0100	0.3231
C85	1.2591	0.0803	-0.0011	0.0033	0.7187
G20	1.5296	-0.0497	0.0015	0.0072	0.7095
G21	1.0539	-0.0046		0.0012	0.1707
G30	2.8652		-0.0013	0.0055	1.3480
G31	1.0343	0.0100		0.0021	0.3044
G35	1.6128	-0.1242	0.0020	0.0118	0.4805
G37	1.0169		0.0001	0.0021	0.1738
G40	1.2819		0.0005	0.0041	0.5805
G80	0.8690	0.0892	-0.0015	0.0102	0.3530
Q03	1.0019		0.0001	0.0052	0.1432
Q04	1.0915		-0.0004	0.0193	0.2053
Q21	1.1242	-0.0445	0.0009	0.0286	0.1461
Q24	1.0270		-0.0001	0.0020	0.1335
Q25	1.0321	0.0153		0.0047	0.3124
Q61	0.9943	0.0097		0.0041	0.2081
Q87	1.0779	-0.0031		0.0003	0.2500
Q89	0.9574		0.0006	0.0488	0.2078
Q90	1.5021	-0.1473	0.0022	0.0936	0.1953
Q91	1.4880	-0.1746	0.0031	0.1524	0.1942

Zdroj: Vlastní výpočet.

¹Kódy příčin smrti.

²Absolutní člen modelu.

³Odhad parametru modelu f_oF2 (kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy).

⁴Odhad parametru modelu TEC (celkový obsah volných elektronů v ionosféře).

⁵koeficient determinance, udává procento variability počtu zemřelých podle příčiny smrti vysvětlené regresním modelem při daných datech.

Nejvyšší procento variability počtu zemřelých pro modely s ionosférickými parametry f_oF2 a TEC vysvětluje lineární model pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu), 24,8 % a I64 (Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt), 20,5 %. Vliv ionosférických parametrů je tedy mnohem výraznější než u slunečních parametrů. To potvrzuje předpoklad z úvodu práce, že ionosférické parametry f_oF2 a TEC mohou vzhledem ke geograficky specifickým hodnotám lépe vysvětlovat variabilitu počtu zemřelých než sluneční indexy. Tento model je ve shodě s výsledky [Stoupeľ, 2004b] a [Szczeklik, 1984], kde je pro akutní infarkt myokardu nalezena posunutá antikorelace pro indexy sluneční aktivity.

Model s ionosférickými parametry vysvětluje dále 15,2 % variability počtu zemřelých na příčinu smrti Q91 (Syndromy Edwardsův a Patauův). Syndrom Edwardsův a Patauův je vrozená vývojová vada způsobená chromozomální abnormalitou a patří mezi příčiny smrti které jsou ovlivnitelné vysokoenergetickými částicemi. Většina postižených tímto syndromem umírá před dosažením 2 měsíce života a je obtížně ovlivnitelná léčebnými postupy. To je spolu s vyšším počtem zemřelých oproti jiným chromozomálním vadám možný důvod, proč u této příčiny smrti sluneční i ionosférické parametry vysvětlují výrazně vyšší procento variability počtu zemřelých než u ostatních příčin smrti z této skupiny.

Shlukovou analýzou časové řady počtu zemřelých na příčinu smrti Q91 bylo zjištěno, že roky centroidů shluků jsou zde 1995, 1997, 2001 a 2007. Jsou umístěny v obou minimech slunečního cyklu a v jeho nejvyšším maximu, tedy v obdobích která se z hlediska počtu vysokoenergetických částic významně liší. V minimech slunečních cyklů se totiž objevuje statisticky vyšší počet spršek vysokoenergetických elektronů než v jeho maximu, viz obrázek 3.3.

Ionosférické parametry vysvětlují více než 5 % variability počtu zemřelých ve sledovaném období u příčin smrti I46, I48, I50, I63, I67, C69, Q89 a Q90, jak je uvedeno v tabulce 5.14. Na registrované počty zemřelých u příčin smrti I46 a I50 měly ovšem vliv metodické změny v registraci zemřelých a proto nemusí být v případě těchto příčin smrti výsledek signifikantní, viz [Daňková, 2013].

5.4 Zjištění závislosti počtu zemřelých podle příčin na sluneční aktivitě metodou grafických modelů

Závislost počtu zemřelých podle vybraných příčin smrti na sluneční aktivitě byla v této části práce hledána pomocí metody grafických modelů podmíněných nezávislostí. Pro tento účel byly zvoleny denní počty zemřelých podle příčin v období 1994–2011, u nichž se nevyskytují nulové počty zemřelých. Analyzovány byly příčiny úmrtí I21, I26, I50, I60, I61, I63, I64, I67. Sluneční aktivitu v tomto modelu reprezentují denní hodnoty slunečních parametrů AE , Kp a $F10,7$.

Pomocí IPF algoritmu implementovaného v programu Backward1, který byl součástí diplomové práce [Chýna, 2002], byly vyhledány grafické modely s grafem dobře reprezentujícím vstupní data denních hodnot slunečních indexů a zemřelých podle vybraných příčin smrti za období let 1994–2011.

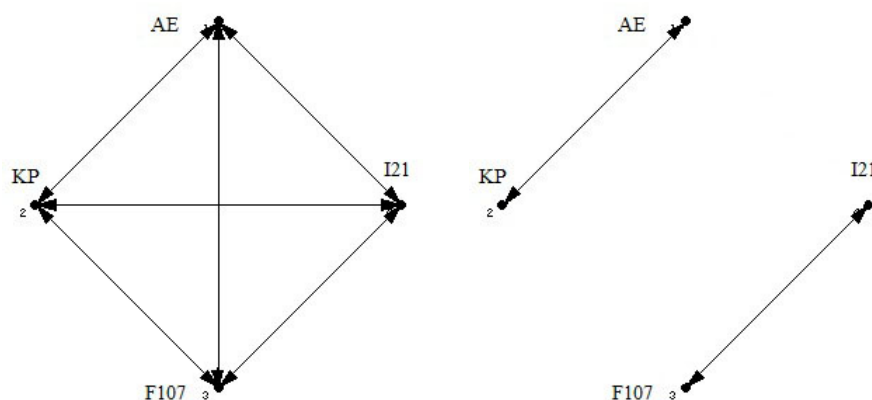
Do modelu byly zahrnuty řady indexů sluneční činnosti AE (aurorální proud), Kp (planetární Kp index) a $F10,7$ (sluneční radiový tok) a příčiny smrti I21 - Akutní infarkt myokardu, I26 - Plicní embolie, I50 - Selhání srdce, I60 - Subarachnoidální krvácení, I61 - Intracerebrální krvácení, I63 - Mozkový infarkt, I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) a I67 - Jiná cévní onemocnění mozku, které vyhovovaly kritériím četnosti pozorování pro analýzu časové řady metodou grafů podmíněných nezávislostí.

Tyto časové řady byly testovány na normalitu a nezávislost logaritmických dat. Tímto testem byly vyloučeny z dalšího výpočtu řady zemřelých na příčiny smrti I26, I50, I60, I61 a I63. Grafický model nemohl být pro tyto příčiny smrti vypočten, protože Varianční matice by zde byla neurčitá. Vyhověly tedy pouze řady počtů zemřelých podle příčin I21, I64 a I67, pro které byly vypočteny grafické modely podmíněných nezávislostí.

Jak bylo uvedeno v metodické části na straně 39, program Backward1 byl použit pro identifikaci podmíněné závislosti řady zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) a indexů sluneční činnosti AE , Kp a $F10,7$. Výpočet byl proveden pro období let 1994–2011.

Náhodný vektor byl tedy $X = (AE, Kp, F10,7, I21)$. Graf má 4 vrcholy. Počet všech možných grafů je zde 63. Celková deviance minimalizovaného grafu je 8,37101, p -hodnota testu je 0,0788949. Nezamítáme tedy shodu modelu s daty.

Obrázek 5.43: Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I21 (akutní infarkt myokardu) a indexů sluneční činnosti AE , Kp a $F10,7$ v období let 1994–2011.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Příslušné grafy kompletního a minimalizovaného modelu jsou na obrázku 5.43. Znaménko „–“ v matici sousednosti značí vynechanou hranu. Číslo u znaménka indikuje, ve kterém kroku byla hrana vynechána. Výpočtem jsou v tomto případě vynechány 4 hrany mezi vrcholy. Varianční matice, korelační matice a matice sousednosti jsou spočteny v následujícím protokolu:

```

I21 - Akutni infarkt myokardu

Zvolene rady:

1 AE
2 KP
3 F107
4 I21

Pocet realizaci = delka log rady =6573

pocet vrcholu = 4

variancni matice=
( 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 )

korel matice=
( 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. )

matice sousednosti =
( 0  0  0  0 )
( 1  0  0  0 )
( -1 -4  0  0 )
( -3 -2  1  0 )

Pocet vynechanych hran = 4

Celkova deviance = 8.37101

p-value = 0.0788949

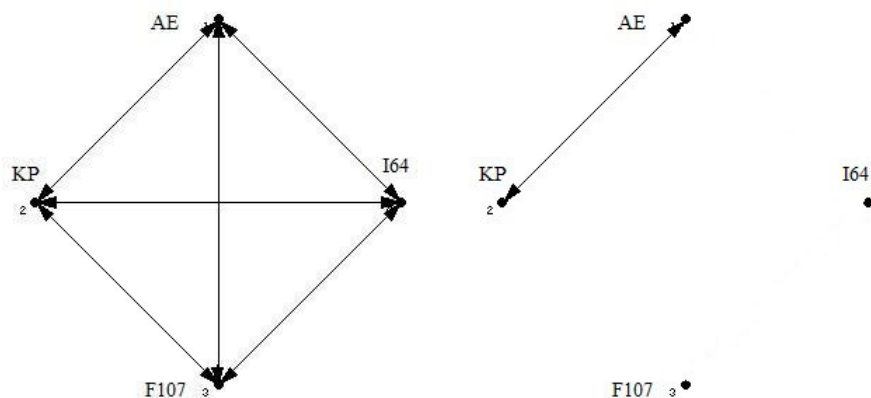
```

Z grafu je tedy patrná podmíněná závislost ve dvojicích náhodných vektorů reprezentujících časové řady: 1(AE) - 2(Kp) a 3(F10,7) - 4(I21). Na grafu lze jasně identifikovat efekt separace, mezi dvojicemi náhodných vektorů {1(AE), 2(Kp)} a {3(F10,7), 4(I21)}.

Počty zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) jsou tedy podmíněně závislé na slunečním rádiovém toku (F10,7). To odpovídá výsledkům publikovaným v [Stoupel, 1991], [Stoupel, 2004a] a [Stoupel, 2004b], kde byl rovněž identifikován vliv parametru (F10,7) a nebyla nalezena souvislost s geomagnetickým parametrem (Kp). V případě dvojice {1(AE), 2(Kp)} vzájemná podmíněná závislost plyne z fyzikální definice těchto slunečních indexů.

Podmíněné závislosti byly hledány i pro řady zemřelých na příčinu smrti I64 (Cévní příhoda mozková, mrtvice) a I67 (Jiná cévní onemocnění mozku), které prošly vstupním testem časových řad a podle [Dorman, 2001] a [Dimitrova, 2006] by mohly být ovlivnitelné sluneční aktivitou prostřednictvím změn krevního tlaku. Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro řadu zemřelých na I64 (Cévní příhoda mozková, mrtvice) jsou na obrázku 5.44.

Obrázek 5.44: Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I64 (Cévní příhoda mozková, mrtvice) a indexů sluneční činnosti AE, Kp a F10,7 v období let 1994–2011.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Varianční matice, korelační matice a matice sousednosti jsou spočteny v následujících protokolech:

```

I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice)
Zvolene rady:
1 AE
2 KP
3 F107
4 I64
Pocet realizaci = delka log rady =6573
pocet vrcholu = 4

variancni matice=
( 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 )

korel matice=
( 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. )

matice sousednosti =
( 0  0  0  0 )
( 1  0  0  0 )
( -3  -5  0  0 )
( -1  -4  -2  0 )

Celkova deviance = 10.0628
Pocet vynechaných hran = 5
p-value = 0.122032

```

Celková deviance minimalizovaného grafu je 10,0628, p -hodnota testu je 0,122032. Nezamítáme tedy shodu modelu s daty.

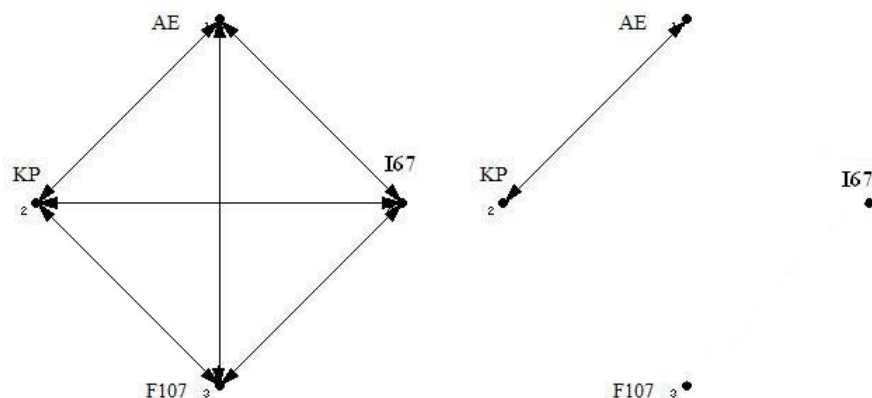
```

I67 - Jina cervni onemocneni mozku
Zvolene rady:
1 AE
2 KP
3 F107
4 I67
Pocet realizaci = delka log rady =6573
pocet vrcholu = 4
variancni matice=
( 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 )
korel matice=
( 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. )
matice sousednosti =
( 0  0  0  0 )
( 1  0  0  0 )
( -4 -5  0  0 )
( -2 -1 -3  0 )
Celkova deviance = 5.42779
Pocet vynechanych hran = 5
p-value = 0.490227

```

Celková deviance minimalizovaného grafu je 5,42779, p -hodnota testu je 0,490227. Nezamítáme tedy shodu modelu s daty. Grafy kompletního a minimalizovaného modelu jsou pro řadu zemřelých na I67 (Jiná cévní onemocnění mozku) na obrázku 5.45.

Obrázek 5.45: Grafy kompletního a minimalizovaného modelu pro příčinu smrti I67 (Jiná cévní onemocnění mozku) a indexů sluneční činnosti AE, Kp a F10,7 v období let 1994–2011.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Model pro časovou řadu zemřelých na I64 a I67 má stejný minimalizovaný graf viz obrázek 5.44 a 5.45. Z grafů je tedy patrná podmíněná závislost pouze ve dvojici náhodných vektorů reprezentujících časovou řadu 1(AE) - 2(KP), závislost 3(F10,7) - 4(I64) resp. 3(F10,7) - 4(I67) se v těchto modelech nevyskytuje.

Byla zde tedy identifikována, pouze vzájemná podmíněná závislost fyzikálních veličin, která je v souladu s fyzikální teorií. Nepotvrdil se předpoklad [Dorman, 2001] a [Dimitrova, 2006] o závislosti

počtu zemřelých na tyto příčiny smrti v důsledku ovlivnění změn krevního tlaku parametry sluneční a geomagnetické aktivity.

Metodou grafických modelů podmíněných nezávislostí tedy mohla být analyzována jen malá část řad denních počtů zemřelých podle příčin smrti, vzhledem k rozložení četností denních počtů zemřelých u ostatních příčin smrti. Tato metoda tedy byla vhodná pro analýzu závislostí příčin smrti I21 - Akutní infarkt myokardu, I26 - Plicní embolie, I50 - Selhání srdce, I60 - Subarachnoidální krvácení, I61 - Intracerebrální krvácení, I63 - Mozkový infarkt, I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) a I67- Jiná cévní onemocnění mozku.

Časová řada příčiny smrti I50 byla ve sledovaném období ovlivněna metodickými změnami v registraci zemřelých a proto je kauzálně narušena, viz [Daňková, 2013]. Hrana 1(AE) - 2(Kp) se za sledované období 1994–2011 ve vypočtených grafech pro příčiny smrti I21, I64 a I67 vyskytla vždy alespoň jednou, a je fyzikálně podmíněna. Zmínili jsme i možné příčiny značné diverzity mezi grafy jednotlivých příčin smrti.

V žádném z grafů se neobjevují nepodmíněně nezávislé složky ani podvektory vektorů slunečních indexů. Touto metodou lze tedy konstatovat provázanost slunečního indexu F10,7 (sluneční rádiový tok) pouze s řadou denního počtu zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) ve sledovaném časovém horizontu.

Tato provázanost je ve shodě s výsledky publikovanými v [Stoupel, 1991], [Stoupel, 2004a] a [Stoupel, 2004b], kde byl rovněž identifikován vliv sluneční aktivity a kosmického záření (F10,7) a nebyla nalezena souvislost s geomagnetickými parametry (Kp). Autoři pracovali s měsíčními počty zemřelých pro různě vymezené populace a měsíčními průměry fyzikálních parametrů v různých fázích několika slunečních cyklů. Metodou grafických modelů podmíněných nezávislostí byly zkoumány časové řady s denní frekvencí a tedy i denní variabilita časových řad a jejich vzájemná stochastická souvislost. Vypočtený model je tedy v tomto smyslu exaktnější než výše uvedené práce.

Tento výpočet ověřil aplikovatelnost metody grafických modelů podmíněných nezávislostí na úlohu vyhledání závislosti denního počtu zemřelých na slunečních indexech. Pro hledání podmíněných závislostí ostatních řad počtů zemřelých podle příčin na řadách slunečních indexů by bylo třeba předefinovat výpočet i pro řady s nulovými denními počty zemřelých, nebo modifikovat pravděpodobnostní rozdělení ve výpočtu pro agregované měsíční počty zemřelých. To by sice enormně zvýšilo výpočetní náročnost výběru modelu, ale výsledkem by byl exaktní model reprezentující příčinné vztahy mezi zkoumanými časovými řadami.

Kapitola 6

Závěr

V práci byl metodami statistické analýzy mnohorozměrných dat zjišťován vliv změn základních ionosférických parametrů a slunečních indexů na úmrtnost podle příčin v České republice v období let 1994–2011. Toto období pokrývá sluneční cyklus č.23 a minima tento cyklus předcházející i následující. Průběh tohoto slunečního cyklu byl nezvykle klidný, lze pozorovat dlouhé nízké maximum tvaru "W" a extrémní minimum mezi 23. a 24. slunečním cyklem, tedy ke konci sledovaného období.

Jako data popisující sluneční aktivitu byly zvoleny indexy sluneční aktivity Kp planetární Kp index, R relativní číslo slunečních skvrn, AE aurorální proud, $F10,7$ sluneční rádiový tok a Dst stupeň narušení magnetického pole Země. Jako fyzikální parametry popisující ionosférické vlivy byla zvolena $foF2$ kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy a TEC celkový obsah volných elektronů v ionosféře. V úvodu je předpokládáno, že ionosférické parametry $foF2$ a TEC by mohly lépe vysvětlovat vliv sluneční aktivity na řady počtů zemřelých podle příčin než sluneční indexy. vyjadřují totiž geograficky specifickou reakci na sluneční aktivitu. Zatím nebyly v této souvislosti v literatuře zmiňovány.

Časová řada zemřelých podle příčin byla uvažována podle desáté revize Mezinárodní statistické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů (10. revize MKN), v ČR platné od 1. 1. 1994. Data popisující úmrtnost podle příčin byla organizována jako denní agregované počty zemřelých a členěna podle vybraných příčin smrti za muže a ženy dohromady. Pro analýzu byly zvoleny podrobné příčiny úmrtí ze skupin II.Novotvary, VI.Nemoci nervové soustavy, IX.Nemoci oběhové soustavy, XII.Nemoci kůže a podkožního vaziva a XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality, uvedené v tabulkách 3.1, 3.2 a 3.3.

Zpracování dat a jejich úprava pro výpočty bylo provedeno v prostředí software SAS 9.2. Úprava dat slunečních a ionosférických parametrů importovaných z datových úložišť byla prováděna v prostředí MatLab. Grafické modely podmíněných nezávislostí byly vypočteny v programu Mathematica 5.2.

Pro zjištění lineární závislosti časových řad počtu zemřelých na vybrané příčiny smrti na řadách slunečních indexů a ionosférických parametrů v období let (1994–2011) byla použita metoda klasického lineárního modelování. Tomuto řešení byla dána přednost vzhledem k velkému počtu cyklických složek v časových řadách slunečních indexů a ionosférických parametrů.

Regresní analýza byla rozdělena na dvě části, první, kdy regresory byly fyzikální parametry sluneční aktivity Kp (planetární Kp index), R (relativní číslo slunečních skvrn), AE (aurorální proud), $F10,7$ (sluneční rádiový tok) a Dst (stupeň narušení magnetického pole Země), a druhou, kde figurovaly ionosférické parametry $foF2$ (kritická frekvence ionosférické F2 vrstvy) a TEC (celkový obsah volných elektronů v ionosféře) jako vysvětlující proměnné. Důvodem tohoto rozdělení je opožděná odezva geosféry na sluneční aktivitu.

Ionosférické parametry jsou narozdíl od slunečních geograficky diferencované a tak lépe zohledňují dopad sluneční aktivity na prostředí v němž sledovaná populace žije. Modelovány proto byly odděleně řady počtu zemřelých podle příčin a slunečních indexů a modely závislosti na io-

nosférických parametrech. Výpočet byl proveden v prostředí programu SAS 9.2 pomocí procedury REG.

Výsledky regresní analýzy pro modely s parametry sluneční aktivity Kp , R , AE , $F10,7$ a Dst jsou uvedeny v tabulce 5.13. Vypočtené regresní modely s ionosférickými parametry $foF2$ a TEC jsou v tabulce 5.14. Parametry sluneční aktivity ve sledovaném období vysvětlují Více než 5 % variability počtu zemřelých u příčin smrti I21, I45, I64, I67, Q04, Q20, Q21, Q23, Q25, Q26, Q87 a Q90. Je zde shoda s prací [Feinleib, 1975], kde nebyla v maximech slunečního cyklu nalezena těsná korelace počtu zemřelých na příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu) a I64 (Cévní příhoda mozková) s geomagnetickým slunečním indexem Ap , tedy právě s parametry sluneční aktivity. Tato studie byla provedena z národních dat o zemřelých v USA podle Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů v období let 1964–1971, tj. v minimu a ve vzestupné fázi nižšího slunečního cyklu. Část studie byla provedena stejně jako v této práci z denních dat o zemřelých.

Největší procento variability počtu zemřelých (44,5 %) pro modely s parametry sluneční aktivity Kp , R , AE , $F10,7$ a Dst vysvětluje lineární regresní model pro příčinu smrti Q91 (Syndromy Edwardsův a Patauův). Do tohoto modelu jsou zahrnuty vysvětlující proměnné R , AE a Dst . Syndrom Edwardsův a Patauův je vrozená vývojová vada způsobená chromozomální abnormalitou a patří mezi příčiny smrti které jsou ovlivnitelné vysokoenergetickými částicemi. Výraznou roli, jak je z modelu vidět zde sehraává i gama záření, které zejména parametr R indikuje. Lineární regresní model s ionosférickými parametry $foF2$ a TEC vysvětluje 15,2 % variability počtu zemřelých na tuto příčinu smrti. Shlukovou analýzou časové řady počtu zemřelých na příčinu smrti Q91 bylo zjištěno, že roky centroidů shluků jsou zde 1995, 1997, 2001 a 2007. Jsou umístěny v obou minimech slunečního cyklu a v jeho nejvyšším maximu, tedy v obdobích která se z hlediska počtu vysokoenergetických částic významně liší, což potvrzuje úvodní předpoklady. Tato příčina smrti je ze skupiny XVII. Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality korelována se sluneční aktivitou nejvýrazněji, jde však o skupinu příčin smrti s nižším počtem zemřelých a proto by výsledek měl být ověřen na větší populaci.

Výpočet ukázal, že nejvyšší procento variability počtu zemřelých pro modely s ionosférickými parametry $foF2$ a TEC vysvětluje lineární model pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu), 24,8 % a I64 (Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt), 20,5 %. U příčin smrti I21 a I64 je tedy vliv ionosférických parametrů mnohem výraznější než u slunečních parametrů. Potvrdil se tedy úvodní předpoklad, že ionosférické parametry $foF2$ a TEC by mohly lépe vysvětlovat vliv sluneční aktivity na řady počtů zemřelých podle příčin než sluneční indexy. vyjadřují totiž geograficky specifickou reakci na sluneční aktivitu. To je v dobré shodě s výsledky [Stoupeľ, 2004b] a [Szczeklik, 1984], kde je pro akutní infarkt myokardu nalezena posunutá antikorelace pro indexy sluneční aktivity. Ionosférické parametry $foF2$ a TEC vysvětlují více než 5 % variability počtu zemřelých ve sledovaném období i u příčin smrti I46, I48, I50, I63, I67, C69, Q89 a Q90, a dále 15,2 % variability počtu zemřelých na příčinu smrti Q91 (Syndromy Edwardsův a Patauův).

Typologie časových profilů příčin úmrtí byla zjišťována pomocí shlukové analýzy aplikované na časovou řadu. Shluková analýza byla provedena pro všechny řady zemřelých na zvolené příčiny smrti, pro denní resp. agregované měsíční počty zemřelých v období 1994–2011. Identifikovány byly charakteristické roky shluků pro jednotlivé příčiny smrti a korelovány se vzestupnými a sestupnými fázemi slunečního cyklu. Jako časová souřadnice byl použit rok a pořadí dne, resp. měsíce v roce. Dále byla zjišťována četnost centroidů shluků (roky) pro skupiny příčin smrti rozdělených podle kapitol MKN-10. Výpočet byl realizován v programu SAS 9.2 pomocí procedury FASTCLUS.

Pro příčinu smrti I21 (Akutní infarkt myokardu) jsou roky centroidů skupin 1995, 1997, 2001 a 2007. Pro příčinu smrti I64 (Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt) jsou roky centroidů skupin 1997, 1998, 2000 a 2008. U těchto příčin smrti lze pozorovat, že centroidy skupin jsou v čase lokalizovány zejména do obou minim sledovaného slunečního cyklu, maxima v letech 2000–2004 a na jeho vzestupnou větev. Toto rozložení lze pozorovat u celé skupiny IX. Nemoci oběhové soustavy. To naznačuje změnu chování v letech s vysokou sluneční aktivitou a ve

vzestupné fázi slunečního cyklu, kdy kulminuje množství vysokoenergetických protonů ve slunečním větru. Výsledek lékařských studií prováděných klasickou korelační analýzou [Cornelissen, 2002], [Stoupel, 2011], [Halberg, 2000a] a [Stoupel, 2002b], který pozoruje změny v charakteru závislosti kardiovaskulární úmrtnosti na sluneční aktivitě v dlouhodobém horizontu, je ve shodě s lokalizací nalezenou ve výpočtu.

Pro skupiny příčin smrti byla četnost výskytů let centroidů skupin posouzena pomocí jejich histogramů. Pro jednotlivé skupiny příčin smrti jsou zobrazeny na obrázcích 5.38 až 5.42. U skupiny II. Novotvary se nejvíce vyskytují roky centroidů v minimech slunečního cyklu a pak kolem maxima ve tvaru "W". Variabilita mezi roky centroidů mezi jednotlivými diagnózami ve skupině je zde velká. U skupiny VI. Nemoci nervové soustavy (G00-G99) jsou mezi diagnózami pozorovatelné odlišnosti v rozložení centroidů, zejména v maximu slunečního cyklu tato skupina nevykazuje společné rysy. Možná příčina je vysvětlena v práci [Stoupel, 1990]. Reakce nervové soustavy na geomagnetické sluneční parametry je totiž dle článku diferencována dle pohlaví a dle [Halberg, 2001] se mění i podle dlouhodobějších slunečních cyklů.

Ve skupině příčin smrti XVII. Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99) je výrazný výskyt centroidů skupin v roce 1995 a o něco méně výrazný v roce 2010, tedy v době dna minim mezi slunečními cykly č.22/23 a č.23/24. U této skupiny příčin smrti lze tedy usuzovat na výraznou odlišnost časového profilu mezi maximem a minimem slunečního cyklu. Regresní model s parametry sluneční aktivity jako vysvětlujícími proměnnými u příčin smrti Q04, Q20, Q21, Q23, Q25, Q26, Q87 a Q90 z této skupiny příčin smrti vysvětlil více než 5 % variability.

Metoda grafických modelů podmíněných nezávislostí jako jeden z nástrojů mnohorozměrné statistické analýzy umožnila popsat a přehledně znázornit struktury vzájemných závislostí spojených dat denních počtů zemřelých podle vybraných příčin smrti a indexů sluneční aktivity. Pro tuto metodu byly vybrány časové řady indexů sluneční činnosti s nezápornými, nenulovými hodnotami a vzájemně nezávislou fyzikální definicí: AE (aurorální proud), Kp (planetární Kp index) a $F10,7$ (sluneční rádiový tok), a příčiny smrti s vyšším denním počtem zemřelých: I21 - Akutní infarkt myokardu, I26 - Plicní embolie, I50 - Selhání srdce, I60 - Subarachnoidální krvácení, I61 - Intracerebrální krvácení, I63 - Mozkový infarkt, I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) a I67 - Jiná cévní onemocnění mozku.

Testu normality a nezávislosti logaritmických dat vyhověly pouze řady počtů zemřelých podle příčin I21, I64 a I67. Metodou grafických modelů podmíněných nezávislostí tedy mohla být analyzována jen malá část řad denních počtů zemřelých podle příčin smrti. Ve všech vypočtených grafických modelech podmíněných nezávislostí za sledované období 1994–2011 se vyskytovala hrana grafu reprezentující podmíněnou závislost $1(AE) - 2(Kp)$. Tato závislost je fyzikálně podmíněna a výskyt hrany v modelu je tak i ověřením jeho konzistence. V žádném z grafů se neobjevují nepodmíněně nezávislé složky ani podvektory vektorů slunečních indexů. Z grafu je patrná podmíněná závislost ve dvojicích náhodných vektorů reprezentujících časové řady: $1(AE) - 2(Kp)$ a $3(F10,7) - 4(I21)$. Lze zde identifikovat efekt separace mezi dvojicemi náhodných vektorů $\{1(AE), 2(Kp)\}$ a $\{3(F10,7), 4(I21)\}$. Počty zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) jsou tedy podmíněně závislé na slunečním rádiovém toku (F10,7).

Touto metodou byla zjištěna provázanost slunečního indexu F10,7 (sluneční rádiový tok) s řadou denního počtu zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) ve sledovaném časovém horizontu. Tento výsledek je ve shodě s pracemi [Stoupel, 1991], [Stoupel, 2004a] a [Stoupel, 2004b], kde byl rovněž identifikován vliv sluneční aktivity a kosmického záření (F10,7) a nebyla nalezena souvislost s geomagnetickými parametry (Kp).

U příčin smrti I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) a I67 - Jiná cévní onemocnění mozku, které bylo možno zkoumat touto metodou nebyla podmíněná závislost mezi slunečními parametry a denními počty zemřelých nalezena. Nepotvrdil se předpoklad [Dorman, 2001] a [Dimitrova, 2006] o závislosti počtu zemřelých na tyto příčiny smrti v důsledku ovlivnění změn krevního tlaku parametry sluneční a geomagnetické aktivity. Metodou grafických modelů podmíněných nezávislostí byly zkoumány časové řady s denní frekvencí a tedy i denní variabilita časových řad a jejich vzájemná stochastická souvislost. Vypočtený model je tedy v tomto smyslu exaktnější.

Pro hledání podmíněných závislostí řad počtů zemřelých podle příčin vyloučených testem nezávislosti logaritmických dat by bylo třeba předefinovat výpočet i pro řady s nulovými denními počty zemřelých, nebo modifikovat pravděpodobnostní rozdělení ve výpočtu a použít agregované měsíční počty zemřelých. To by sice enormně zvýšilo výpočetní náročnost výběru modelu. Výsledkem by byl exaktní model reprezentující příčinné vztahy pro všechny zkoumané časové řady.

Na závěr je možné konstatovat, že tento výpočet ověřil aplikovatelnost metody grafických modelů podmíněných nezávislostí na úlohu vyhledání závislosti denního počtu zemřelých na slunečních indexech. Byl ověřen úvodní předpoklad, že skupina slunečních a ionosférických parametrů ovlivňuje úmrtnost na zvolené příčiny smrti různým způsobem. Ionosférické parametry f_oF2 a TEC vysvětlují větší část variability řad počtu zemřelých na akutní infarkt myokardu (I21) a cévní příhodu mozkovou (I64) než indexy sluneční aktivity, což je v souladu s úvodním předpokladem. Pro parametry sluneční aktivity byla nalezena i závislost pro akutní infarkt myokardu (I21) pomocí grafického modelu podmíněných nezávislostí.

Literatura

- [Anděl, 1995] ANDĚL, J.: *Základy matematické statistiky*, Praha:Matfyzpress, 2005.
- [Bencko, 2002] BENCKO, V. aj.: *Hygiena: Učební texty k seminářům a praktickým cvičením*, 2.přerpracované a doplněné vydání, 2002, Praha:Karolinum, s. 126–128.
- [Bilitza, 1990] BILITZA D.; HOEGY,W.R.: *Solar activity variation of ionospheric plasma temperatures*, Advances in Space Research, 1990, Volume 10, Issues 8, s. 81–90.
- [Bruthans, 2009] BRUTHANS, J.; BRUTHANSOVÁ, D.: *Kardiovaskulární revoluce*, 2009, Demografie, 51, Praha, s.182–189.
- [Cipra, 1986] CIPRA, T.: *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii*, Praha:SNTL, 1986.
- [Corliss, 2012] CORLISS, D.J.: *Dynamically Evolving Systems: Cluster Analysis Using Time*, SAS Global Forum, 2012, Paper 329-2012, s. 2–3.
- [Cornelissen, 2002] CORNELISSEN, G.; HALBERG, F.; BREUS, T. AJ.: *Non-photic Solar Associations of Heart Rate Variability and Myocardial Infarction*, J. Atm. Solar-Terr. Phys., 2002, 64, s.707.
- [Daňková, 2013] DAŇKOVÁ, Š.: *Změny evidence zemřelých od roku 2013*, ÚZIS ČR, 2013-02-20 [cit. 2013-03-05]. Dostupný také z WWW: <https://www.natur.cuni.cz/2013-02-20_Zmeny_evidence_zemrelych_od_roku_2013.pdf>.
- [Dimitrova, 2006] DIMITROVA, S.: *Relationship between Human Physiological Parameters and Geomagnetic Variations of Solar Origin*, Advances in Space Research, 2006, 37, s.1251.
- [Dorman, 2001] DORMAN, L.I.; IUCCI, N.; PTITSYNA, N.G. AJ.: *Cosmic rays as indicator of space weather influence on frequency of infract myocardial, brain strokes, car and train accidents*, Proc. 27th ICRC Hamburg, 2001, s.3511.
- [Dorman, 2005] DORMAN, L.I.: *Space Weather and Dangerous Phenomena on the Earth: Principles of Great Geomagnetic Storms Forecasting by Online Cosmic Ray Data*, Annales Geophysicae, 2005, 23, s.2997.
- [Fagan, 2007] FAGAN, B.: *Malá doba ledová, jak klima formovalo dějiny v letech 1300–1850*, Praha:Academia, 2007, s. 51–77.
- [Feinleib, 1975] FEINLEIB, M.; ROGOT, E.; STURROCK, P. A.: *Solar Activity and Mortality in the United States*, 1.Int. J. Epidemiol, 1975, Volume 4, s.227-229.
- [Ford, 2007] FORD, E.S.; AJANI, U.A.; CROFT, J.B.; AJ.: *Explaining the Decrease in U.S. Deaths from Coronary Disease 1980–2000*, N Engl J Med, 2007, Volume 356, s.2388–2398.
- [Fries, 1980] FRIES, J.: *Aging, Natural Death and the Compression of Morbidity*, N Engl J Med, 1980, Volume 303, s.130–135.
- [Halberg, 2000a] HALBERG, F.; CORNELISSEN, G.; OTSUKA, K. AJ.: *21-year biological and physical cycles, magnetic storms and myocardial infarctions*, Neuroendocrinol. Lett., 2000, Volume 21, s.233.

- [Halberg, 2000b] HALBERG, F.; CORNELISSEN, G.; CHEN, C.H. AJ.: *Chronobiology: The time structures, chronomes gauge, aging, diseases risk and the cosmos*, Journal of Anti-Aging Medicine, 2000, Volume 3, s.67.
- [Halberg, 2001] HALBERG, F.; CORNÉLISSEN, G.; WATANABE, Y. AJ.: *Near 10-Year and Longer Periods Modulate Circadians: Intersecting Anti-aging and Chronoastrobiological Research*, J Gerontol A Biol Sci Med Sci, Volume 56, s.M304-M324, 2001.
- [Chýna, 2002] CHÝNA, V. 2002. *Grafické modely pro analýzu spojitých finančních dat*. Praha, 2002. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta.
- [Johnsen, 2005] JOHNSEN, S.; LOHMANN, K. J.: *The physics and neurobiology of magnetoreception*, Nature Reviews Neuroscience, 2005, Volume 6, s.703–712.
- [Kleczek, 1973] KLECZEK, J.: *Slunce a člověk*, Praha:Academia, 1973.
- [Kleczek, 2002] KLECZEK, J.: *Velká encyklopedie vesmíru*, Praha:Academia, 2002.
- [Klener, 2006] KLENER, P., AJ.: *Vnitřní lékařství*, 3. vydání, Praha : Galén, 2006. ISBN 80-7262-430-X.
- [Lněnička, 2001] LNĚNIČKA, R. 2001. *Bayesovské metody pro zpracování finančních dat*. Praha, 2001. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta.
- [Matoušek, 2002] MATOUŠEK, J.; NEŠETRIL, J.: *Kapitoly z diskrétní matematiky*, Praha:Karolinum, 2002.
- [McKee, 2007] MCKEE, M.: *Cochrane on Communism: the influence of ideology on the search for evidence*, Int. J. Epidemiol., 2007, Volume 36, s.269–273.
- [NOAA, 1999] NOAA: *Space Environment Topics*, 1999, SE-14, Boulder, [online]. [cit. 1999]. Dostupný také z WWW: <<http://sec.noaa.gov>>.
- [Novikov, 1968] NOVIKOV, K. F.; GNEVYSHEV, M.N.; TOKAREVA, N. V.; OL, A. I.; PANOV, T. N.: *The effect of solar activity on the occurrence of myocardial infarct and its mortality*, Kardiologia, 1968, Apr 8, s.109–112.
- [Pavlík, 1986] PAVLÍK, Z.; RYCHTAŘÍKOVÁ, J.; ŠUBRTOVÁ, A.: *Základy demografie*, Praha:Academia, 1986.
- [Reiter, 1955] REITER, R.: *Bio-meteorologie auf physikalischer basis*, Phys. Blatter, 1955, Vol. 11, 453.
- [Stoupel, 1976] STOUPEL, E.: *Forecasting in cardiology*, New York:J.Wiley, 1976.
- [Stoupel, 1990] STOUPEL, E.; HOD, M.; SHIMSHONI, M. AJ.: *Monthly cosmic activity and pregnancy induced hypertension*, Clin Exp Obstet Gynecol., 1990, Volume 17, s.7-12.
- [Stoupel, 1991] STOUPEL, E.; SHIMSHONI, M.: *Hospital cardiovascular deaths and total distribution of deaths in 180 consecutive months with different cosmic physical activity: A correlative study (1974-1988)*, International Journal of Biometeorology, 1991, Volume 35, s.6.
- [Stoupel, 2002a] STOUPEL, E.: *The equilibrium paradigm in clinical cosmobiology*, Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology, 2002, Volume 13, s.255.
- [Stoupel, 2002b] STOUPEL, E.: *The effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters*, Biomed Pharmacother, 2002, Volume 56, s.247.
- [Stoupel, 2004a] STOUPEL, E.; KALEDIENE, R.; PETRAUSKIENE, J. AJ.: *Clinical cosmobiology: distribution of deaths during 180 months and cosmophysical activity. The Lithuanian study, 1990–2004. The role of cosmic rays.*, 2004, Division of Cardiology, Rabin Medical Center, Tel Aviv University.

- [Stoupel, 2004b] STOUPEL, E.; ISRAELEVICH, P.; PETRAUSKIENE, J. AJ.: *Cosmic rays activity and monthly number of deaths: a correlative study*, J Basic Clin Physiol Pharmacol., 2004, Volume 13, s.23-32.
- [Stoupel, 2011] STOUPEL, E. AJ.: *Twenty years study of solar, geomagnetic, cosmic ray activity links with monthly deaths number*, 2011, [online]. [cit. 2011-06]. Dostupný také z WWW: <<http://www.SciRP.org/journal/jbise/>>.
- [Szczeplik, 1984] SZCZEPLIK, E.; MERGENTALER, J.; KOTLAREK-HAUS, S. AJ.: *Solar activity and myocardial infarction*, Cor Vasa, 1984, Volume 25, s.49-55.
- [Tkatchenko, 2000] TKATCHENKO, E.; MCKEE, M.; TSOUROS, A. D.: *Public health in Russia: the view from the inside*, Health Policy and Planning, 2000, Volume 15, Issue 2, s.164-169.
- [Trísková, 2011] TRISKOVA, L.; TRUHLIK, V.; PODOLSKA, K.: *Time delays in the correlation between solar activity and the F2 region plasma frequency*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2011, Volume 73, Issues 5-6, s. 623-626.
- [URSI, 1972] URSI: *Definition of Characteristic extracted from UAG23*, 1972, URSI Handbook, November.
- [ÚZIS ČR, 2012] ÚZIS ČR: *Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů*, 2012 [online]. [cit.2012-2-21]. Dostupný také z WWW: <<http://www.uzis.cz/cz/mkn/index.html>>.
- [WHO, 2011] WHO: *International Agency for Research on Cancer. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans*, 2011. [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupný také z WWW: <http://www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf>.
- [Vallin, 2004] VALLIN, J.; MESTLÉ, F.: *Convergences and divergences in mortality. A new approach to health transition*, Demographic Research, 2004, Specials Collection 2, Article 2, s. 11-44, Dostupný také z WWW: <www.demographic-research.org/special/2/2/>.
- [Whittaker, 1990] WHITTAKER, J.: *Graphical Models in Applied Multivariate Statistics*, New York:Wiley, 1990.
- [Wiener, 1958] WIENER, N.: *Nonlinear Problems in Random Theory*, New York:J.Wiley, 1958.
- [Zichová, 2004] ZICHOVÁ, J.: *Grafické modely v analýze finančních dat*, 2004, ROBUST´2004, JČMF.
- [Zichová, 2007] ZICHOVÁ, J.: *Plánování experimentů a predikční vícerozměrná analýza*, Praha:Karolinum, 2007.

Zdroje dat

World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University, Japonsko,

[online]. [cit. 2012-04-15].

<<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index.html>>

NWRA/CoRA, NorthWest Research Associates, Boulder, USA,

[online]. [cit. 2012-04-15].

<<http://www.nwra.com/spawx/spawx.html>>

Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Helmholtz-Zentrum, Potsdam, Německo,

[online]. [cit. 2012-06-30].

<<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/kp-freq/>>

UK Solar System Data Centre (UKSSDC), Rutherford Appleton Laboratory, Oxfordshire,
Velká Británie,

[online]. [cit. 2012-04-15].

<<http://www.ukssdc.ac.uk/wdcc1/ionosondes/secure/iono-data.shtml>>

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

[online]. [cit. 2012-04-15].

<<http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/dataset.do?view=ionospheri>>

Institut Géographique National (IGN), France,

[online]. [cit. 2012-09-24].

<<ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/ionosphere/>>

Příloha č.1:

Zemřelí podle vybraných příčin smrti (1994–2011): tabulky

Tabulka 6.1: Roční počty zemřelých podle vybraných příčin smrti v období let 1994–2011.

rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Celkem ^a
C43 ^b	356	311	329	308	307	339	315	363	336	351	346	331	330	329	349	372	355	365	6092
C44	120	118	112	111	106	111	108	126	131	132	123	115	144	136	109	135	134	129	2200
C69	23	27	23	23	24	25	39	27	33	27	23	18	31	25	23	23	27	20	461
C70	28	36	21	22	26	32	31	36	18	32	34	26	18	23	20	23	28	24	478
C71	564	565	578	579	598	618	722	713	785	757	721	688	697	631	682	683	781	690	12052
C72	26	26	20	16	26	17	25	24	26	17	22	20	22	28	26	25	22	27	415
C73	110	97	97	113	97	111	113	80	115	102	80	87	82	71	81	83	70	76	1665
C81	144	133	137	125	93	108	101	99	77	84	92	63	61	53	65	57	49	47	1588
C84	16	16	18	16	15	20	12	25	25	26	28	36	37	35	46	50	41	50	512
C85	154	181	187	211	206	211	236	238	182	197	206	211	191	198	187	210	188	214	3608
G20	77	56	59	67	98	117	167	207	207	247	232	265	227	107	96	90	104	191	2614
G21	1	11	7	12	4	13	15	12	16	22	22	6	8	13	9	2	6	34	213
G30	304	254	247	334	410	440	486	588	604	668	746	822	919	489	546	397	403	1046	9703
G31	62	55	38	52	39	42	48	50	58	48	39	55	40	34	37	36	28	53	814
G35	145	121	92	110	106	110	93	114	89	124	90	111	100	87	77	97	93	94	1853
G36	4	0	3	3	1	1	5	2	1	3	1	2	1	2	3	5	5	3	45
G37	11	11	14	20	14	19	20	9	10	7	13	16	16	12	13	8	12	17	242
G40	104	104	121	134	121	99	133	126	132	168	116	138	130	102	100	73	69	109	2079
G80	46	34	28	33	31	26	25	13	24	23	18	22	17	35	26	30	29	52	512
G90	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	3	12
I20	53	97	74	131	83	72	65	79	80	58	35	48	58	120	70	78	76	99	1376
I21	14804	13709	12728	10046	11635	11785	11266	10583	9754	9210	8045	7310	6811	6550	6700	6565	6261	6566	170328
I22	30	63	69	62	62	62	81	82	53	27	38	42	60	117	89	112	178	208	1435
I26	964	1771	2144	1832	1776	1715	1534	1589	1531	1721	1546	1435	1564	1528	1845	2020	1903	1252	29670
I44	30	23	10	7	20	12	14	11	11	14	17	29	25	10	19	17	16	20	305
I45	6	16	14	19	11	6	9	4	7	3	5	10	8	11	11	12	11	16	179
I46	144	292	541	534	533	447	505	409	513	654	623	737	746	670	761	964	1112	615	10800
I47	4	3	5	6	7	2	1	11	5	9	11	7	4	8	8	18	22	16	147
I48	16	40	54	57	81	69	75	127	109	154	164	215	226	319	314	330	388	423	3161
I49	33	84	99	83	82	98	137	121	98	119	115	122	121	144	122	124	181	107	1990
I50	1528	1564	1991	1657	2021	1685	1107	1138	1361	1325	1233	2144	2642	1493	1884	1942	1734	4214	32663
I60	274	221	228	256	238	219	230	249	200	223	217	232	259	248	261	218	222	250	4245
I61	1571	1346	1367	1077	1178	1111	1212	1197	1178	1189	1165	1234	1143	1112	1193	1207	1172	1249	21901
I62	52	71	57	48	38	48	51	45	49	65	59	70	87	76	74	71	79	98	1138
I63	2535	2810	2646	2245	2151	2266	2126	1853	1795	1868	1745	2055	2140	2509	2489	2823	2685	2762	41503
I64	10161	9395	8473	7181	8738	8785	8392	8040	8041	8073	6293	5885	5377	4337	4087	3990	3862	3497	122607
I67	4111	3668	3477	3813	4032	4323	5084	5220	4960	5122	4824	4876	4553	2947	3094	3460	3028	2262	72854
I74	86	129	127	101	95	119	94	90	122	102	100	101	167	151	138	127	127	125	2101
L90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Zdroj dat: ÚZIS ČR.

^acelkový počet zemřelých za období let 1994–2011.^bKódy příčin smrti.

Tabulka 6.2: Roční počty zemřelých podle vybraných příčin smrti v období let 1994–2011, pokračování.

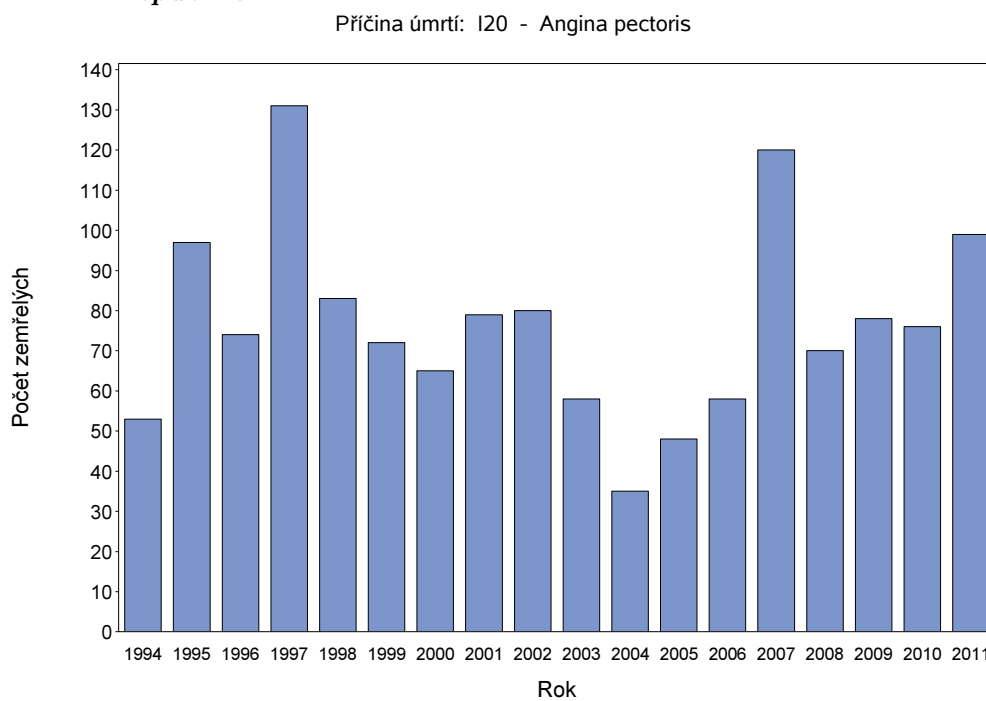
rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Celkem ^a
Q02 ^b	4	4	0	0	2	0	2	0	2	2	1	1	2	2	2	1	1	0	26
Q03	30	17	17	9	14	14	14	11	11	5	3	9	8	9	5	8	9	3	196
Q04	17	9	7	12	11	12	6	10	3	5	13	6	5	5	9	9	15	9	163
Q07	4	2	4	1	2	1	1	2	2	2	1	1	0	1	2	2	1	3	32
Q20	18	8	6	10	13	7	10	10	10	12	6	7	2	11	5	10	7	4	156
Q21	51	36	31	18	23	12	9	19	18	12	7	11	12	25	21	19	14	22	360
Q22	4	7	3	6	3	4	3	1	4	1	1	2	4	5	1	3	2	2	56
Q23	34	20	17	12	17	12	8	14	8	6	4	6	3	18	10	5	6	9	209
Q24	15	20	11	8	11	8	4	10	6	8	2	5	8	14	19	12	17	9	187
Q25	24	21	11	10	15	9	3	7	9	4	4	6	9	11	13	16	9	10	191
Q26	5	2	3	3	2	0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	4	0	25
Q28	2	0	4	1	2	0	1	2	1	1	2	3	3	5	7	0	4	3	41
Q31	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	10
Q33	4	6	3	4	4	2	6	6	4	10	5	5	4	7	6	5	5	2	88
Q39	3	5	0	0	1	2	1	3	0	2	1	1	1	1	2	1	2	0	26
Q43	3	2	0	4	0	1	1	2	1	2	2	1	1	3	1	2	2	1	29
Q44	5	5	4	1	4	8	0	3	1	1	2	0	0	0	1	1	1	1	38
Q60	3	3	1	4	4	3	1	5	2	2	0	3	1	3	1	2	3	2	43
Q61	7	4	5	4	5	8	2	0	6	3	4	4	6	7	3	4	4	14	90
Q63	2	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	11
Q64	1	2	0	0	3	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1	0	12
Q79	3	5	9	6	2	3	2	3	1	2	2	4	2	2	5	1	2	6	60
Q85	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2	2	2	2	1	14
Q86	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
Q87	17	2	5	1	7	5	3	3	2	3	0	2	3	4	1	9	2	2	71
Q89	25	15	5	14	12	13	12	5	11	13	8	9	3	7	7	5	6	7	177
Q90	18	19	10	16	6	11	7	4	5	5	5	5	7	9	7	5	11	26	176
Q91	7	9	12	8	4	7	6	6	4	9	5	4	7	3	0	2	1	4	98
Q96	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4

Zdroj dat: ÚZIS ČR.

^acelkový počet zemřelých za období let 1994–2011.^bKódy příčin smrti.

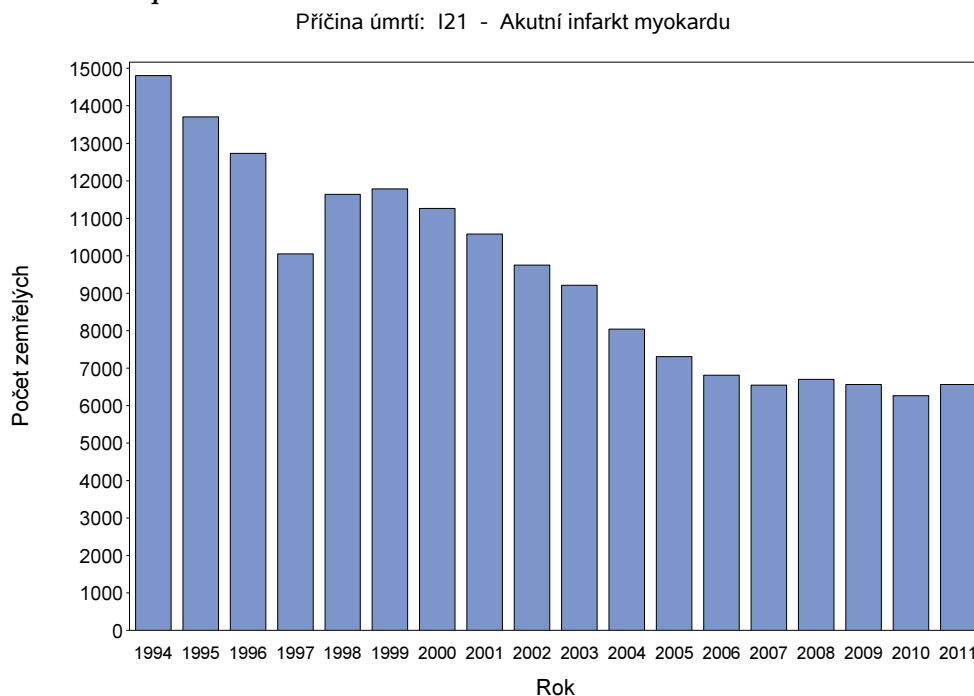
Příloha č.2: Zemřelí podle vybraných příčin smrti (1994–2011): sloupcové grafy

Obrázek 6.1: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I20 v období let 1994–2011, Česká republika.



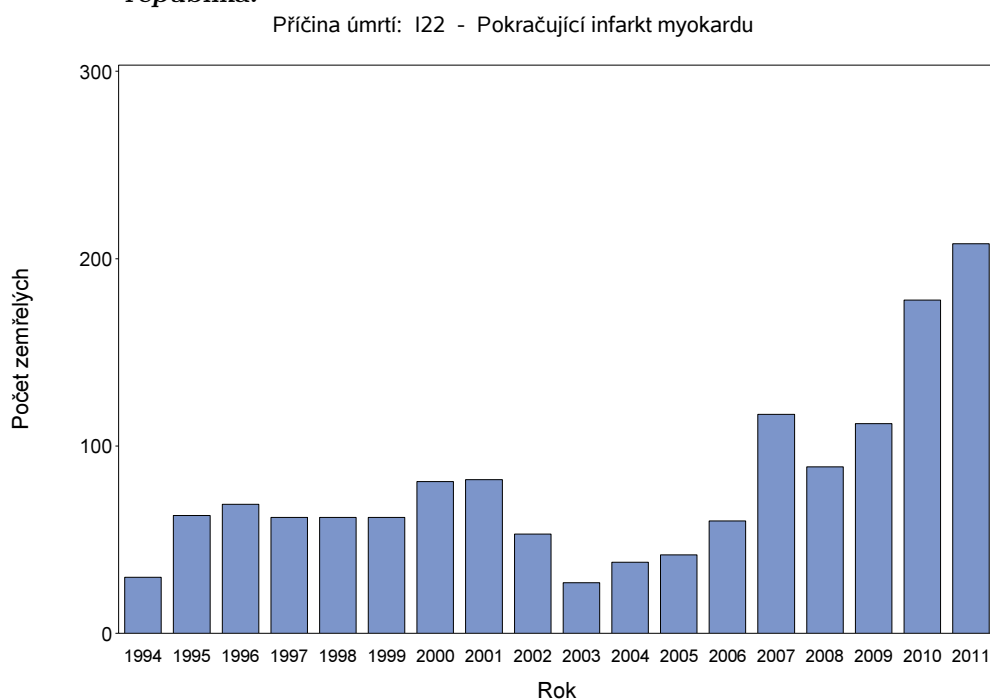
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.2: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I21 v období let 1994–2011, Česká republika.



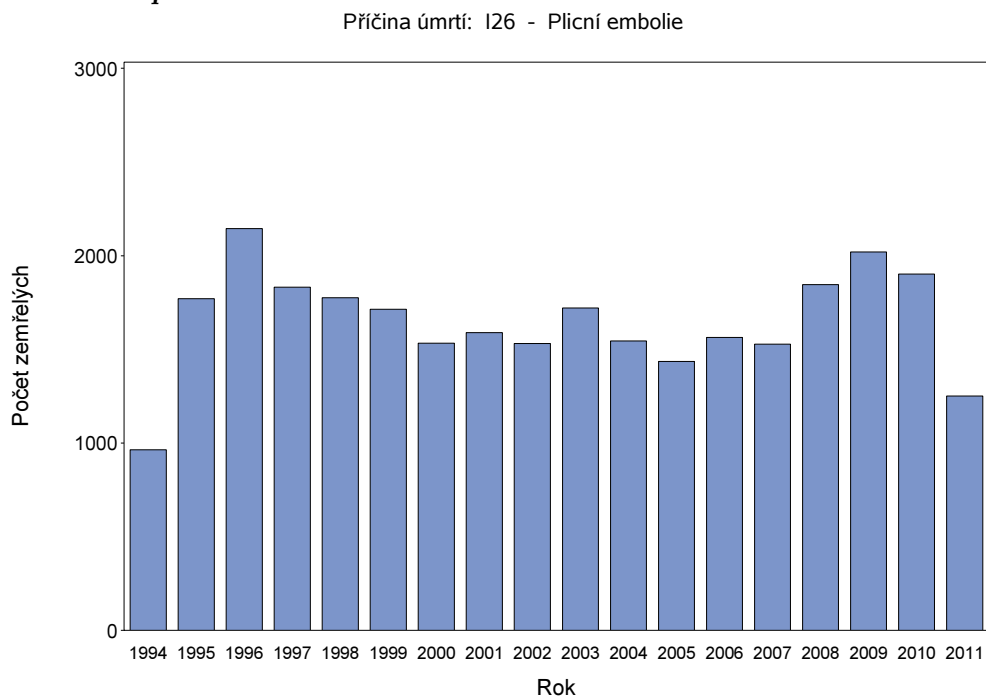
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.3: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I22 v období let 1994–2011, Česká republika.



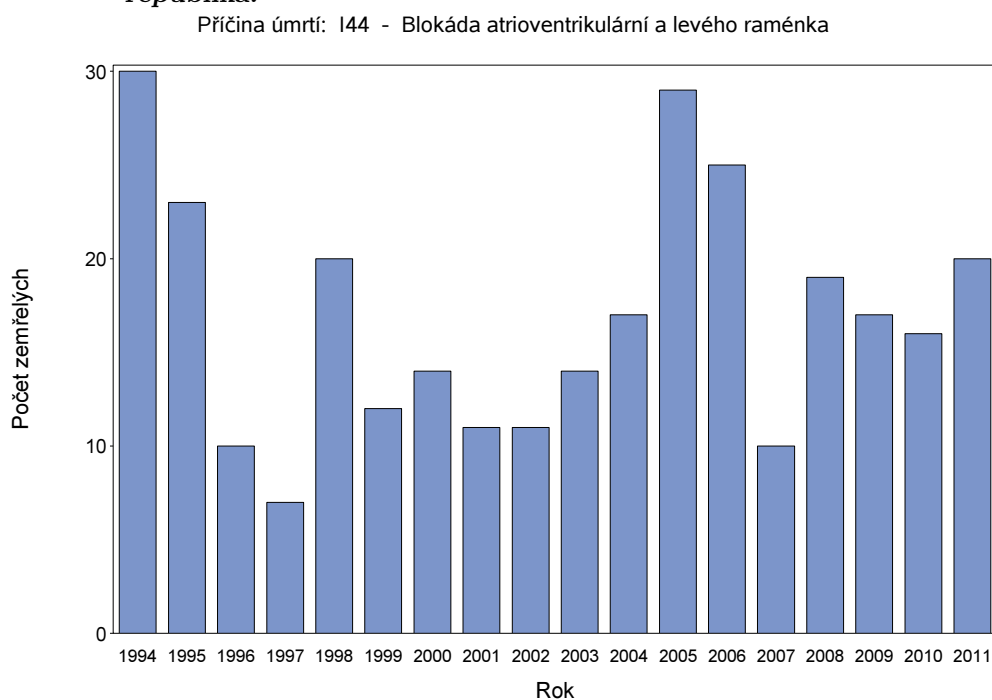
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.4: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I26 v období let 1994–2011, Česká republika.



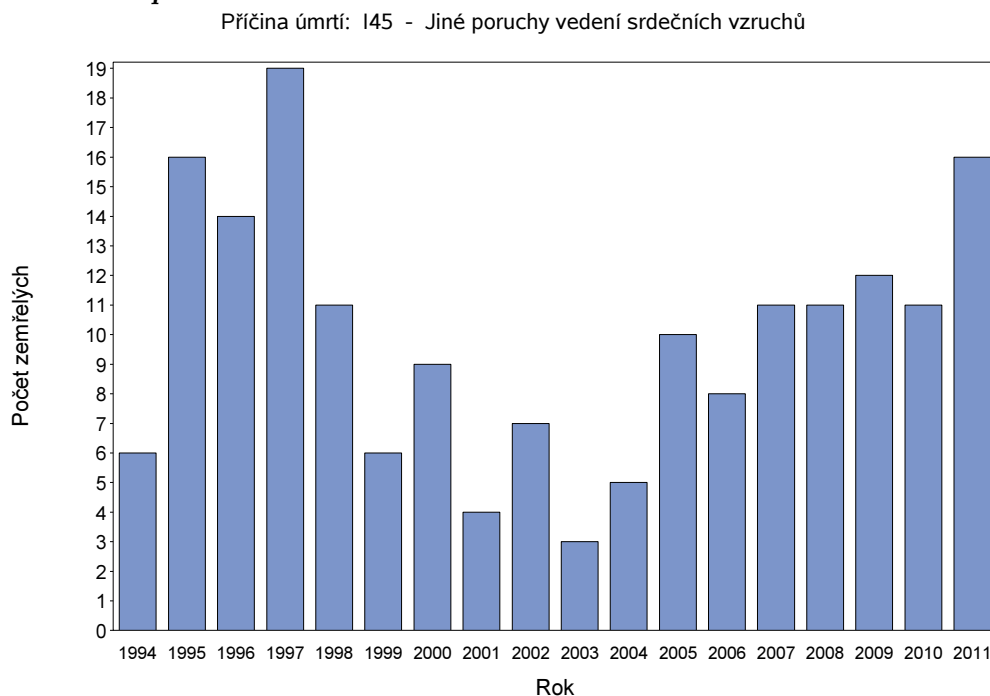
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.5: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I44 v období let 1994–2011, Česká republika.



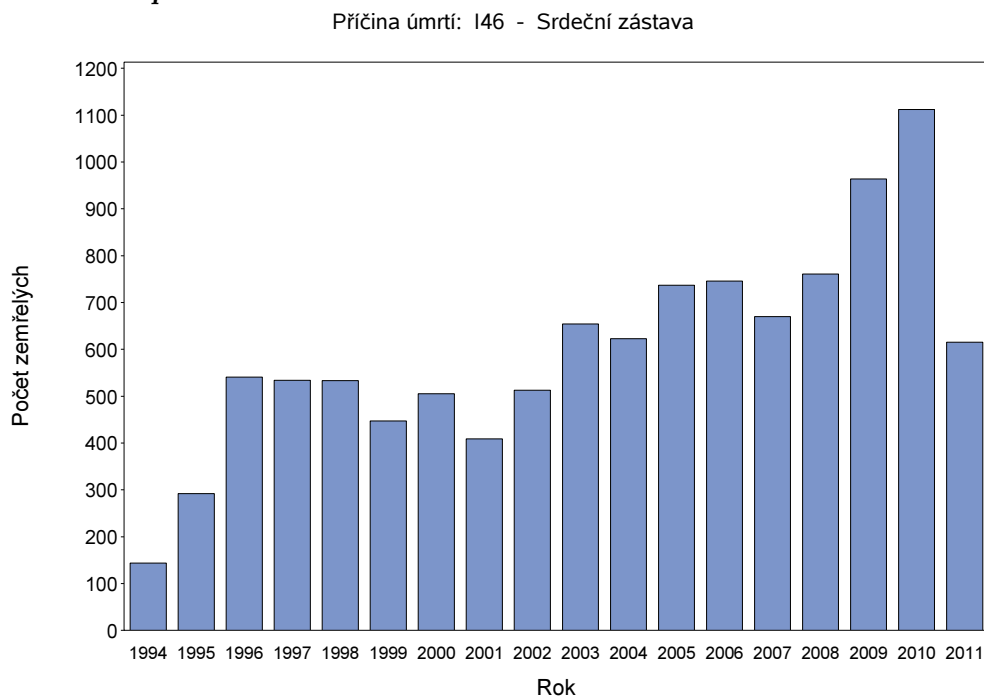
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.6: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I45 v období let 1994–2011, Česká republika.



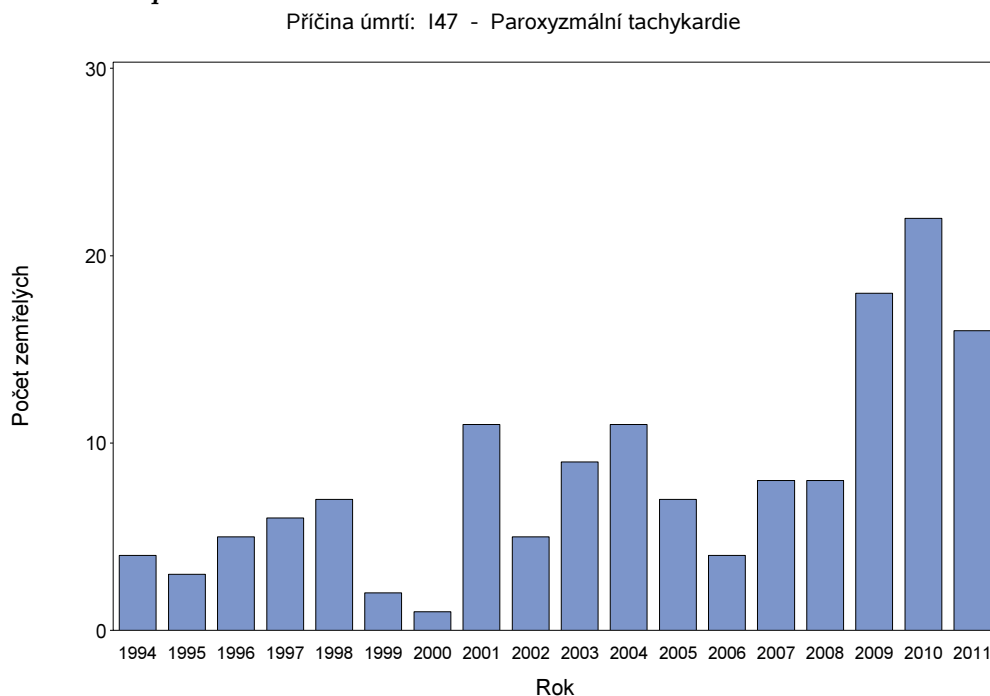
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.7: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I46 v období let 1994–2011, Česká republika.



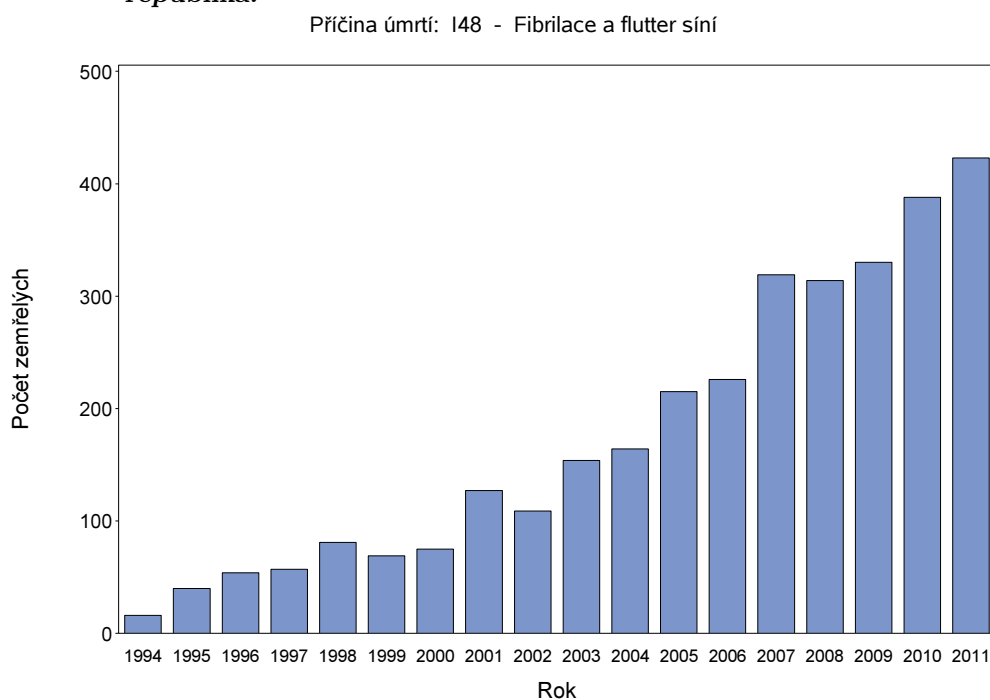
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.8: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I47 v období let 1994–2011, Česká republika.



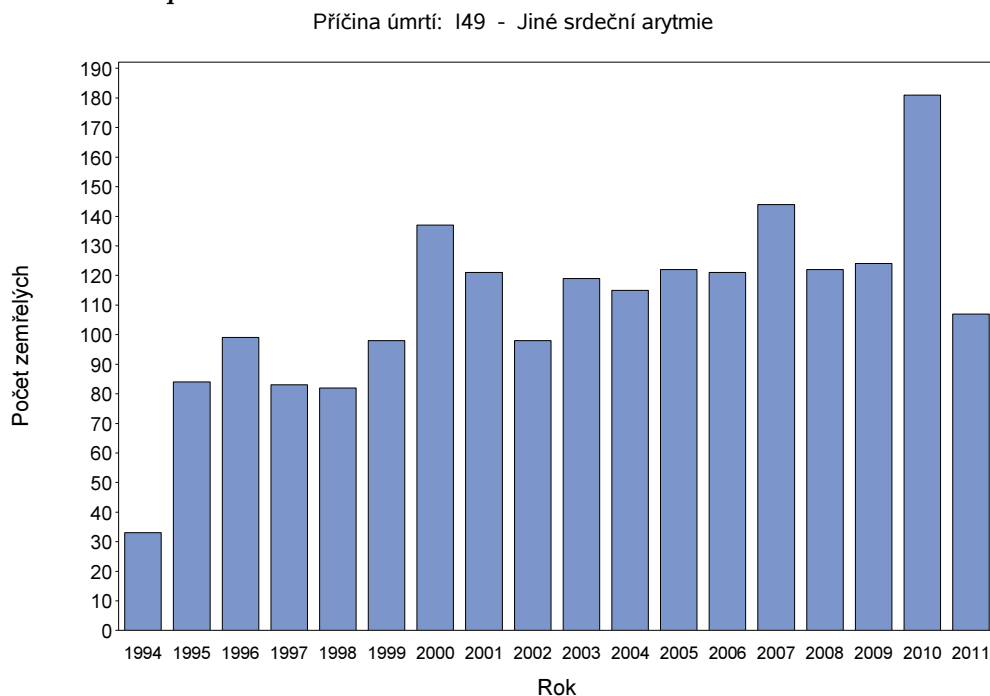
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.9: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I48 v období let 1994–2011, Česká republika.



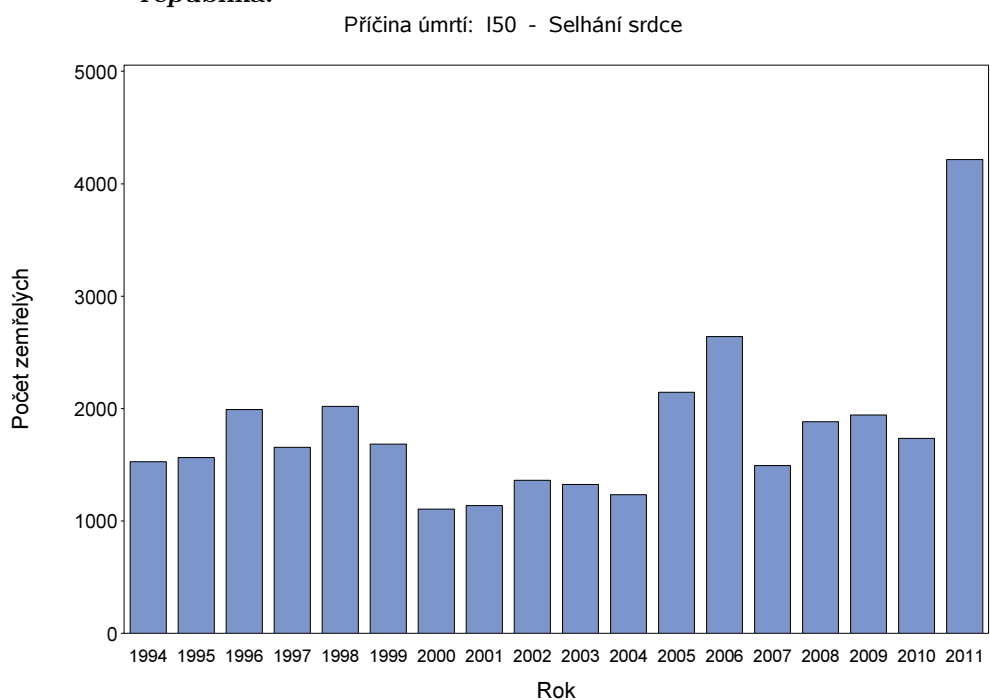
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.10: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I49 v období let 1994–2011, Česká republika.



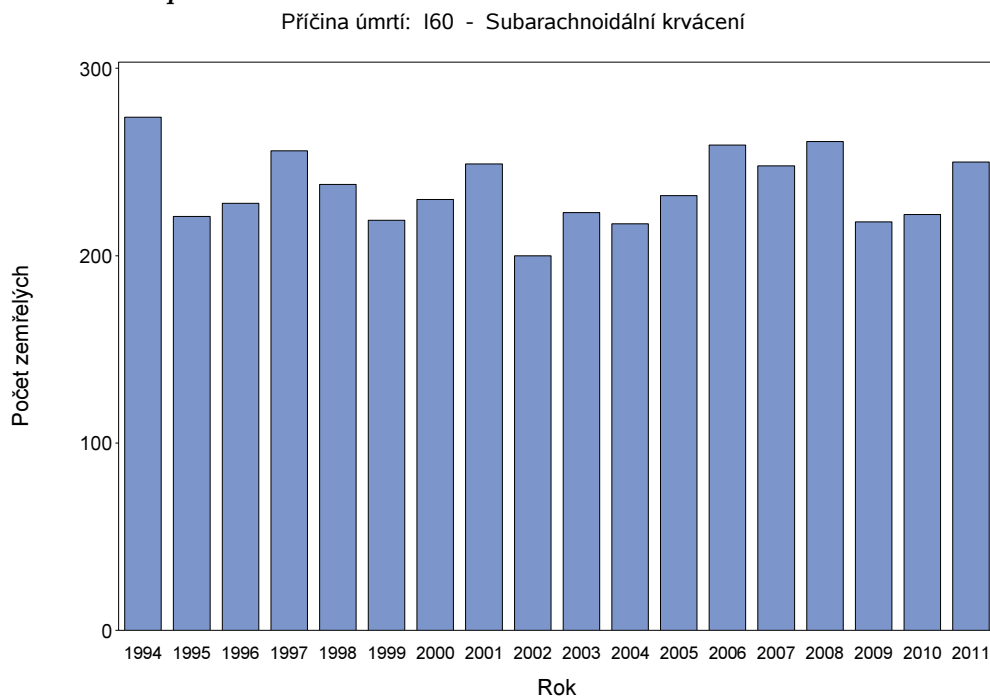
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.11: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I50 v období let 1994–2011, Česká republika.



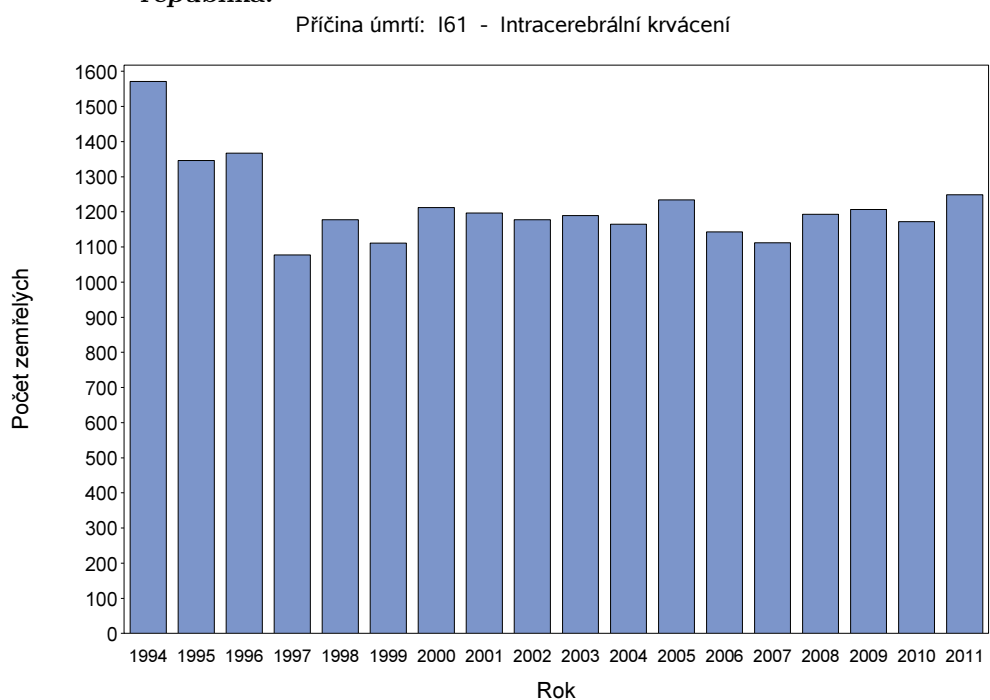
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.12: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I60 v období let 1994–2011, Česká republika.



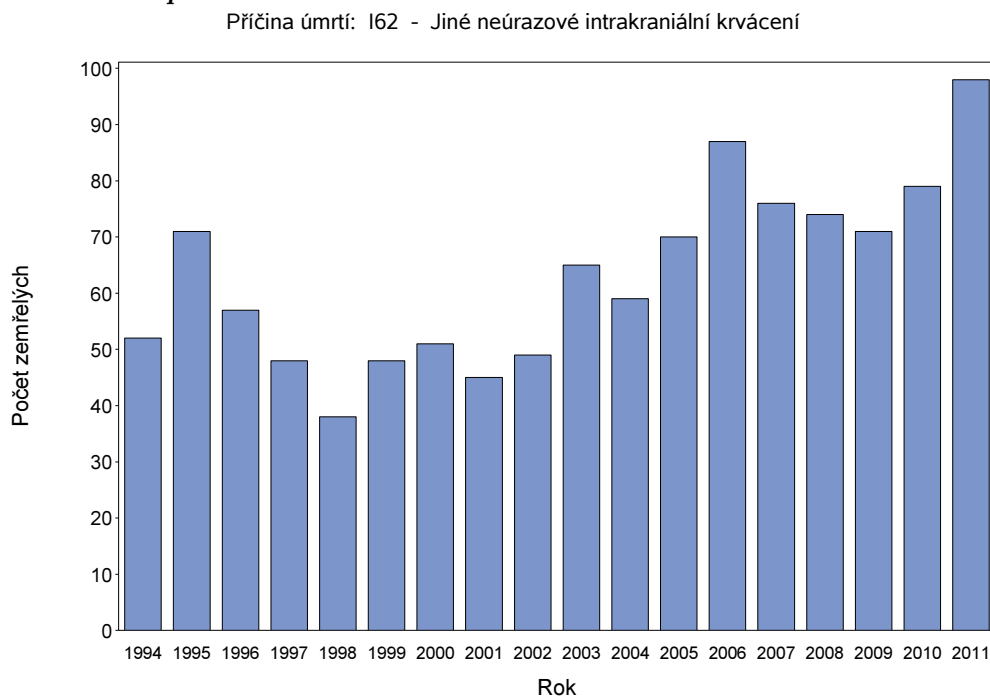
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.13: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I61 v období let 1994–2011, Česká republika.



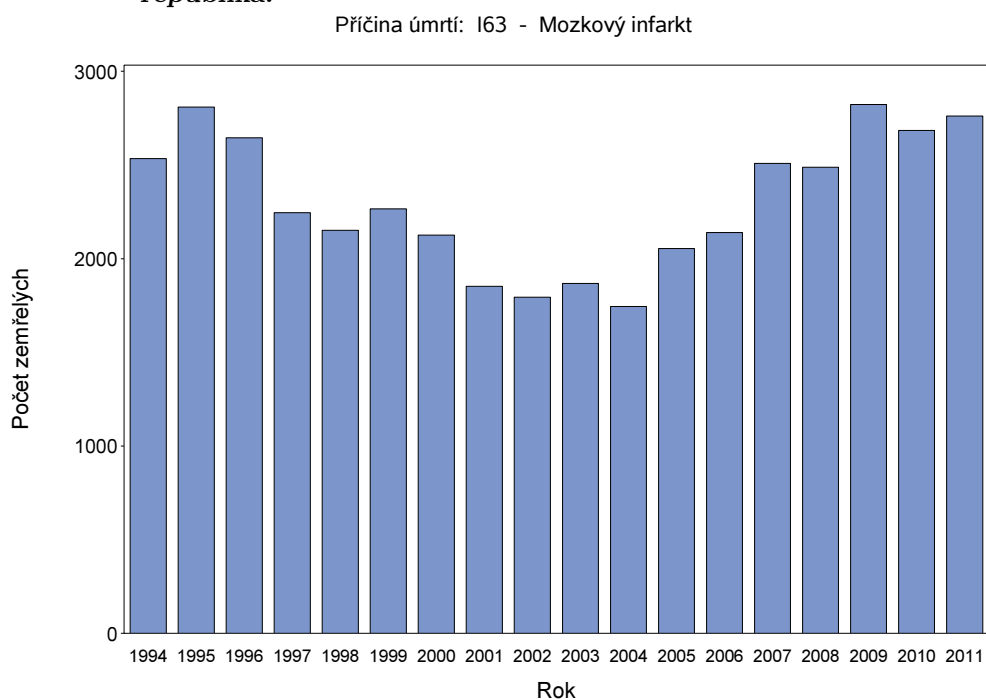
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.14: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I62 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

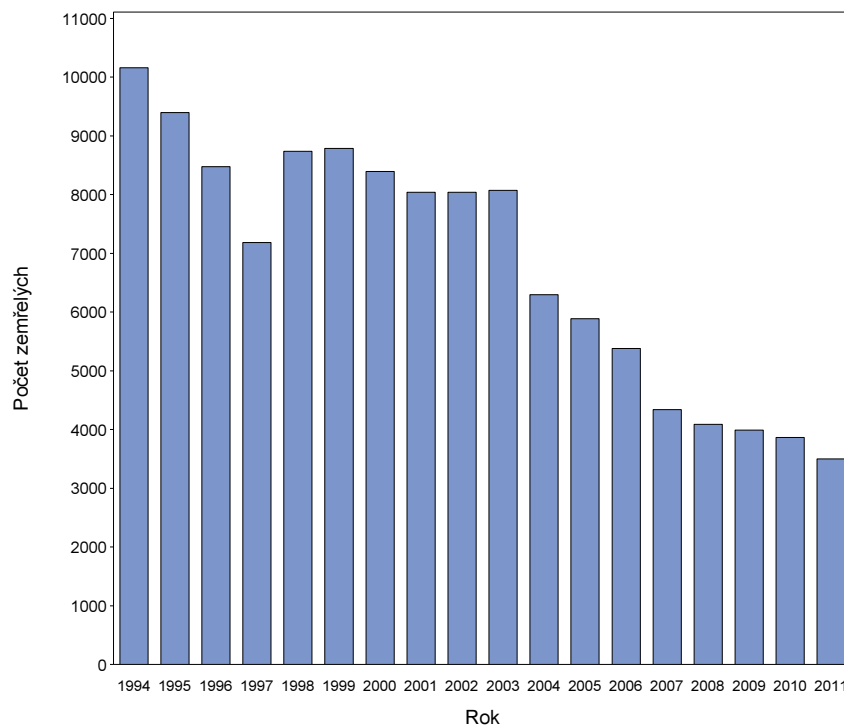
Obrázek 6.15: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I63 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.16: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I64 v období let 1994–2011, Česká republika.

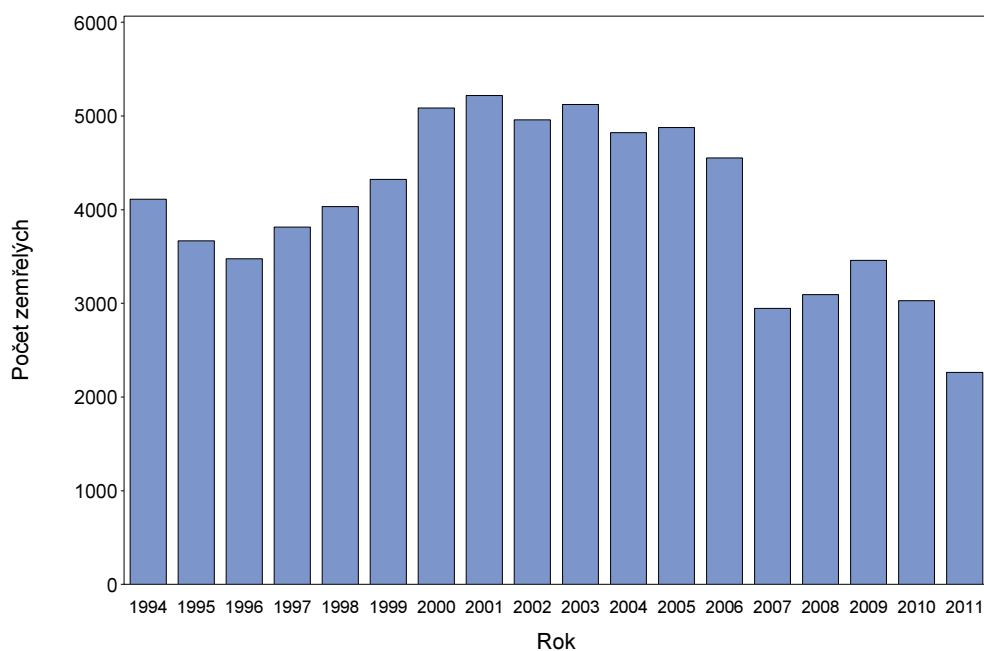
Příčina úmrtí: I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.17: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I67 v období let 1994–2011, Česká republika.

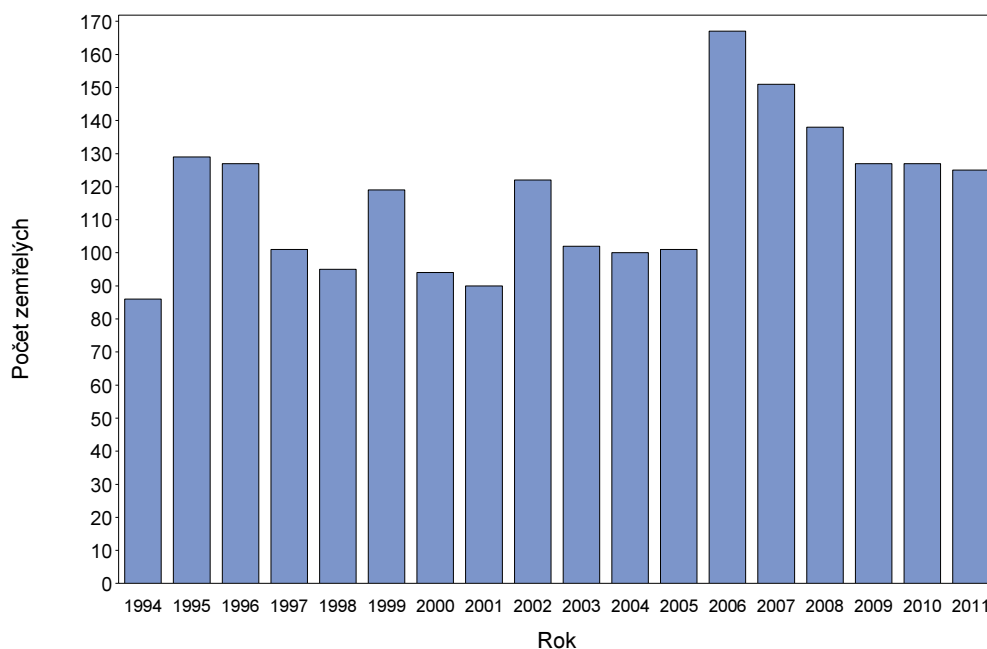
Příčina úmrtí: I67 - Jiná cévní onemocnění mozku



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.18: Rozložení zemřelých na příčinu smrti I74 v období let 1994–2011, Česká republika.

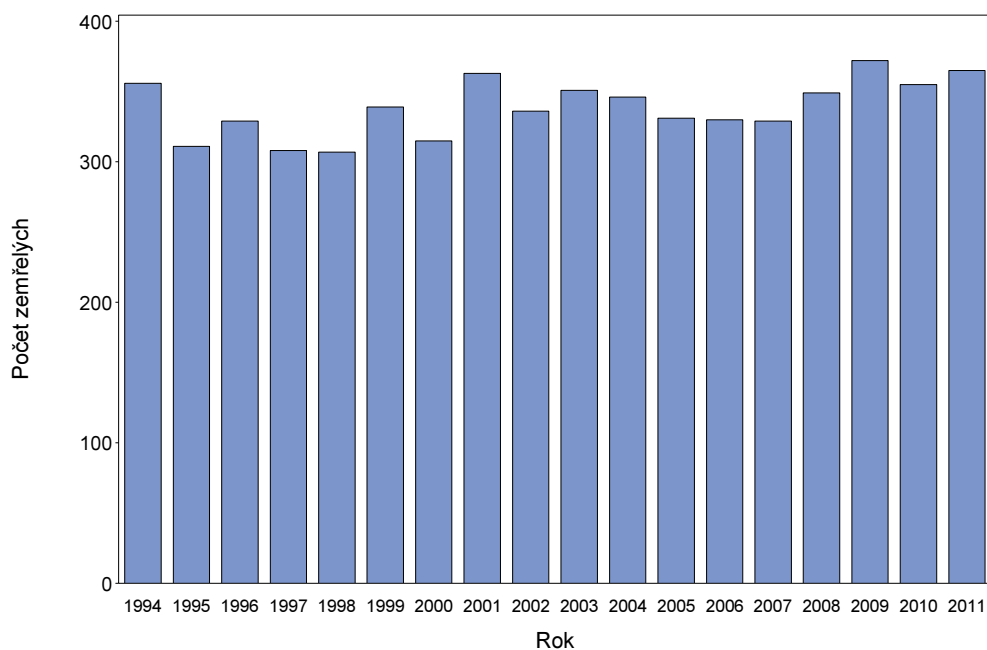
Příčina úmrtí: I74 - Tepenný vmetek - arteriální embolie a trombóza



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.19: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C43 v období let 1994–2011, Česká republika.

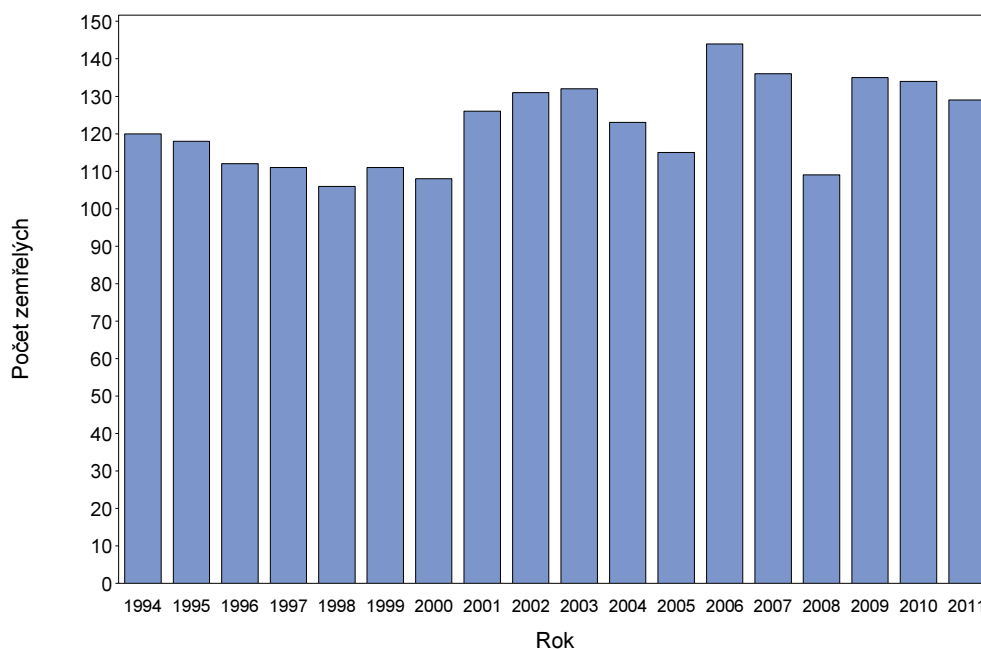
Příčina úmrtí: C43 - Zhoubný melanom kůže



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.20: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C44 v období let 1994–2011, Česká republika.

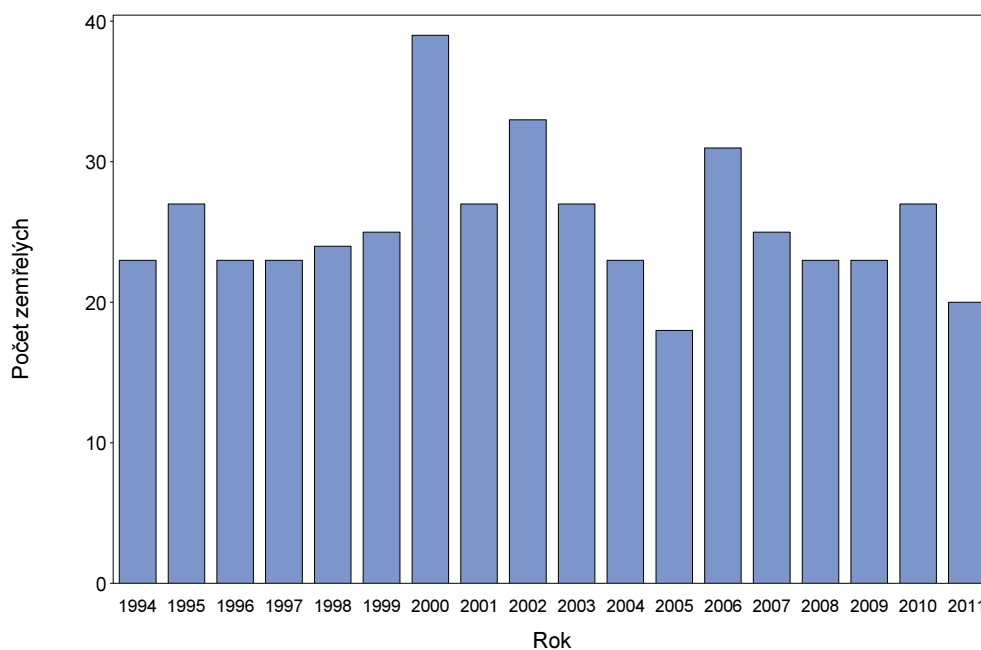
Příčina úmrtí: C44 - Jiný zhoubný novotvar kůže



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.21: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C69 v období let 1994–2011, Česká republika.

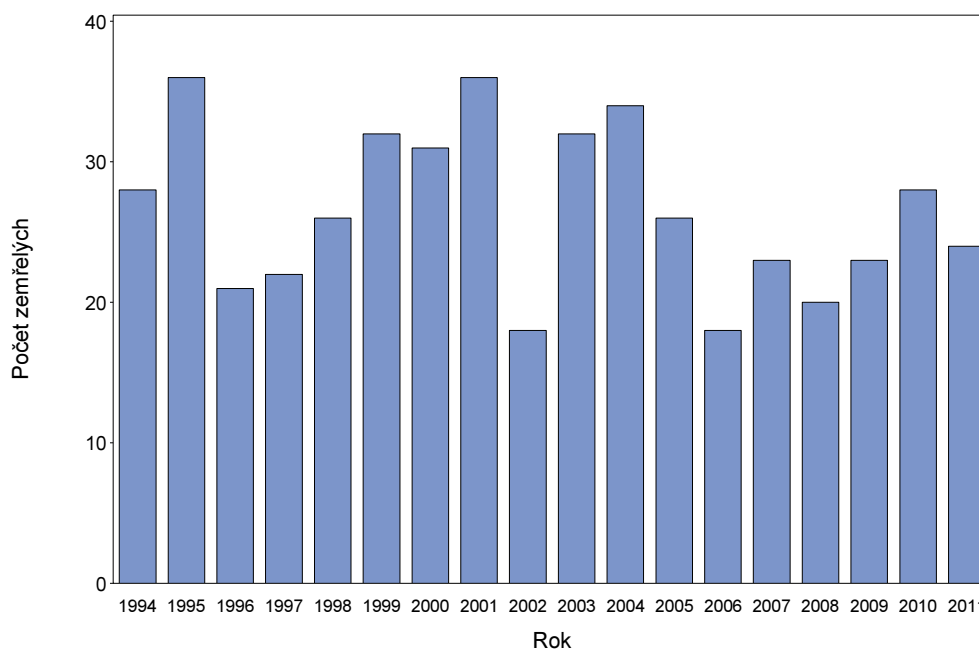
Příčina úmrtí: C69 - Zhoubný novotvar oka a očních adnex



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.22: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C70 v období let 1994–2011, Česká republika.

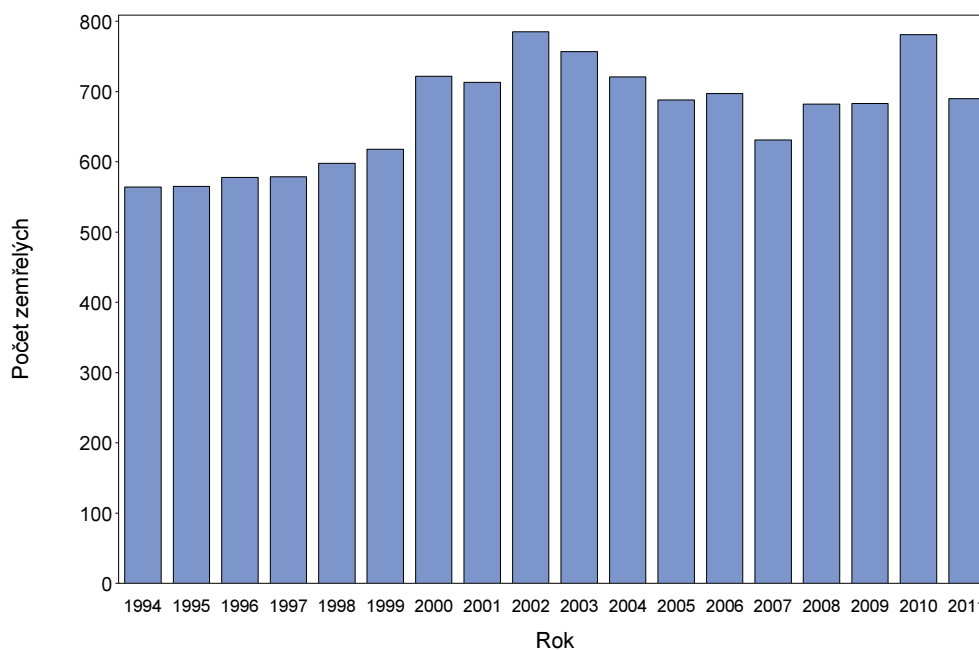
Příčina úmrtí: C70 - Zhoubný novotvar mozkomíšních plen



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.23: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C71 v období let 1994–2011, Česká republika.

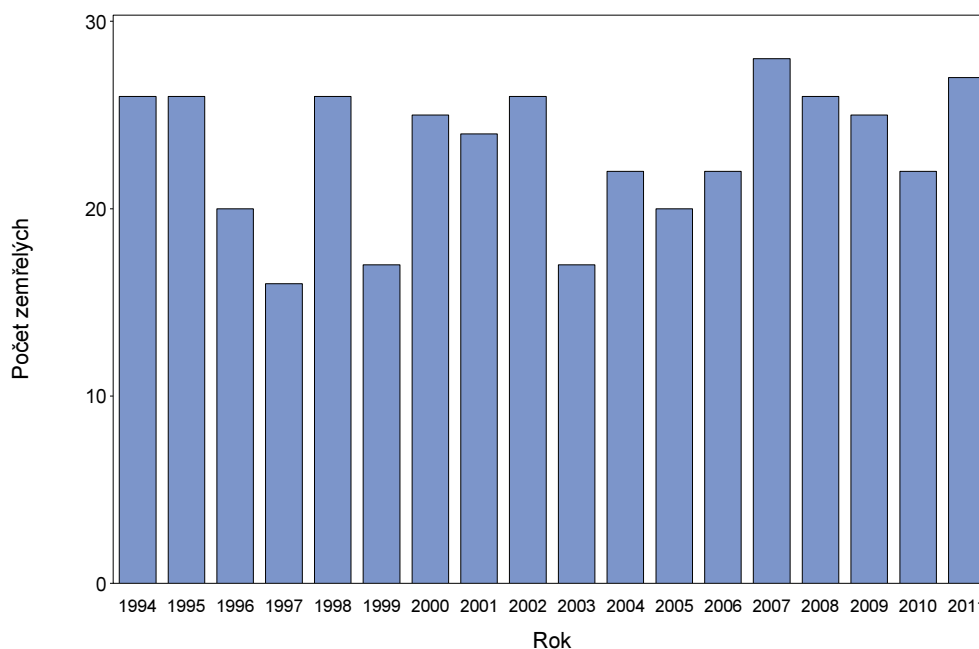
Příčina úmrtí: C71 - Zhoubný novotvar mozku



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.24: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C72 v období let 1994–2011, Česká republika.

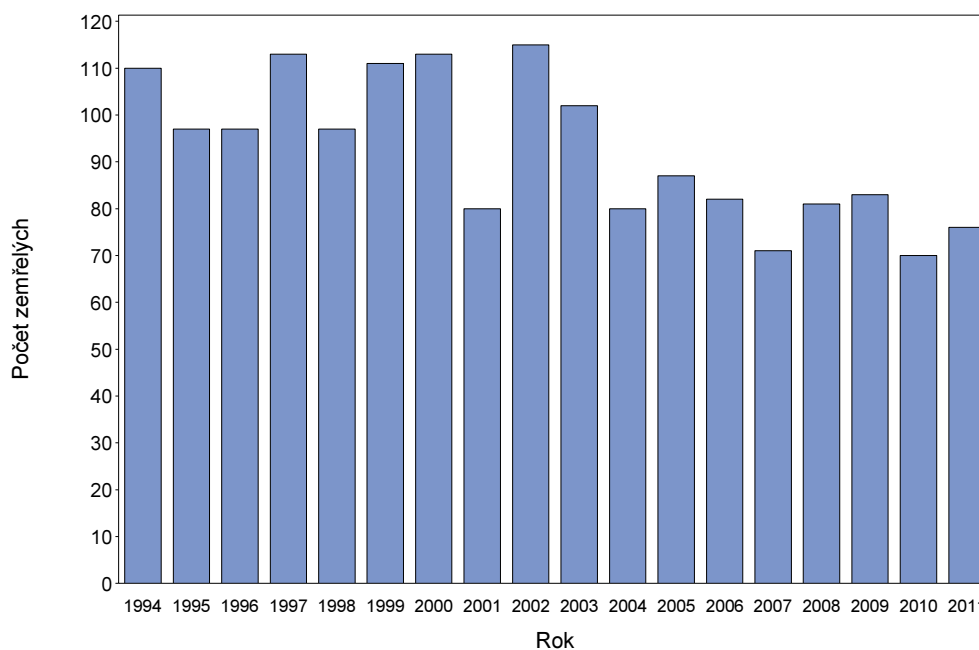
Příčina úmrtí: C72 - Zhoubný novotvar míchy mozkových nervů a jiných částí CNS



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

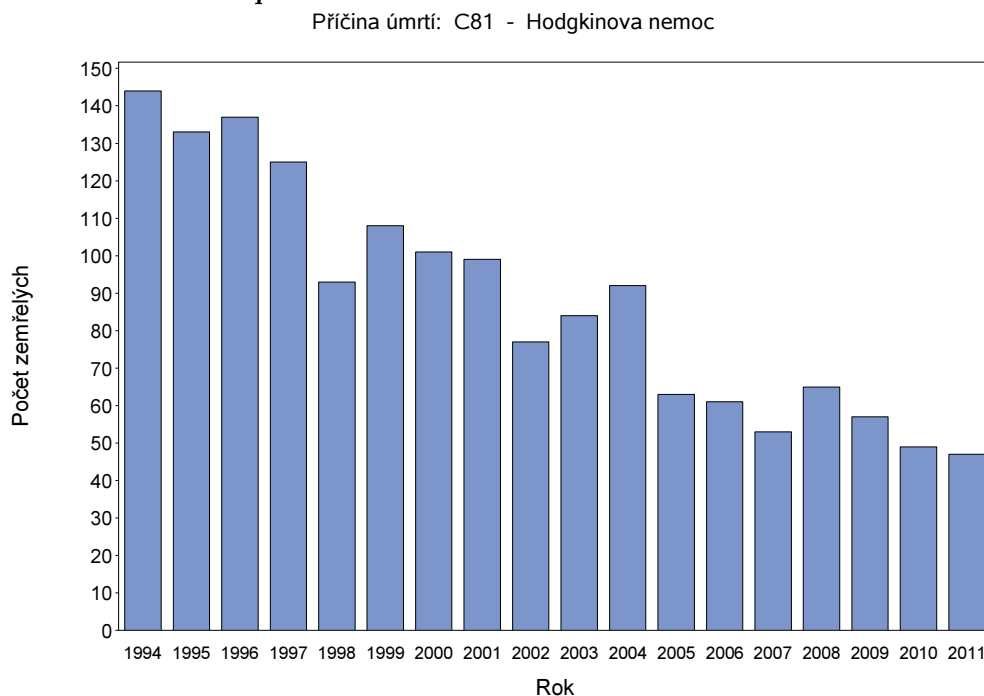
Obrázek 6.25: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C73 v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina úmrtí: C73 - Zhoubný novotvar štítné žlázy



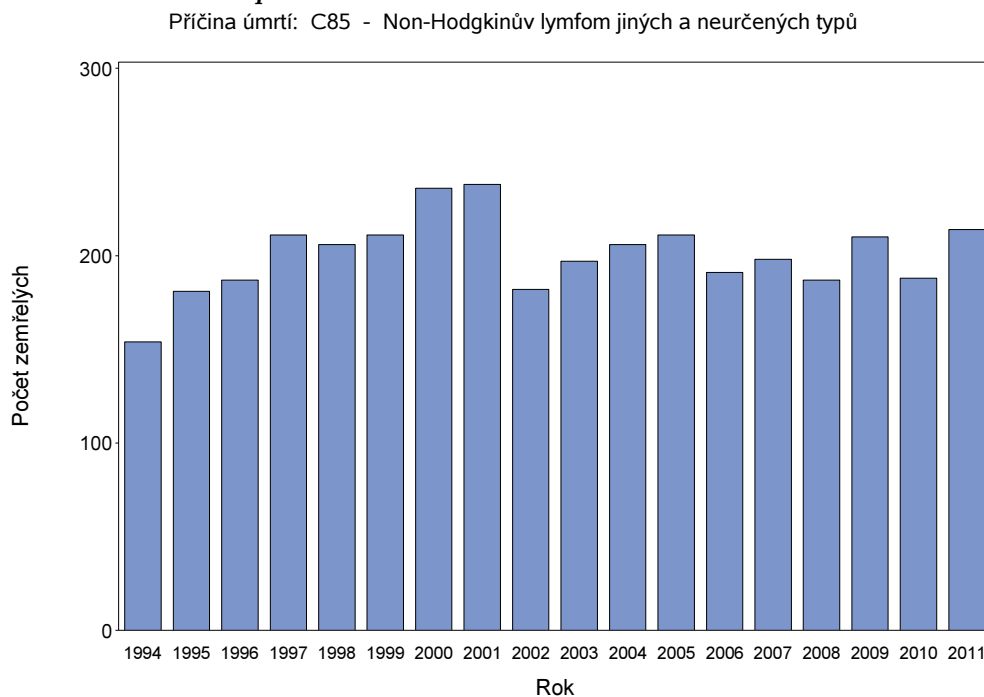
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.26: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C81 v období let 1994–2011, Česká republika.



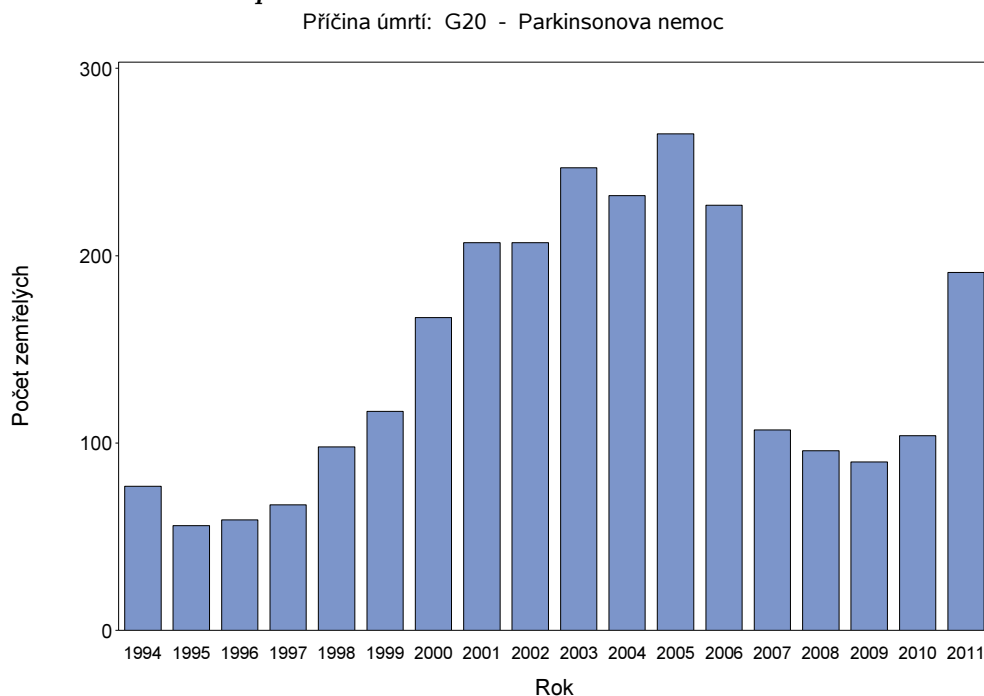
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.27: Rozložení zemřelých na příčinu smrti C85 v období let 1994–2011, Česká republika.



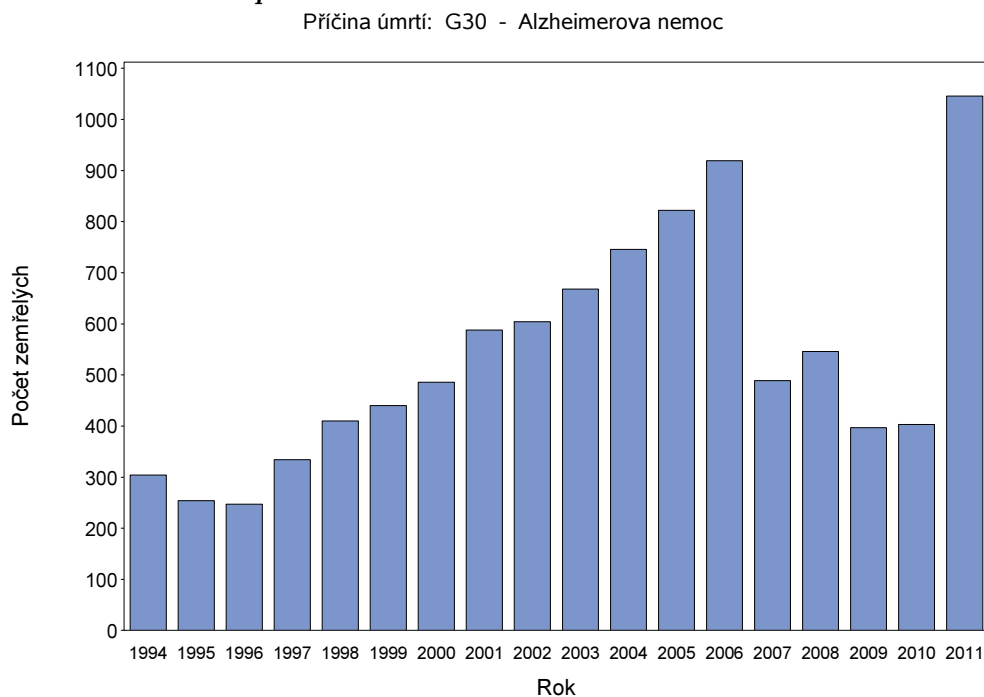
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.28: Rozložení zemřelých na příčinu smrti G20 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

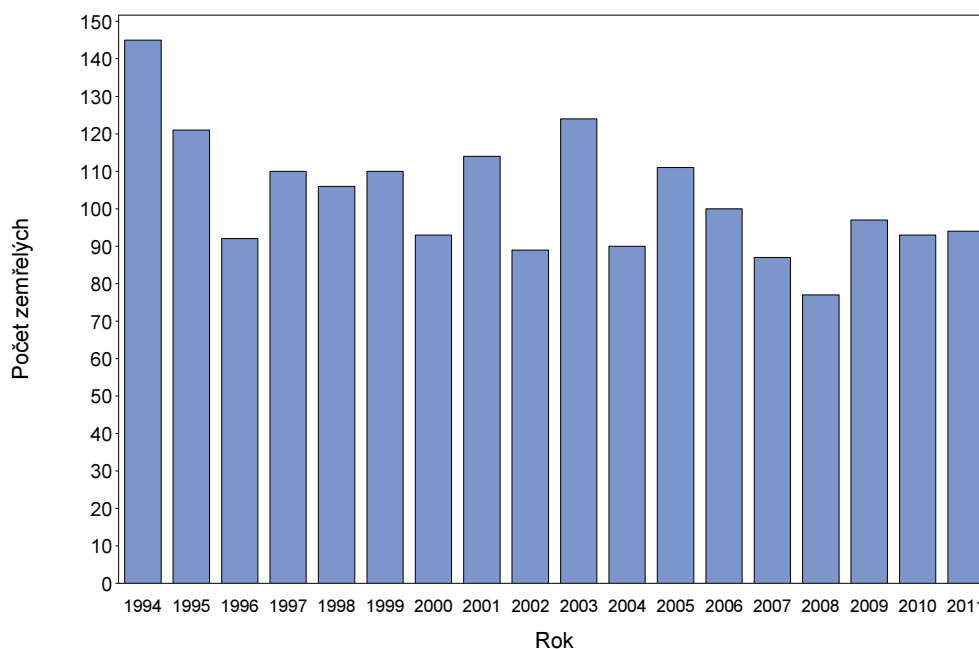
Obrázek 6.29: Rozložení zemřelých na příčinu smrti G30 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.30: Rozložení zemřelých na příčinu smrti G35 v období let 1994–2011, Česká republika.

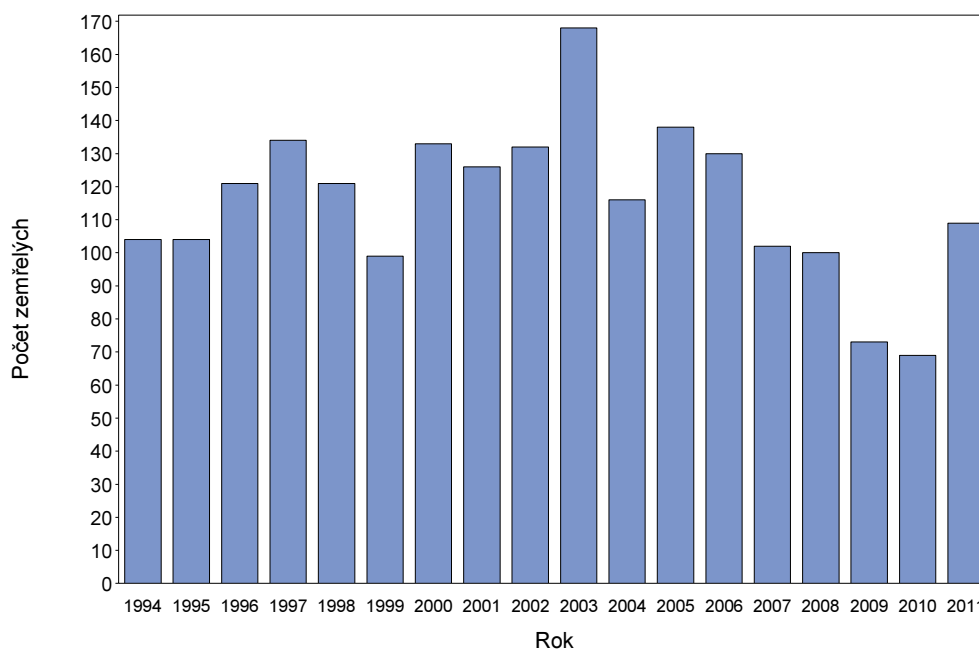
Příčina úmrtí: G35 - Roztroušená skleróza - sclerosis multiplex



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

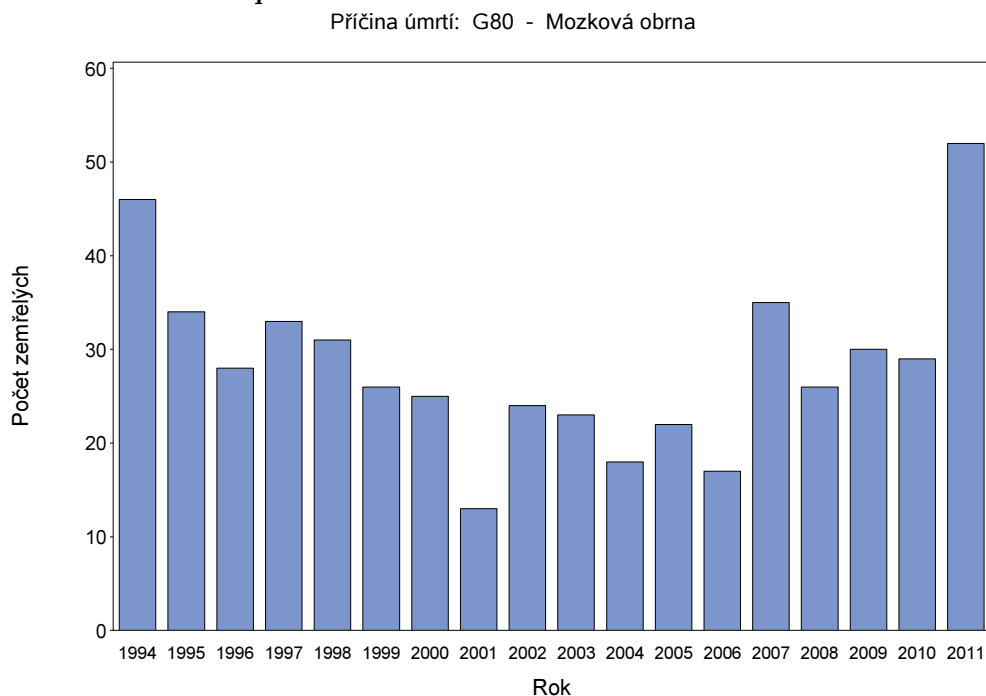
Obrázek 6.31: Rozložení zemřelých na příčinu smrti G40 v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina úmrtí: G40 - Epilepsie - padoucnice



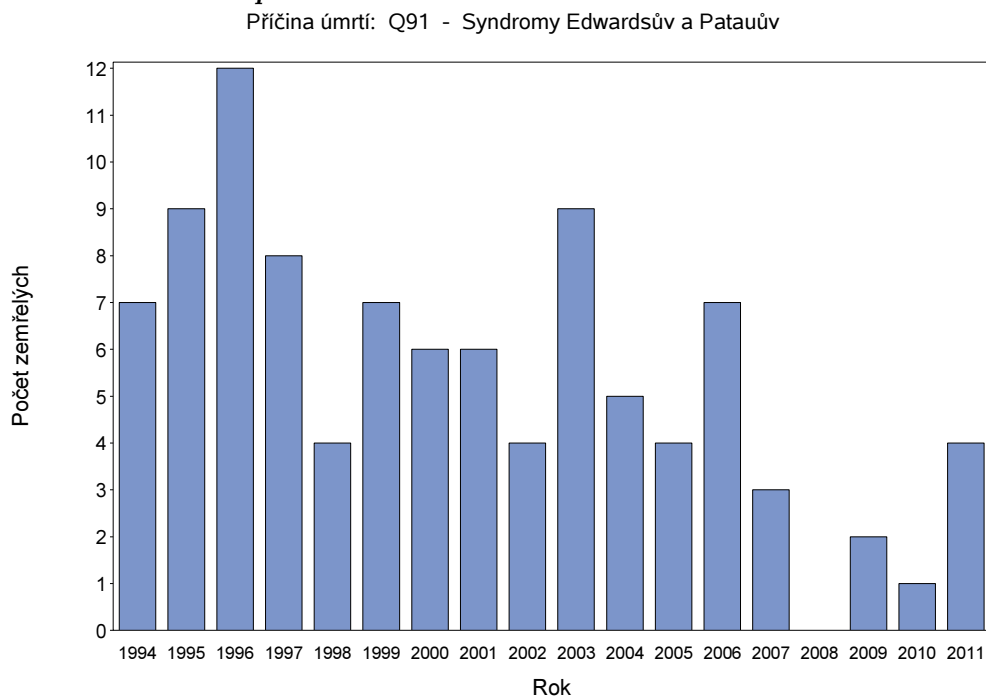
Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.32: Rozložení zemřelých na příčinu smrti G80 v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Obrázek 6.33: Rozložení zemřelých na příčinu smrti Q91 v období let 1994–2011, Česká republika.

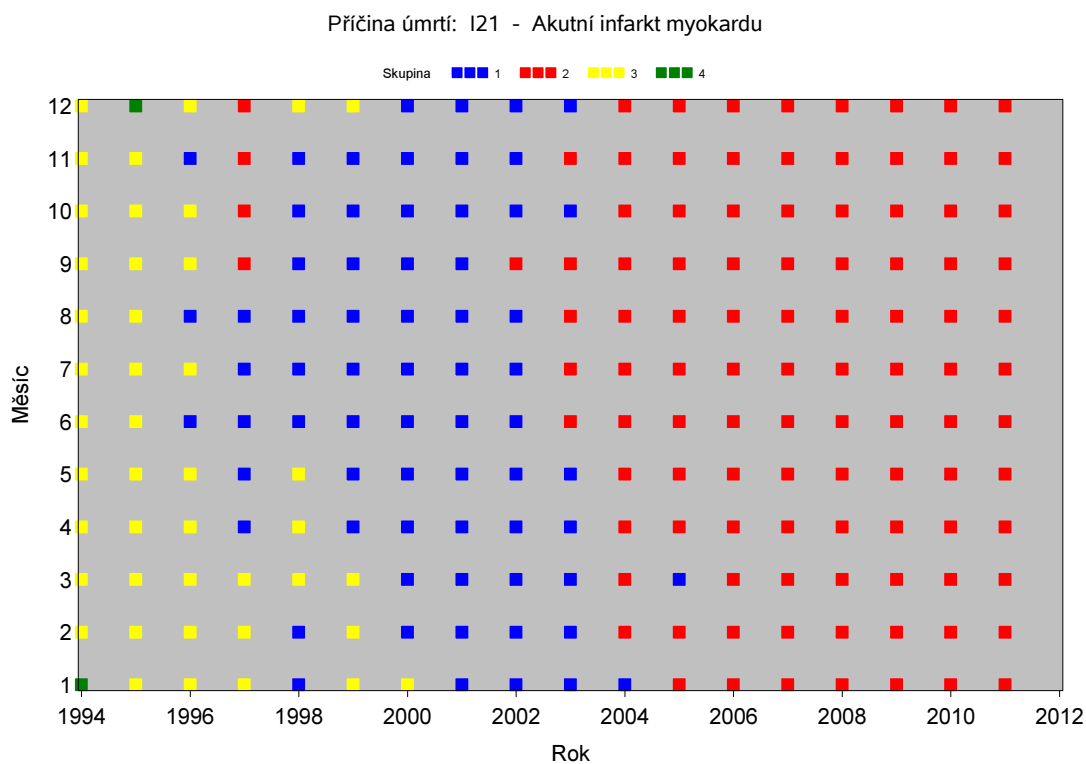


Zdroj dat: ÚZIS ČR.

Příloha č.3: Projekce do skupin pro časové řady zemřelých, reprezentace v čase (1994–2011)

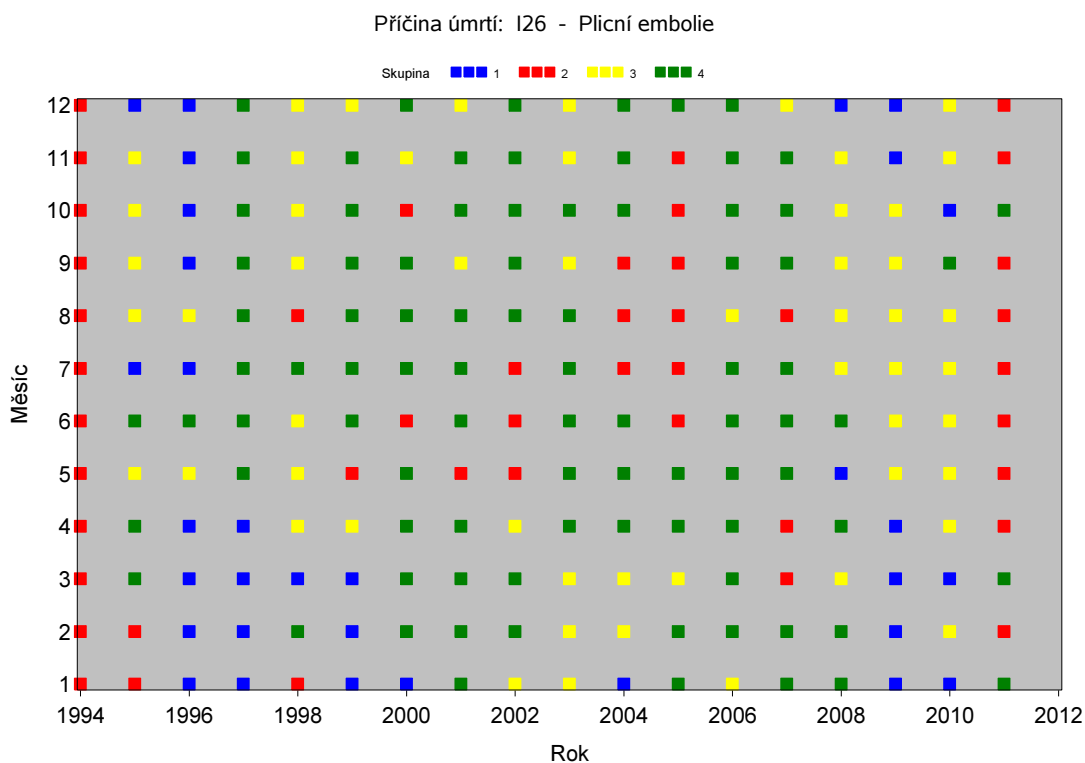
Projekce do skupin pro časové řady denních počtů zemřelých, reprezentace skupin v čase, IX.Nemoci oběhové soustavy (I00-I99).

Obrázek 6.34: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



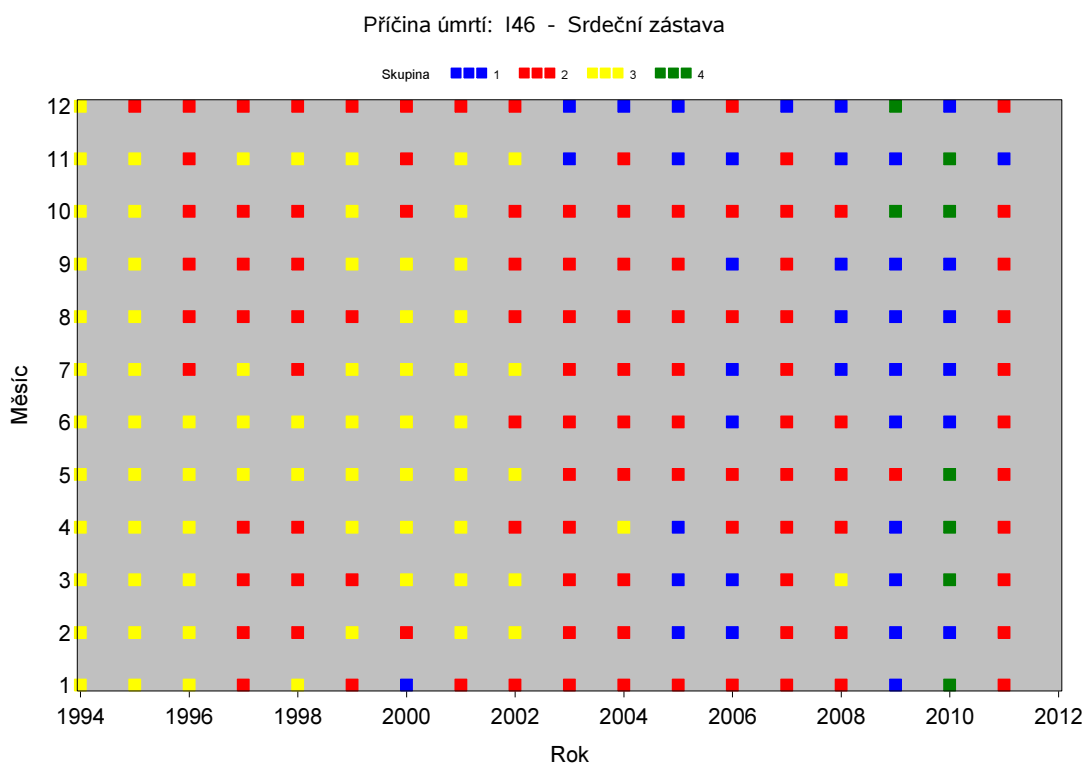
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.35: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



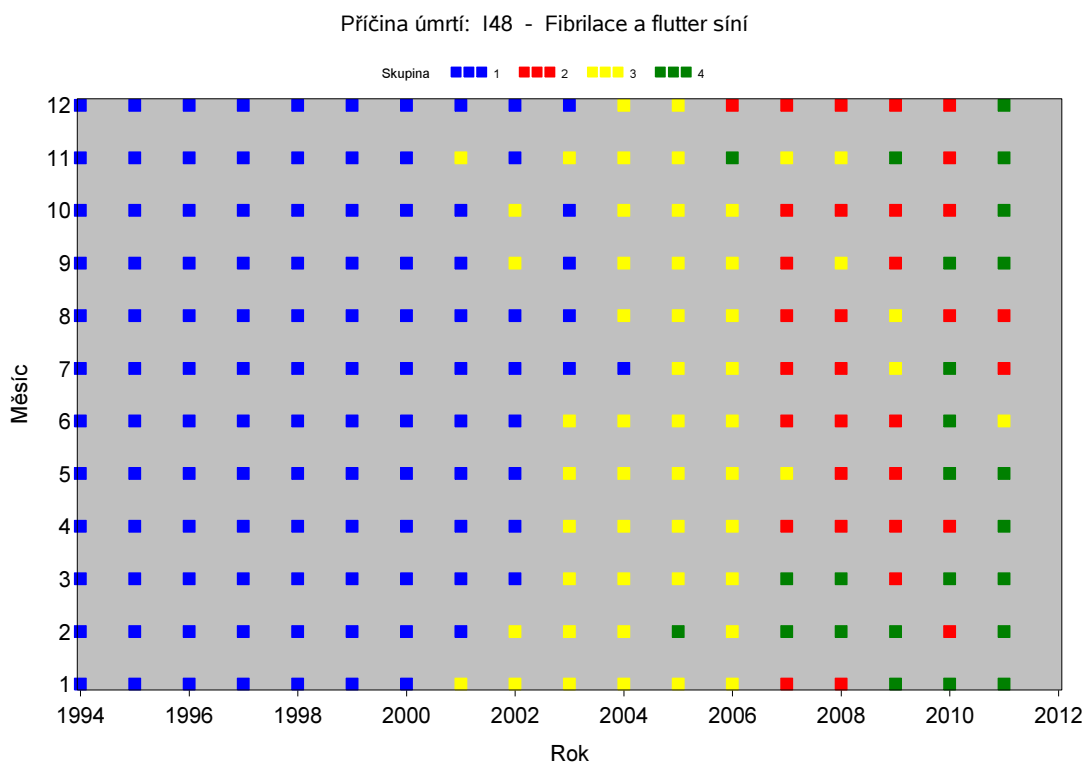
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.36: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



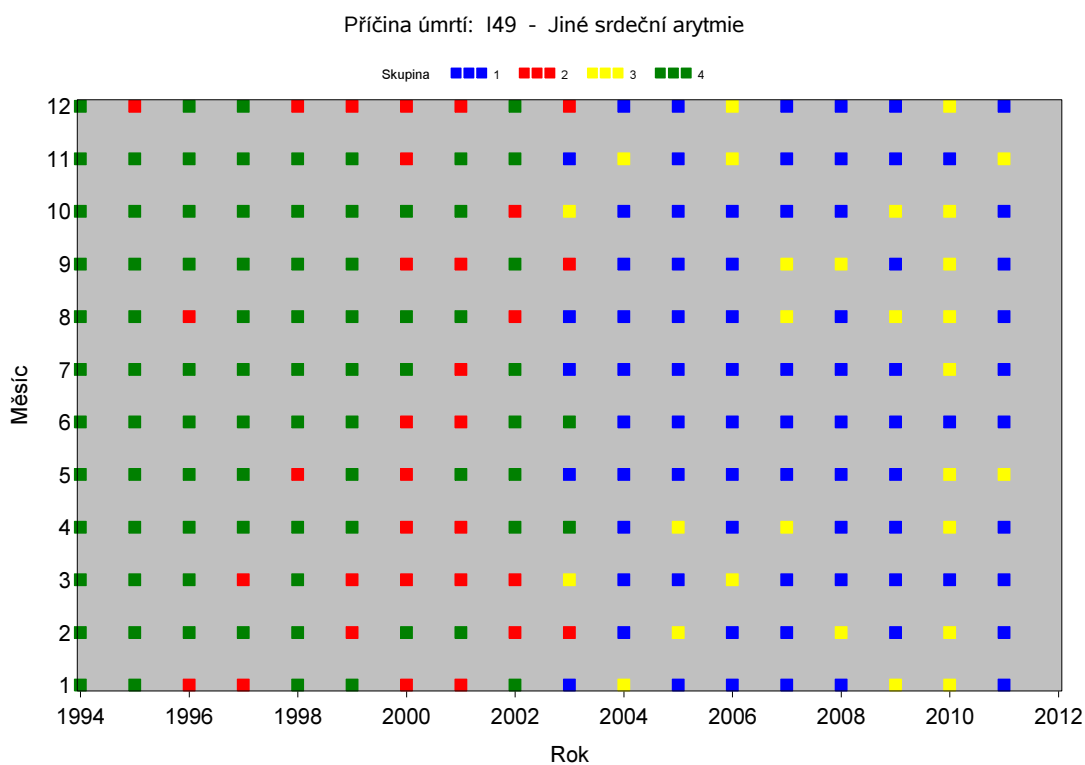
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.37: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



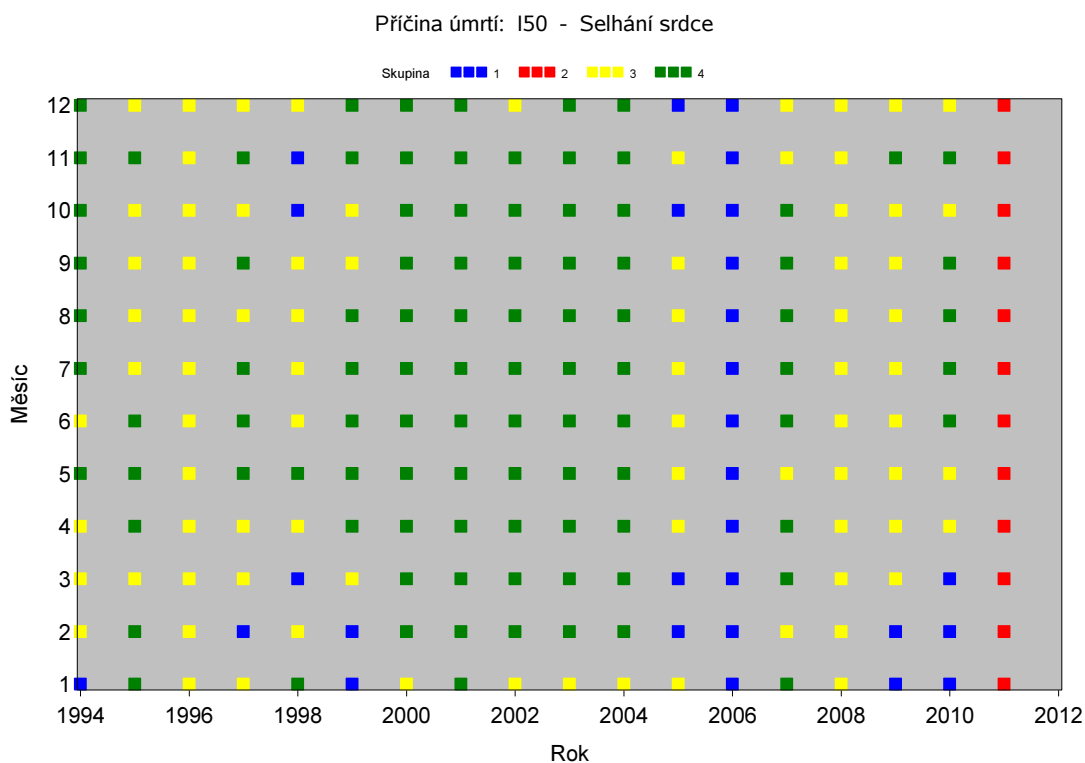
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.38: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



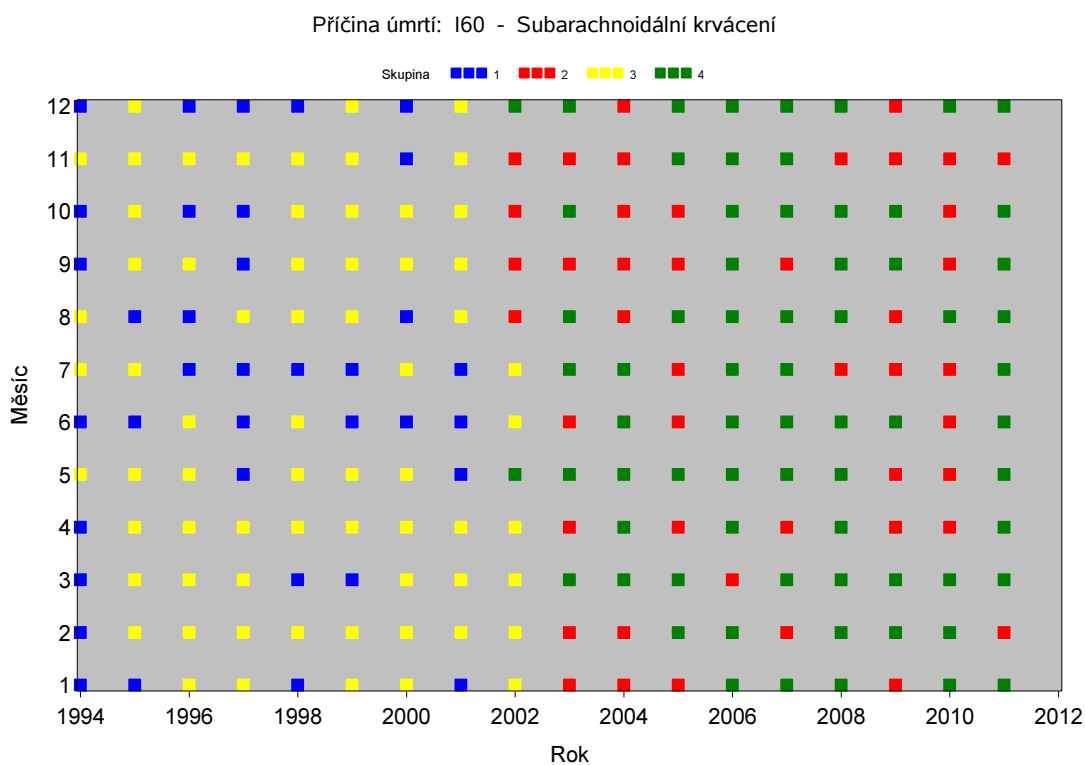
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.39: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



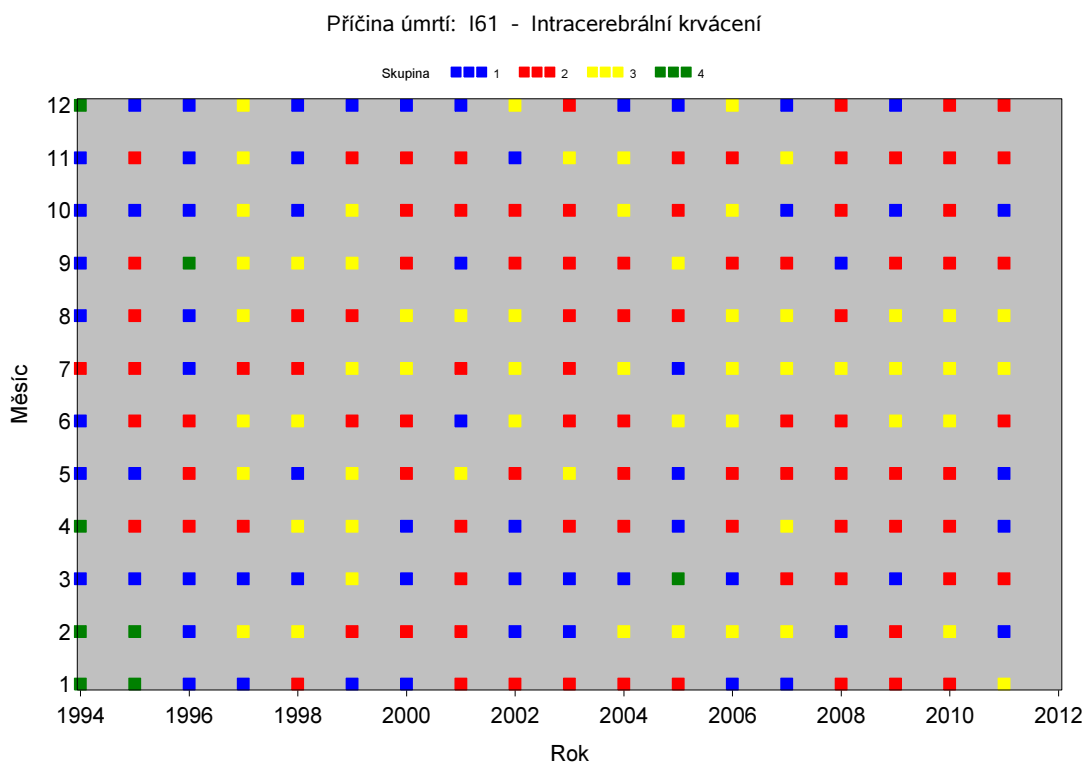
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.40: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



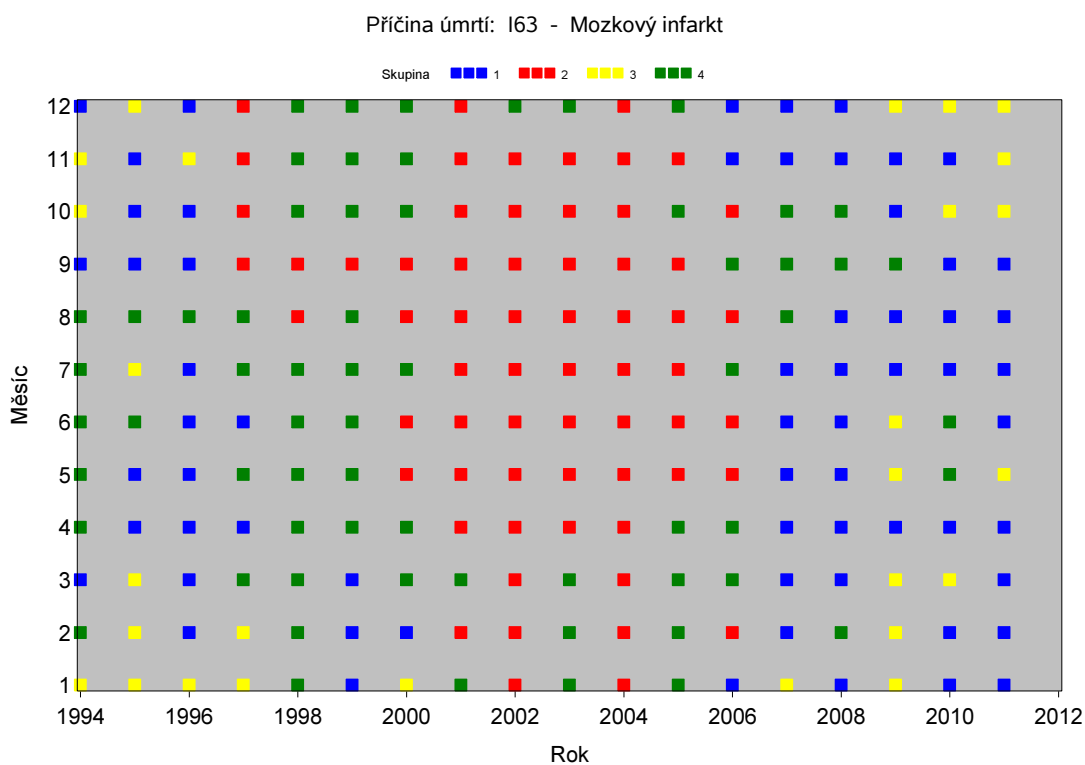
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.41: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

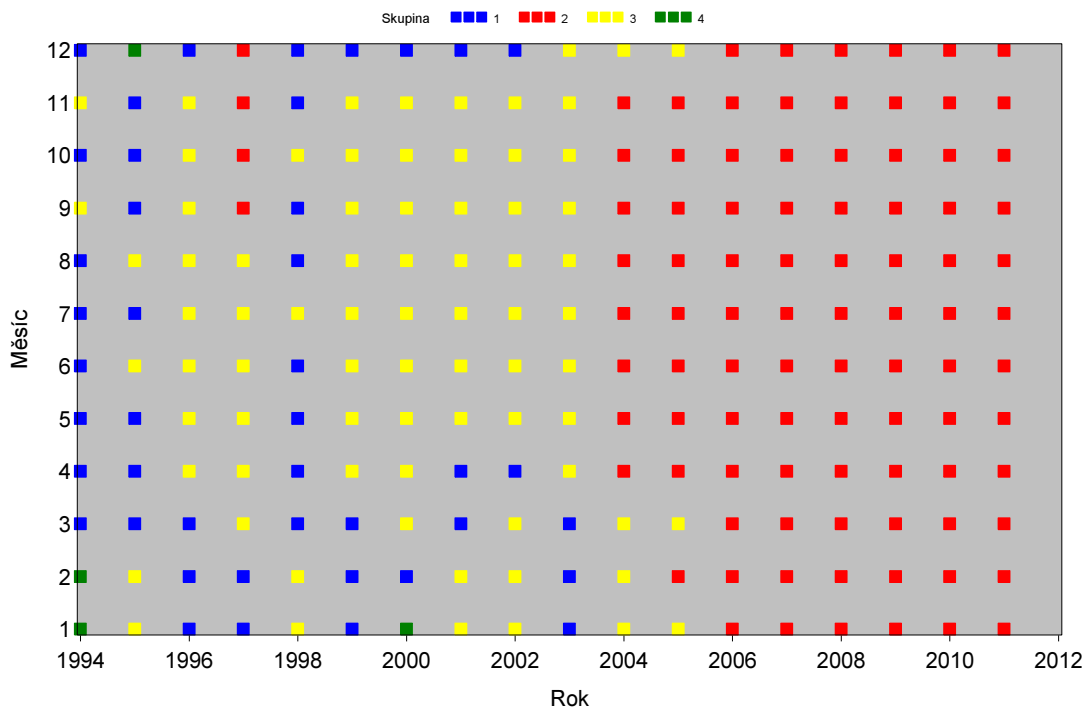
Obrázek 6.42: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.43: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.

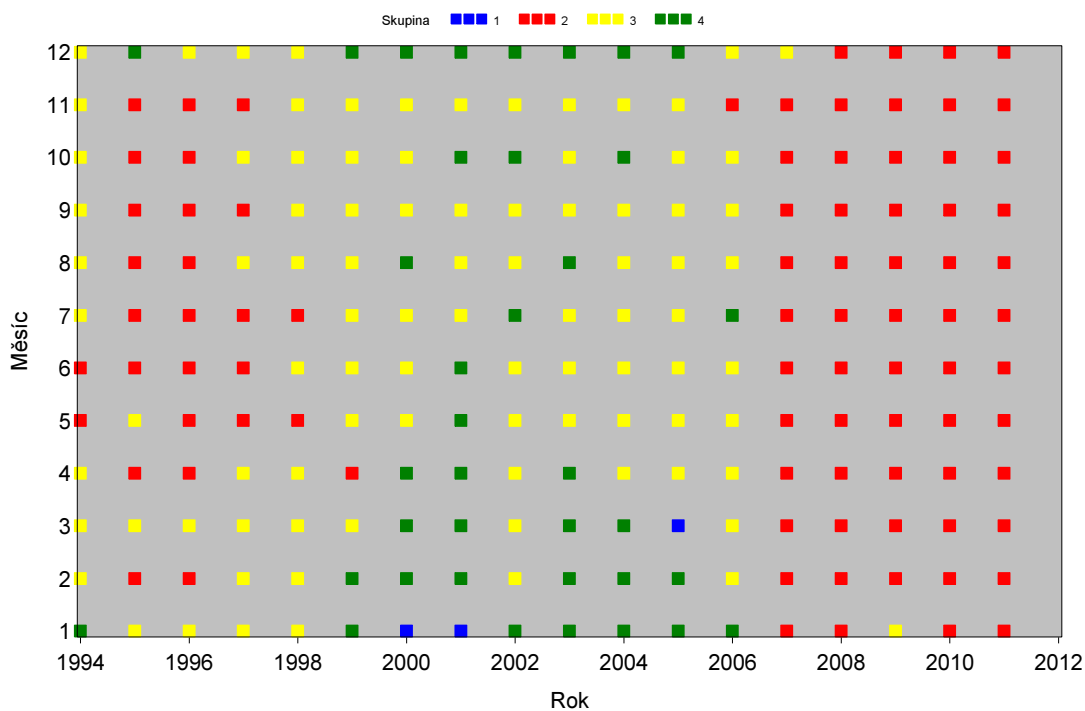
Příčina úmrtí: I64 - Cévní příhoda mozková (mrtvice) neurčená jako krvácení nebo infarkt



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.44: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina úmrtí: I67 - Jiná cévní onemocnění mozku



Zdroj: Vlastní výpočet.

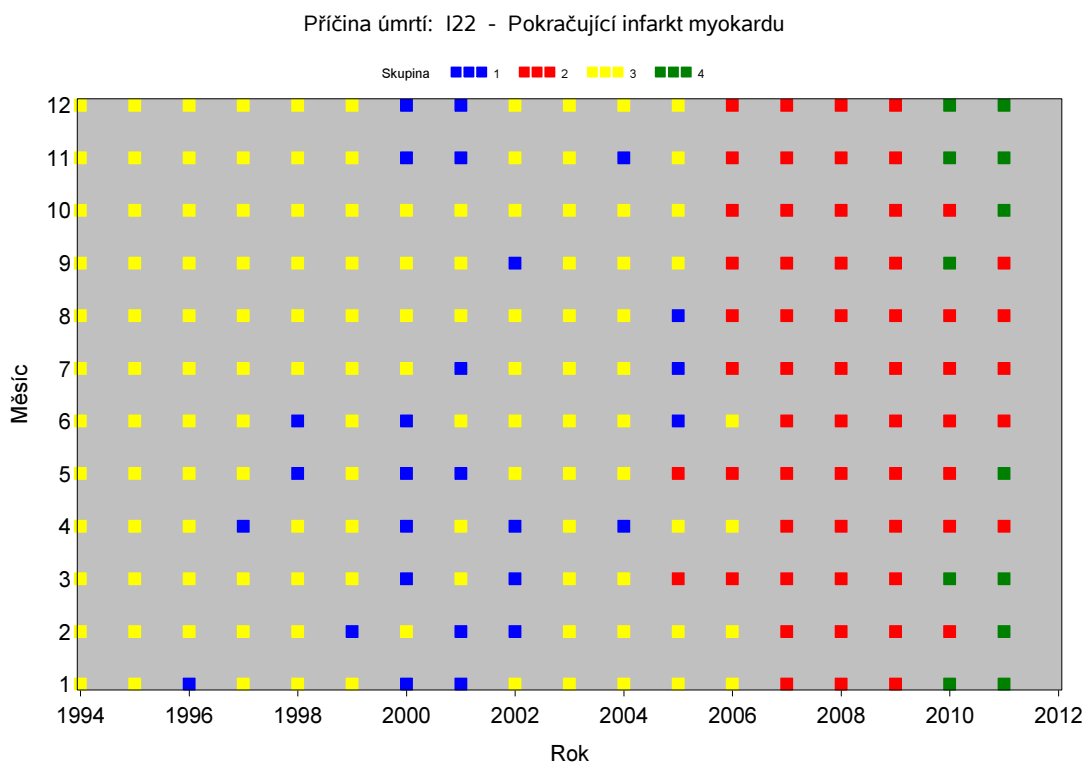
Projekce do skupin pro časové řady měsíčních počtů zemřelých, reprezentace skupin v čase, IX.Nemoci oběhové soustavy (I00-I99).

Obrázek 6.45: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



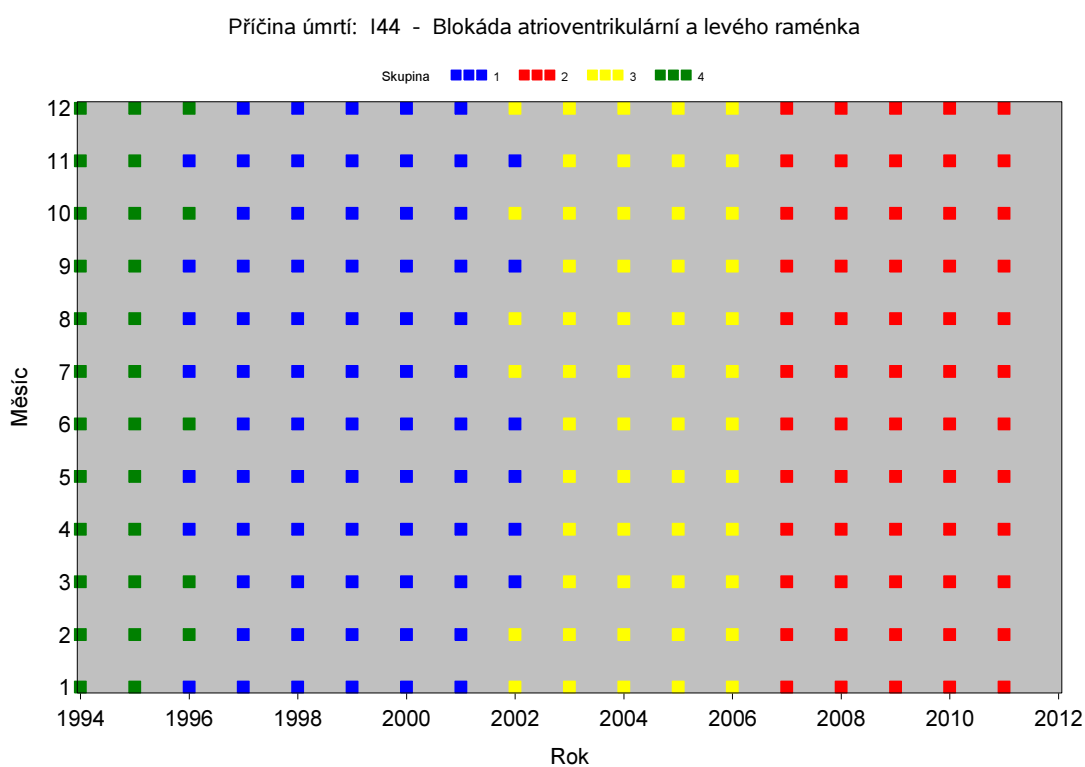
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.46: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



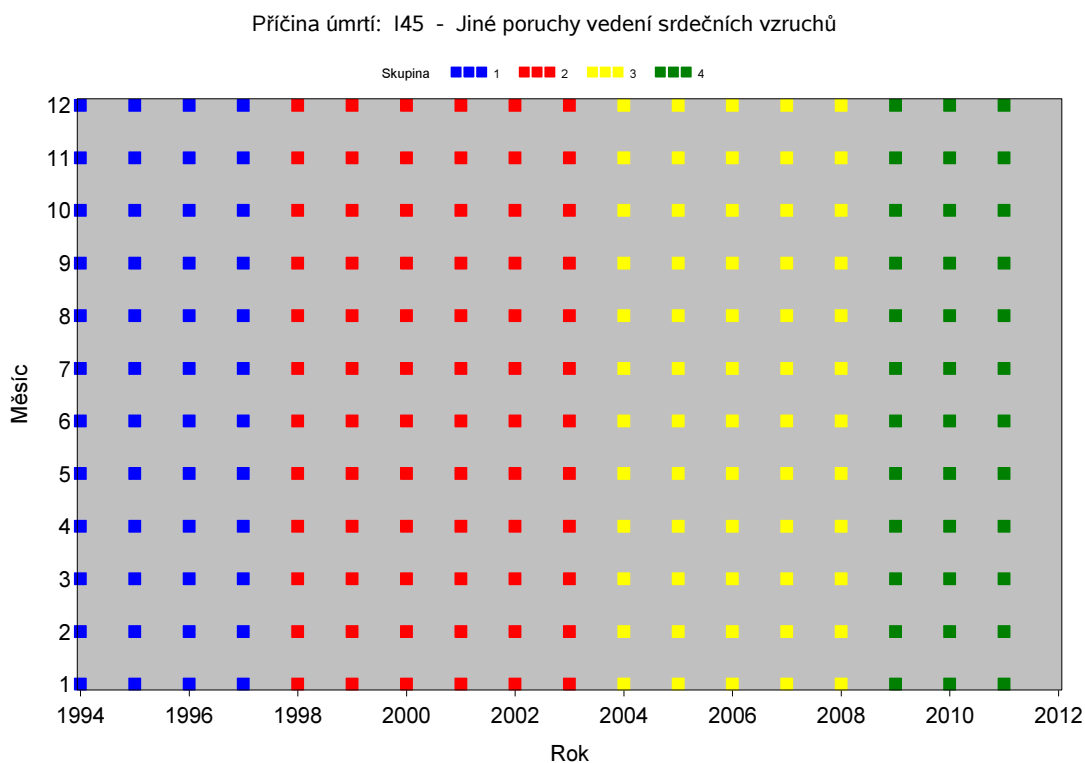
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.47: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



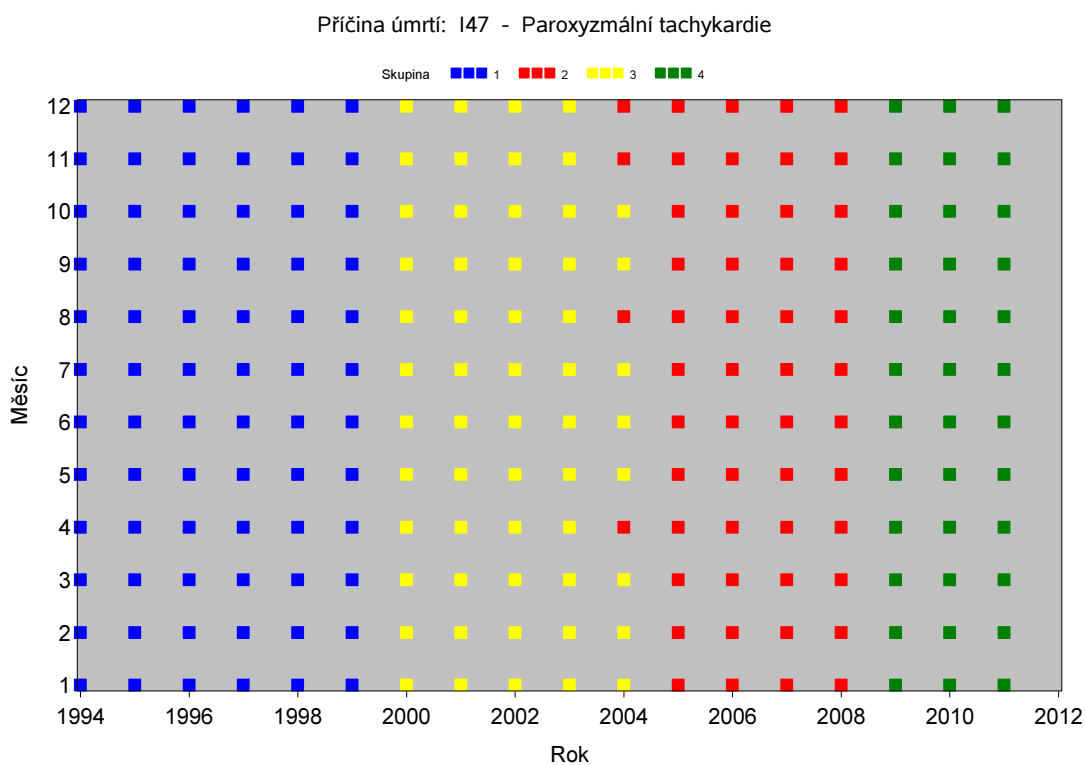
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.48: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



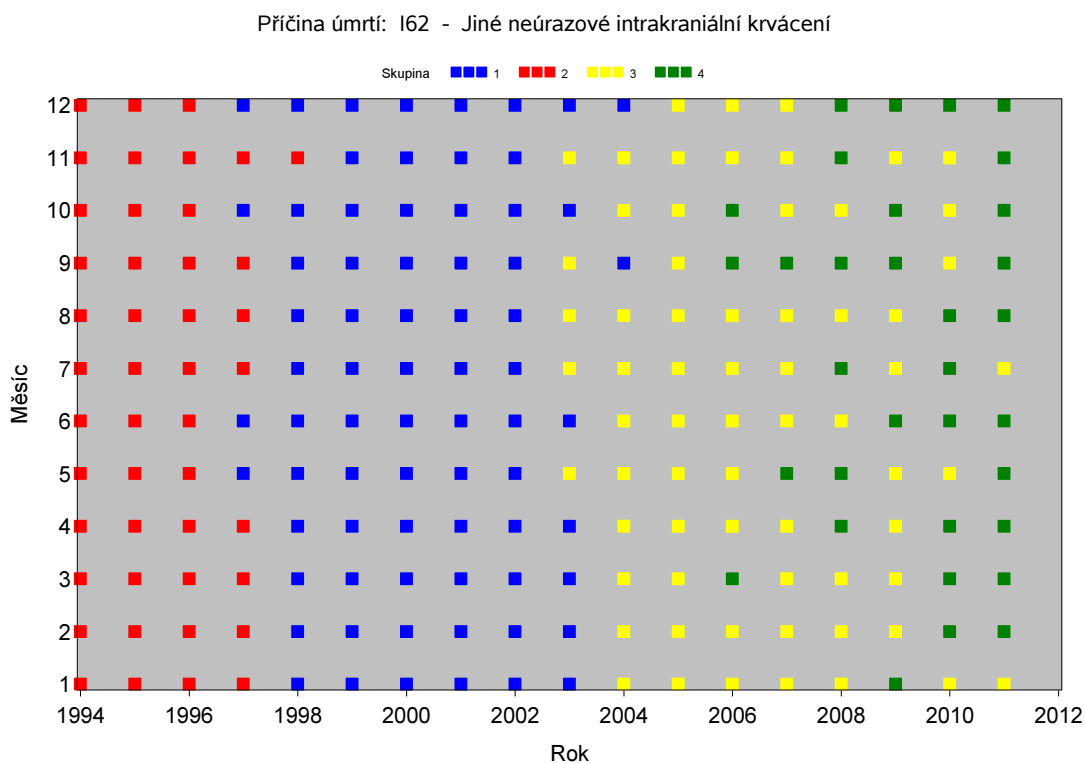
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.49: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



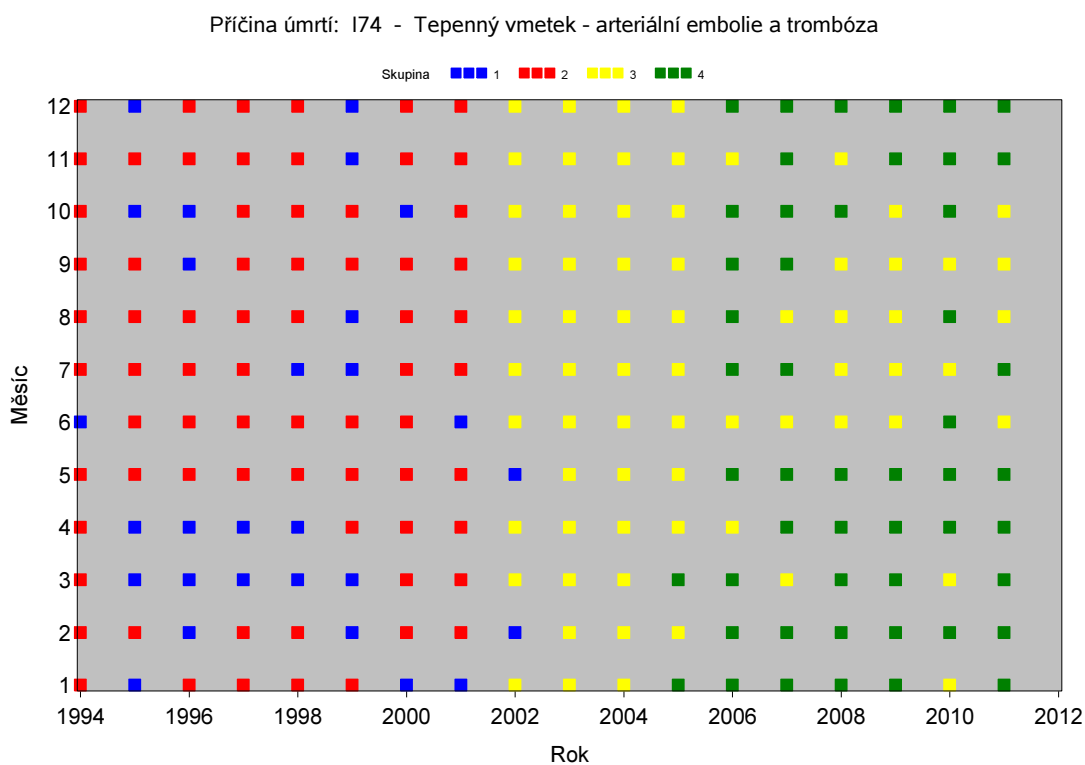
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.50: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

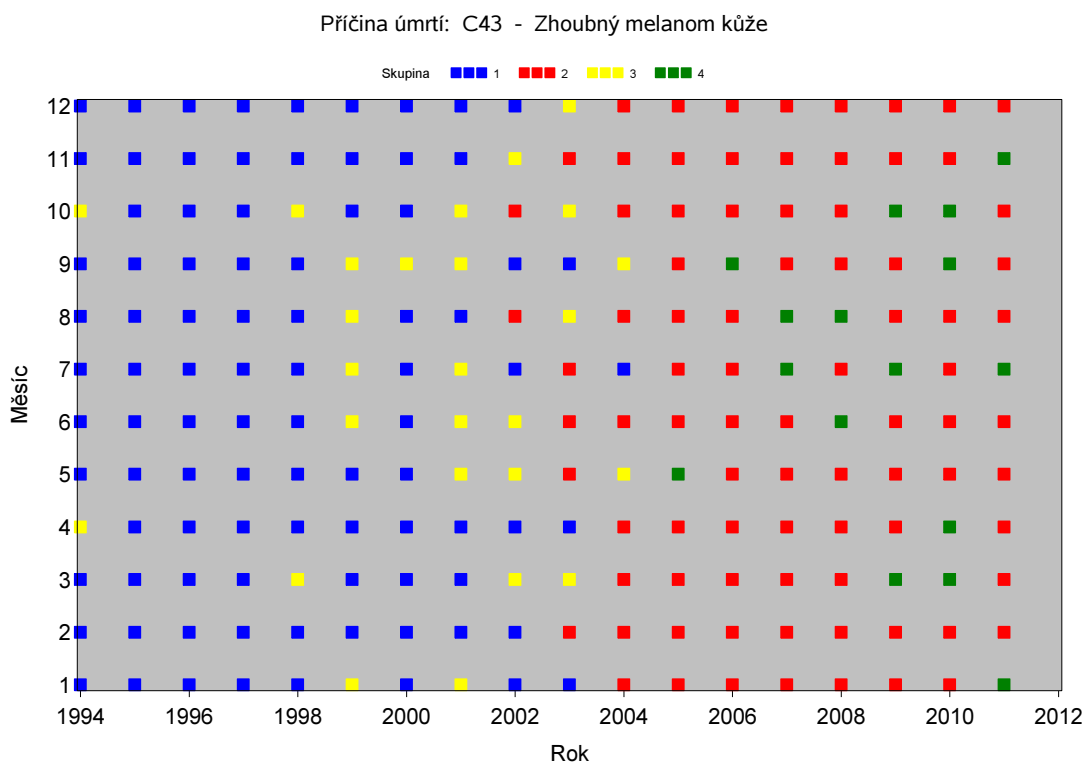
Obrázek 6.51: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

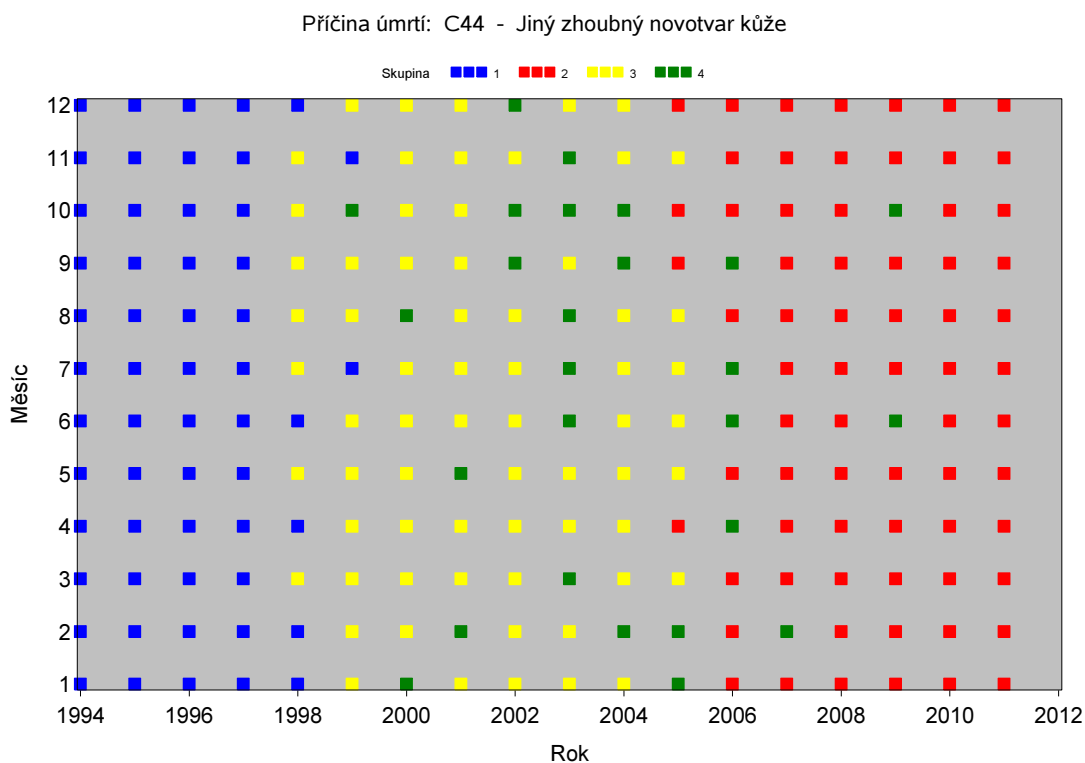
Projekce do skupin pro časové řady měsíčních počtů zemřelých, reprezentace skupin v čase, II.Novotvary (C00-D48).

Obrázek 6.52: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



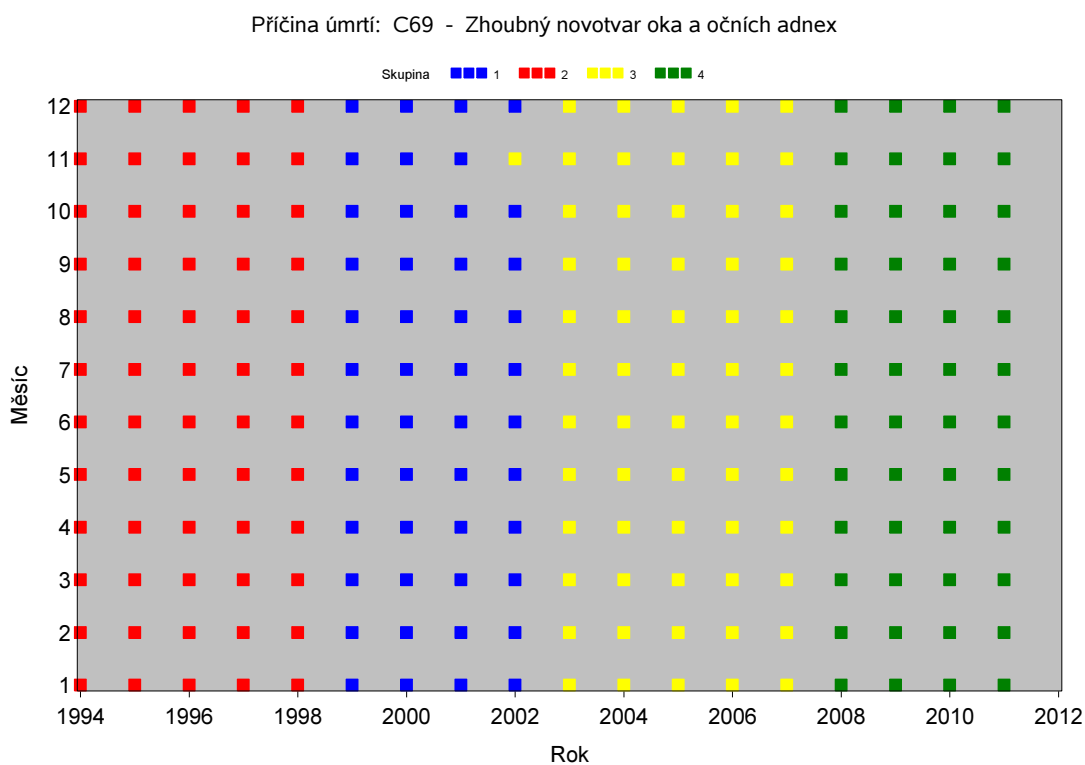
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.53: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



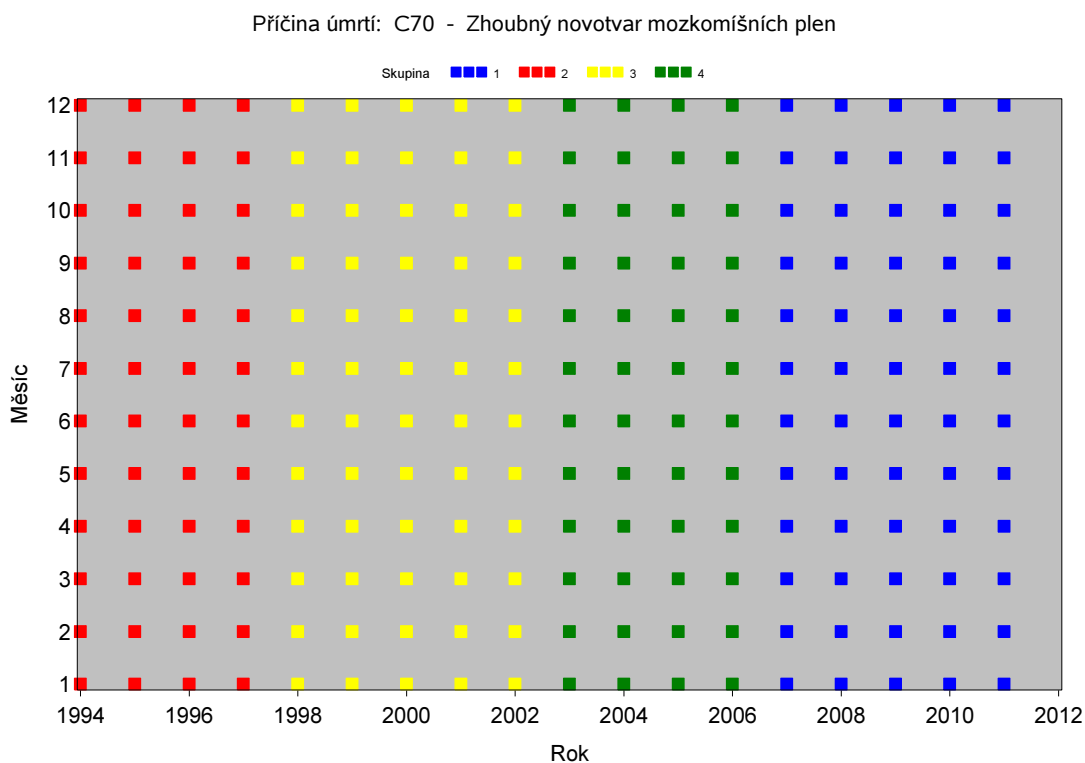
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.54: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



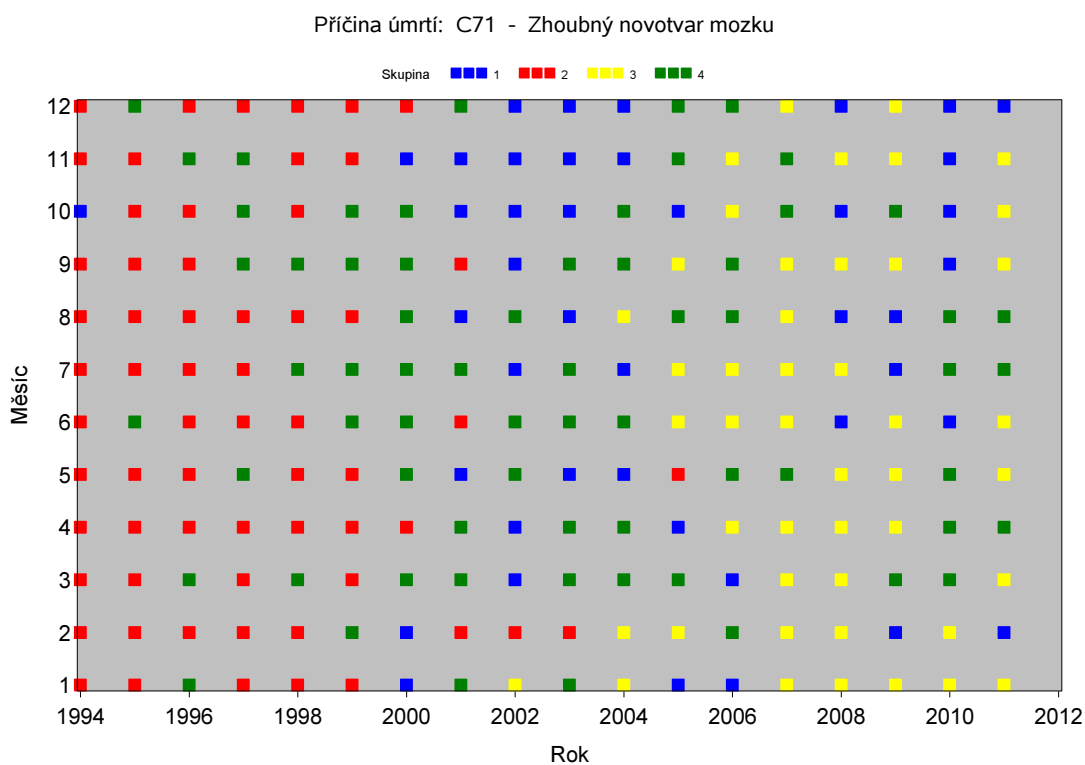
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.55: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



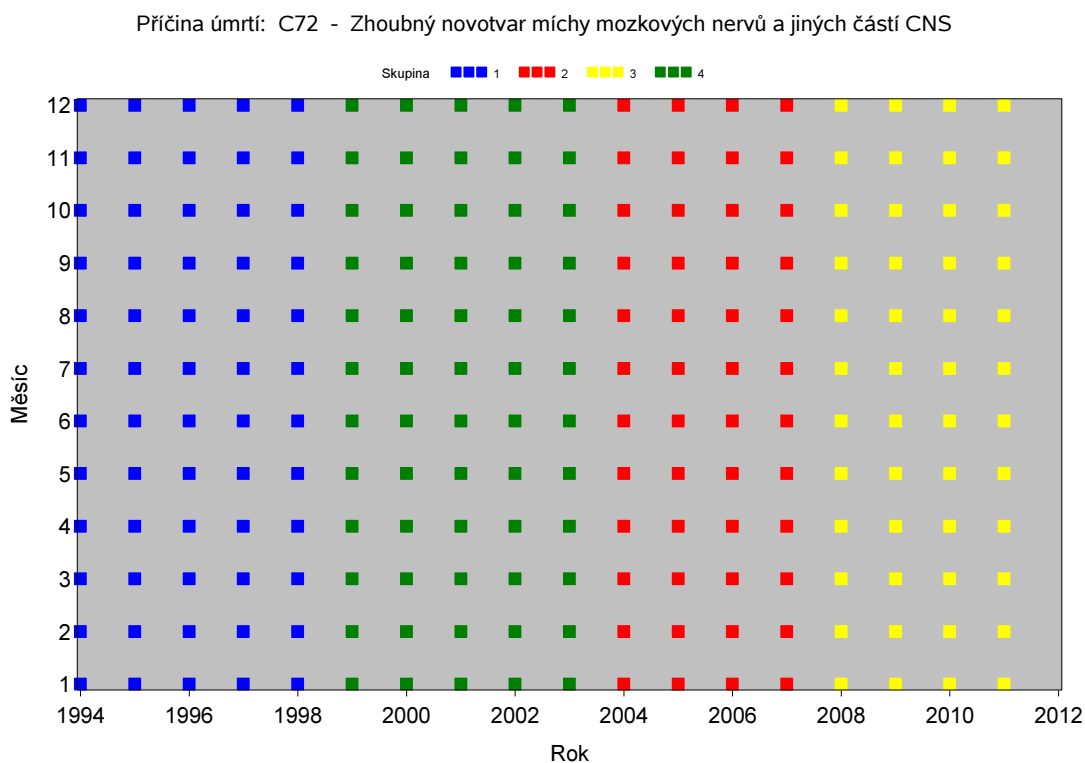
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.56: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.57: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



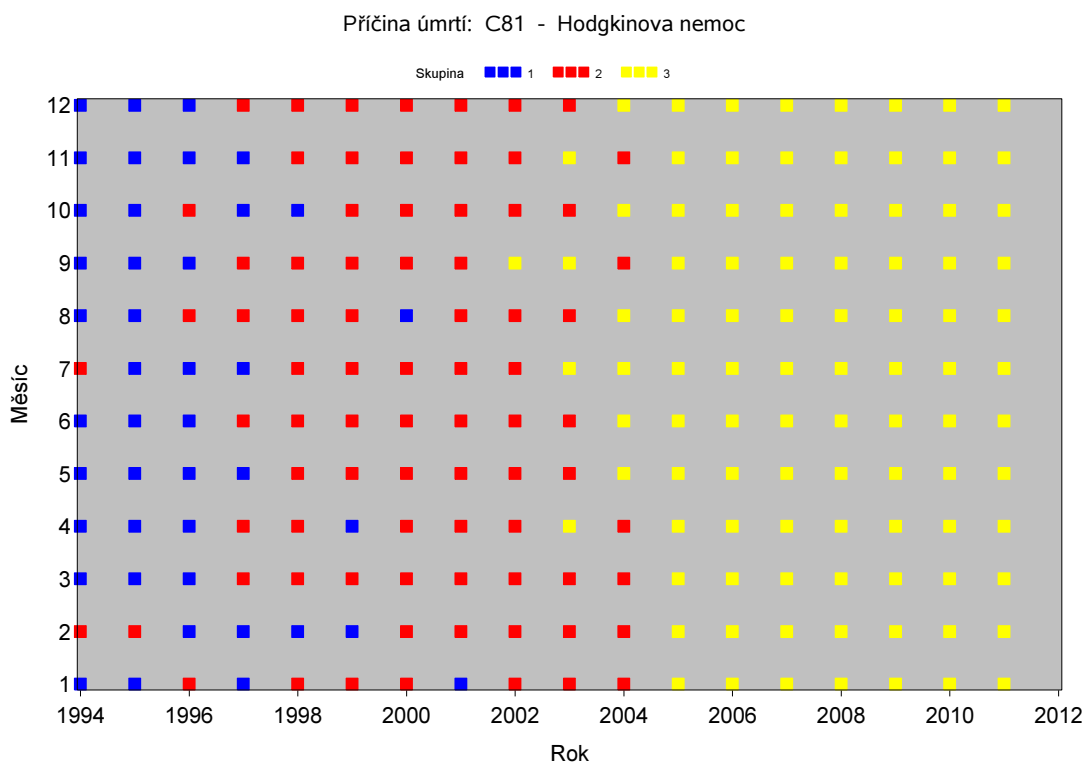
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.58: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



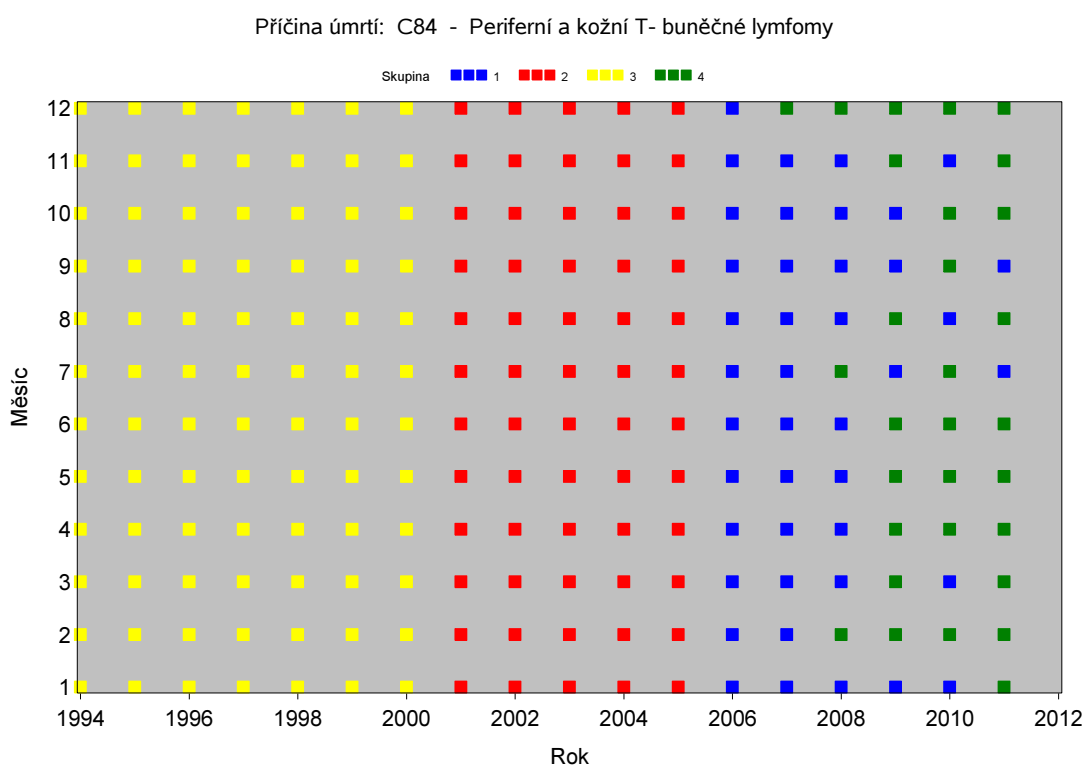
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.59: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



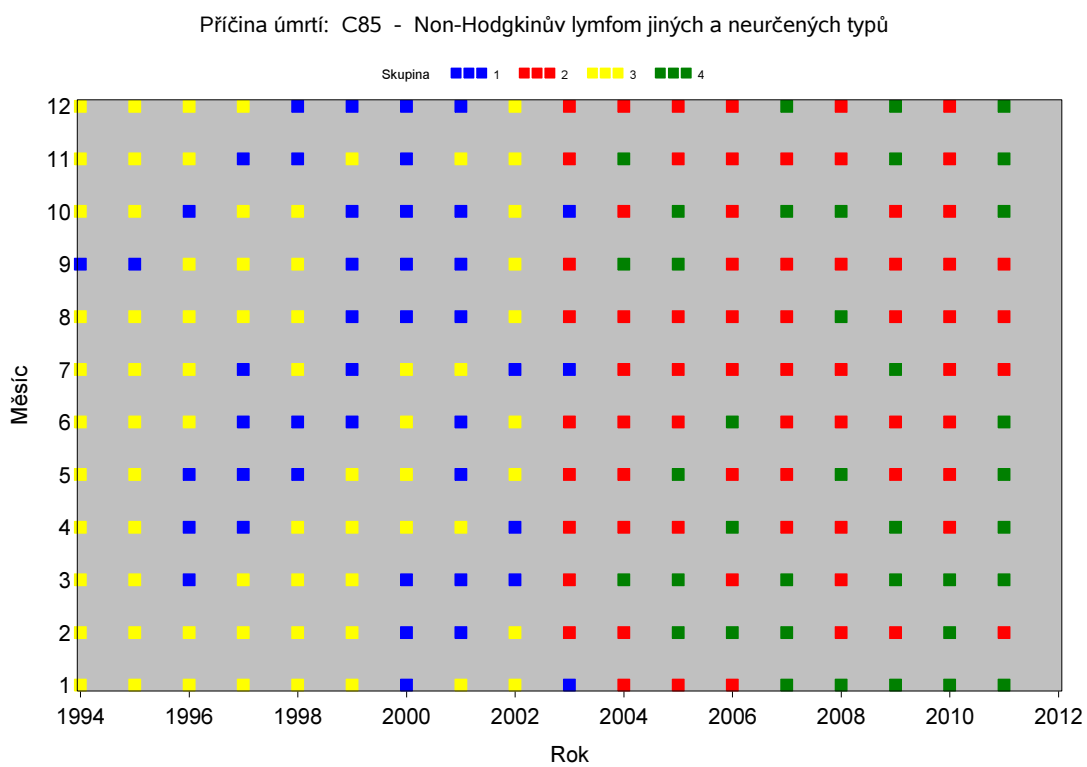
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.60: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

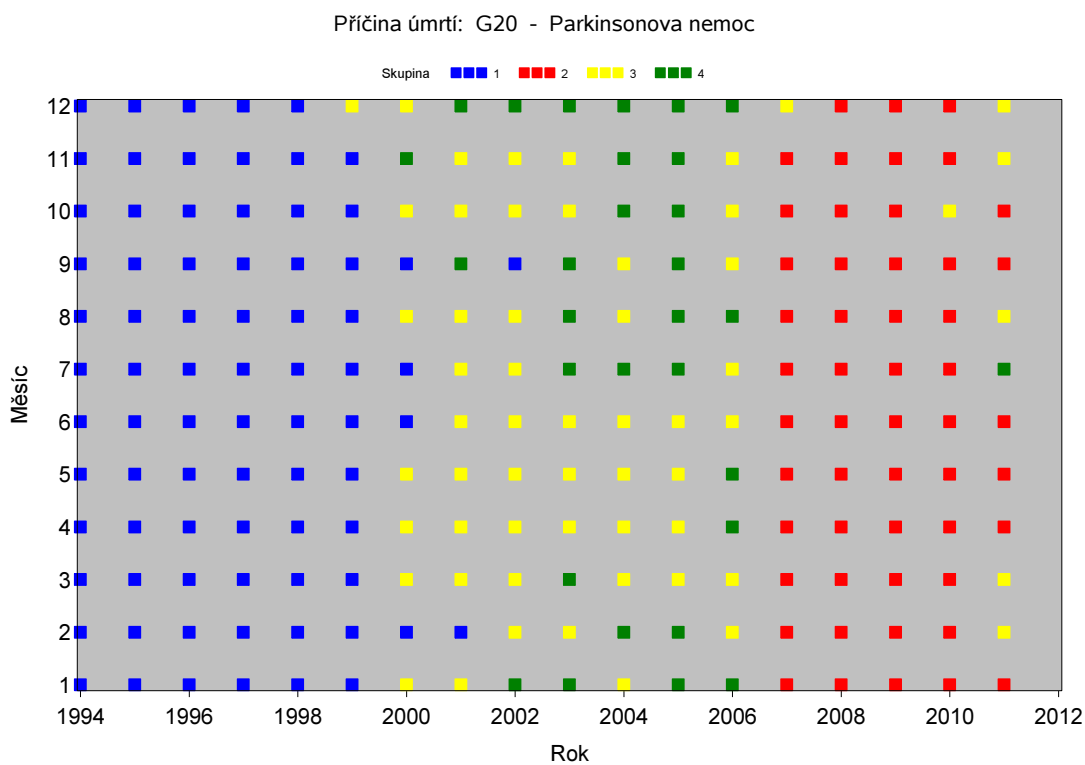
Obrázek 6.61: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

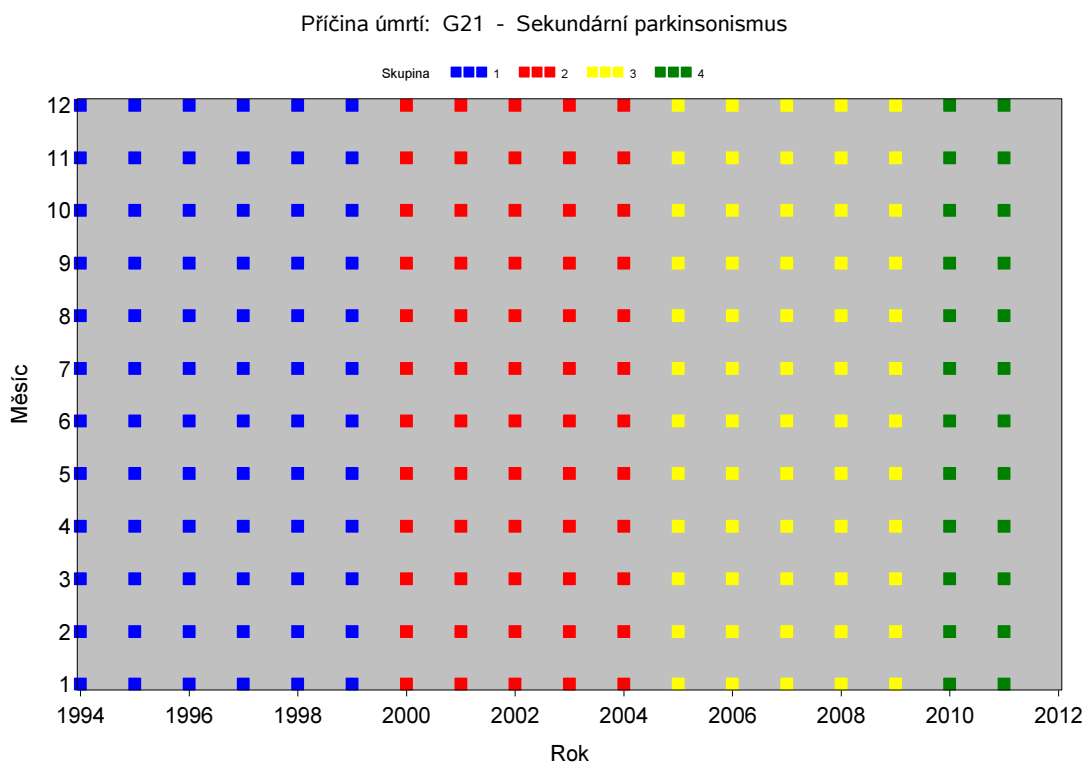
Projekce do skupin pro časové řady měsíčních počtů zemřelých, reprezentace skupin v čase, VI.Nemoci nervové soustavy (G00-G99).

Obrázek 6.62: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



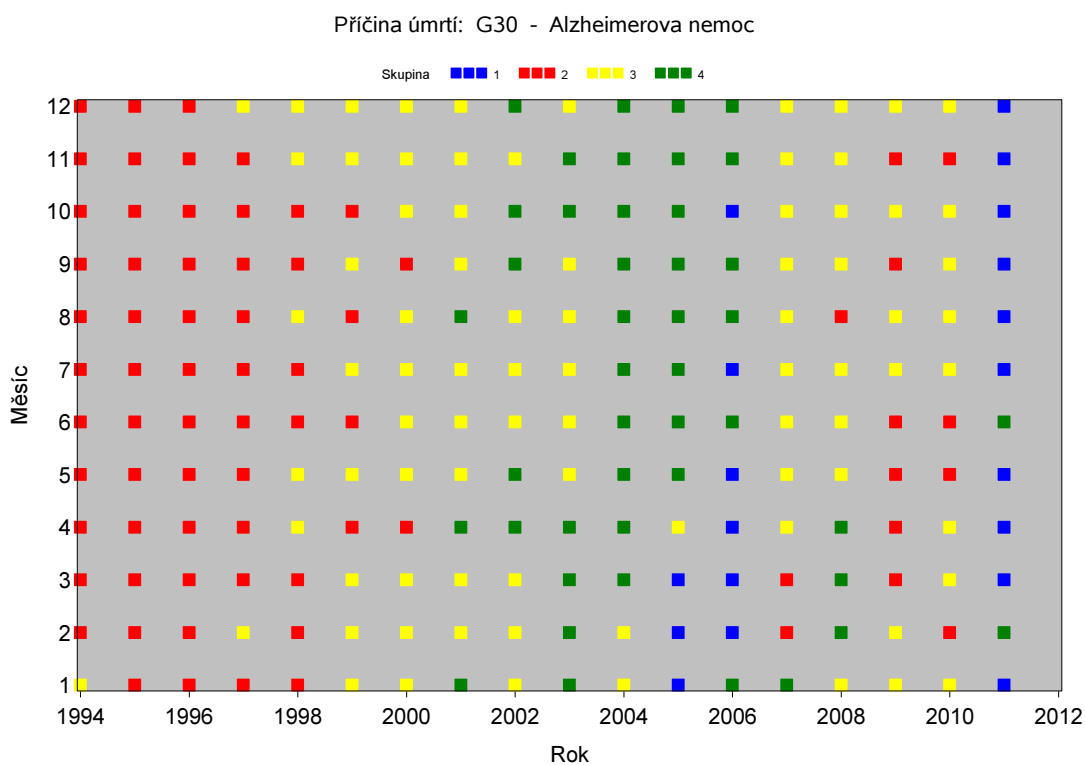
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.63: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

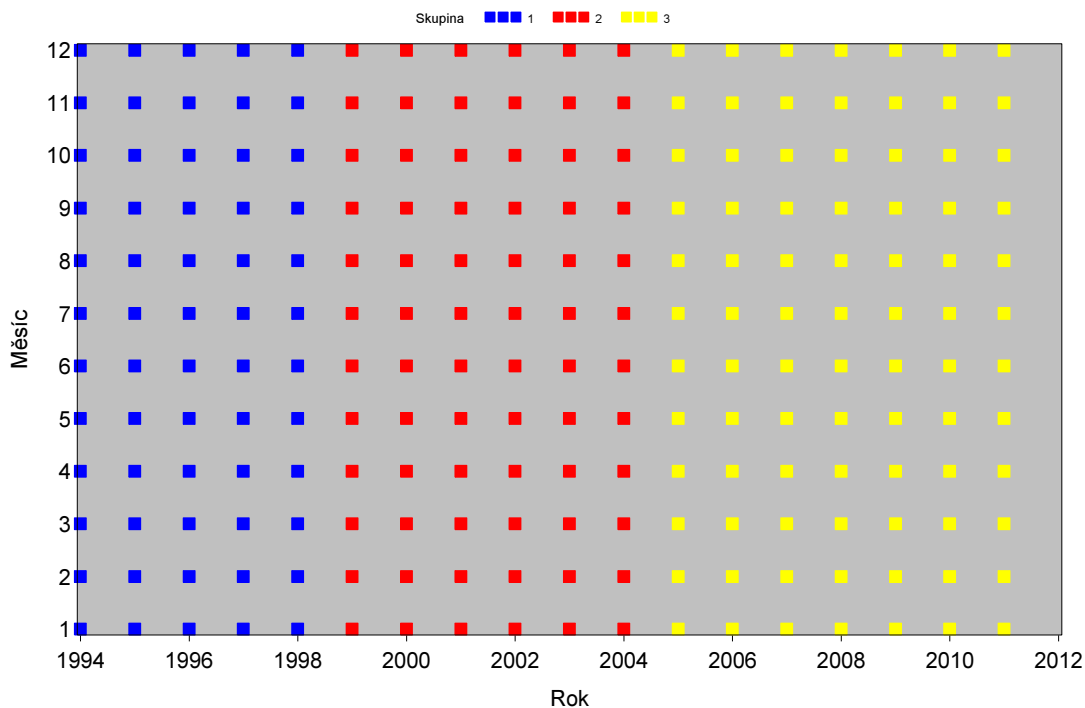
Obrázek 6.64: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.65: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.

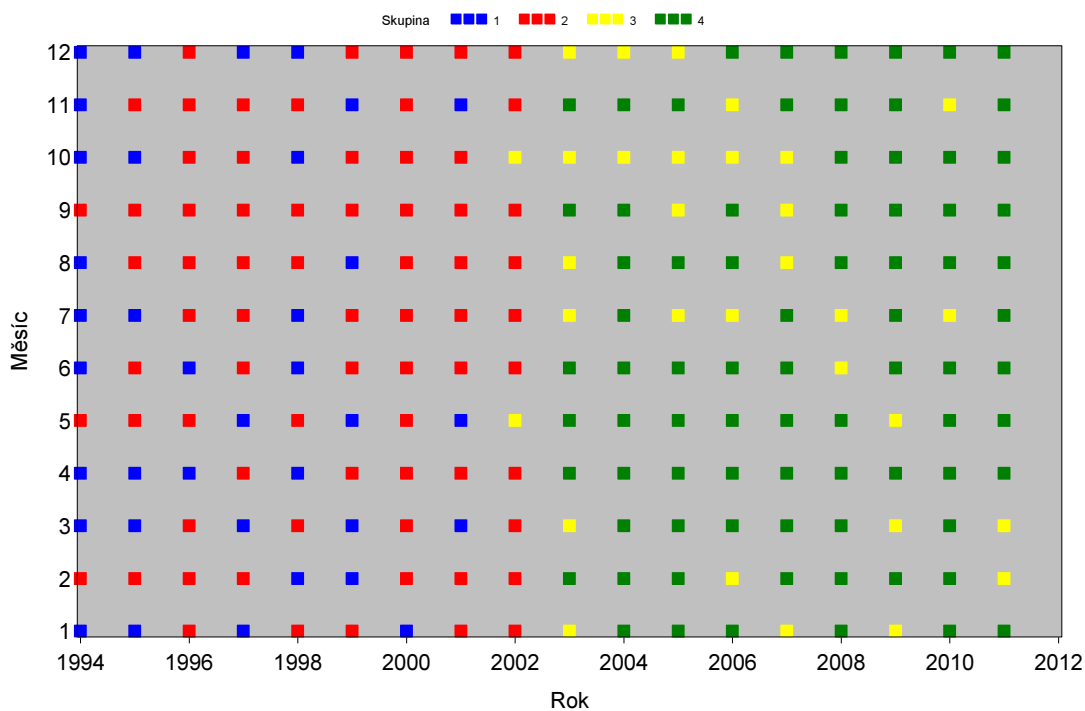
Příčina úmrtí: G31 - Jiné degenerativní nemoci nervové soustavy nezařazené jinde



Zdroj: Vlastní výpočet.

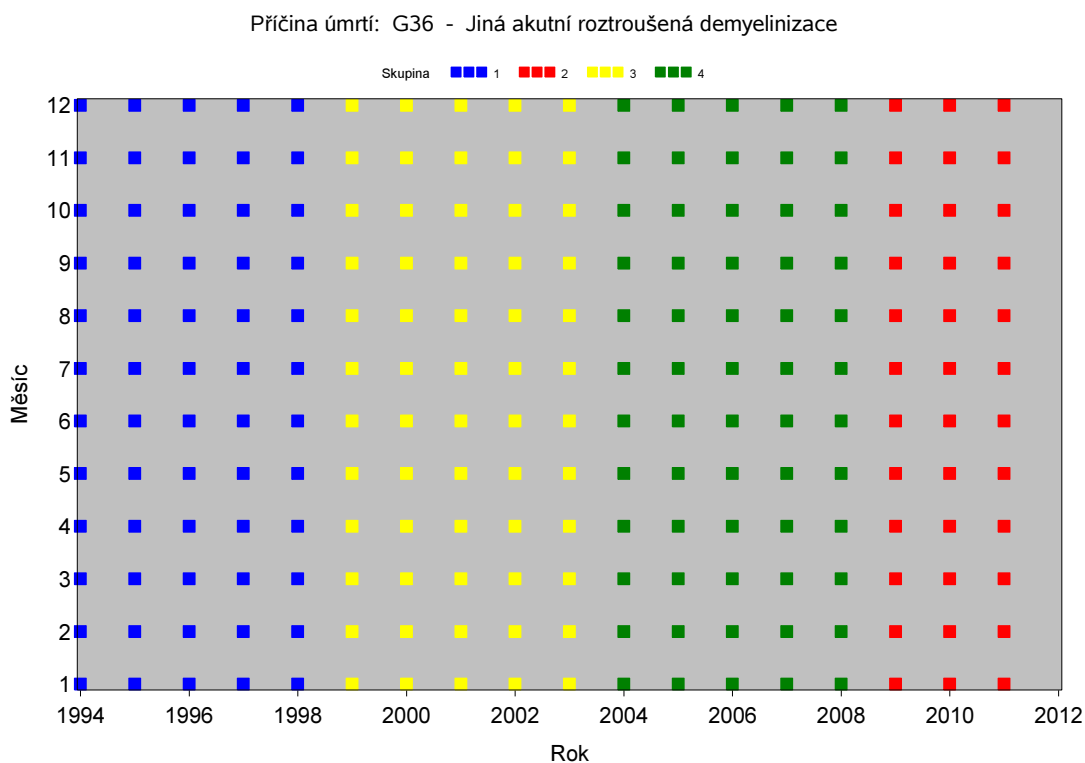
Obrázek 6.66: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.

Příčina úmrtí: G35 - Roztroušená skleróza - sclerosis multiplex



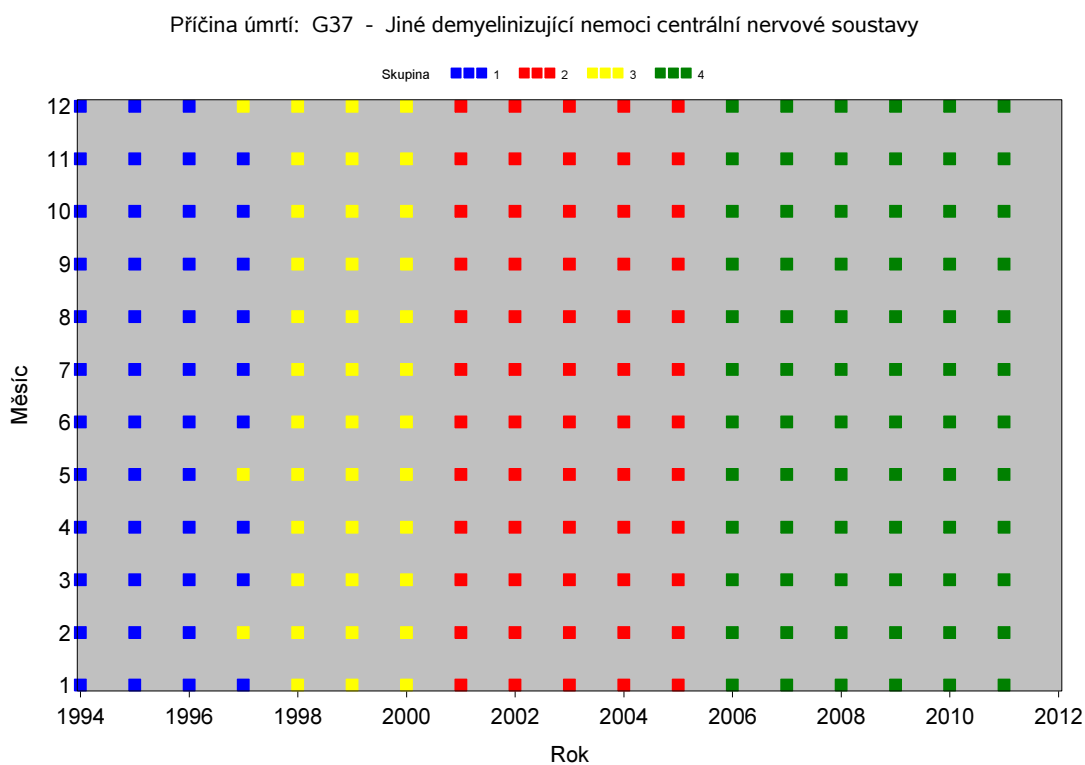
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.67: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



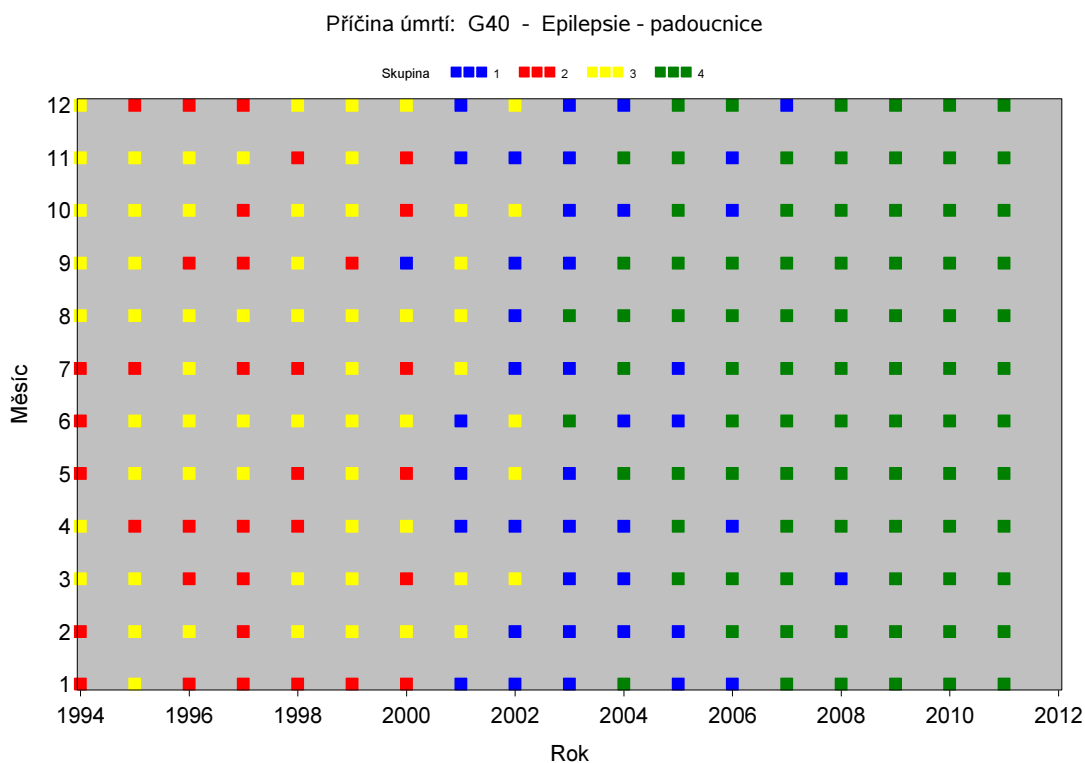
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.68: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



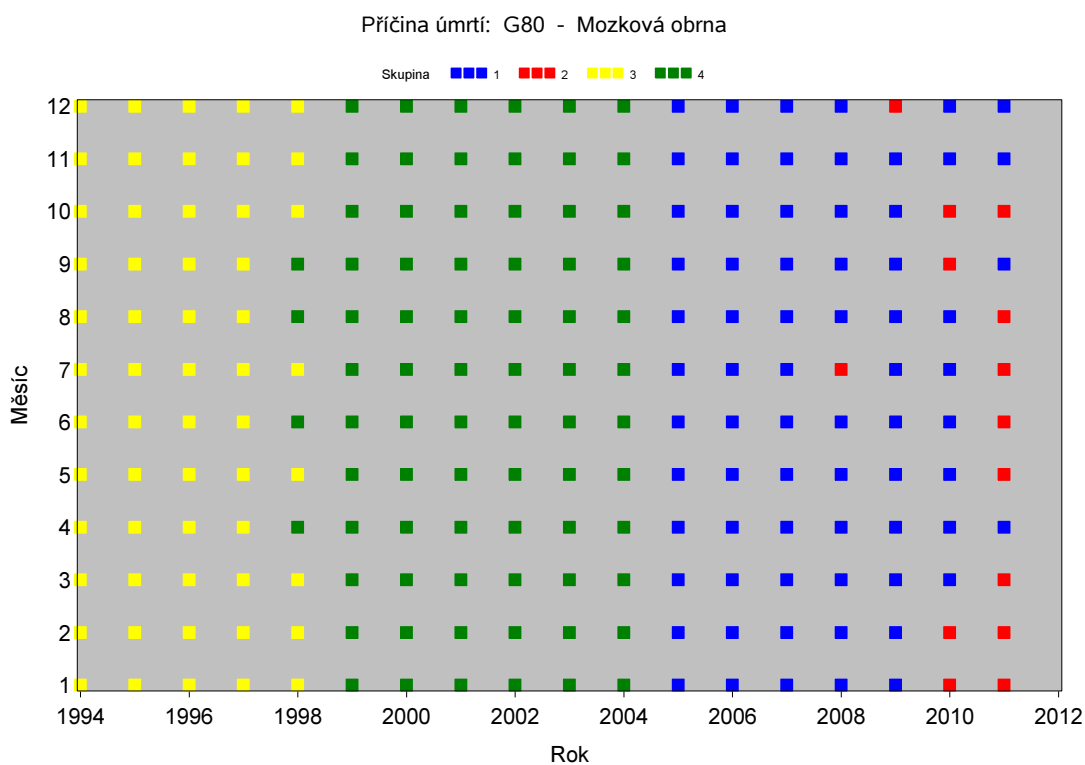
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.69: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

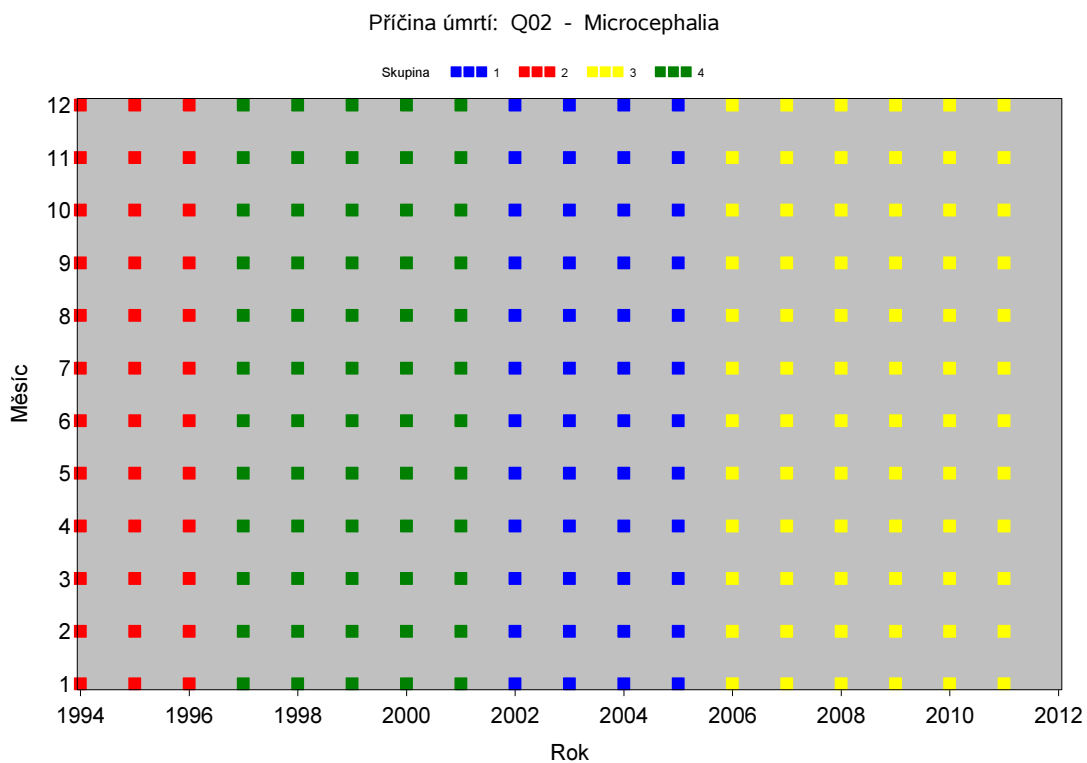
Obrázek 6.70: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

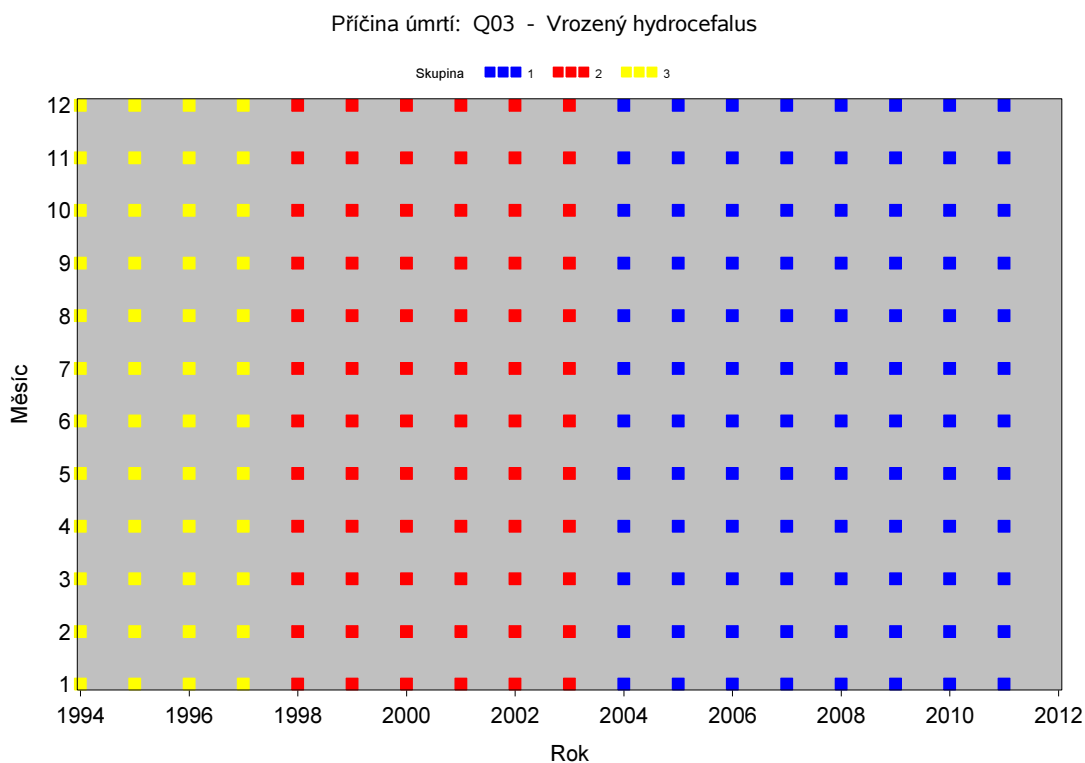
Projekce do skupin pro časové řady měsíčních počtů zemřelých, reprezentace skupin v čase, XVII.Vrozené vady, deformace a chromosomální abnormality (Q00-Q99).

Obrázek 6.71: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



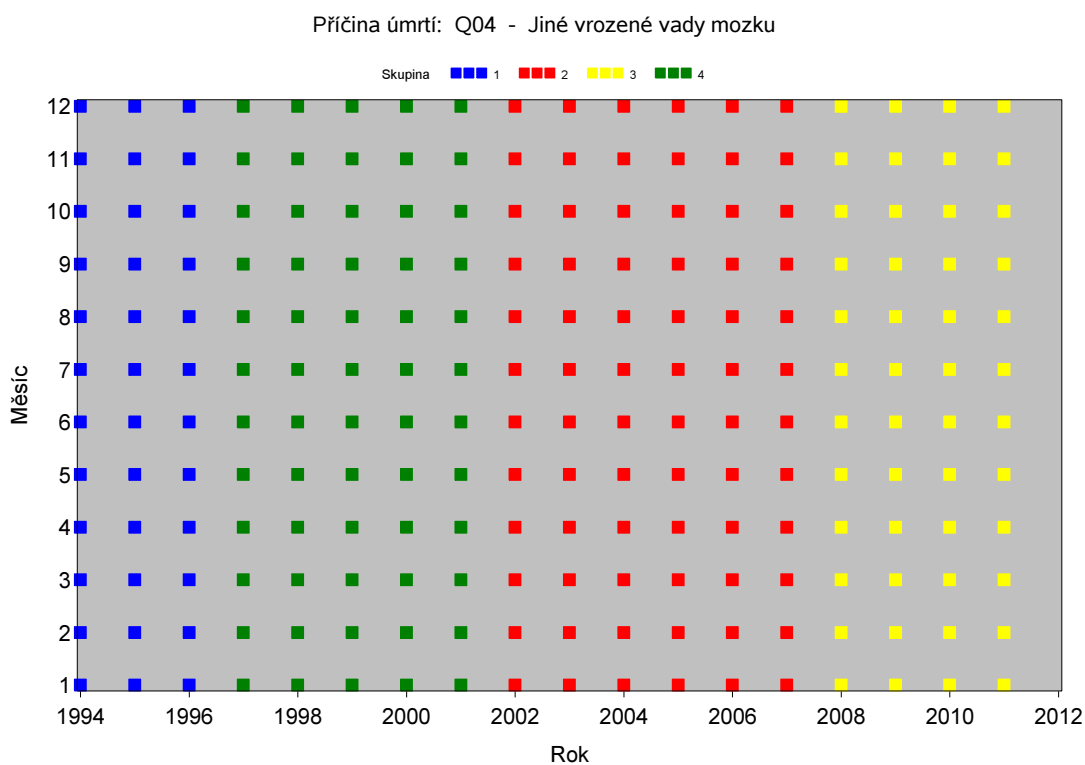
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.72: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



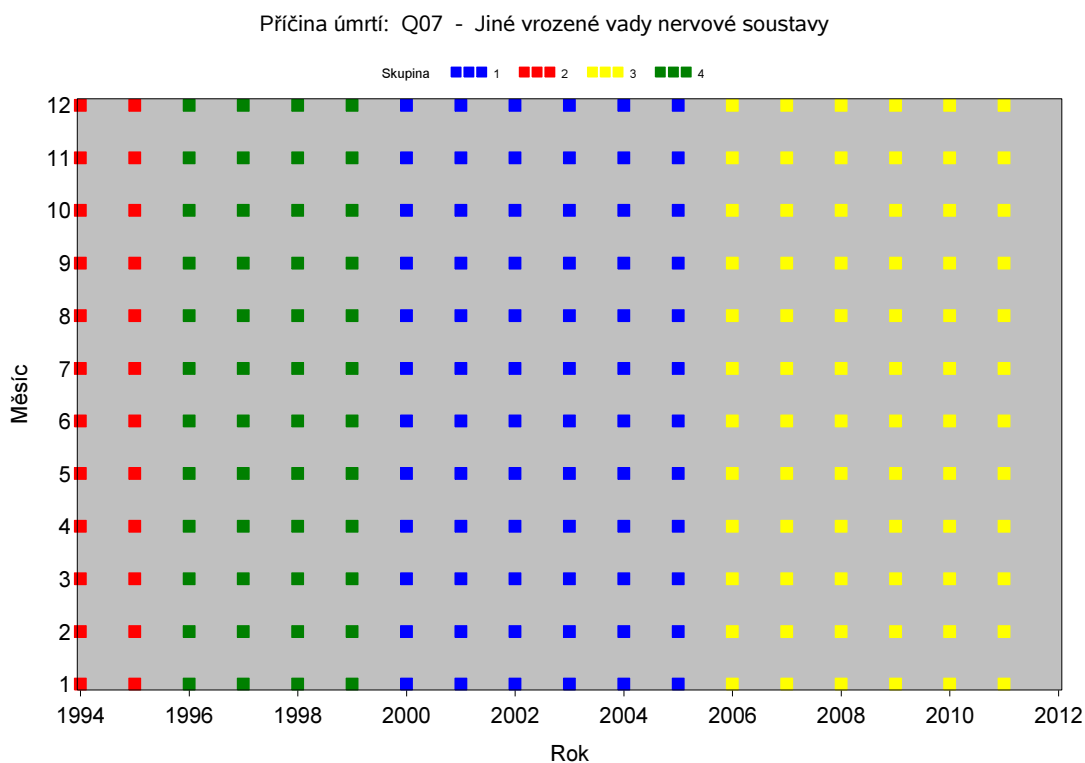
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.73: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



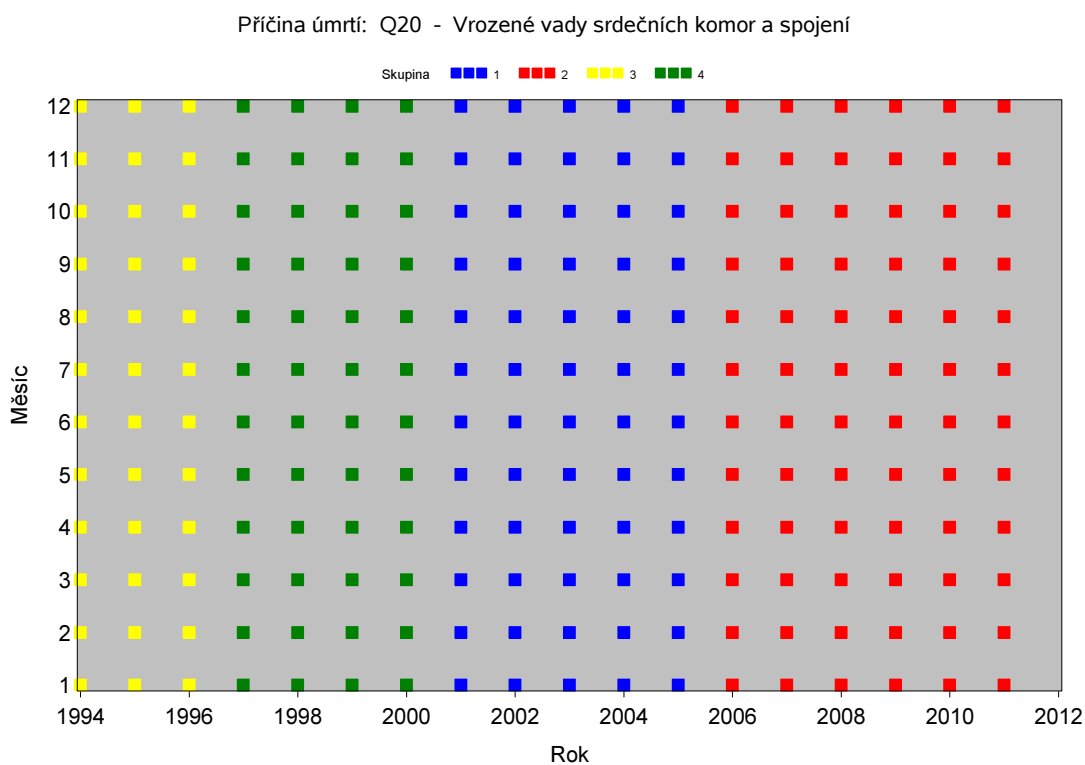
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.74: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



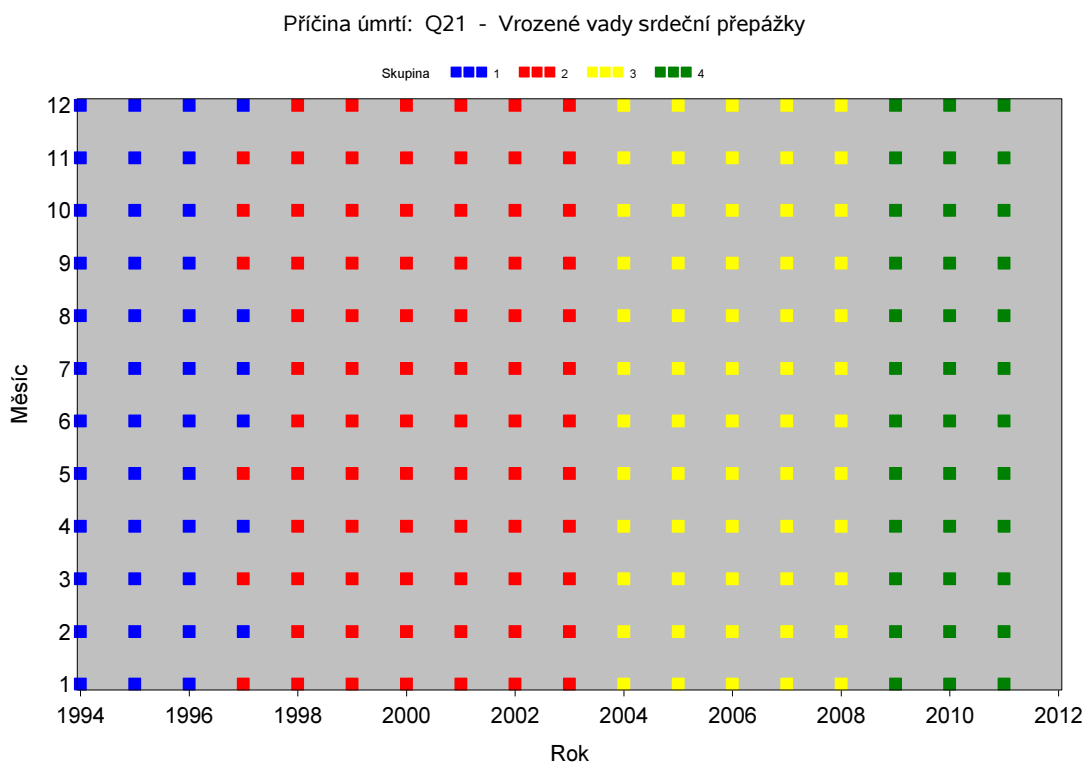
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.75: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



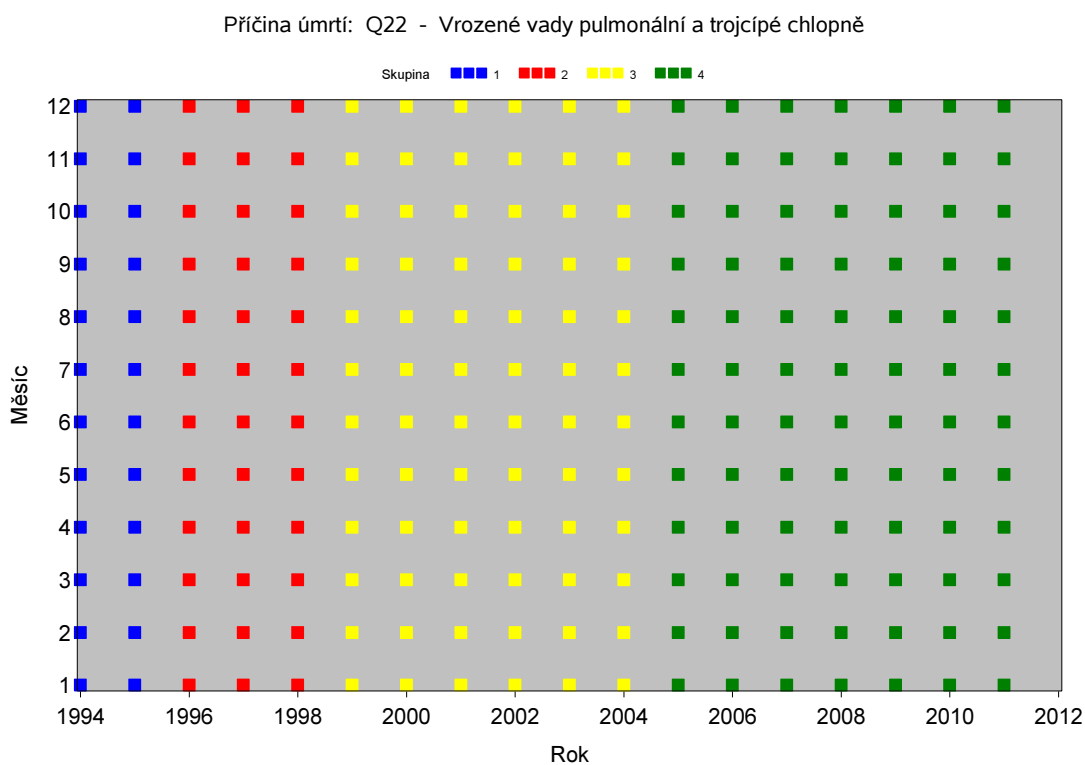
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.76: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



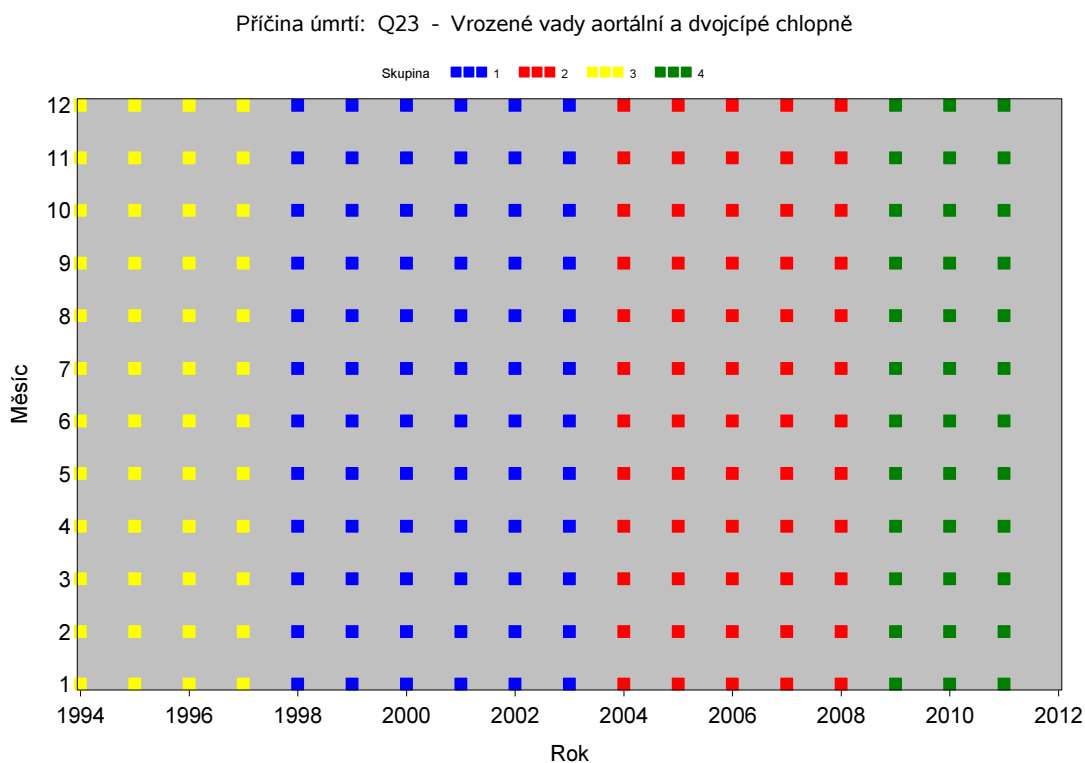
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.77: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



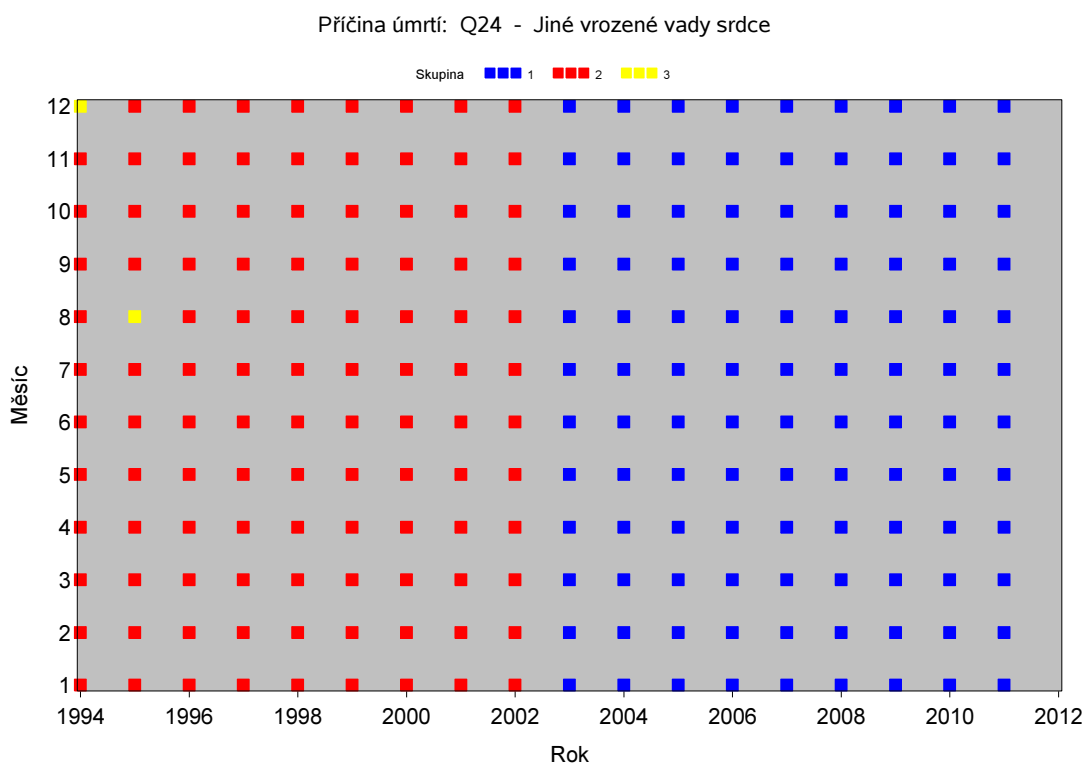
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.78: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



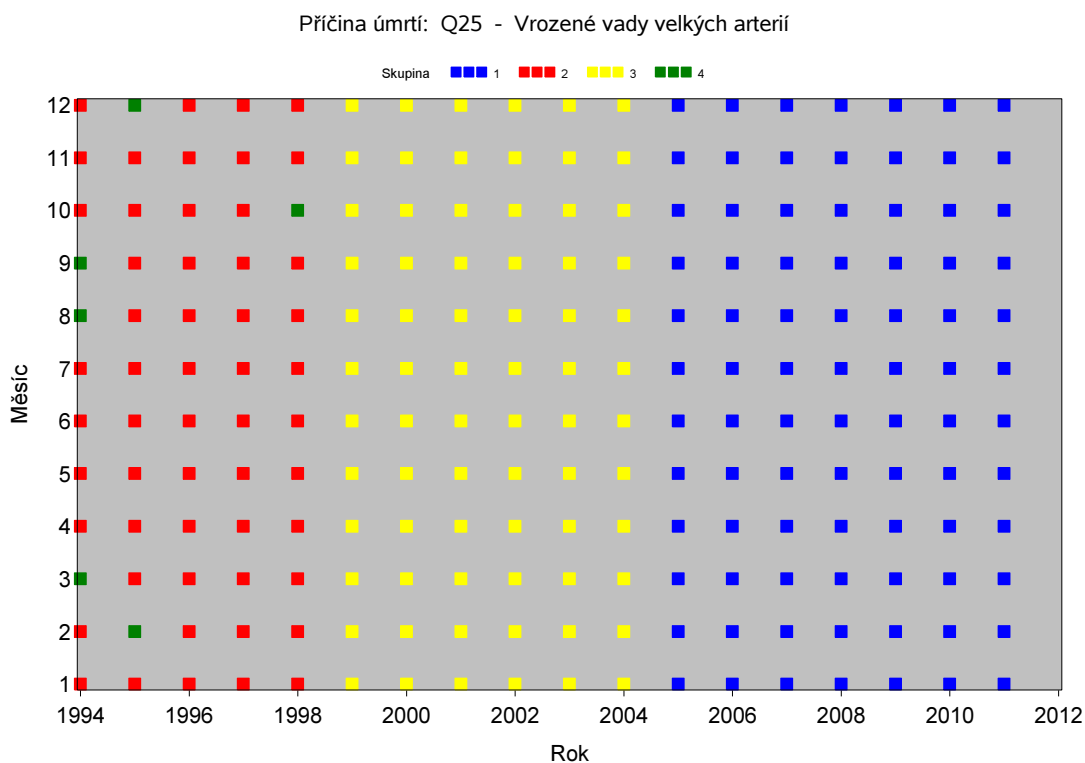
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.79: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



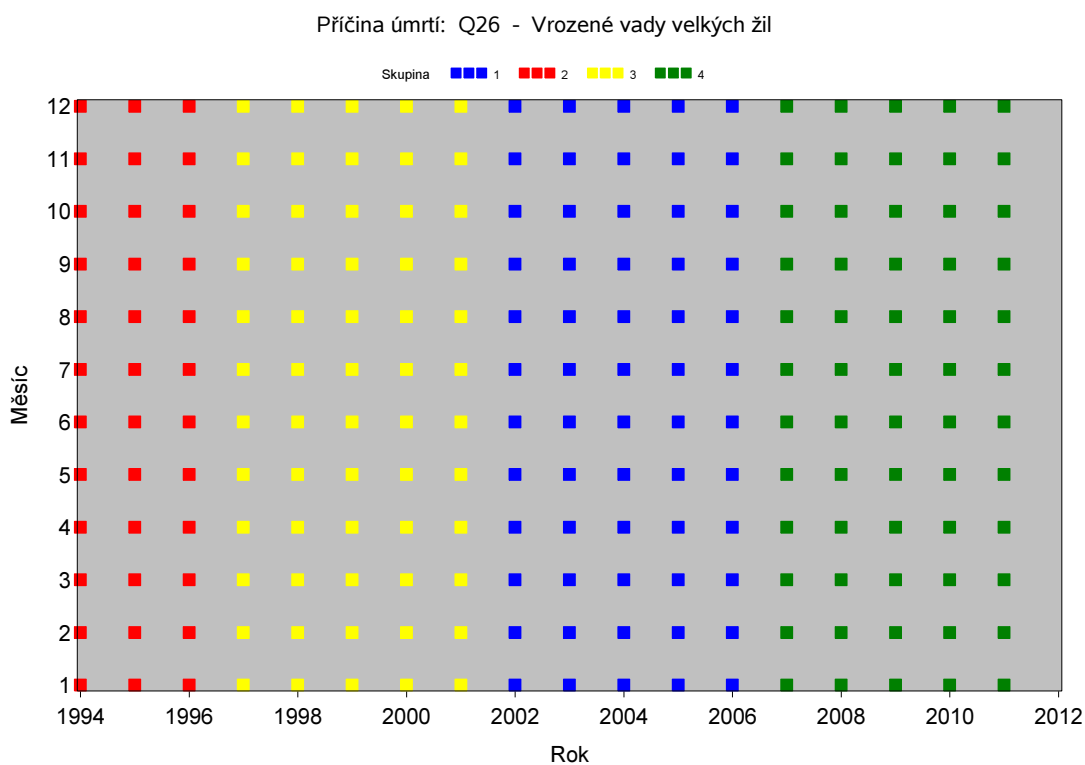
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.80: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



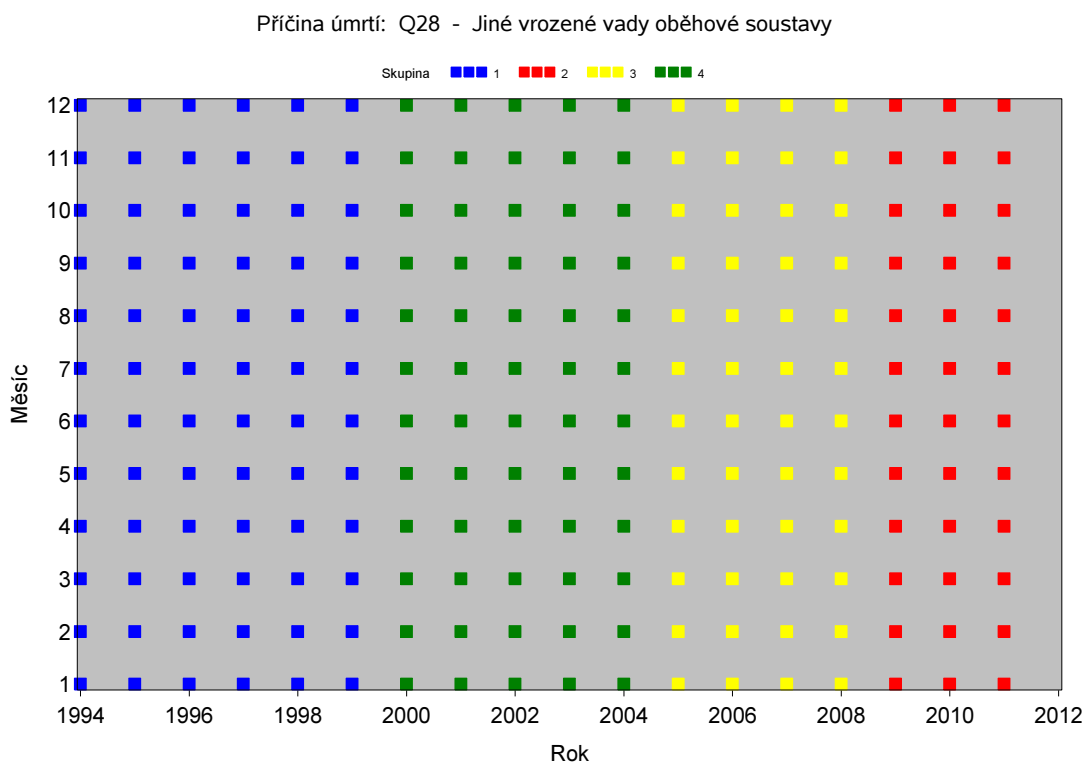
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.81: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



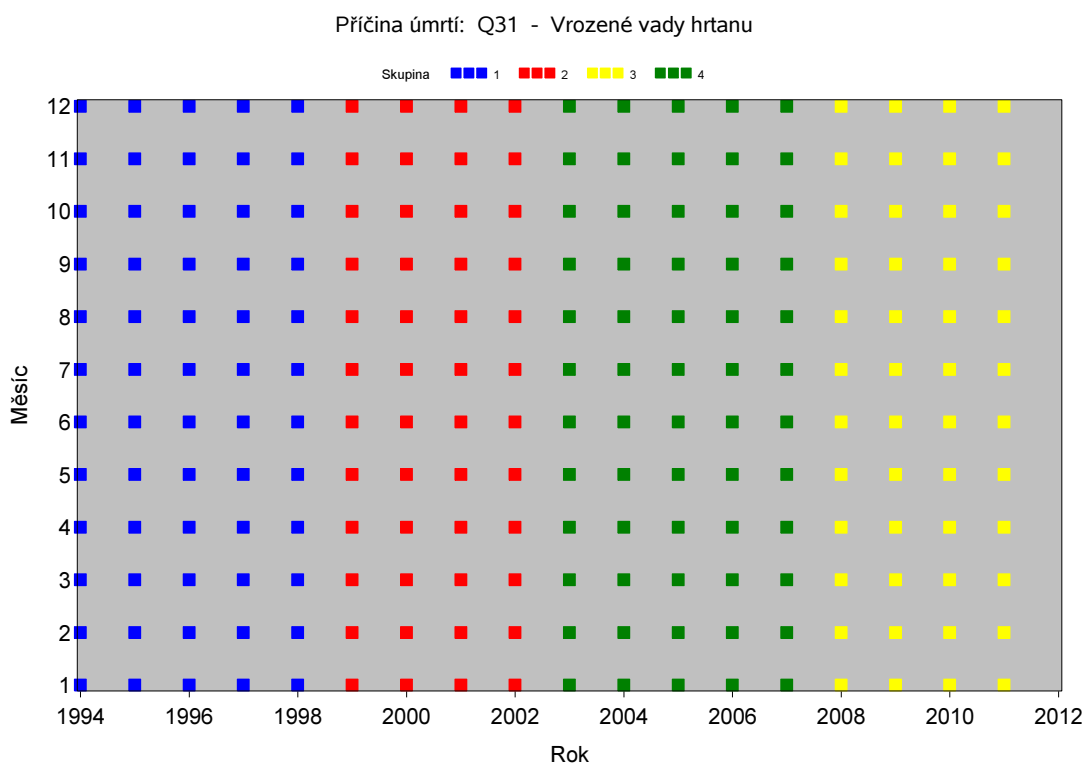
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.82: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



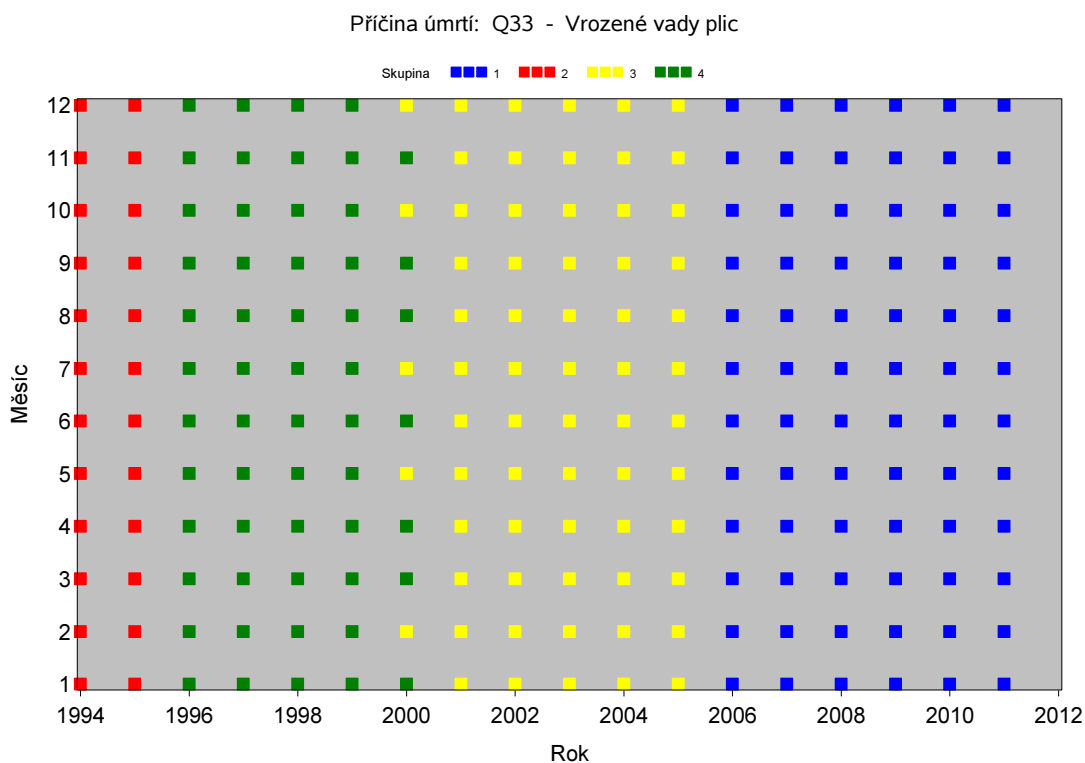
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.83: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



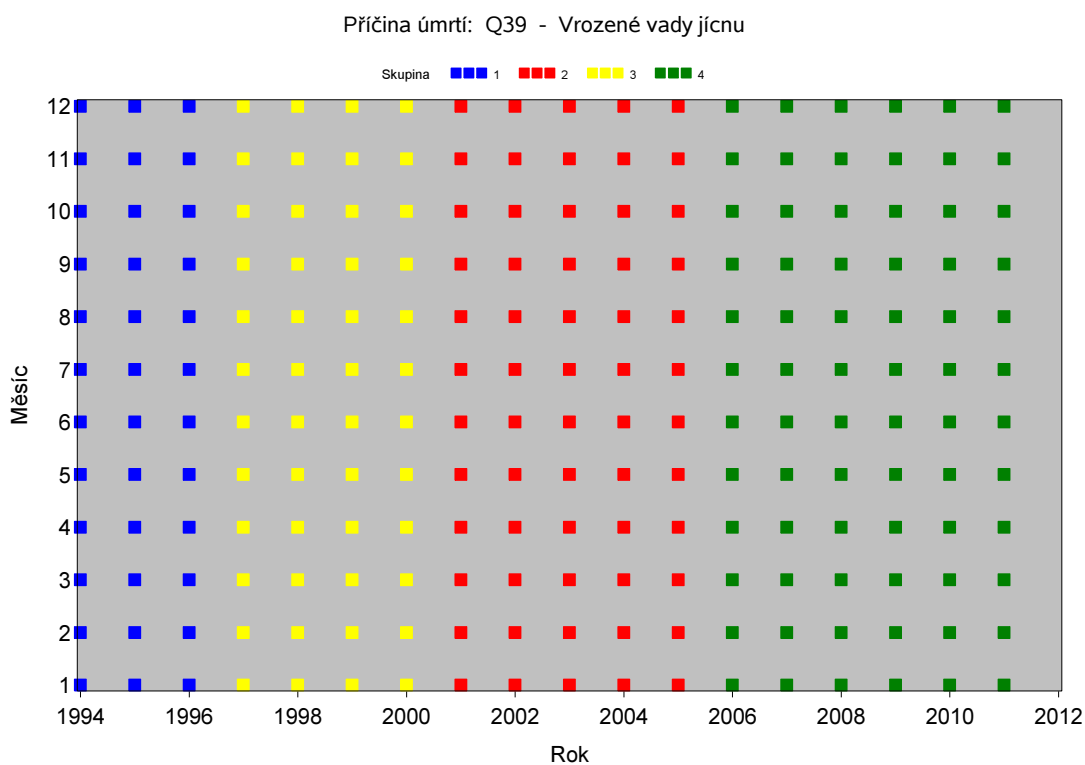
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.84: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



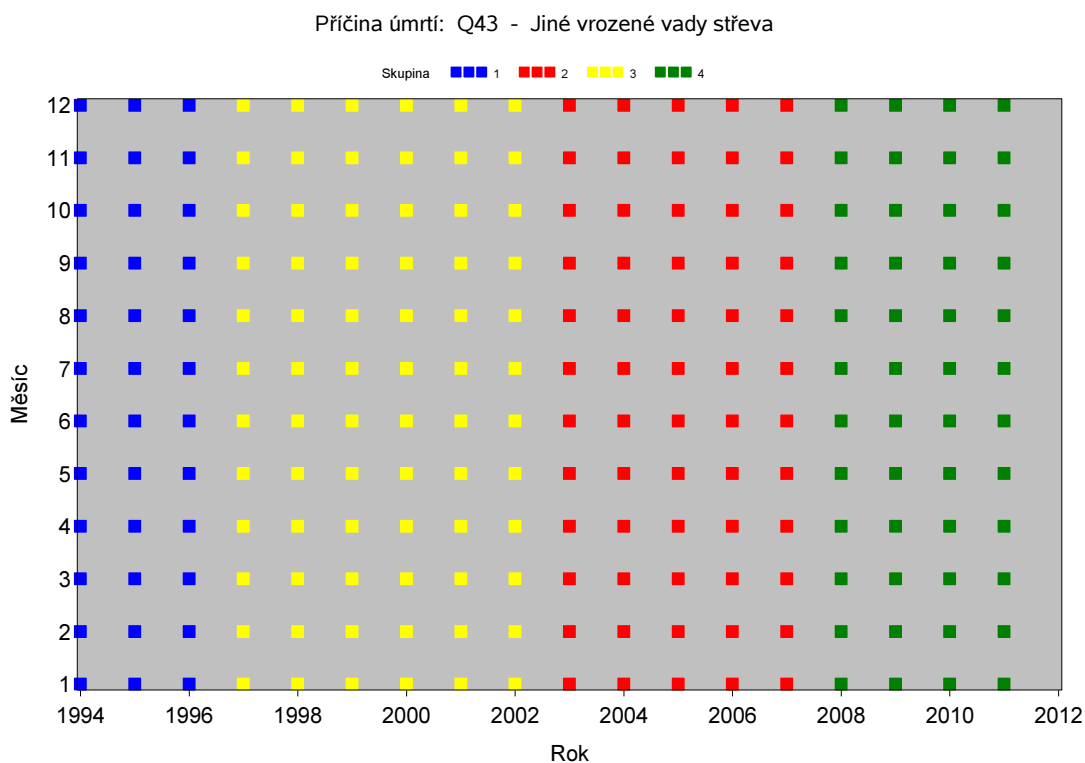
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.85: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



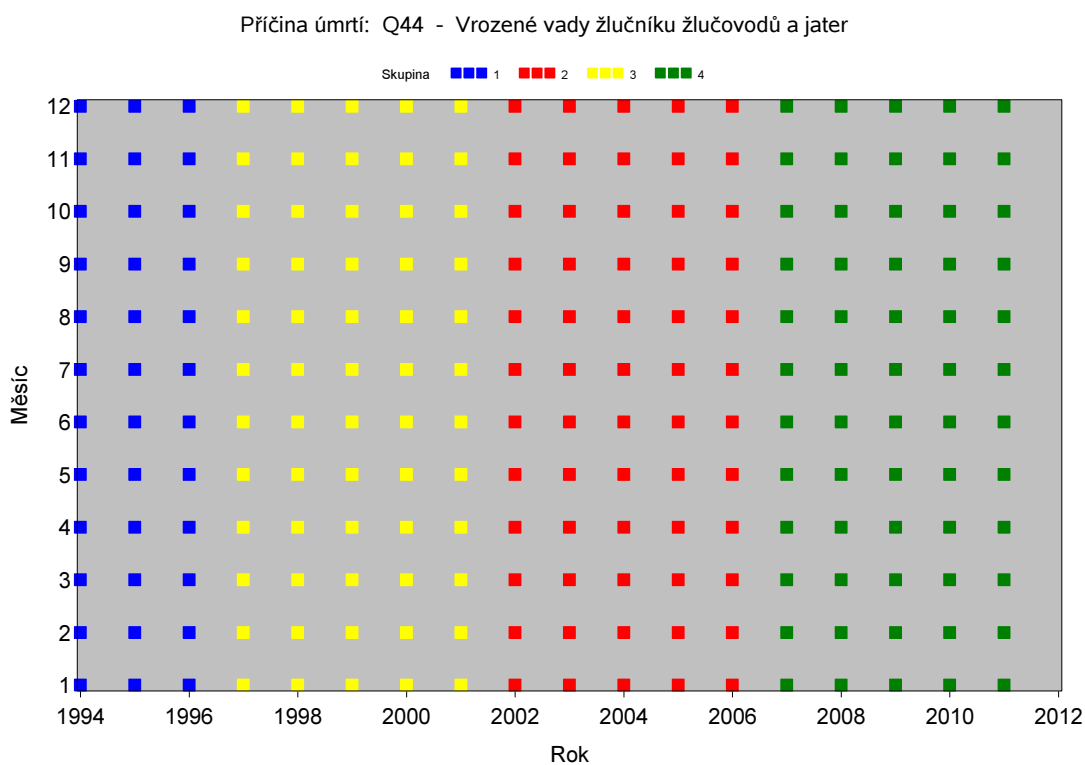
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.86: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



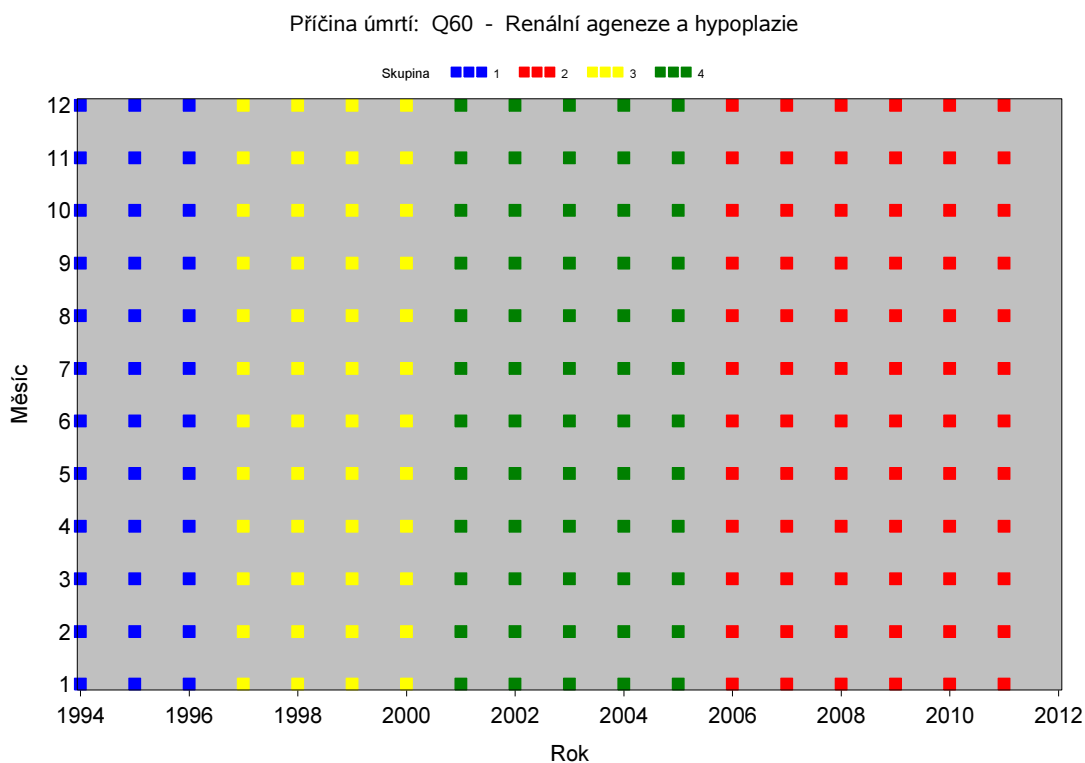
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.87: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



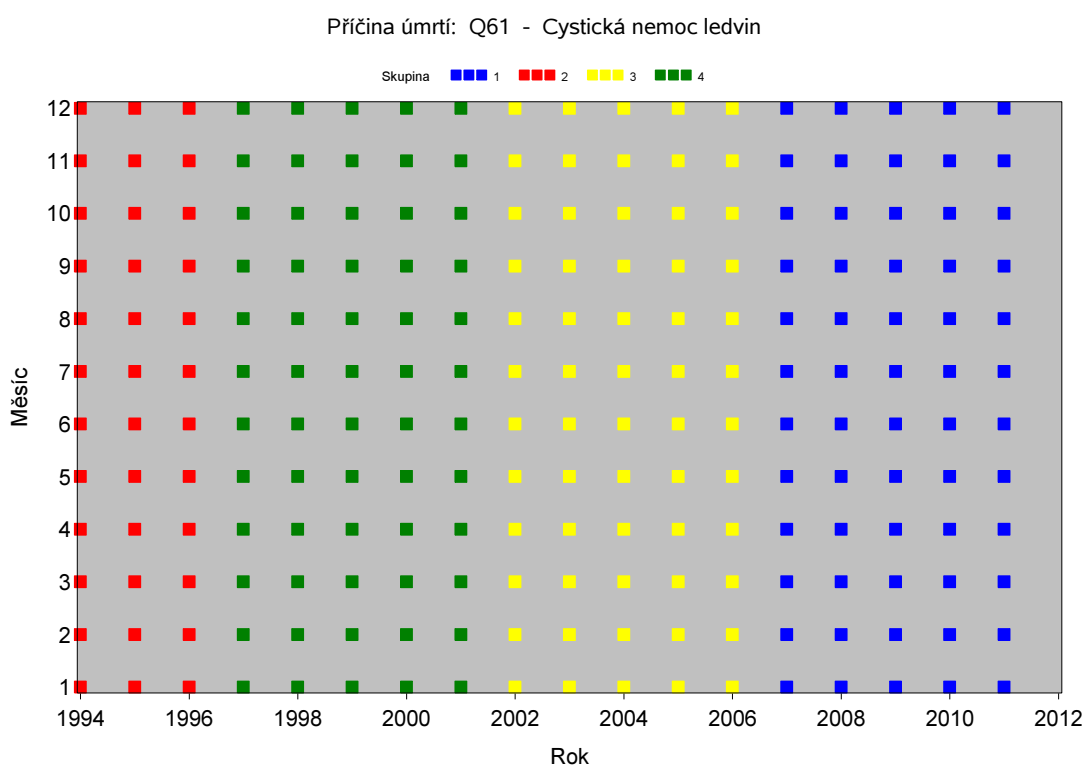
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.88: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



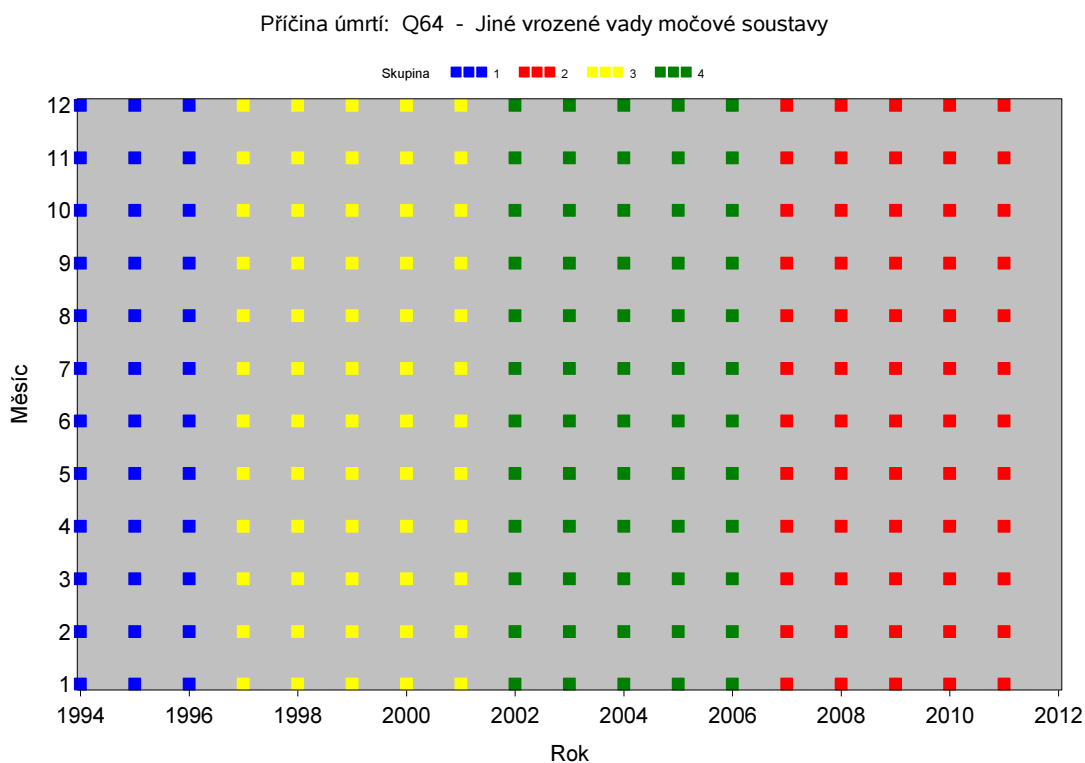
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.89: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



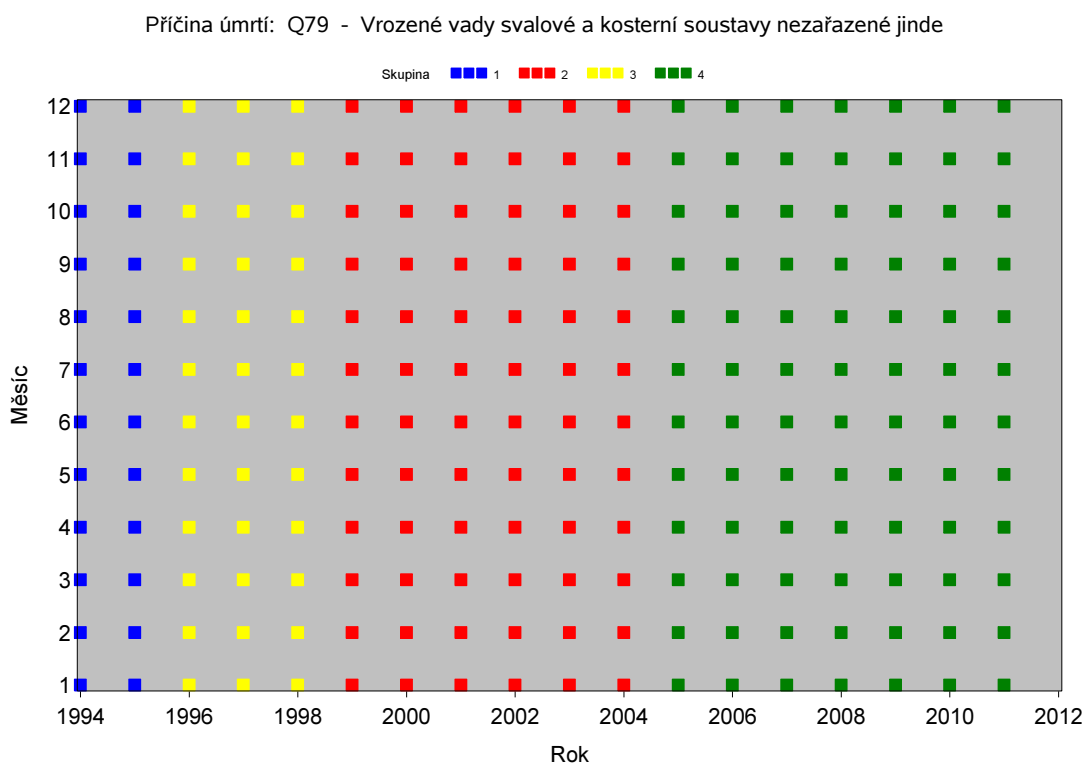
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.90: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



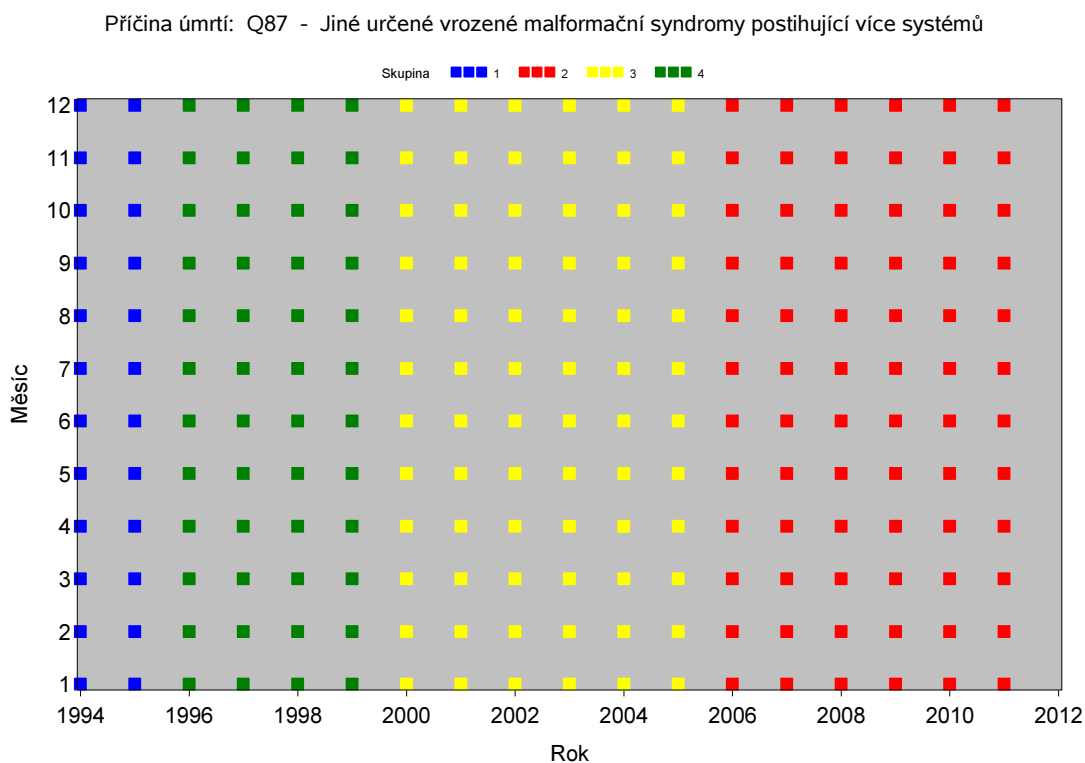
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.91: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.92: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



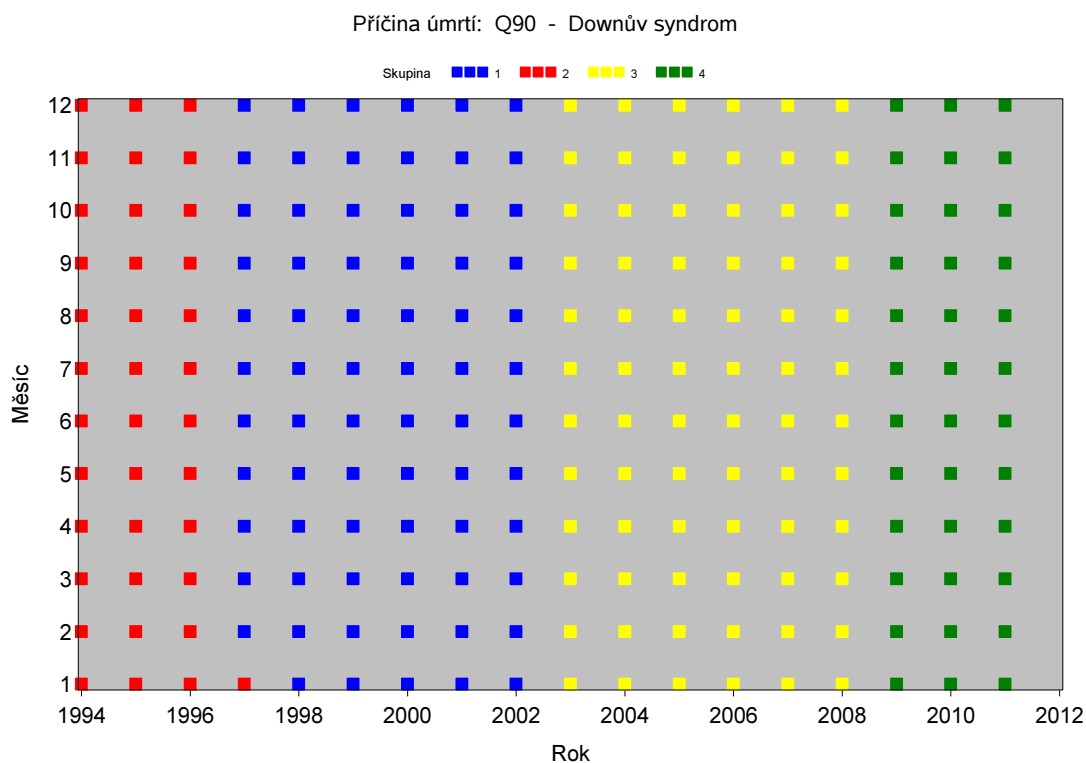
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.93: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



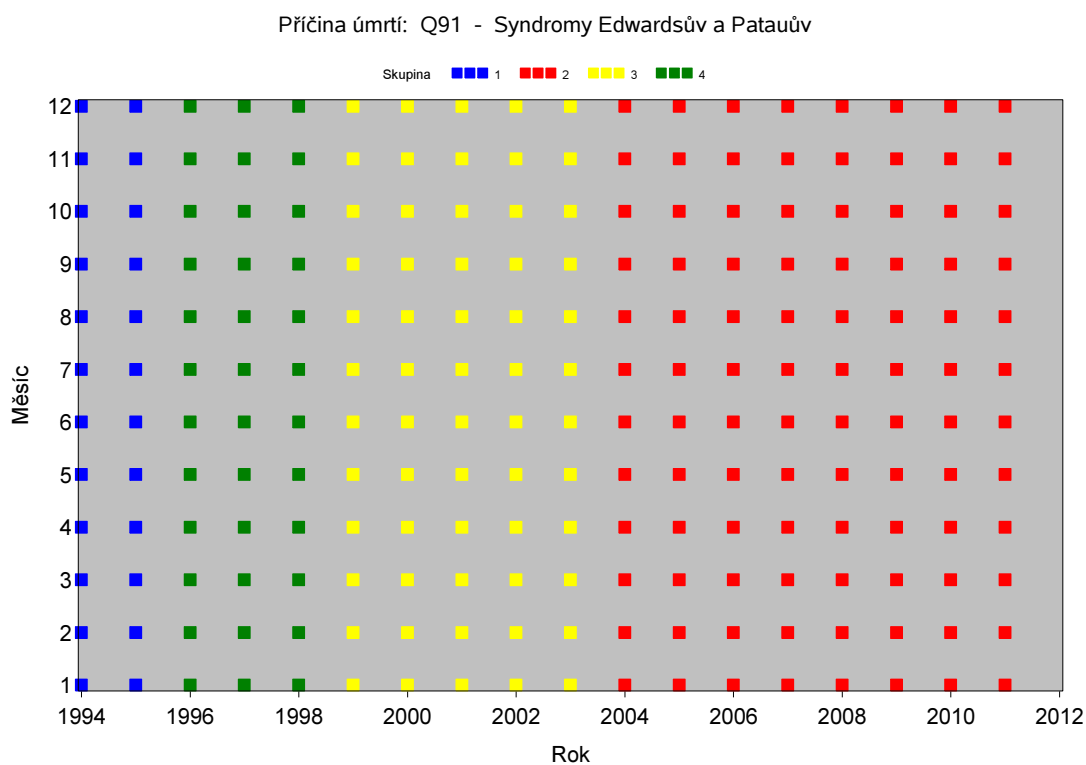
Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.94: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.

Obrázek 6.95: Zobrazení příslušnosti ke skupinám v jednotlivých měsících v období let 1994–2011, Česká republika.



Zdroj: Vlastní výpočet.