

# Netržní rizika v životním pojištění

Autor prezentace:

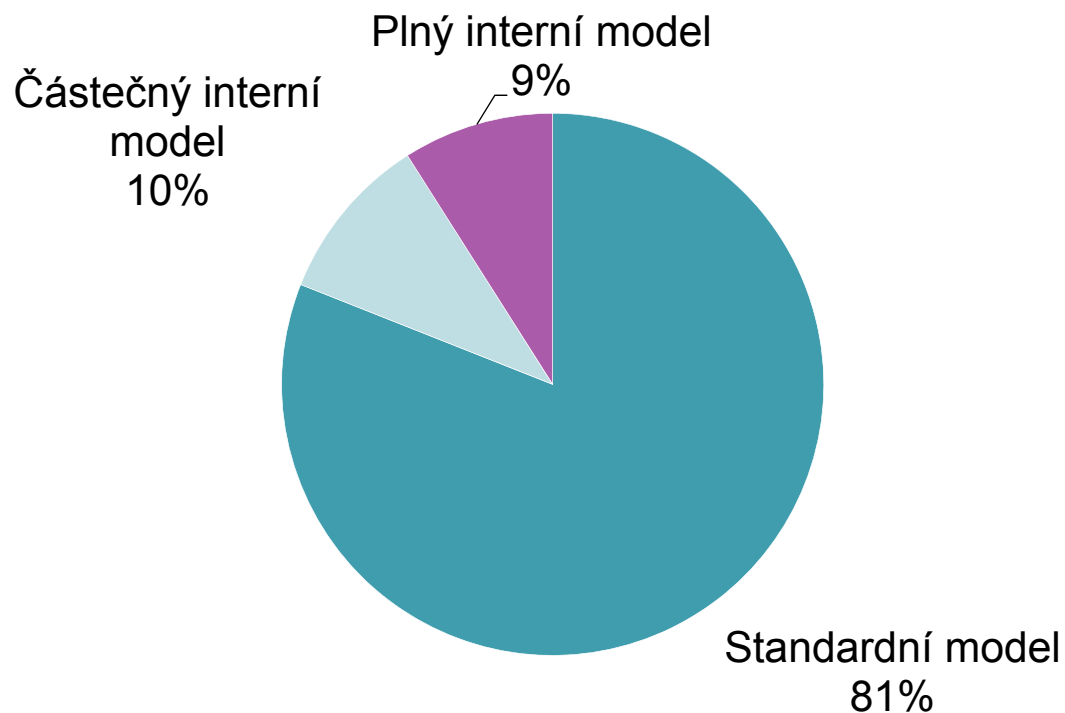
**Robert Meixner**

*CEE Risk and Actuarial Services*

KPMG Central and Eastern Europe Ltd.

# Výpočet požadovaného kapitálu v CEE

## Způsob výpočtu požadovaného kapitálu



**(Solvency II Readiness Survey in Central and Eastern Europe)**

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

### Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu

## Interní model v Solventnosti II – obsah interního modelu

**Kapitálový požadavek odpovídá hodnotě v riziku (VaR) vlastního kapitálu na hladině spolehlivosti 99,5 % v časovém horizontu 1 roku**

**Interní model musí:**

- Pokrýt všechna materiální rizika
- Brát v úvahu finanční garance a smluvní opce
- Obsahovat očekávané výplaty, garantované i negarantované
- Brát v úvahu budoucí opatření vedení (management actions), pokud je odůvodněné je očekávat v daných situacích
- Brát v úvahu techniky snižování rizika (Risk mitigation techniques)

**Interní model může obsahovat vlastní metodologii diverzifikace rizik**

# Interní model v Solventnosti II - některé požadavky

**Požadavky na data použitá v interním modelu (přesná, kompletní, vhodná)**

**Požadavky odhad pravděpodobnostních rozdělání:**

- Musí být založen na současných a věrohodných datech a na realistických předpokladech
- Použití adekvátních, použitelných a relevantních metod
- Použité metody musí být konzistentní s výpočtem technických rezerv

**Metody musí být přizpůsobeny použitým datům**

**Interní model musí zachytit všechny relevantní charakteristiky vlastního rizikového profilu**

**Požadavky na výstupy modelu:**

- Výstupy musí odrážet změny rizikového profilu společnosti
- Výstupy modelu musí být stabilní
- Povaha výsledků musí být transparentní

# Interní model v Solventnosti II – údržba interního modelu

**Funkce řízení rizik**

**Zdroje zisků a ztrát (Profit and loss attribution)**

**Ověřování platnosti interního modelu (Validation standards)**

**Dokumentace interního modelu**

**Prokázání role interního modelu v řídicím a kontrolním systému (Use test)**

**Kontrola funkčnosti interního modelu v čase**



## Interní model v Solventnosti II – role dohledu

**Interní model musí být schválen orgány dohledu (v případě skupin na lokální i skupinové úrovni)**

**Orgány dohledu schvalují koncepci změny interního modelu (model change policy)**

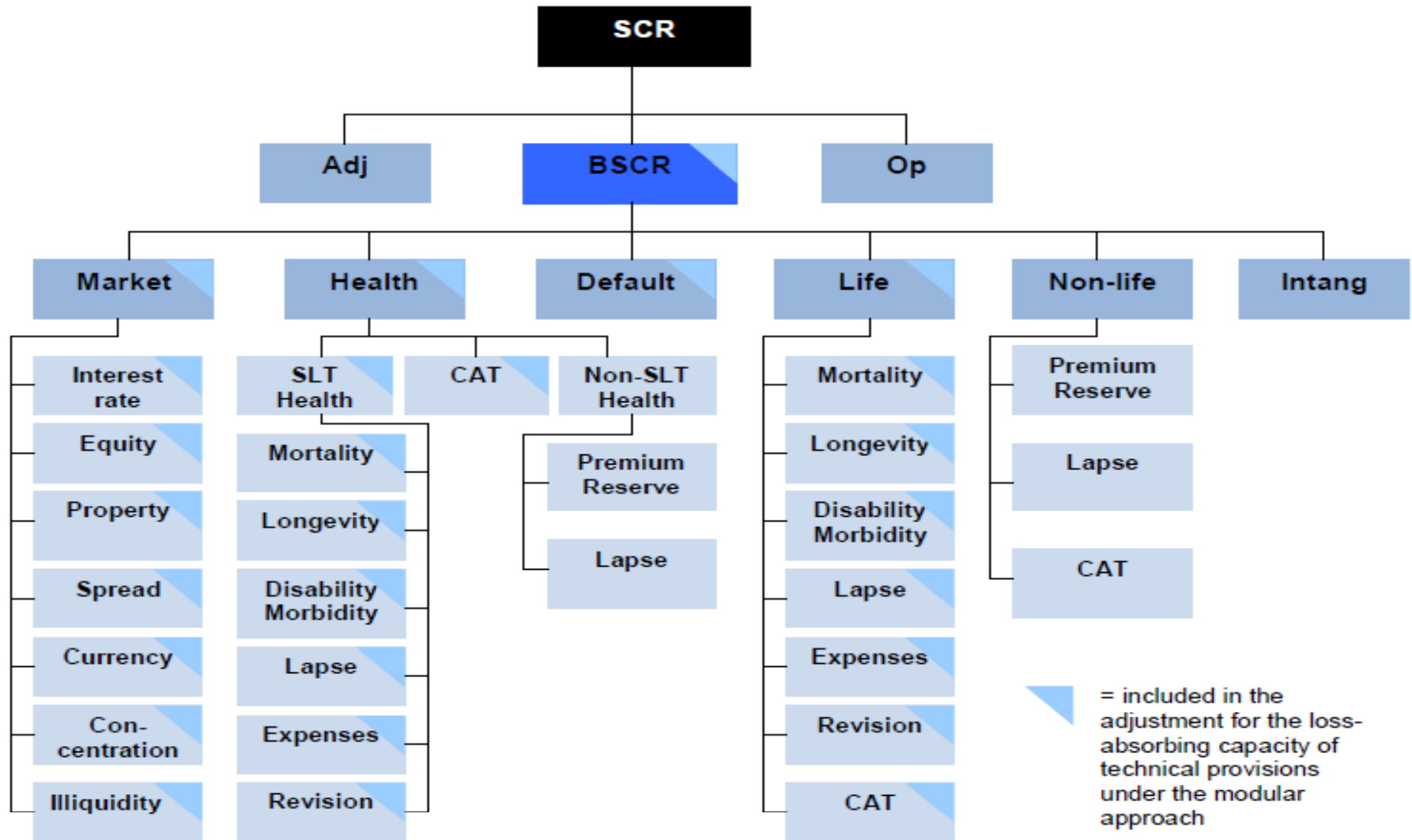
**Orgány dohledu přezkoumávají soulad interního modelu se SII na průběžné bázi**

**Ověření kalibrace a specifikace (výpočet na srovnávacím portfoliu a na jiných předpokladech)**

**Požadavek interního modelu v oprávněných situacích**



# Interní model, rizikové moduly





## Interní model, životní netržní rizika

- a) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility měr úmrtnosti, kdy zvýšení míry úmrtnosti vede ke zvýšení hodnoty pojistných závazků (riziko úmrtnosti);

## Interní model, životní netržní rizika

- a) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility měr úmrtnosti, kdy zvýšení míry úmrtnosti vede ke zvýšení hodnoty pojistných závazků (riziko úmrtnosti);

## Interní model, životní netržní rizika

- a) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze **změn úrovně, vývoje nebo volatility měr úmrtnosti**, kdy zvýšení míry úmrtnosti vede ke zvýšení hodnoty pojistných závazků (riziko úmrtnosti);

## Interní model, životní netržní rizika

- a) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility měr úmrtnosti, kdy zvýšení míry úmrtnosti vede ke zvýšení hodnoty pojistných závazků (riziko úmrtnosti);
- b) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility měr úmrtnosti, kdy snížení míry úmrtnosti vede ke zvýšení hodnoty pojistných závazků (riziko dlouhověkosti);
- c) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility míry invalidity, míry chorobnosti a míry nemocnosti (riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti);
- d) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně, vývoje nebo volatility nákladů vzniklých při správě pojistných a zajistných smluv (riziko nákladů v životním pojištění);
- e) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících z kolísání úrovně, vývoje nebo volatility revizních sazeb uplatňovaných na důchody, které jsou dány změnami v právním prostředí nebo zdravotním stavu pojištěných osob (riziko revize);
- f) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze změn úrovně nebo volatility míry storna, míry ukončení, míry obnovení a míry odbytného u pojistných smluv (riziko storen);
- g) rizika ztráty nebo nepříznivé změny hodnoty pojistných závazků vyplývajících ze značné neurčitosti předpokladů při tvorbě cen a stanovení rezerv v souvislosti s mimořádnými nebo zvláštními událostmi (životní katastrofické riziko).

# Netržní rizika v životním pojištění

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

## Testování interního modelu

## Problematické oblasti interního modelu

# Netržní rizika v životním pojištění

**Jaké ztráty může pojišťovna utrpět během jednoho roku?**

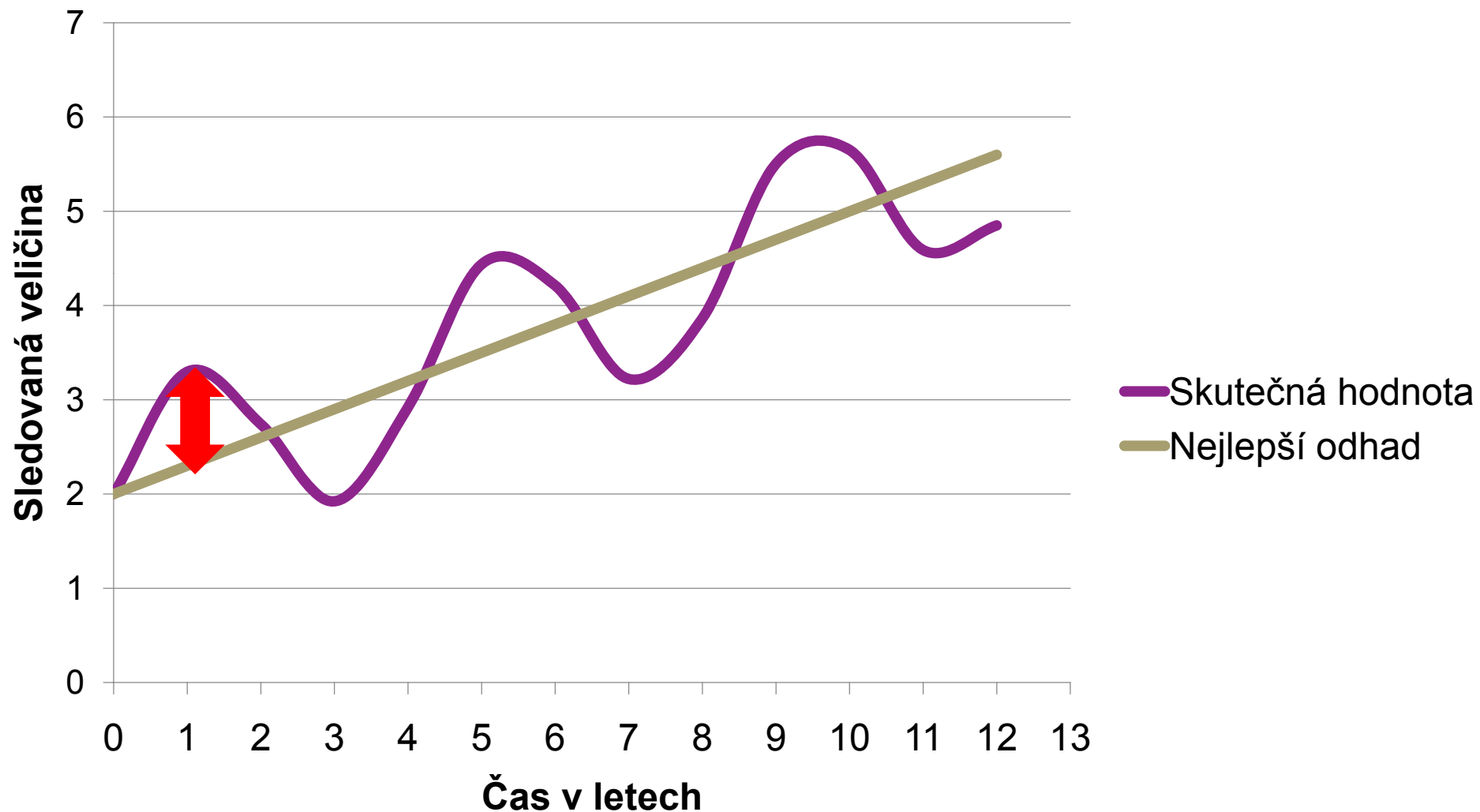
**...přímé škody (rozdíl mezi očekáváním a realitou) a škody v důsledku přecenění rezerv (změna předpokladů)...**

**Každé z rizik je podle definice rozděleno na:**

- Riziko volatility (krátkodobý efekt)
- Katastrofické riziko (krátkodobý efekt)
- Riziko změny úrovně nebo vývoje předpokladů (dlouhodobý efekt)

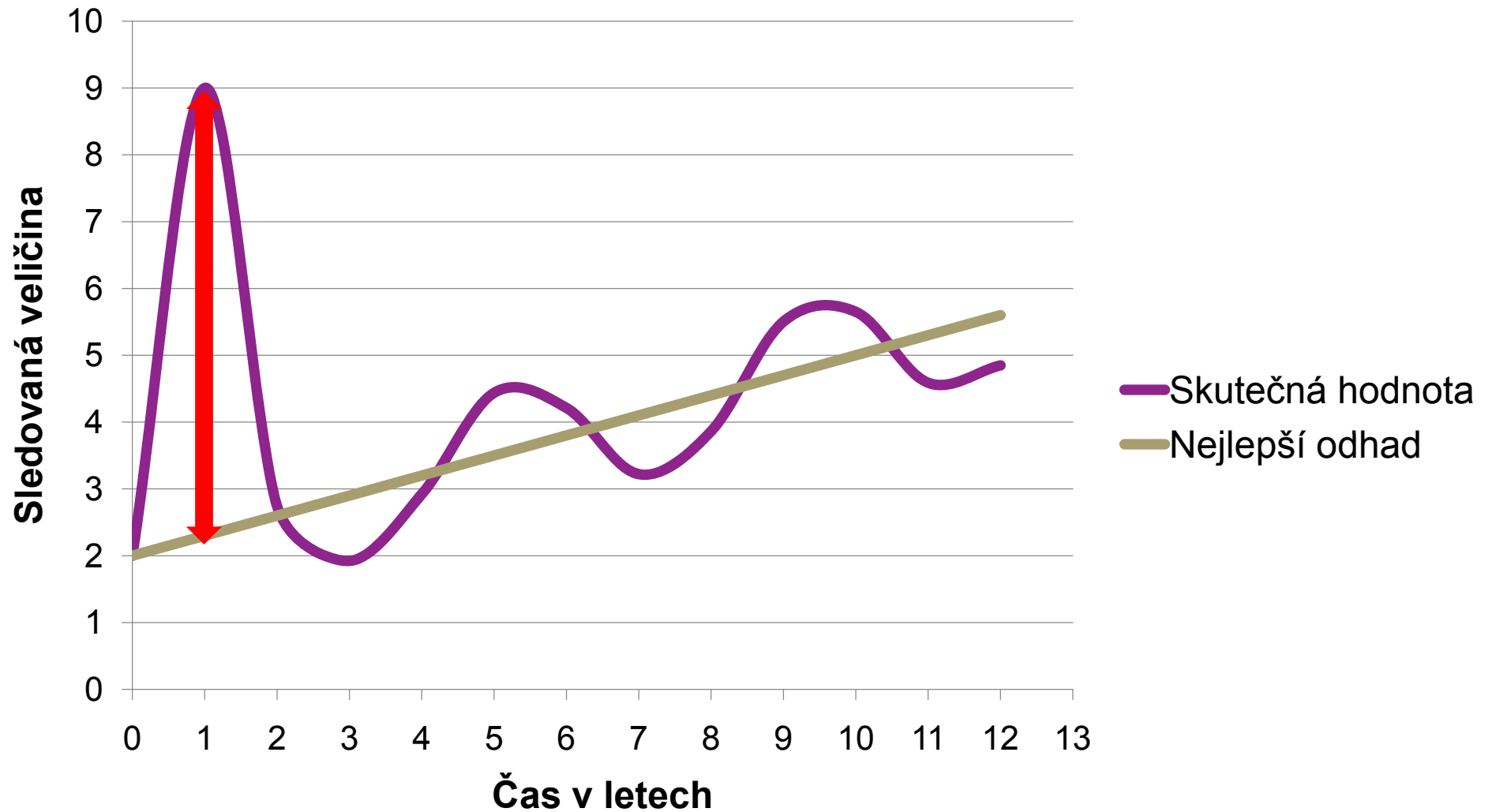
# Riziko volatility

## Riziko volatility



# Katastrofické riziko

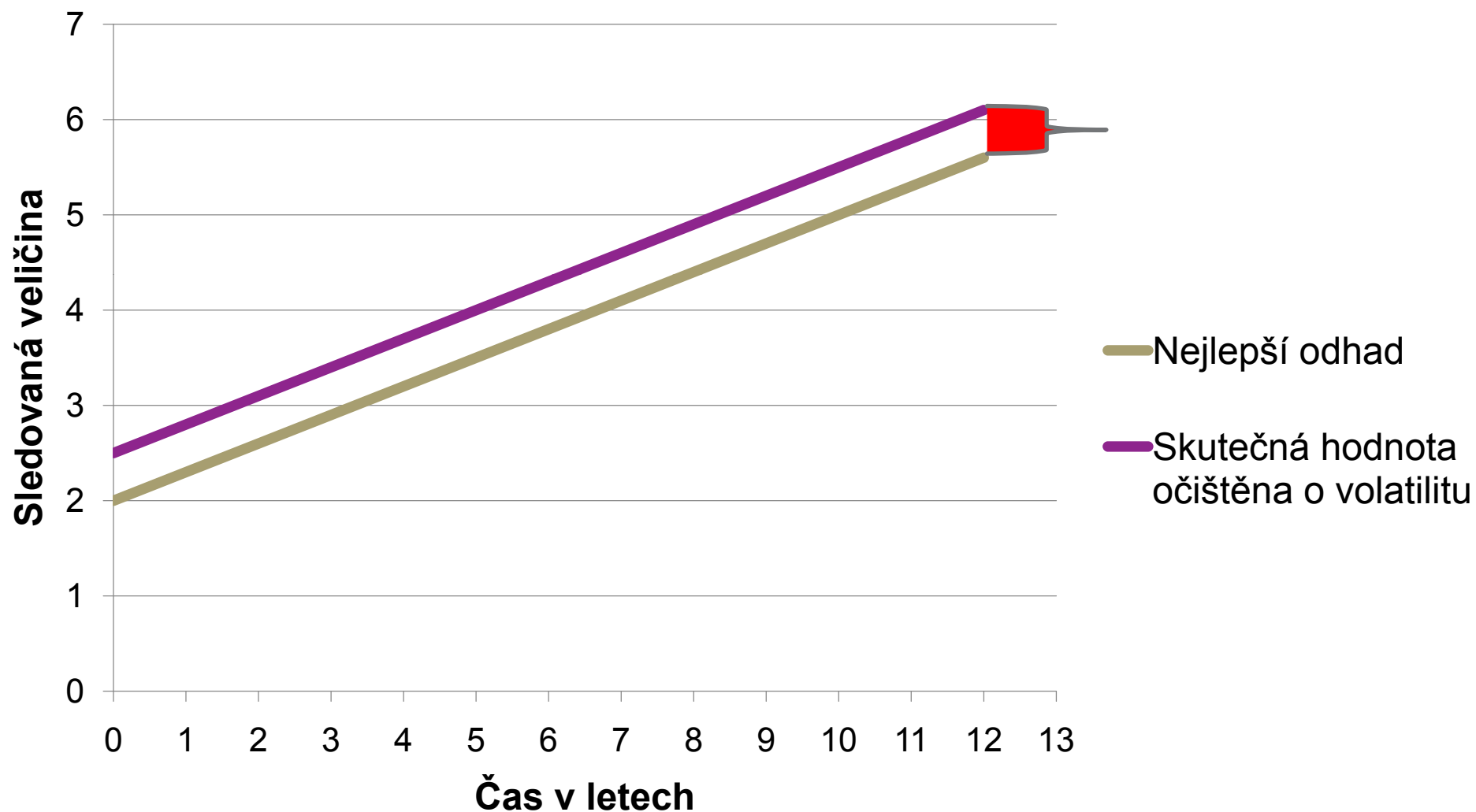
## Katastrofické riziko





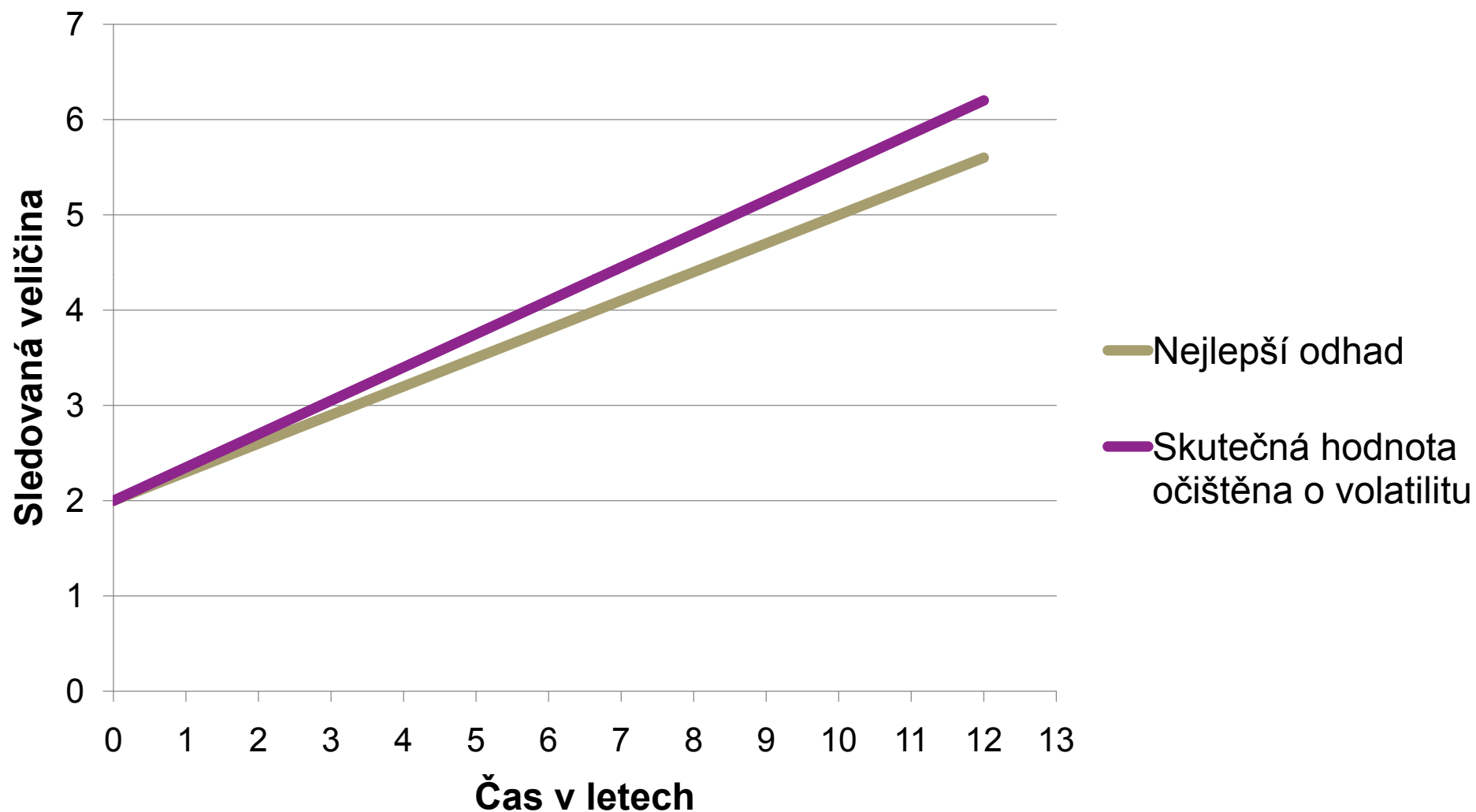
# Riziko změny úrovně předpokladů

## Riziko změny úrovně předpokladů



# Riziko změny vývoje předpokladů

## Riziko změny vývoje předpokladů



# Netržní rizika v životním pojištění

## Obecné přístupy výpočtu požadovaného kapitálu:

- Stochastický výpočet pomocí cash flow modelu
  - Vstupní předpoklady vstupují do modelu v podobě pravděpodobnostního rozdělení
  - Požadovaný kapitál je přímo 99.5% VaR výsledného pravděpodobnostního rozdělení zisku
- Deterministický výpočet pomocí cash flow modelu
  - Kalibrace šoku na vstupní předpoklady
  - Požadovaný kapitál je rozdílem NAV pro šokovaný scénář a scénář daný nejlepším odhadem předpokladů (změna)
- Analytický výpočet bez použití cash flow modelu
  - Možný u krátkodobých rizik, například pro riziko katastrofické úmrtnosti

# Riziko úmrtnosti

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

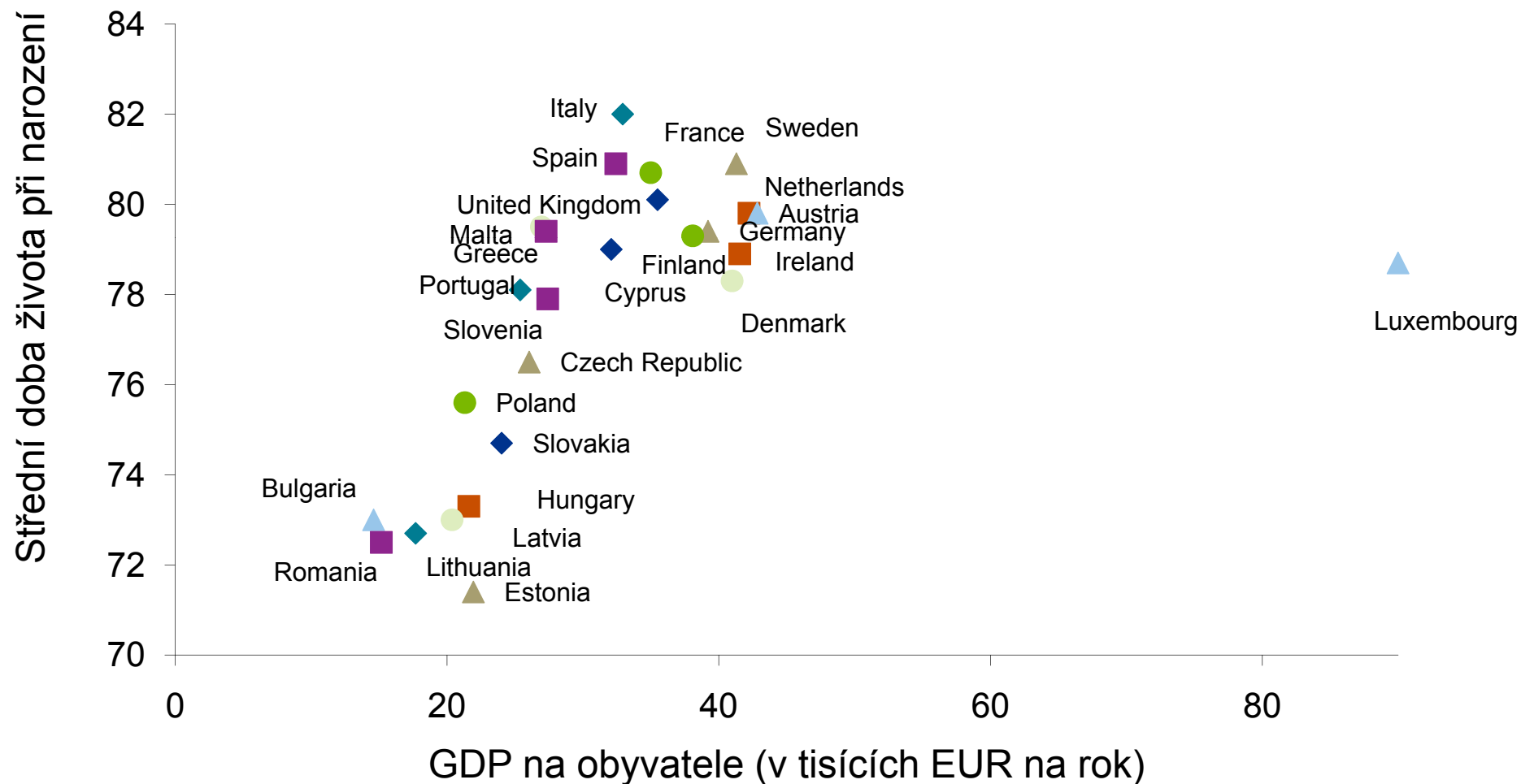
- **Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)**
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

### Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu

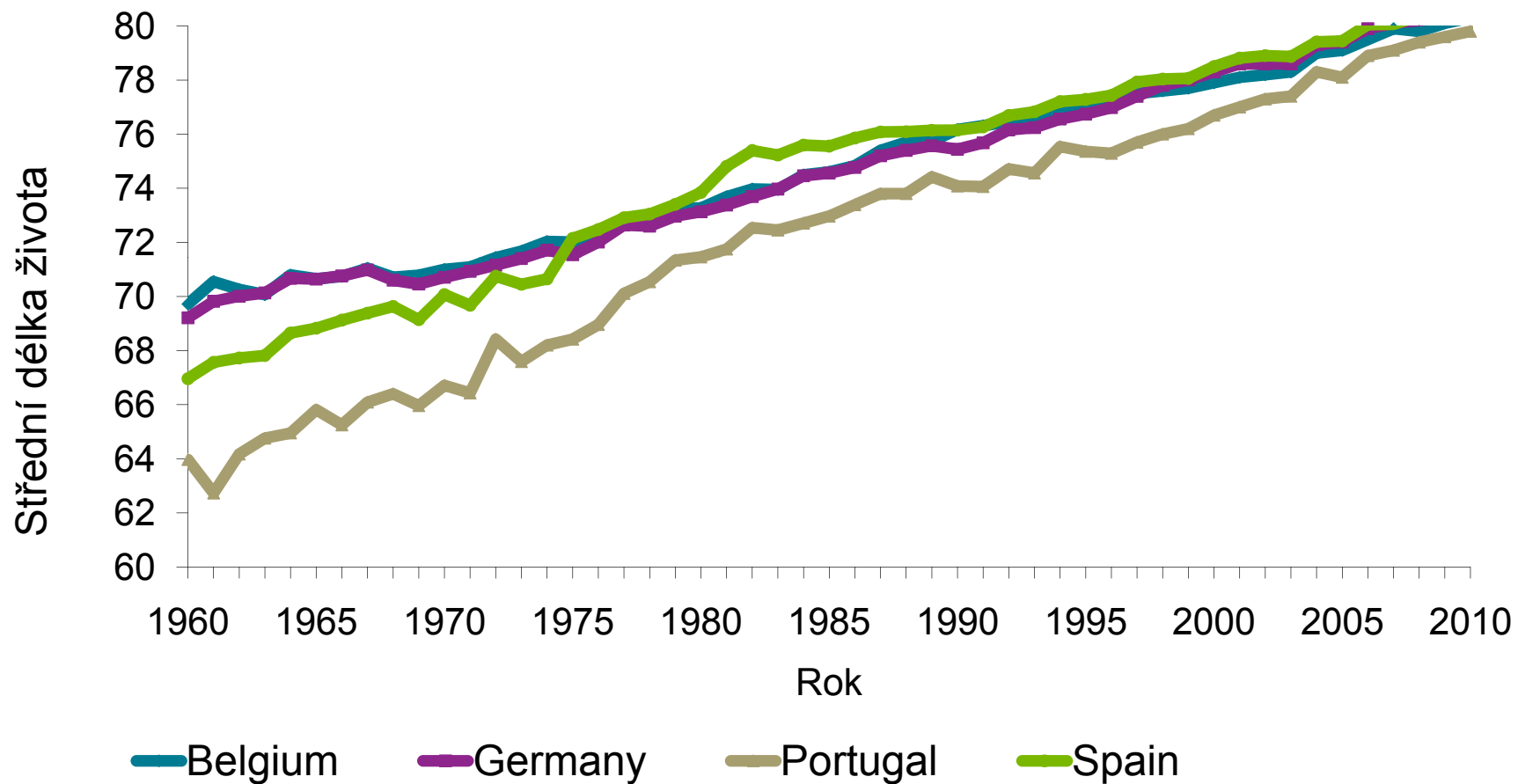
# Vývoj úmrtnosti ve vybraných státech

## Souvislost střední doby života a bohatství



# Vývoj úmrtnosti ve vybraných státech

## Vývoj střední délky života ve vybraných zemích



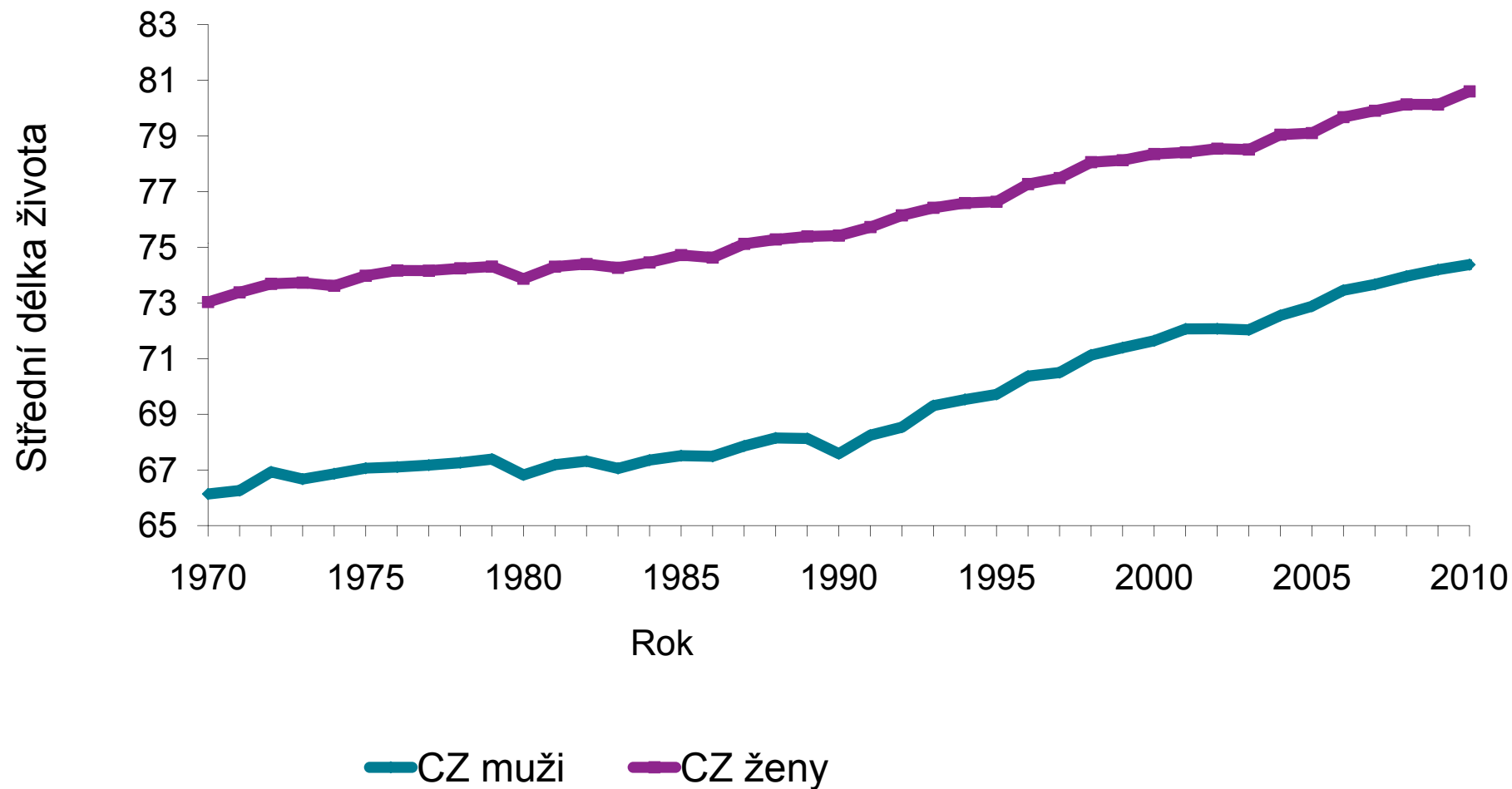
# Riziko úmrtnosti

## Riziko volatility úmrtnosti

- Vhodnost alternativního rozdělení na 1 pojistné smlouvě (pravděpodobnost úmrtí závislá pouze na věku a pohlaví pojištěného) => Binomické rozdělení pro portfolio => aproximace skrz Poissonovo rozdělení

# Vývoj úmrtnosti v Česku

## Vývoj střední délky života v Česku





# Riziko úmrtnosti

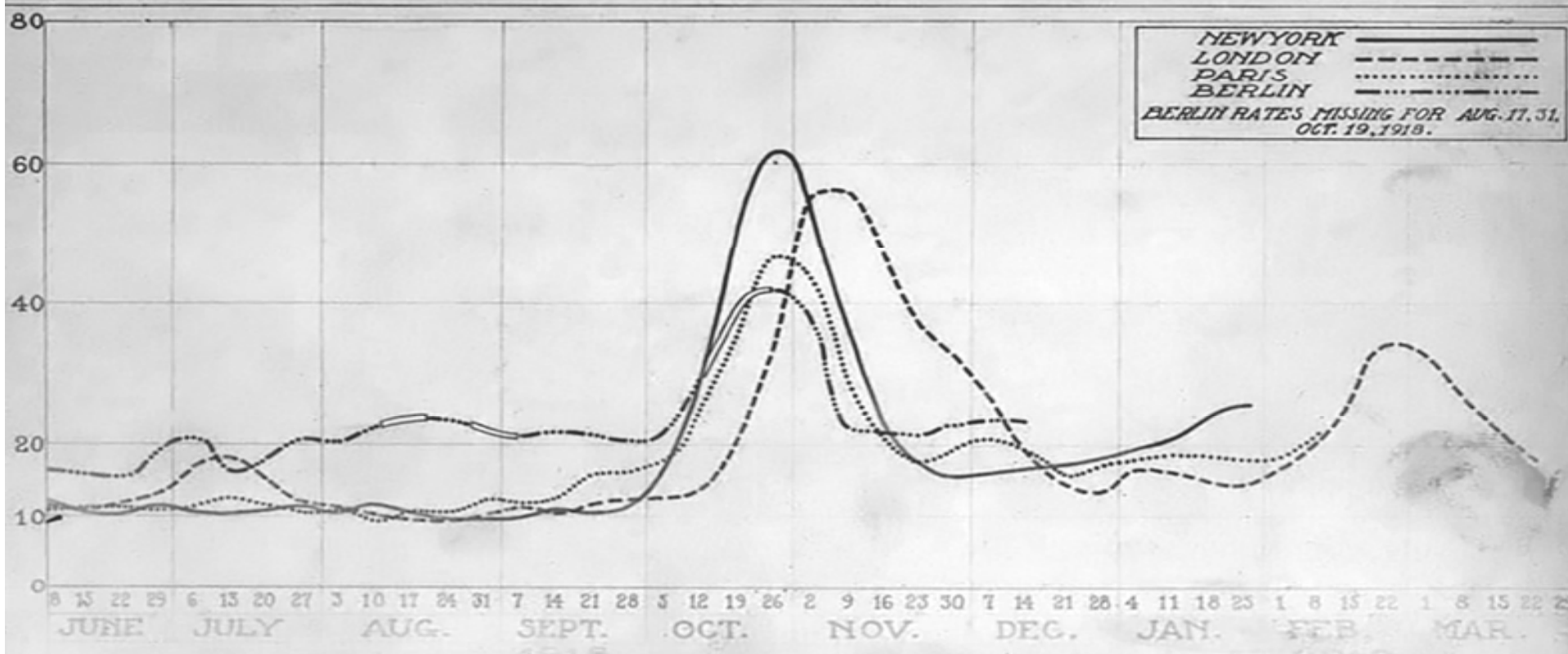
## Životní katastrofické riziko

- Výpočet často založen na zkušenosti se Španělskou chřipkou
- Katastrofický scénář vyjádřen jako aditivní zvýšení úmrtnosti
- Riziko koncentrace musí být monitorováno

# Riziko úmrtnosti

## INFLUENZA PANDEMIC MORTALITY IN AMERICA AND EUROPE DURING 1918 AND 1919

DEATHS FROM ALL CAUSES EACH WEEK  
EXPRESSED AS AN ANNUAL RATE PER 1000



# Riziko úmrtnosti

## Riziko změny úrovně úmrtnosti

- Závislé na metodě použité k odhadu úrovně úmrtnosti

## Riziko změny vývoje úmrtnosti

- Závislé na metodě použité k odhadu vývoje úmrtnosti
- Vyšší úroveň nejistoty

# Riziko morbidity

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- **Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)**
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

## Testování interního modelu

## Problematické oblasti interního modelu

# Riziko morbidity

## Problém dostupnosti a kvality statistik

## Závislost na typu pojistného krytí (typ morbidity)

## Riziko volatility morbidity

- Vhodnost modelování pomocí Binomického a Poissonova rozdělení

## Katastrofické riziko morbidity

- Výpočet často založen na zkušenosti se Španělskou chřipkou
- Riziko koncentrace musí být monitorováno
- Úroveň rizika záleží na typu pojistného krytí

## Riziko úrovně morbidity

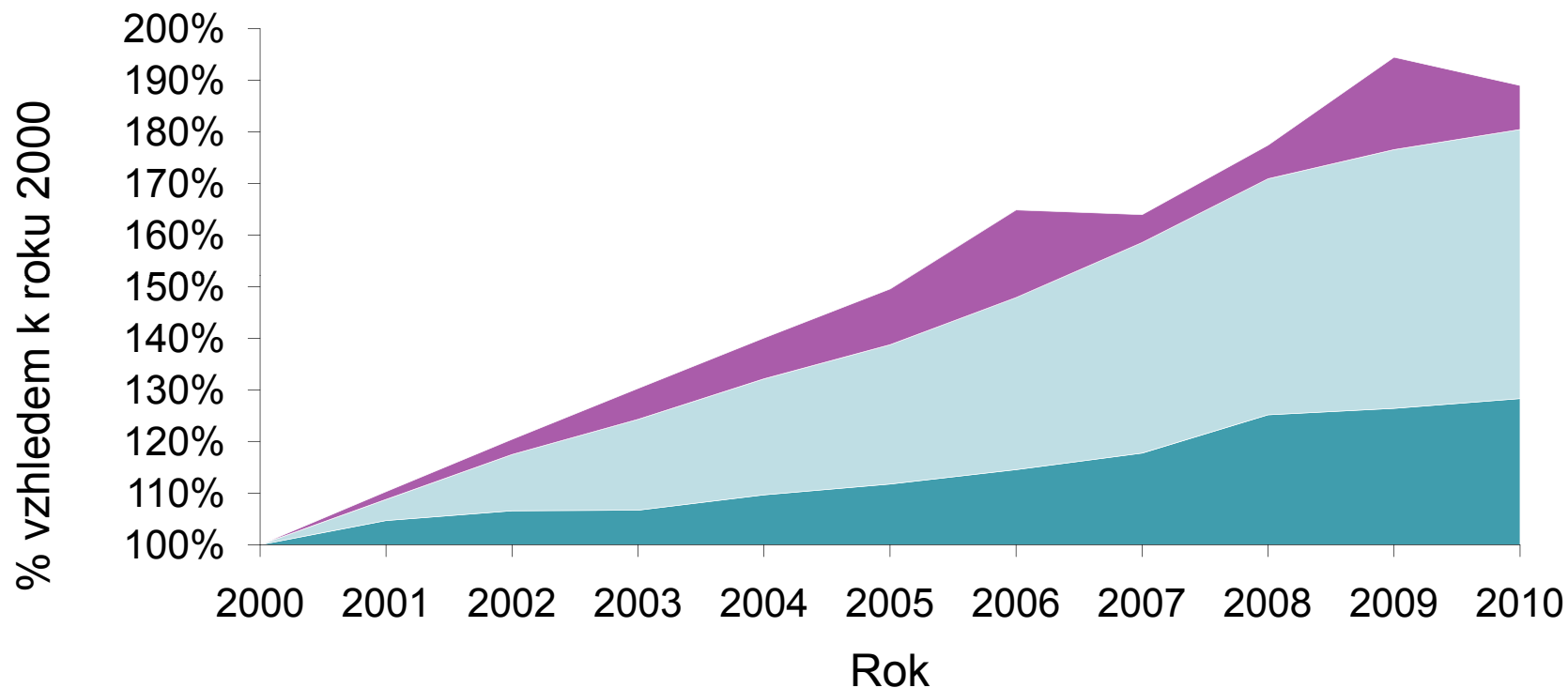
- Závislé na metodě použité k odhadu vývoje morbidity

## Riziko vývoje morbidity

- Závislé na metodě použité k odhadu vývoje morbidity
- Vyšší úroveň nejistoty



## Vývoj vybraných ukazatelů Česku



■ Inflace ■ Průměrná nominální mzda ■ Průměrné zdravotní náklady

# Riziko nákladů

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- **Riziko nákladů v životním pojištění**
- Riziko stornovosti

### Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu



# Nejllepší odhad nákladů

**Náklady mohou být rozděleny na:**

**Podle činnosti:**

- Pořizovací náklady
- Administrativní náklady
- Náklady na likvidaci pojistných událostí

**Podle povahy nákladu:**

- Fixní
- Variabilní

**Rozdělení nákladů může být dáno alokačním klíčem**

**Fixní náklady podléhají nákladové inflaci**

# Riziko nákladů

## Riziko změny úrovně nákladů

- Úroveň nákladů bývá často volatilní

## Riziko neočekávaného vývoje nákladové inflace

- Možnosti ověřit hladinu spolehlivosti pro riziko vývoje nákladové inflace
  - vliv makroekonomické situace
  - vliv rozhodnutí státních institucí

# Riziko stornovosti

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- **Riziko stornovosti**

### Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu

# Riziko stornovosti

## Nejen stornovost, celkově předpoklady o budoucím vývoji portfolia:

- Úroveň stornovosti
- Inflační navýšení pojistného
- Převedení do splaceného stavu (Paid up)
- Další typy změn v úrovni pojistného
- Částečné storno
- Volba mezi důchodovou opcí a jednorázovou výplatou

## Chování pojištěného na základě makroekonomické situace a rozhodnutí vedení pojišťovny

# Riziko stornovosti

## Riziko volatility stornovosti

- Rozdíly v porovnání s rizikem volatility úmrtnosti
- Riziko vyšší stornovosti pro „profitabilní“ produkty/nížší stornovosti pro „neprofitabilní“ produkty

## Riziko pohromy (calamity) ve stornovosti

- Ve standardní formuli modelováno jako hromadná stornovost (mass lapse)
- Jedná se o realistický scénář? (úroveň šoku a okamžité storno)

## Riziko extrémní stornovosti (příklad z UK - Equitable Life)

Lapse rate	2000	2001	2002	2003	2004
<b>UK business</b>					
<b>Non-linked</b>					
Life and General Annuity	2%	13%	11%	7%	3%
Pensions	1%	5%	12%	7%	3%
Permanent Health	4%	7%	12%	8%	5%
<b>Linked</b>					
Life and General Annuity	4%	15%	16%	12%	9%
Pensions	1%	6%	12%	9%	4%
<b>Overseas business</b>					
<b>Non-linked</b>					
Life and General Annuity	9%	15%	11%	7%	7%
Pensions	2%	7%	7%	4%	2%
<b>Linked</b>					
Life and General Annuity	7%	21%	15%	10%	12%
Pensions	3%	14%	10%	6%	4%

# Riziko stornovosti

## Riziko nejistoty úrovně stornovosti

- Rozdíly v porovnání s rizikem nejistoty úrovně úmrtnosti
- Riziko vyšší stornovosti pro profitabilní produkty/nížší stornovosti pro neprofitabilní produkty
- Solventnost II neuvádí explicitně nejistotu vývoje stornovosti

# Testování interního modelu

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

### Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu



# Testování interního modelu

**Analýza pohybu (Movement analysis)**

**Back testing**

**Analýza citlivosti (Sensitivity tests)**

**Testy stability výstupů modelu**

**Stres testy a výsledky scénářů**

**Testování přežití pojišťovny v případě kombinace negativních scénářů (Reverse tests)**

# Testování interního modelu

## Příklady testování pravděpodobnostního rozdělení a vstupních statistických dat:

- Testování předpokladu o pravděpodobnostním rozdělení dat
- Testování nezávislosti dat
- Identifikace odlehlých pozorování

# Ověření předpokládané distribuční funkce - Kolmogorov Smirnov test

Testujeme platnost nulové hypotézy  $H_0$ : Pozorování pochází z předpokládaného rozdělení daného distribuční funkcí  $F(x)$

Základní metrika testu je Kolmogorov – Smirnovova statistika  $D_n$ :

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)|$$

kde  $F_n(x)$  je empirická distribuční funkce

Kolmogorovovo rozdělení je dáno následně

$$K = \sup_{t \in [0,1]} |B(t)|$$

kde  $B(t)$  je Brownovský most. Distribuční funkce  $K$  je dána vztahem

$$P(K \leq x) = 1 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} e^{-2k^2 x^2}$$

Za předpokladu, že vzorek dat pochází z rozdělení  $F(x)$  platí

$$\sqrt{n}D_n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} = \sup_{t \in [0,1]} |B(F(t))|$$

Nulovou hypotézu zamítáme na úrovni spolehlivosti  $\alpha$ , pokud

$$\sqrt{n}D_n > K_\alpha$$

# Ověření předpokládané distribuční funkce - Anderson Darling test

Testujeme platnost nulové hypotézy  $H_0$ : Pozorování pochází z předpokládaného rozdělení daného distribuční funkcí  $F(x)$

Test využívá statistiku  $A$ , která je daná vztahem

$$A^2 = -n - S$$

kde

$$S = \sum_{k=1}^n \frac{2k-1}{n} [\ln(F(Y_k)) + \ln(1 - F(Y_{n+1-k}))]$$

a  $Y_1 < Y_2 < \dots < Y_n$  jsou seřazená pozorování

Pokud je střední hodnota i rozptyl hledaného rozdělení neznámý, lze v případě normality rozdělení  $F(x)$  statistiku upravit

$$A^{*2} = A^2 \left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2}\right)$$

Tato statistika se porovná s tabulkovou kritickou  $C_\alpha$ , která závisí na typu rozdělení  $F$   
Nulová hypotéza se zamítá na hladině spolehlivosti  $\alpha$ , pokud

$$A > C_\alpha$$

## Ověření nezávislosti pozorování – body zvratu

Testujeme platnost nulové hypotézy  $H_0$ : Pozorování  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  jsou vzájemně nezávislá

Bodem zvratu nazýváme bod  $x_i$ , pro který platí  $x_{i-1} < x_i > x_{i+1}$  nebo  $x_{i-1} > x_i < x_{i+1}$

Nechť  $Z$  je celkový počet bodů zvratu posloupnosti  $x_i$

Předpokládejme, že  $x_i$  jsou vzájemně nezávislá a mají stejné rozdělení. Pak

$$U = \frac{Z - \frac{2n-4}{3}}{\sqrt{\frac{16n-29}{90}}}$$

má rozdělení  $N(0,1)$  pro  $n \rightarrow \infty$

Hypotézu o nezávislosti pozorování zamítáme na hladině spolehlivosti  $\alpha$ , pokud

$$|U| > N_{1-\alpha/2}(0,1)$$

# Ověření nezávislosti pozorování – autokorelace

Testujeme platnost nulové hypotézy  $H_0$ : Pozorování  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  jsou vzájemně nezávislá.

Autokorelace  $r_k$  je definovaná jako

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{X})(x_{i+k} - \bar{X})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

kde  $\bar{X}$  je výběrový průměr

Předpokládejme, že  $x_i$  jsou vzájemně nezávislá a mají stejné rozdělení

Pak  $\sqrt{n} |r_k|$  má pro  $n \rightarrow \infty$  rozdělení  $N(0,1)$  a hypotézu o nezávislosti pozorování zamítáme na hladině spolehlivosti  $\alpha$ , pokud

$$\sqrt{n} |r_k| > N_{1-\alpha/2}(0,1)$$

# Odlehlá pozorování

## Oprávněnost odstranění odlehlých pozorování ze vzorku dat

### Nutnost kvalitativních informací

- Jednorázové události, které se nemohou opakovat (například vlivem změny metodiky)
- Vliv odlehlých pozorování na vzorky s malým počtem pozorování
- Nutnost vysvětlit neobvyklá pozorování z důvodů řízení rizik

### Příklady kritérií

- Kritéria vycházející z rozložení pozorování, například

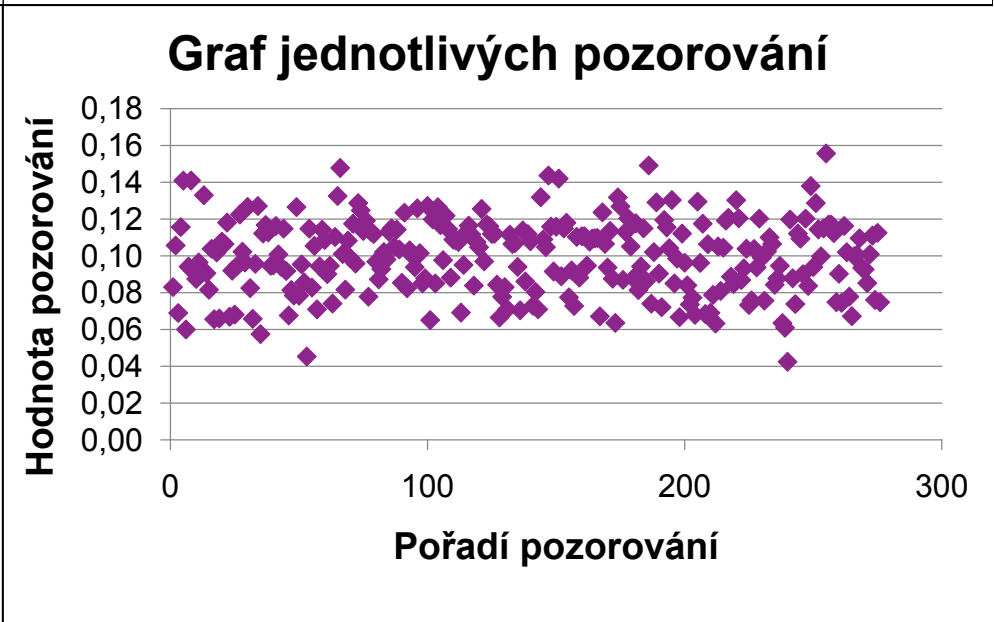
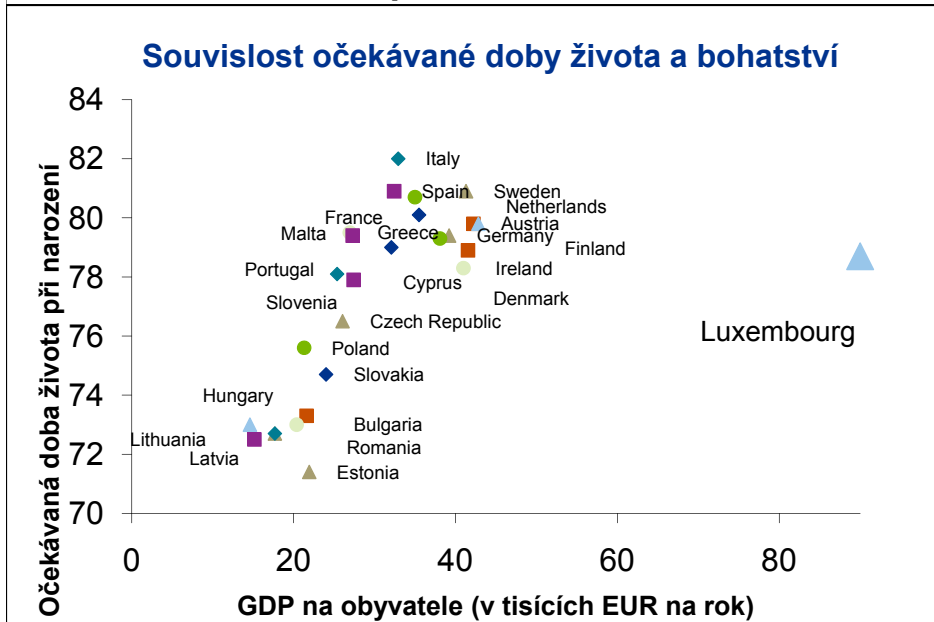
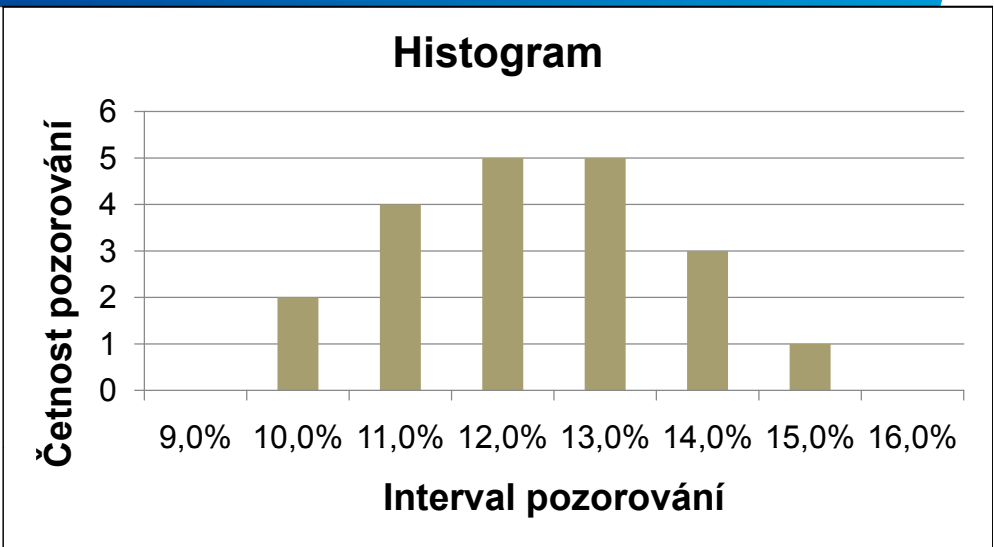
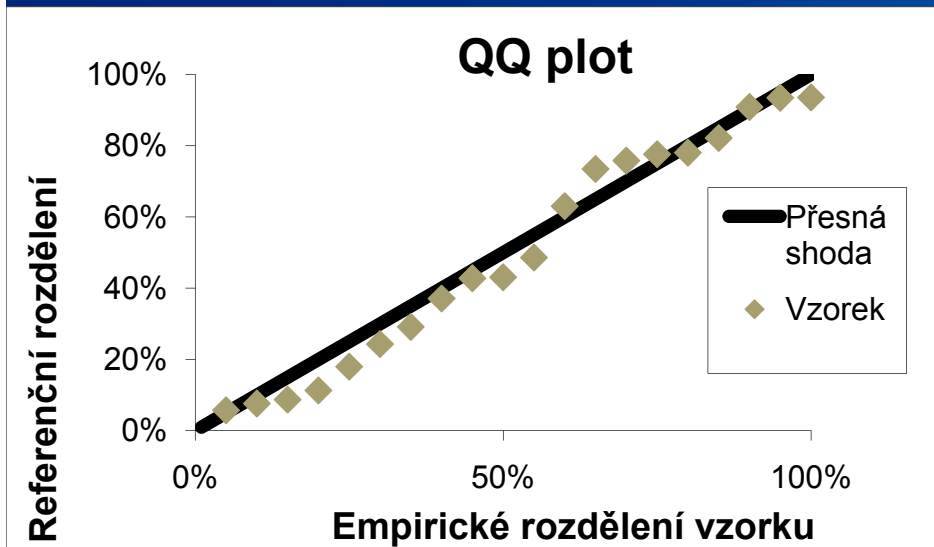
$$\frac{x_i - \bar{X}}{s} > 3$$

- Kritéria s předpokladem pravděpodobnostního rozdělení vzorku, například Chauvenetovo kritérium

$$P(x_i \geq X) < \frac{1}{2n}$$

předpokládá  $X \sim N(\bar{X}, s)$  ( $x_i$  jednotlivá pozorování,  $\bar{X}$  výběrový průměr,  $s$  výběrová směrodatná odchylka)

# Grafické testy





# Problematické oblasti interního modelu

## Interní model a Solventnost II

### Netržní rizika v životním pojištění

- Riziko úmrtnosti (dlouhověkosti)
- Riziko invalidity nebo pracovní neschopnosti a nemocnosti (Riziko morbidity)
- Riziko nákladů v životním pojištění
- Riziko stornovosti

## Testování interního modelu

### Problematické oblasti interního modelu

# Problematické oblasti interního modelu

**Ověření předpokládaných pravděpodobnostních rozdělení**

**Ověření úrovně šoku pro katastrofické scénáře a nákladovou inflaci**

**Data a statistiky - dostupnost, aktuálnost, kvalita, robustnost**

**Automatizace procesu výpočtu požadovaného kapitálu**

**Otázky, komentáře?**