

# ODHADY BUDOUCÍCH POČTŮ POJIŠTĚNCŮ VZP ČR NA BÁZI JEDNOLETÝCH ČASOVÝCH ŘAD

## ROBUST 2018

*RÝBNÍK u Domažlic, 21.-26.1.2018*



**RNDr. Jaromír Běláček, CSc.**  
**Oddělení strategických analýz**

 **VŠEOBECNÁ  
ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA  
ČESKÉ REPUBLIKY**

# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

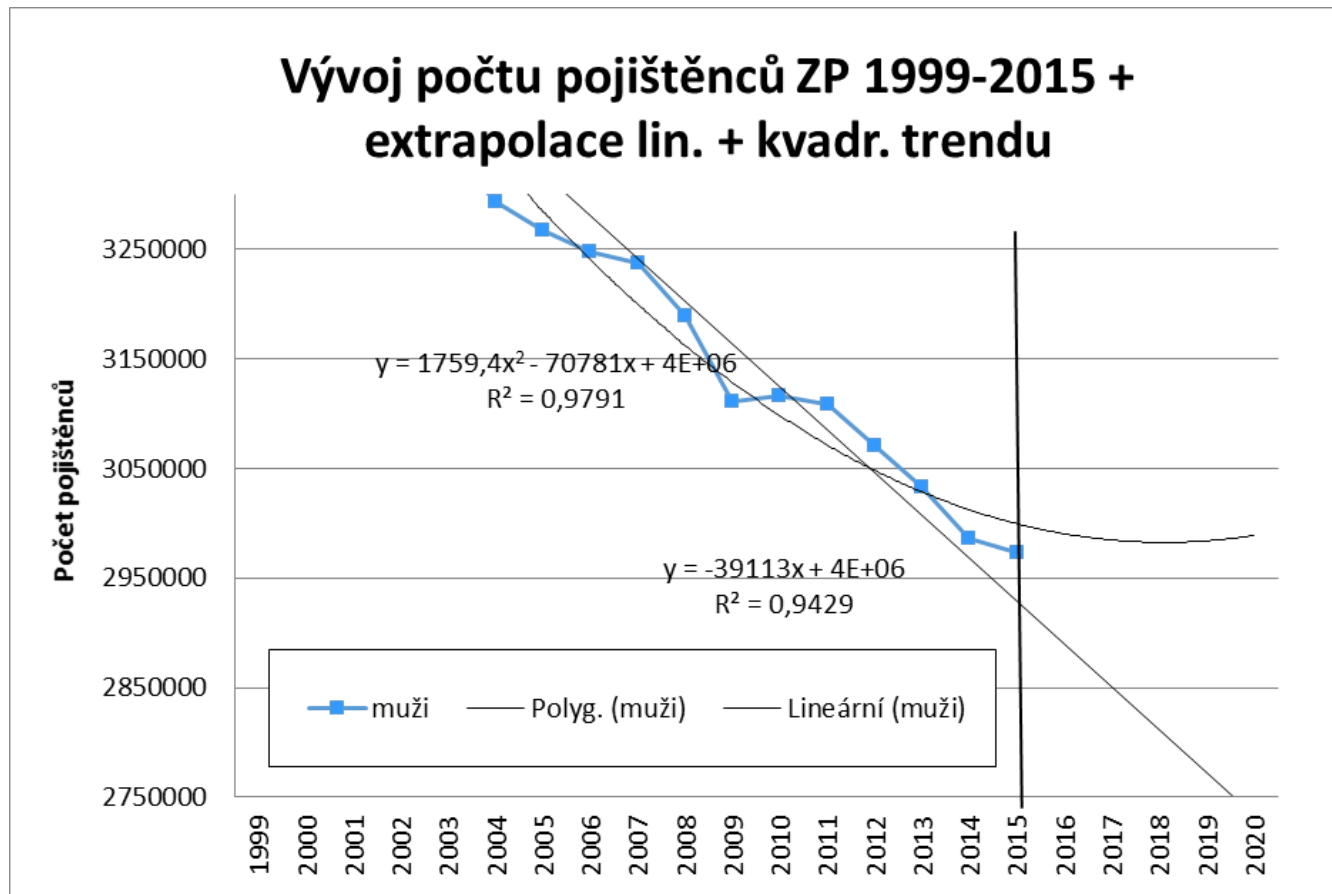
# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

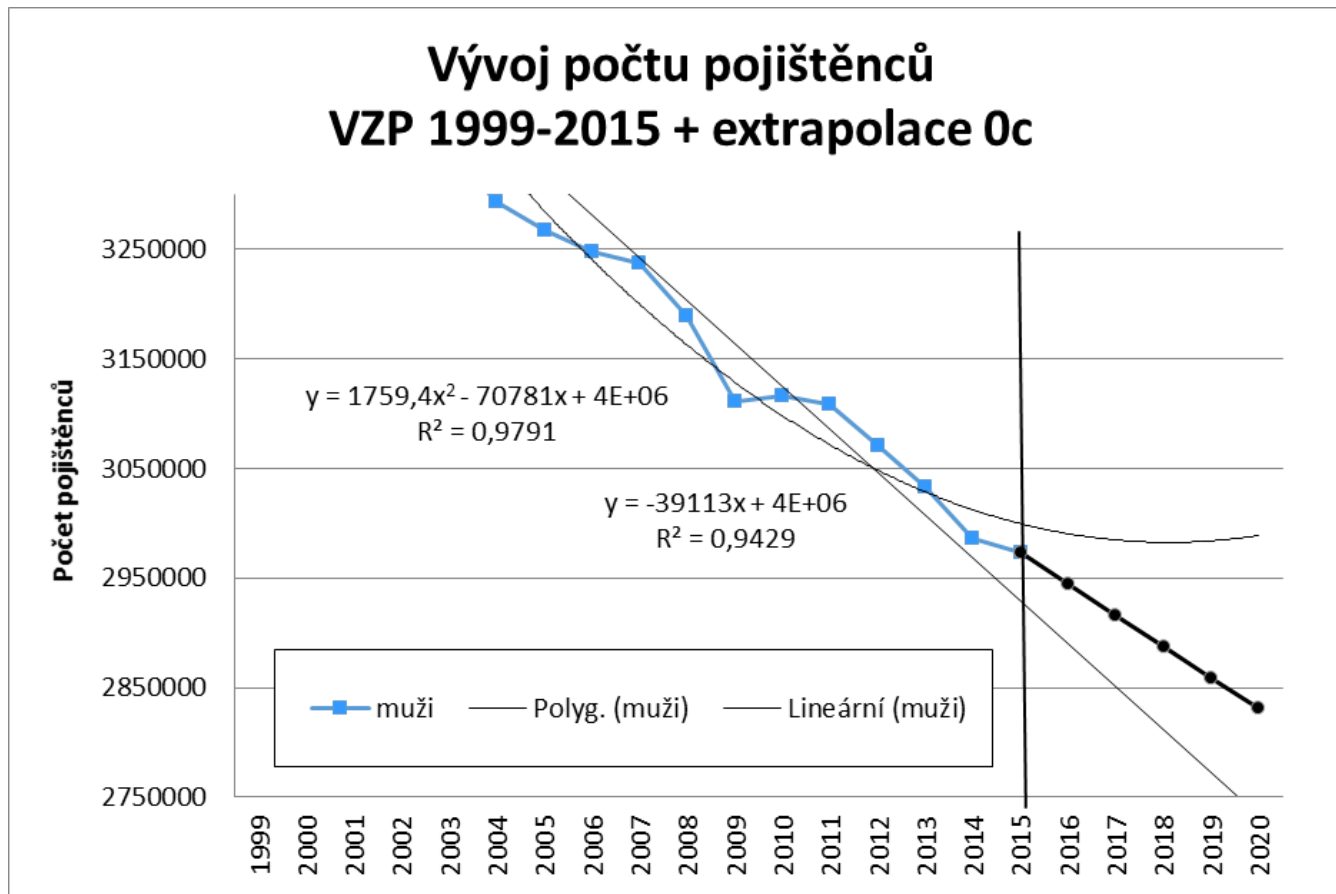
# 1. Úvod (Východiska a účely)

- Úloha: Na základě dostupných datových zdrojů **predikovat budoucí početní stavy pojištěnců VZP ČR** (celkem, podle pohlaví, v pětiletých věkových skupinách) v krátkodobém a střednědobém horizontu (do r. 2022).

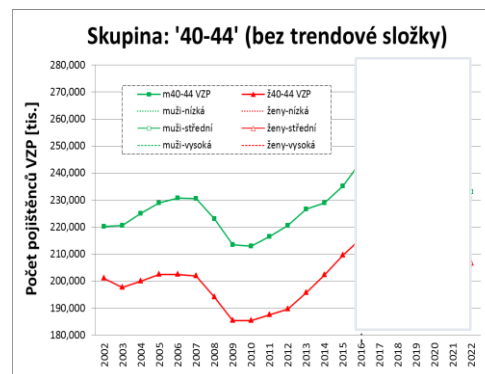
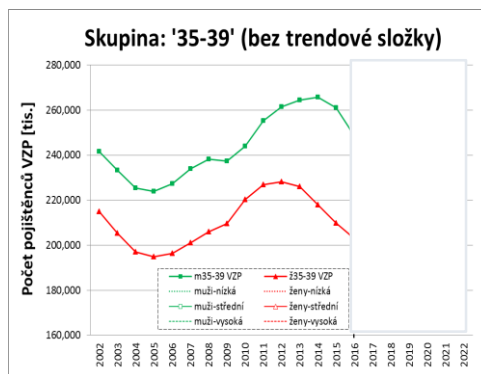
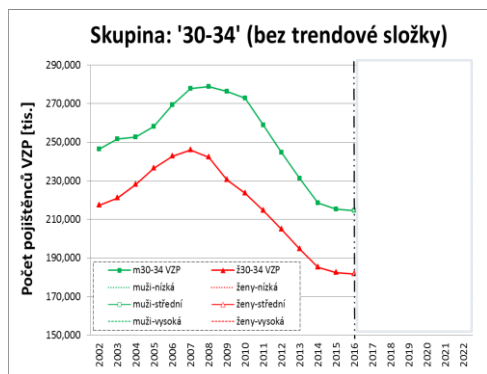
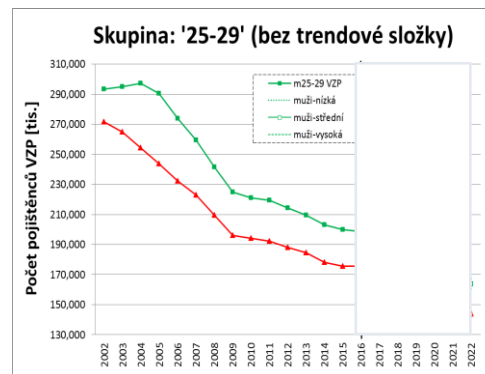
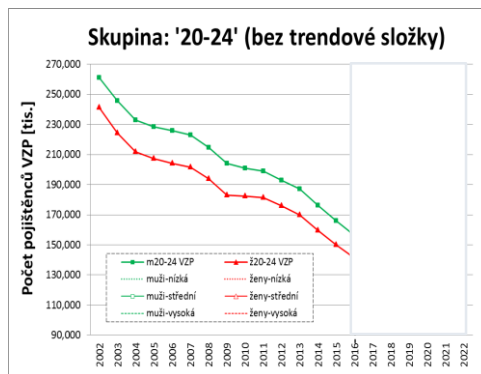
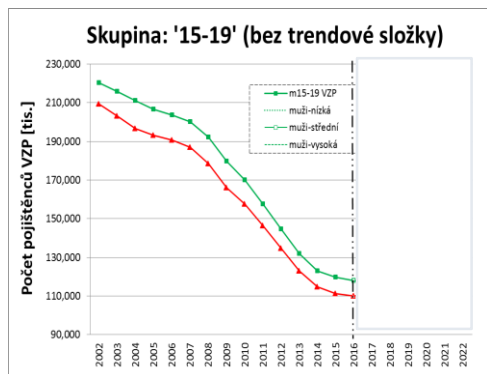
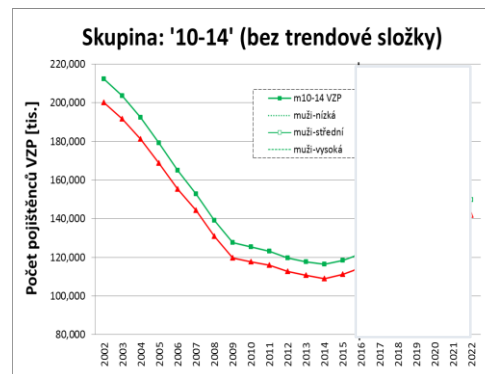
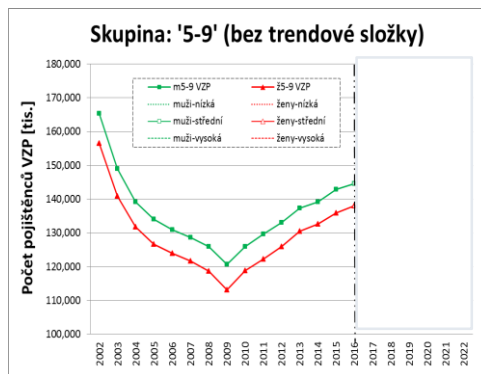
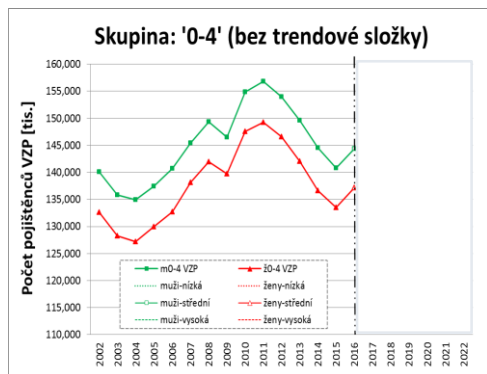
# MLE extrapolace počtu pojištěnců VZP - muži



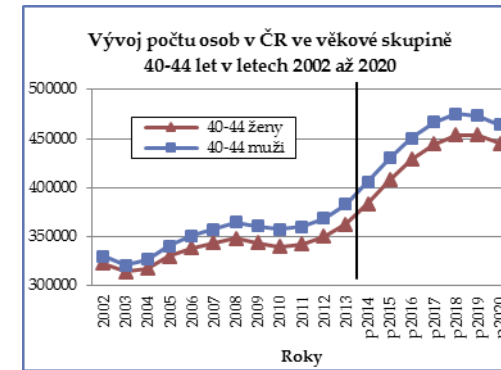
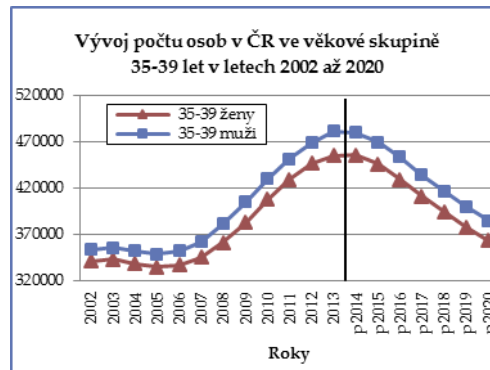
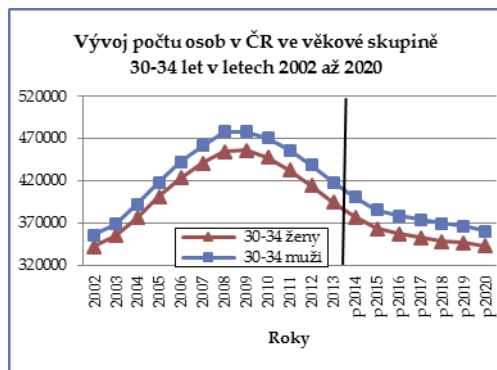
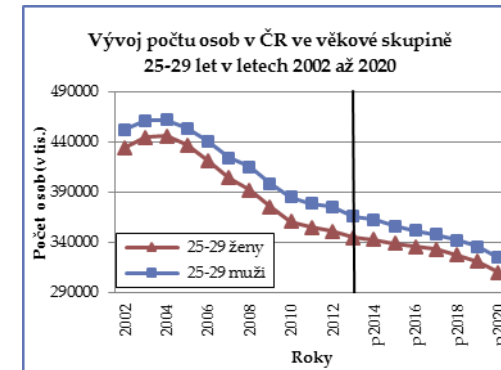
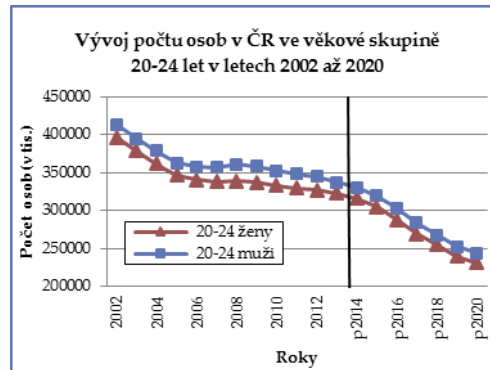
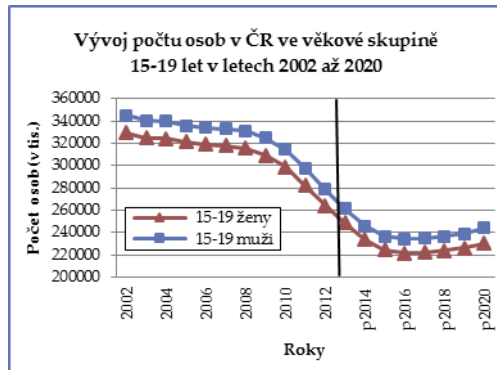
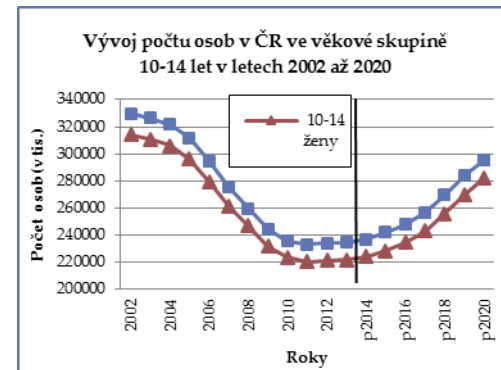
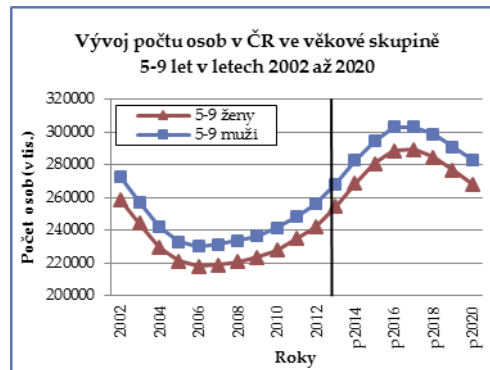
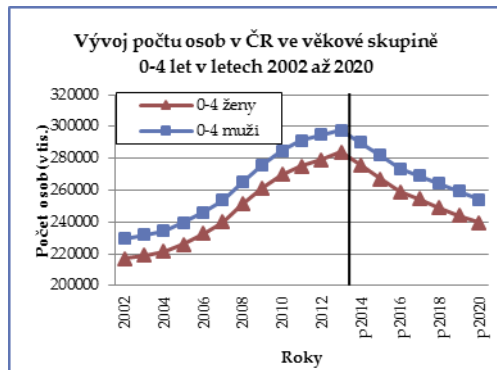
# MLE extrapolace počtu pojištěnců VZP - muži



# Odvozená demografická projekce počtu pojištěnců VZP podle pohlaví a věku pro r. 2017-2022 pro 3 varianty projekce ČSÚ z r. 2013

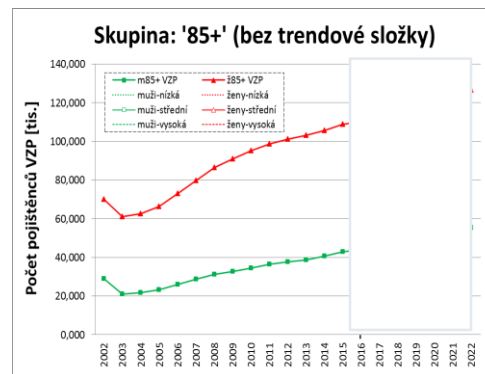
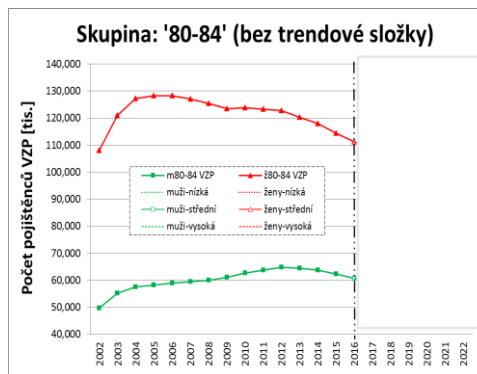
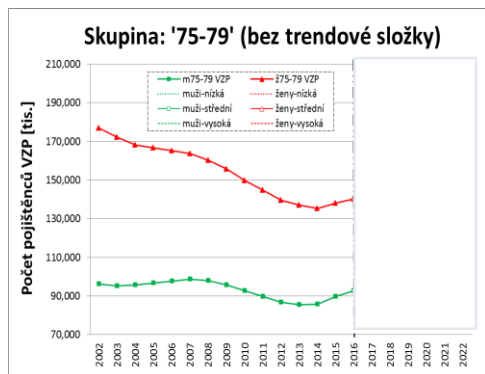
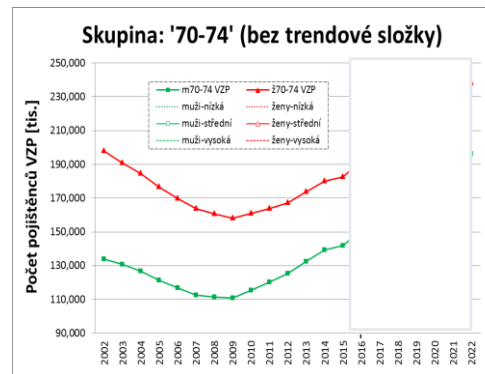
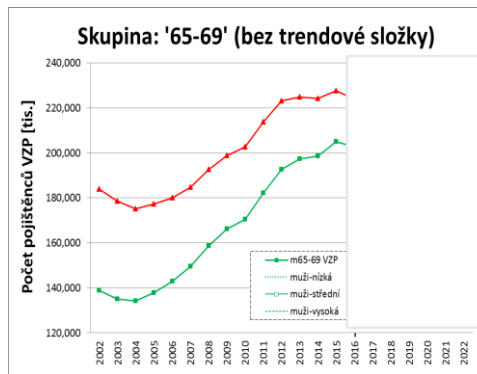
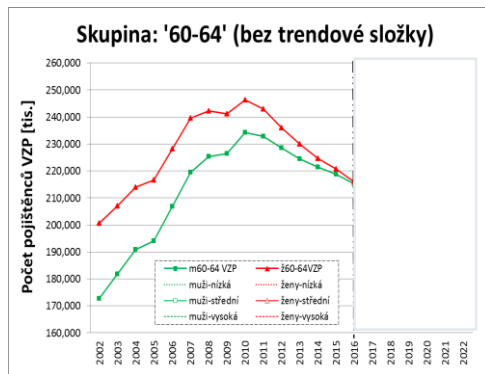
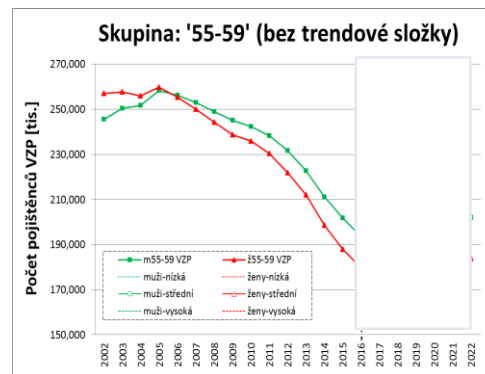
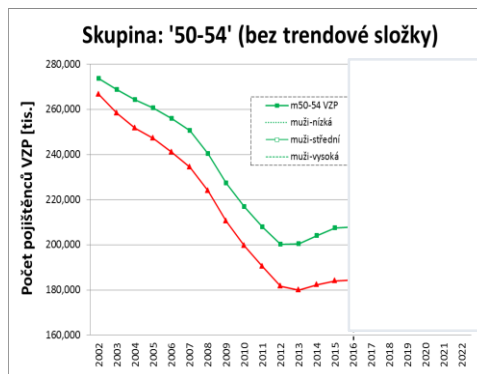
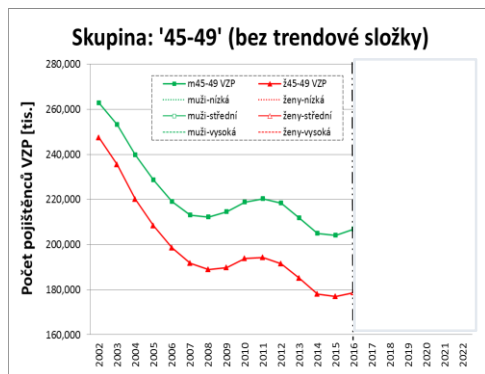


# Vývoj počtu obyvatel ČR 2002-2020 ve skupinách '0-4', ..., '40-44' podle pohlaví (střední varianta 2013)

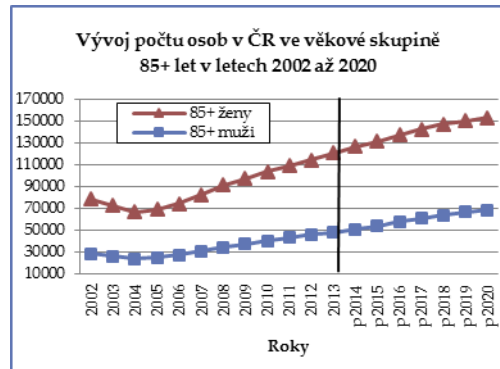
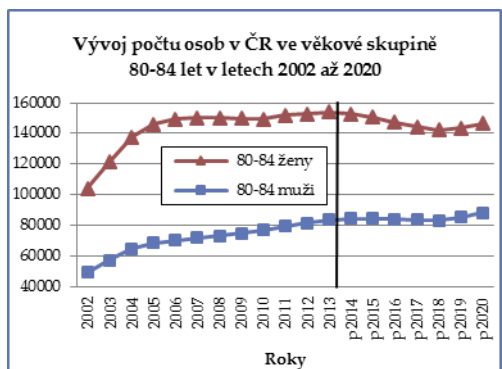
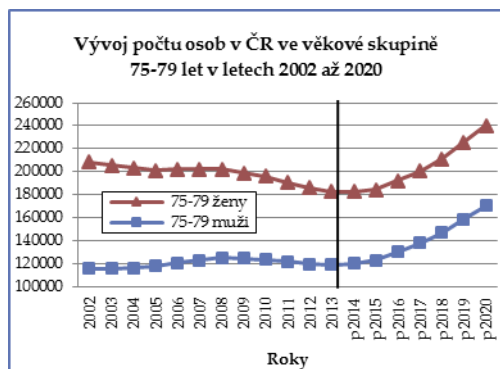
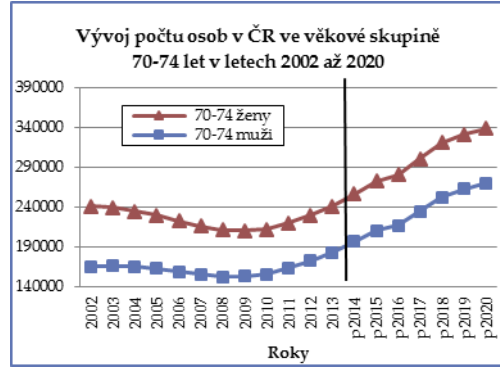
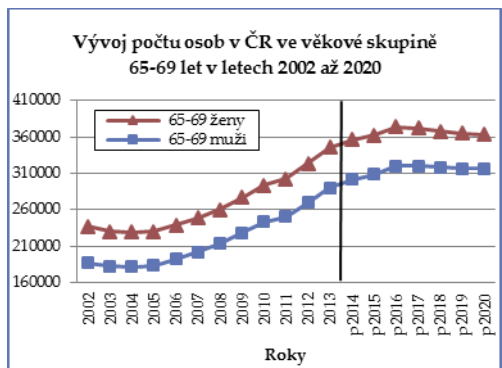
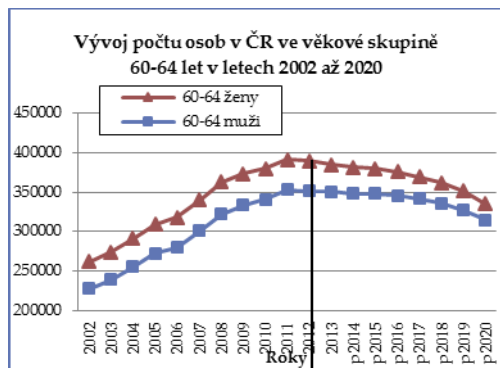
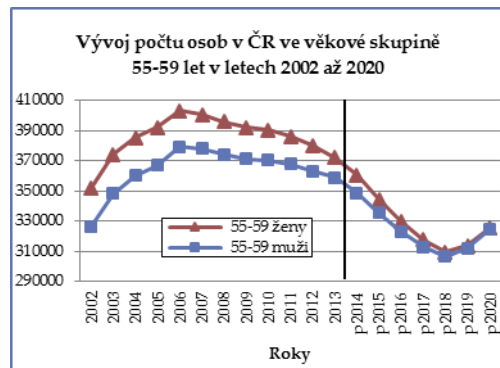
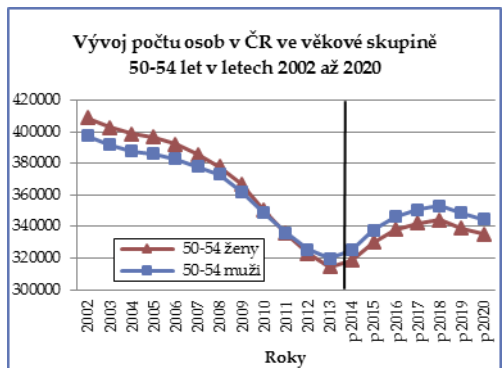
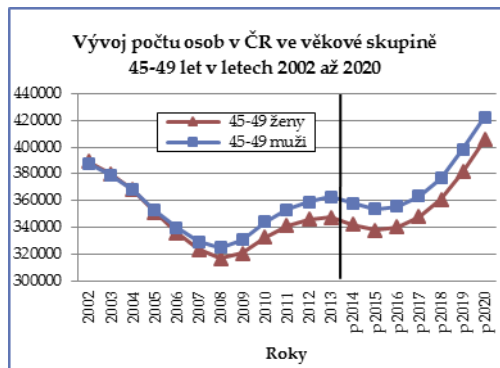




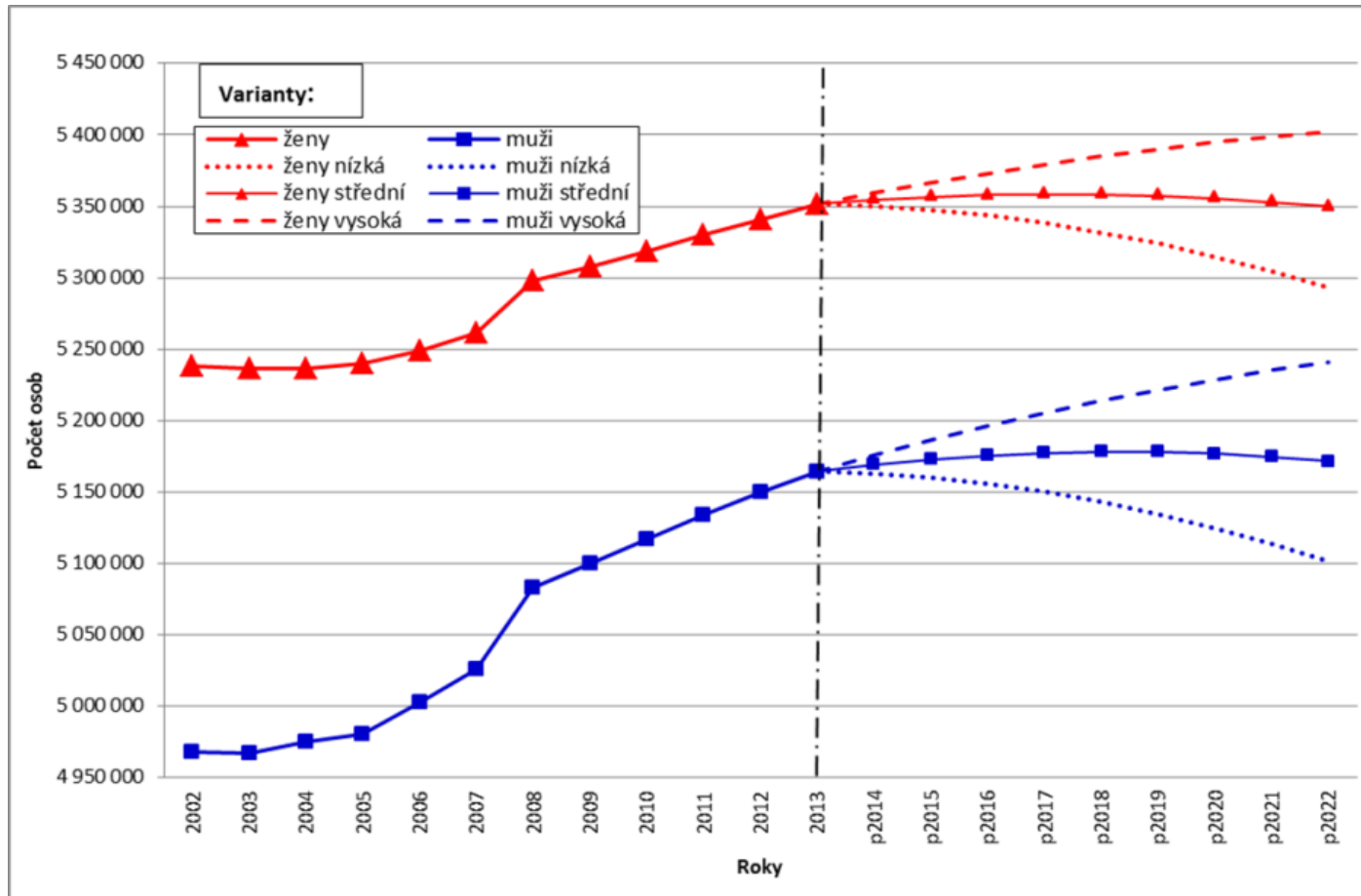
# Odvozená demografická projekce počtu pojištěnců VZP podle pohlaví a věku pro r. 2017-2022 pro 3 varianty projekce ČSÚ z r. 2013



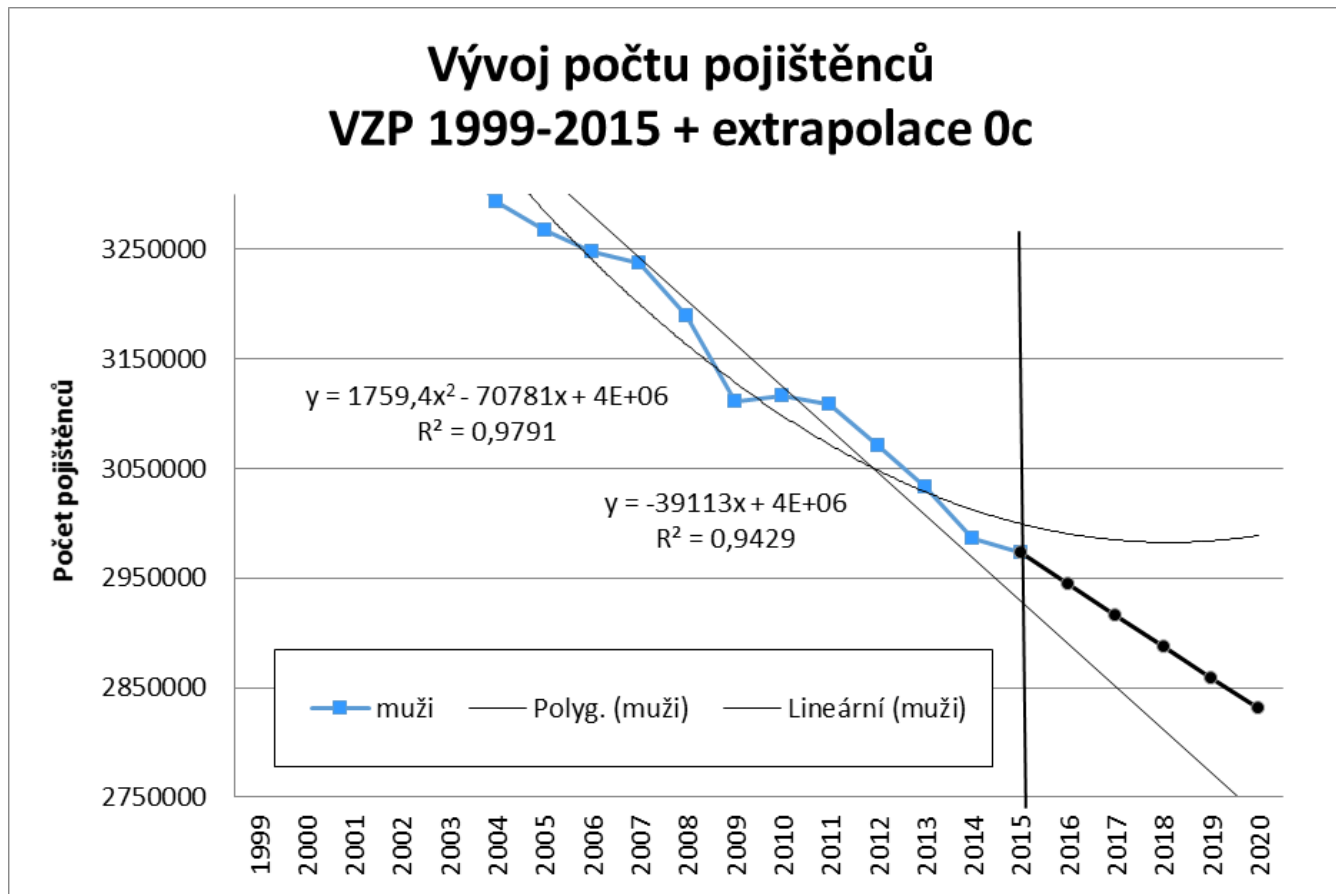
# Vývoj počtu obyvatel ČR 2002-2020 ve skupinách '45-49', ..., '85+' podle pohlaví (střední varianta 2013)



# Vývoj celkových počtů obyvatel ČR (muži a ženy)



# MLE extrapolace počtu pojištěnců VZP - muži



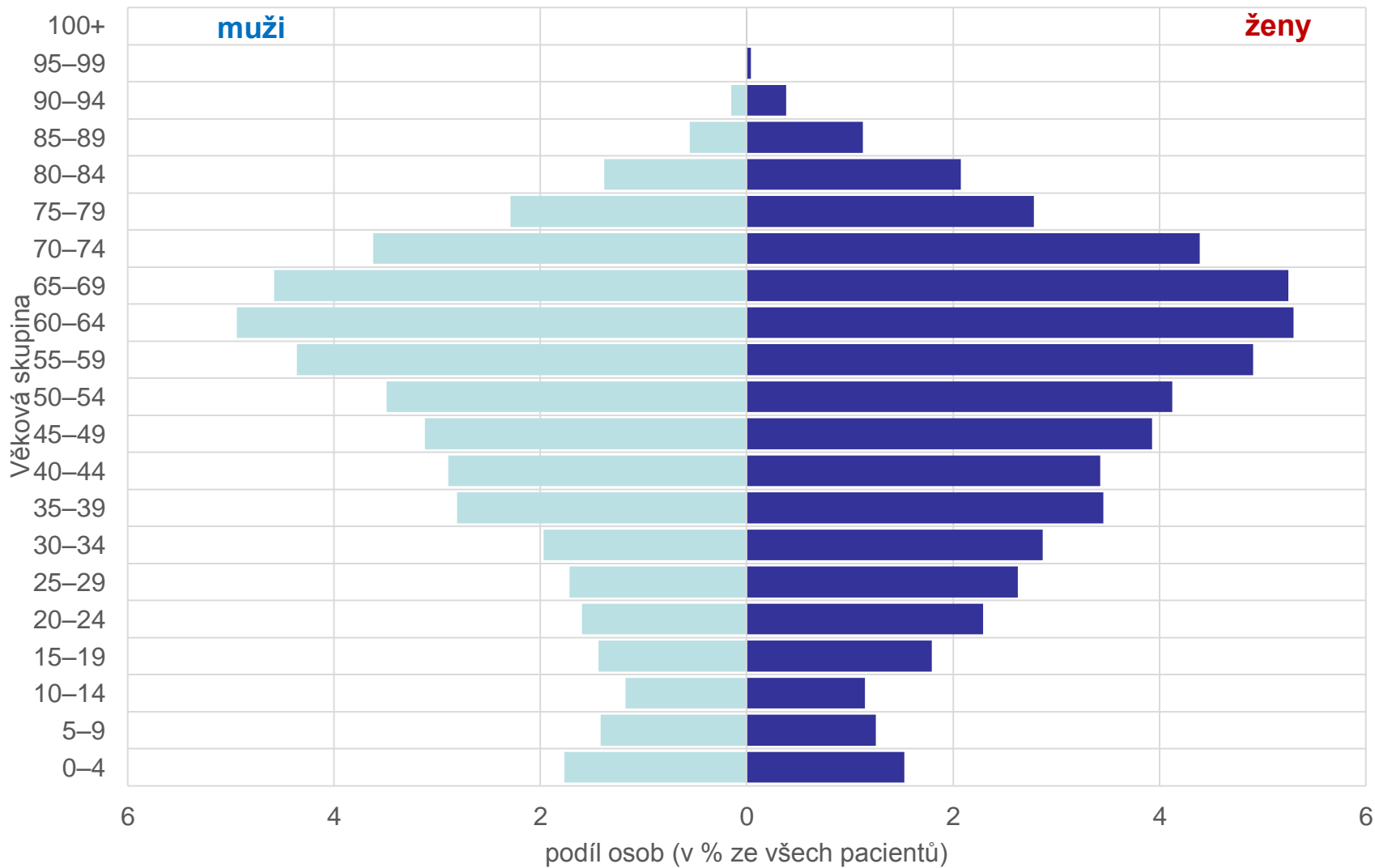
**PROGNÓZA DEMOGRAFICKÝCH STRUKTUR  
PACIENTŮ AMBULANTNĚ OŠETŘOVANÝCH  
VE ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍCH SKUPINY AGEL**

**ROBUST 2016,**  
*sporthotel KURZOVNÍ, 11.-16.9.2016*

**J.Běláček (VFN Praha), T.Fiala (KD VŠE),  
M.Parma (odbor plánování a controllingu AGEL),  
P.Michna-K.Murtingerová (AGEL research, a.s.)**

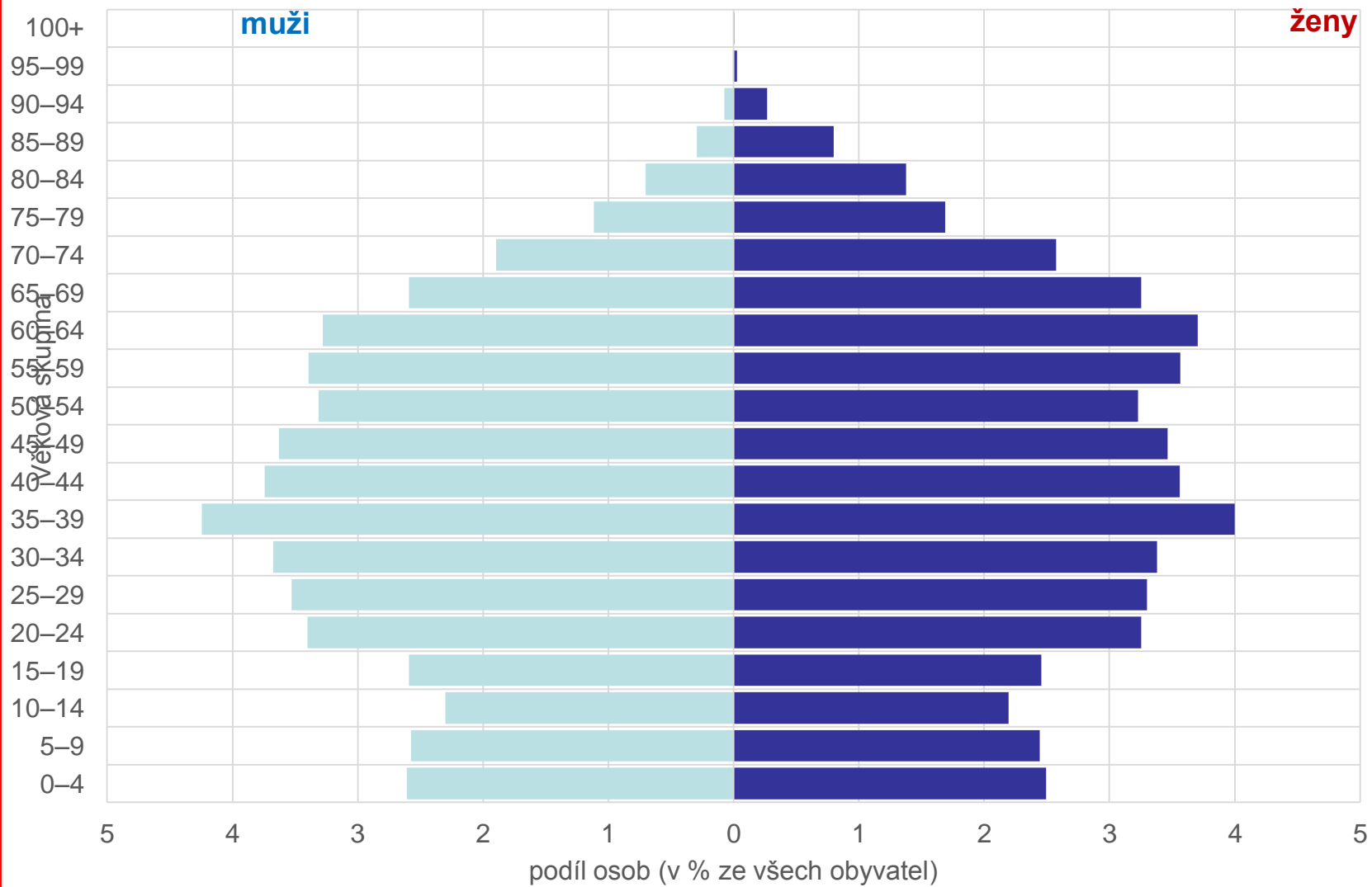
# Struktura pacientů podle pohlaví a věku (průměr za roky 2012–2014)

## 1,00 1 Moravskoslezský (6 ZZ)



# Struktura **obyvatelstva** podle pohlaví a věku (průměr za roky 2012–2014)

## Moravskoslezský kraj







# Základní vzorec (odvozené demografické projekce)

$V_x^t$  - počet pacientů ve věkové skupině  $x$  ( $= 5, 10, \dots, 85+$ )  
v roce  $t$  ( $= 2013, 2018, 2023, 2028$ );

$D_x^t$  - střední stav žijících osob ve věku  $x$  (skupině)  
k 30.6. daného roku ( $t$ );

$s_x^{t,t+1} = D_x^{t+1}/D_x^t$  (projekční koeficienty);

$$P_x^{t+1} = V_x^t \cdot (D_x^{t+1}/D_x^t) = V_x^t \cdot s_x^{t,t+1}$$

(projektovaný počet pacientů ve věku  $x$  do roku  $t$ ) .



# 1. Úvod (Východiska a účely)

- Účelem prezentace: Představit východiska, koncepty a aktuální výsledky dosavadních analýz a formálních extrapolací a diskutovat směry dalšího postupu a finalizace metodik.

# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

# 2. Datové zdroje

## 2.1 Pojištěnci VZP

Disponibilní data VZP – roční časové řady počtů pojištěnců podle pohlaví a pětiletých věkových skupin

- **Ročenky VZP 2002-2016 (data k 31.12. každého roku)**
- **BAM** – v podrobnějším třídění od r. 2010 – aktuální struktury dostupné k 1., 15. n. poslednímu dni kalendářního měsíce (z důvodů nekonzistence s alternativními zdroji aplikace zrušena)
- **RSZP** – údaje k poslednímu dni kalendářního měsíce (od 01/2016)
- **CRP** – údaje z centrálního registru pojištěnců (k 1.1. každého měsíce)

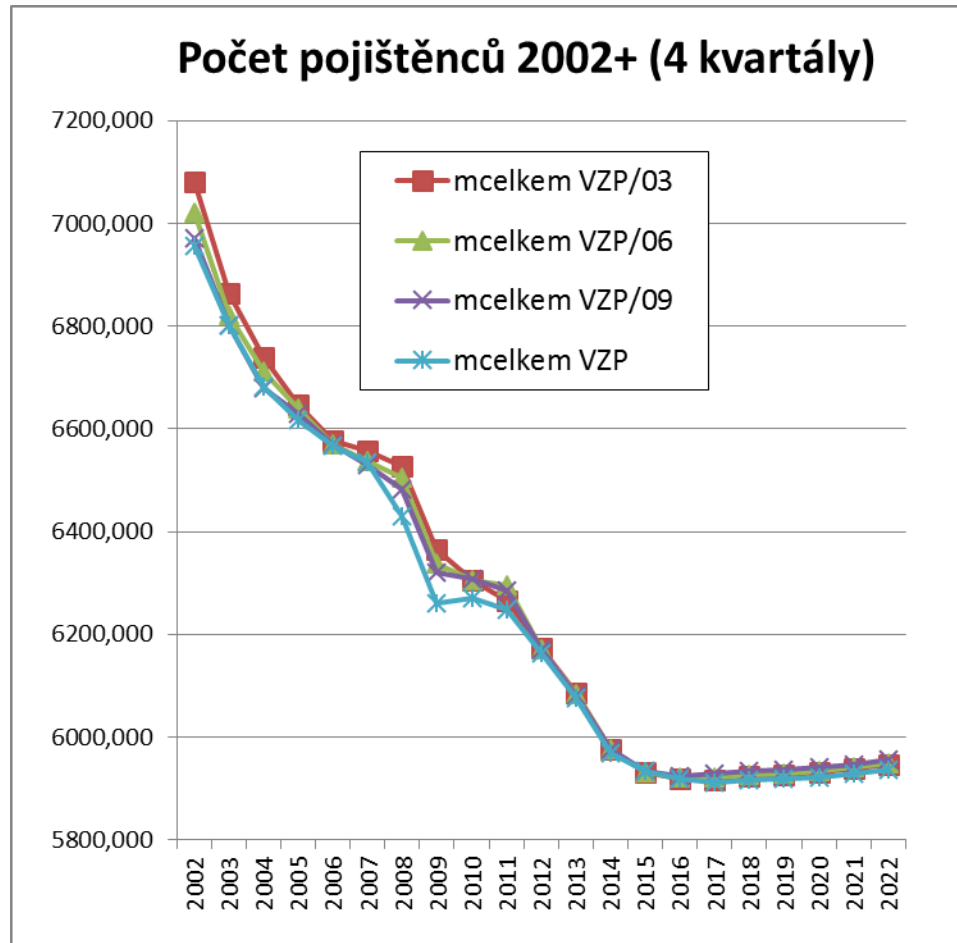
# 2. Datové zdroje

## 2.1 Pojištěnci VZP

Disponibilní data VZP – roční časové řady počtů pojištěnců podle pohlaví a pětiletých věkových skupin

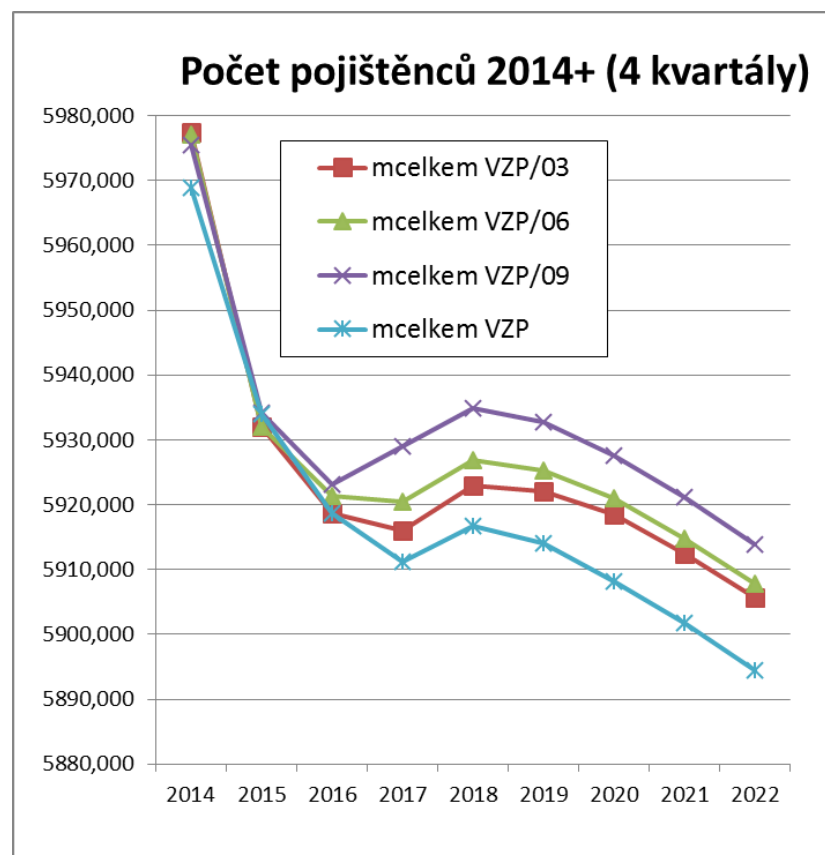
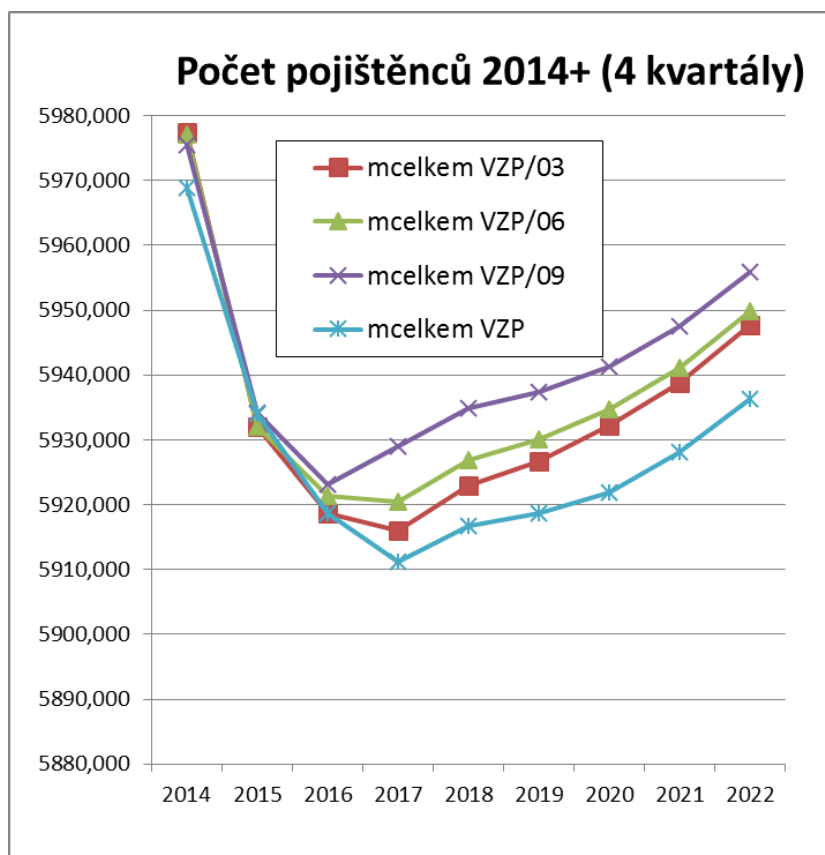
- **Ročenky VZP 2002-2016 (data k 31.12. každého roku)**
- **BAM** – v podrobnějším třídění od r. 2010 – aktuální struktury dostupné k 1., 15. n. poslednímu dni kalendářního měsíce (z důvodů nekonzistence s alternativními zdroji aplikace zrušena)
- **RSZP – údaje k poslednímu dni kalendářního měsíce (od 01/2016)**
- **CRP** – údaje z centrálního registru pojištěnců (k 1.1. každého měsíce)

# Kvartální vývoj celkového počtu pojištěnců VZP ČR (2002-2022)



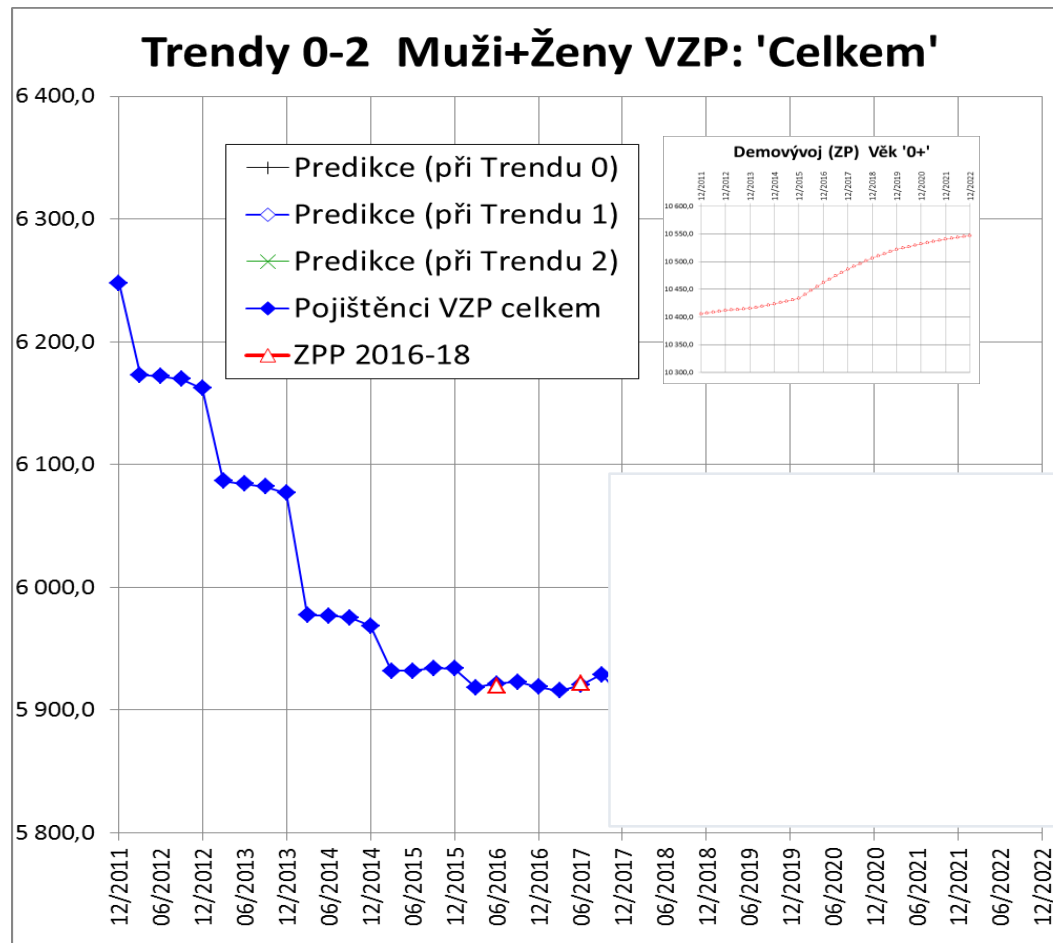
# Kvartální vývoj celkového počtu pojištěnců VZP ČR (2014-2022)

## „podle dvou scénářů vývoje“





# Kvartální vývoj celkového počtu pojištěnců VZP ČR (časově sesazené)



# Obsah

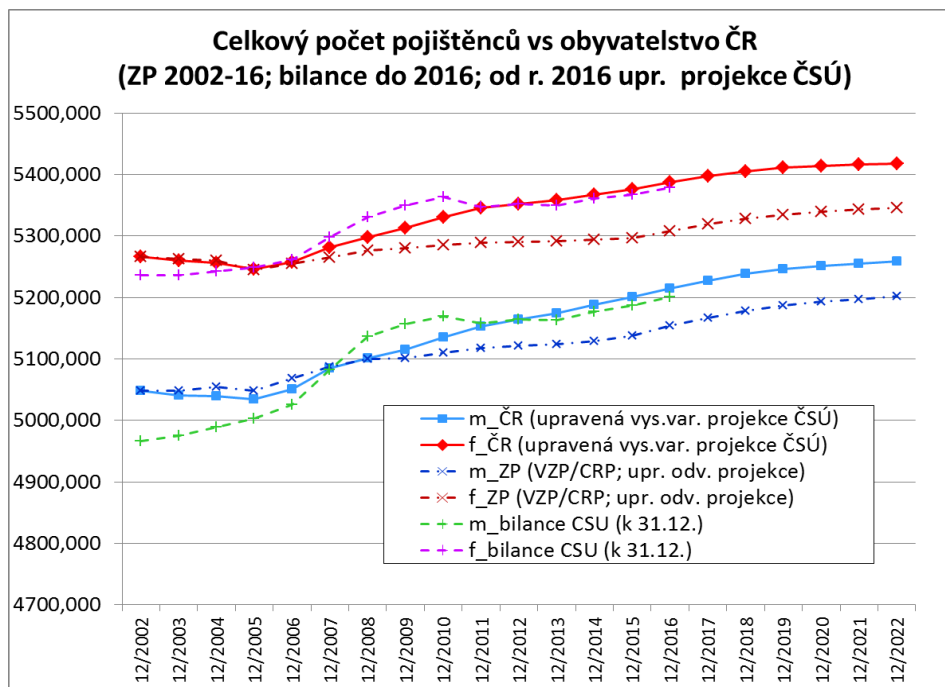
1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

# 2. Datové zdroje

## 2.2 Demosložka (ČSÚ)

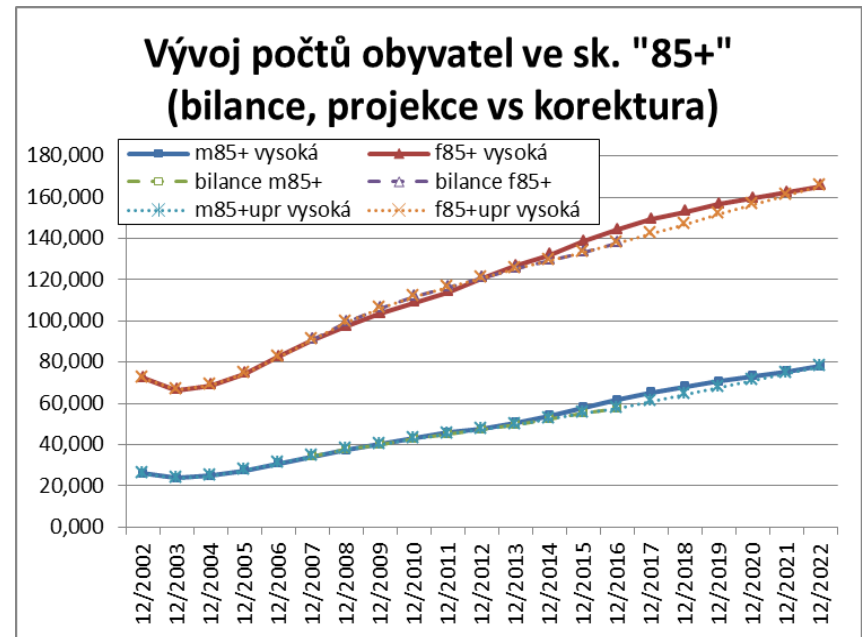
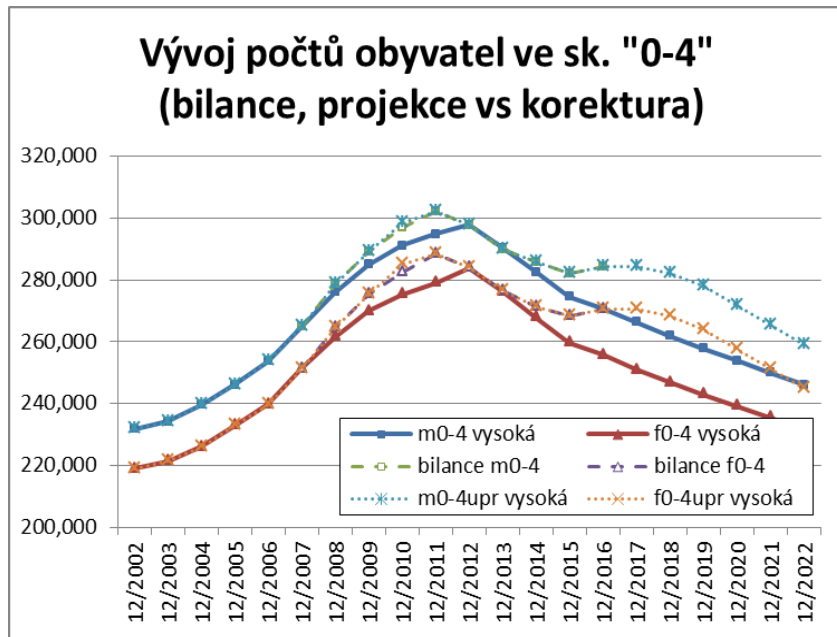
- **Věkové složení obyvatelstva ČR** – bilancované stavy k 31.12. a 30.6. každého roku (ročenky, [www-stránky ČSÚ](#))
- **Projekce obyvatelstva ČR podle pohlaví a 5letých věkových skupin** - projektované stavy k 31.12. od r. **2013** (nízká, střední a vysoká varianta)
- **Počty pojištěnců na trhu zdravotního pojištění (ZP)** – ročenky VZP, CRP

# Vývoj počtu obyvatel ČR vs počty pojištěnců ZP ČR celkem (2002-2022)



**Legenda:** 1/ oficiálně vykazované (bilancované) stavy obyvatelstva v ČR (ČSÚ) se liší od počtů reálných: 2/ oficiálně vykazované počty zdravotních pojištěnců v ČR nejsou konzistentní ani s bilancovanými, ani s reálnými počty obyvatelstva ČR (ČSÚ): 3/ pro účely formálního zahrnutí demografických údajů do predikčních modelů je nutné oba typy údajů (získaných z ročenek ČSÚ i VZP) **pečlivě kontrolovat ev. profesionálně korigovat**

# Vývoj počtu obyvatel ČR (2002-2022) ve věku '0-4' a '85+' a jeho korekce



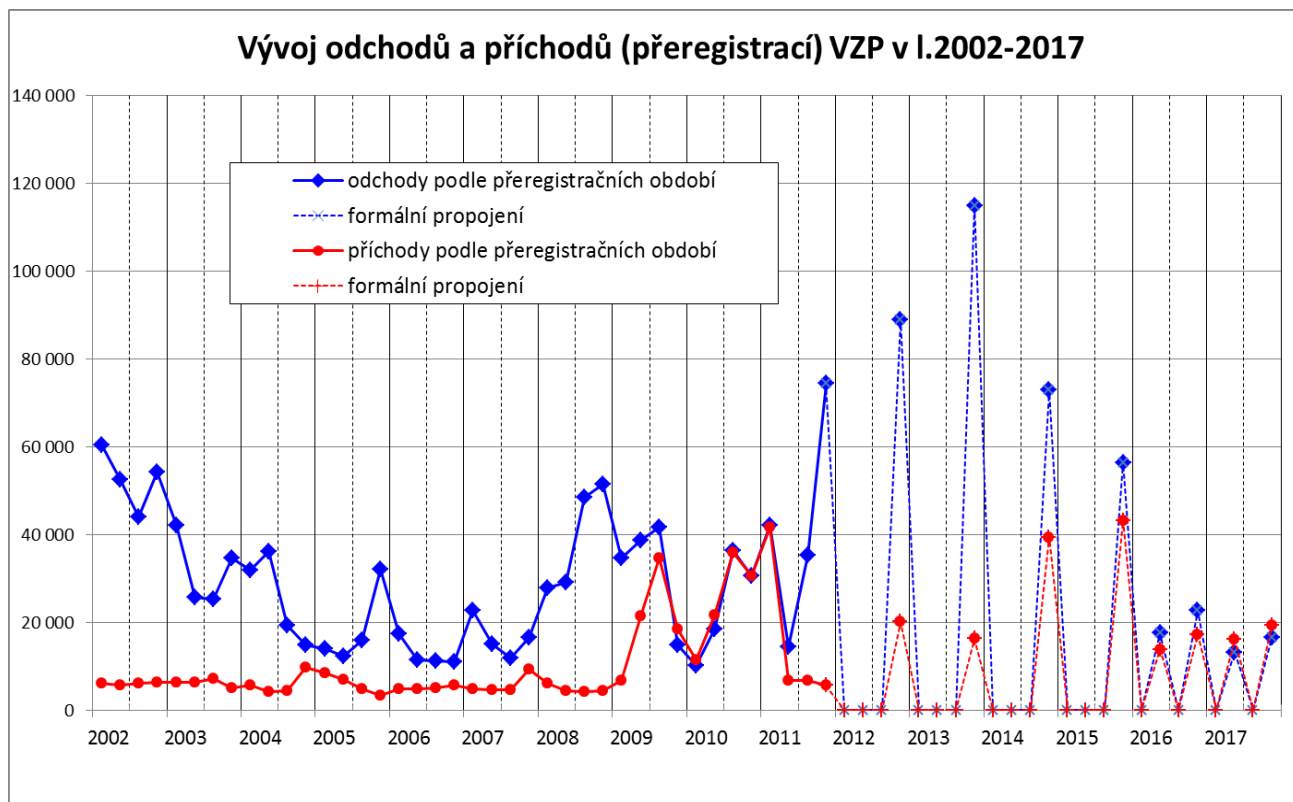
*Legenda: Demografický vývoj v ČR se od r. 2013 odvíjí přibližně podle **vysoké varianty projekce ČSÚ** (z r. 2013!); ještě ve věkových skupinách '0-4' a '85+' jsme museli v r. 2017 udělat korekce (na základě bilancí ČSÚ)!*

# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

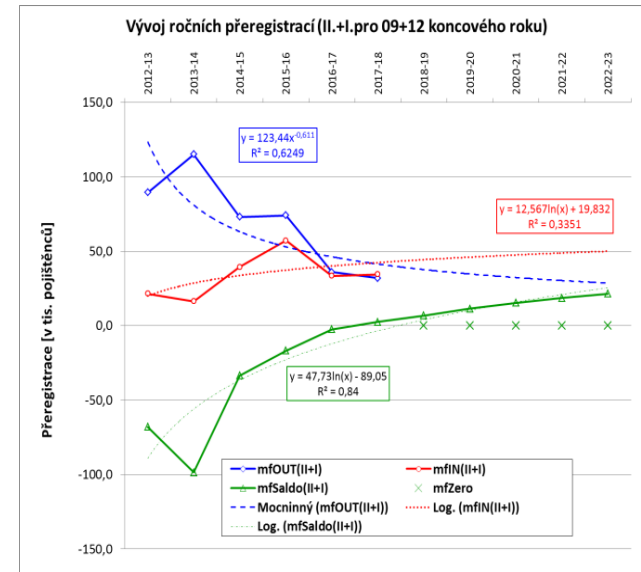
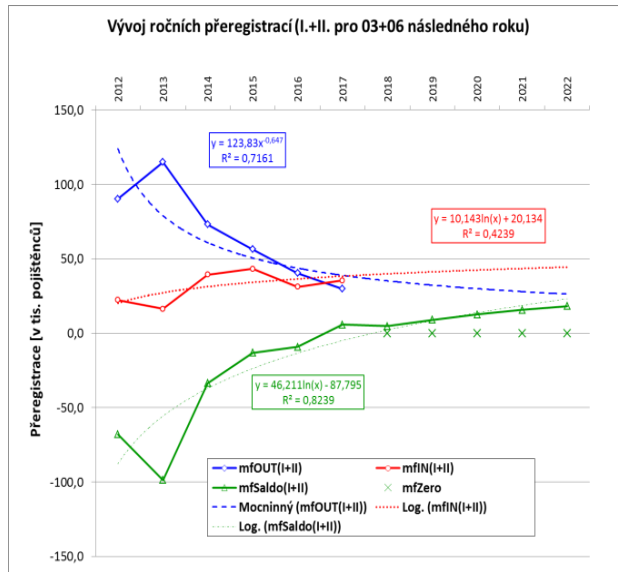
# 2. Datové zdroje

## 2.3 Přeregistrace VZP



Legenda: 1/ 2002-11 – přeregistrace k 1. dni následujícího **kvartálu** (Zákon č. 48/1997 Sb.); 2/ 2012-2015 možná přeregistrace pouze k 1. lednu **následujícího kalendářního roku** (Zákon č. 298/2011 Sb.); 3/ Od r. 2016 přeregistrace k 1. dni každého kalendářního **pololetí** (Zákon č. 200/2015 Sb.).

# Vývoj ročního počtu přeregistrací VZP (příchody, odchody, salda) podle 2 možností sčítání pololetí (I+II vs II+I)



Modely vývoje počtů přiregistrovaných a odregistrovaných pojistěnců:

$$I_x^t = a(x) + b(x) \cdot \ln(t) \quad \text{resp.} \quad O_x^t = c(x) \cdot t^{**d(x)}, \quad t = 2012 \dots 2022, \quad (3.3).$$

Varianty budoucího vývoje do r. 2022 -1/  $S_x^{t+1} = I_x^{t+1} - O_x^{t+1}$ ;

- 2/ stejným typ křivky jako v prvním vzorci (3.3) při záměně  $I_x^t$  za  $S_x^t$ ;

• - 3/  $S_x^{t+1} = 0$  pro všechny budoucí roky.



# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

# Základní vzorec (odvozené demografické projekce)

$V_x^t$  - počet pacientů ve věkové skupině  $x$  ( $= 5, 10, \dots, 85+$ )  
v roce  $t$  ( $= 2013, 2018, 2023, 2028$ );

$D_x^t$  - střední stav žijících osob ve věku  $x$  (skupině)  
k 30.6. daného roku ( $t$ );

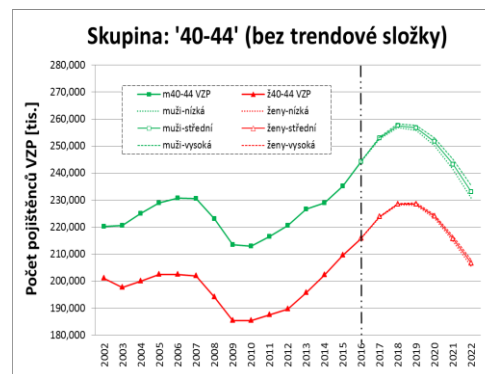
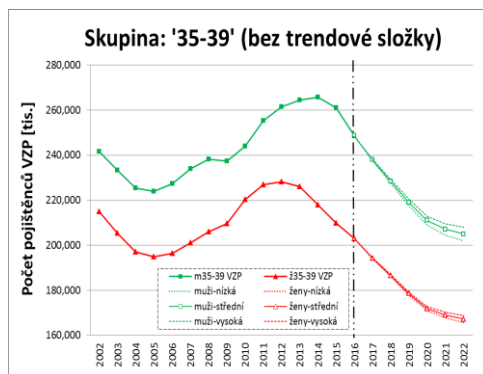
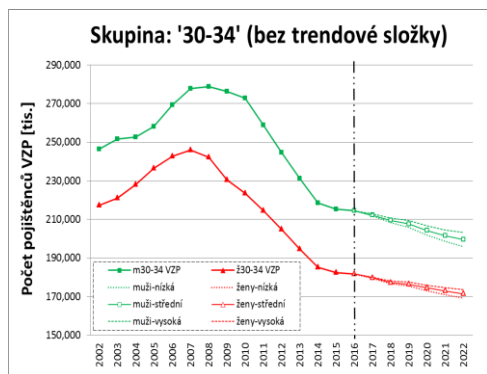
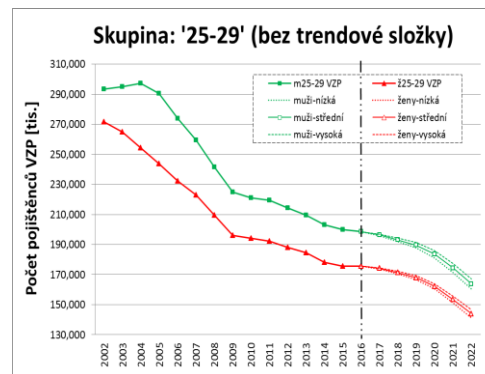
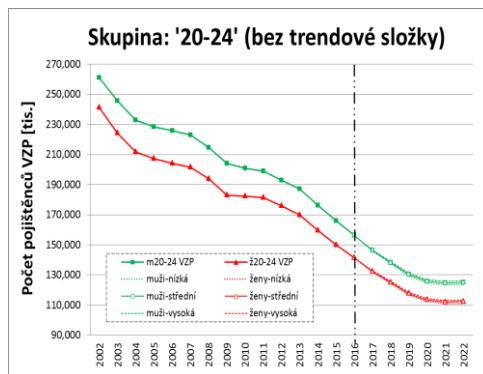
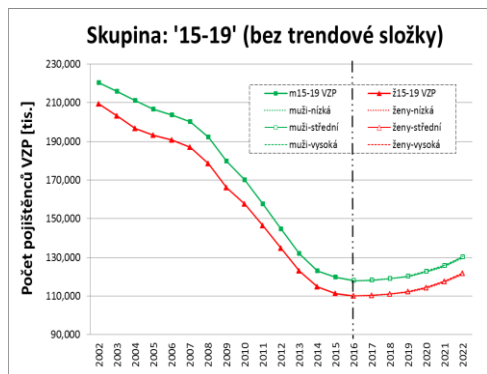
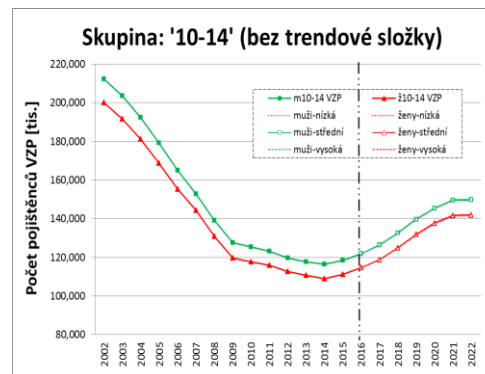
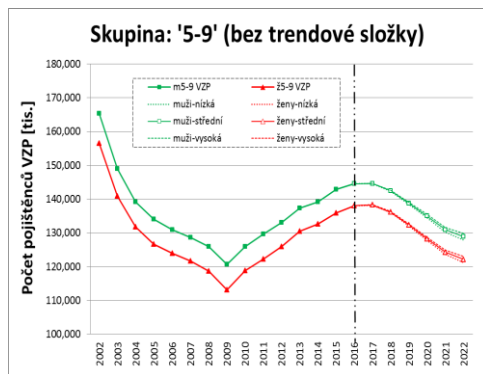
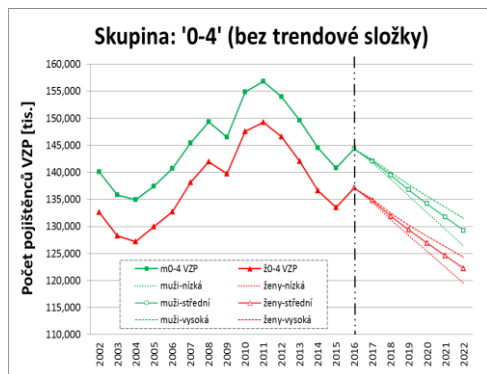
$s_x^{t,t+1} = D_x^{t+1}/D_x^t$  (projekční koeficienty);

$$P_x^{t+1} = V_x^t \cdot (D_x^{t+1}/D_x^t) = V_x^t \cdot s_x^{t,t+1} \quad (A)$$

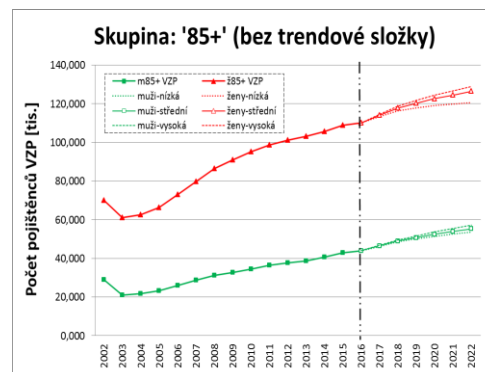
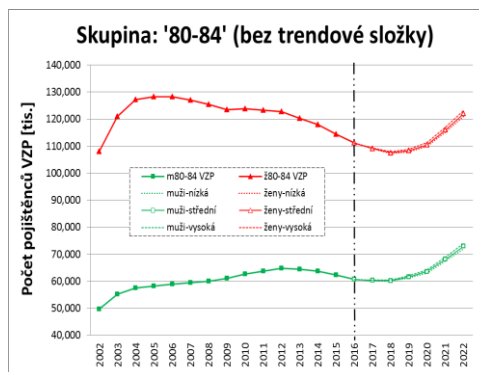
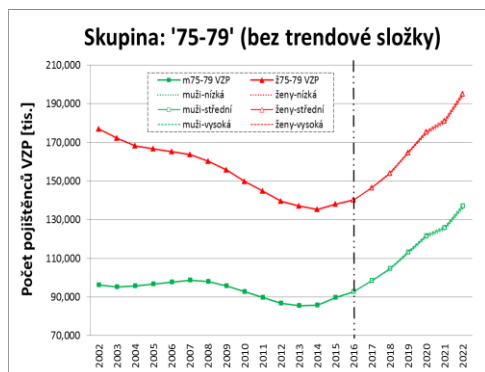
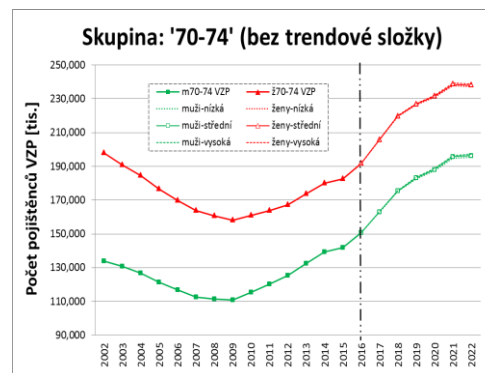
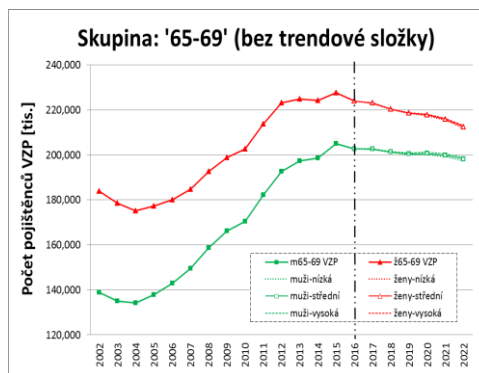
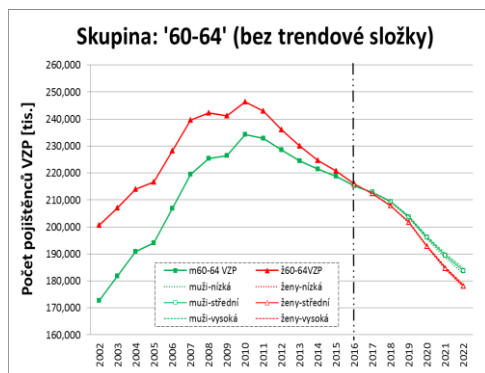
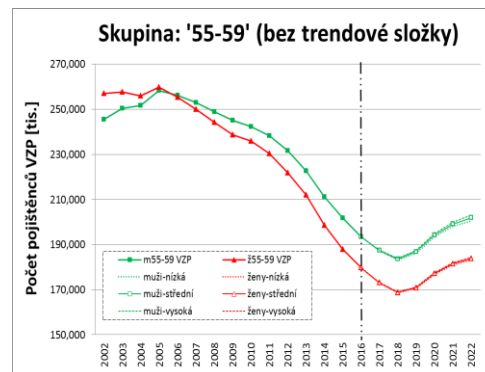
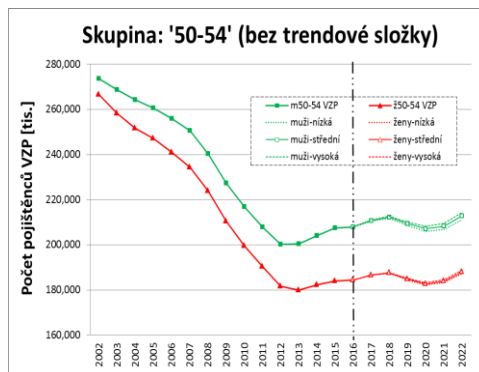
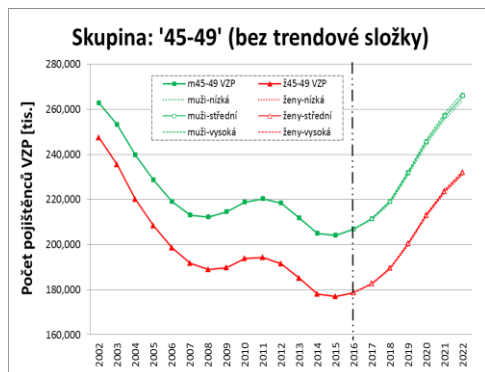
(projektovaný počet pacientů ve věku  $x$  do roku  $t$ ).

**=> Označíme jako (sub)model A/ „mfDemo“**

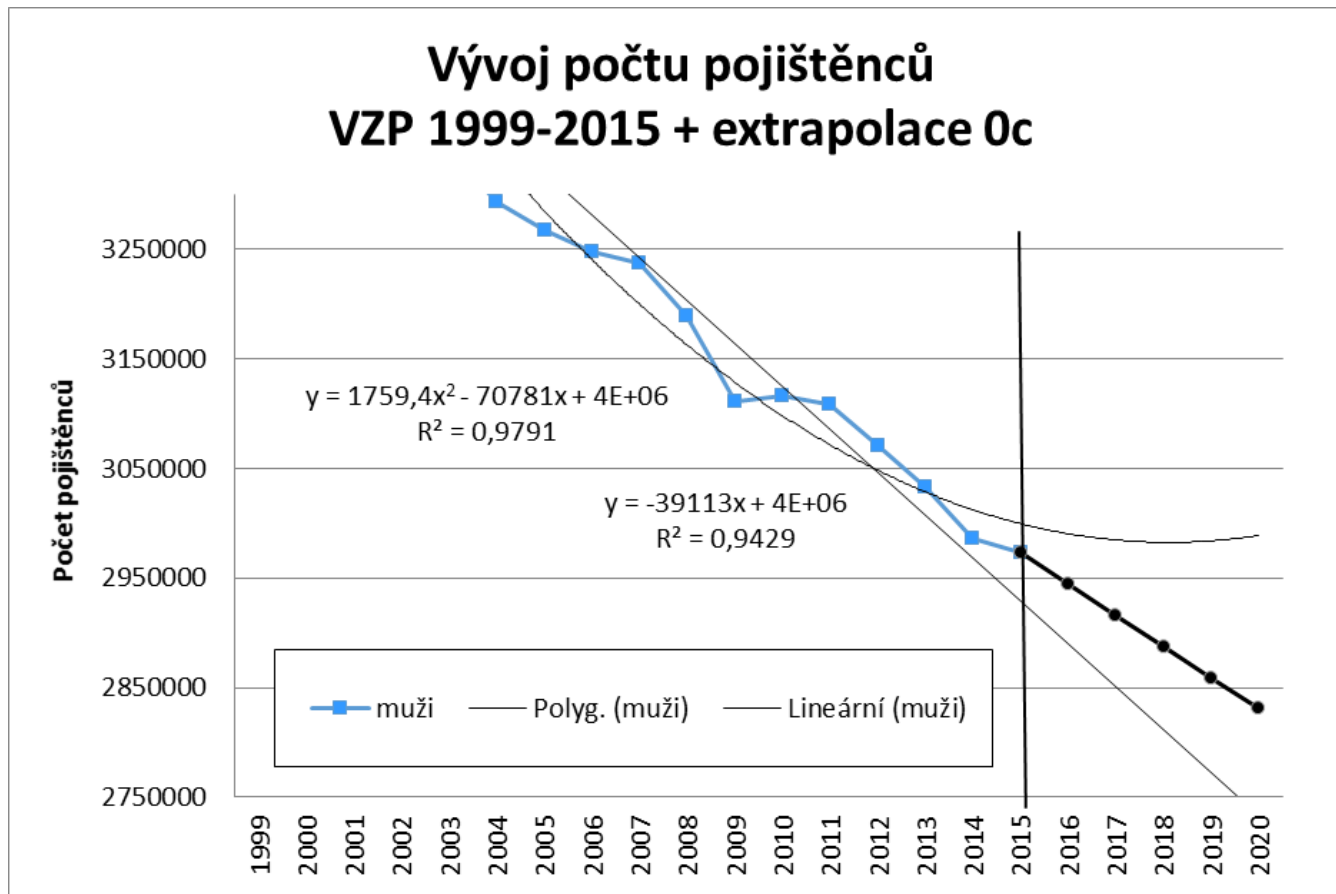
# Odvozená demografická projekce počtu pojištěnců VZP podle pohlaví a věku pro r. 2017-2022 pro 3 varianty projekce ČSÚ z r. 2013



# Odvozená demografická projekce počtu pojištěnců VZP podle pohlaví a věku pro r. 2017-2022 pro 3 varianty projekce ČSÚ z r. 2013



# MLE extrapolace počtu pojištěnců VZP - muži



# 3.1 Dílčí závěry

1/ Formální aplikace modelu odvozené demoprojekce ČSÚ má do roku 2020 **mírně stoupající trend** (v rozporu s dosavadním trendem poklesu celkového počtu pojištěnců)!

2/ Časové řady projektované na základě této „demometody“ by bylo nezbytně nutné o **mírně klesající trendovou složku opravit**;

3/ Lze provést korekci projekčních koeficientů o formalizovanou trendovou složku (nebo naopak); v řadě věkových skupin však nebylo možné použít jakoukoli lineární aproximaci pro střednědobou projekci

# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. **Metodika (použité vzorce)**
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 **Statistické přístupy (extrapolace)**
4. Výsledky (analýza)
5. Závěry
6. Literatura

# B1: Extrapolace časových řad

- Tradiční matematicko-statistické postupy jsou založeny na **formální extrapolaci vývojového trendu prokládaného do historicky známých hodnot časové řady**; trend může být kvalifikován jako: „**konstantní** (neměnný v čase)“, „**lineární**“ (rostoucí či klesající) anebo „**parabolický (kvadratický)**“ (progresivněji rostoucí či klesající anebo „zjevně zpomalující“ předchozí rostoucí či klesající trend).
- Tento přístup umožňuje **formálně testovat charakter trendu** (obvykle se **testují hodnoty odhadnutých regresních koeficientů v parabolické regresní rovnici**
$$y(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2 \quad (**)$$
- **vůči teoretické nule** /počínaje nejvyšším/) a **specifikovat relativní přesnost predikovaného odhadu trendu** („intervalu“ či „pásu spolehlivosti“ kolem regresní přímky) vůči jiným.



# B2: Adaptivní postupy

- Adaptivní přístupy k extrapolaci jsou založené na **postupné adaptaci parametrů zvoleného** (principiálně třeba i velmi jednoduchého) **extrapolačního modelu na každé následující měření** (retrospektivně nebo i prospektivně).
- Jde o velmi flexibilní třídy modelů reprezentované např. **exponenciálním vyhlazováním** (viz Cipra [2]) založeném na principu **diskontování dřívějších pozorování s geometricky se snižující soustavou vah**.
- V podstatě jde o operativní aplikaci zcela **obecného regresního modelu**, jehož parametry se odhadují **minimalizací váženého součtu čtverců** typu
$$\sum_{j=1, \dots, t} \alpha^j \cdot [(y_{t-j} - y(t; \beta))]^2, \quad (***)$$
- kde  $y_0, \dots, y_t$  jsou známé hodnoty časové řady,  $y(t; \beta)$  může být lineární regresní funkce jako v (\*) pro vektor parametrů  $\beta := (\beta_0, \beta_1, \beta_2)$  a  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) je **diskontní faktor („paměť“)**.

# Základní vzorce I. (exponenciální vyrovnávání)

Pro adaptivní modely výše s trendovou složkou jako v (\*\*), tzv. jednoduché (při konstantním trendu  $\beta_1 = \beta_2 = 0$ ), dvojité (při lineárním trendu  $\beta_2 = 0$ ) a trojitě exponenciální vyrovnávání, existují rekurentní formule „pro zjednodušení výpočetních formulí“ – viz Cipra, str. 57-64. Vychází se z tzv. vyrovnávacích statistik typu:

$S_t^{[1]} = (1-\alpha) * y_t + \alpha * S_{t-1}^{[1]}$ ;  $S_t^{[2]} = (1-\alpha) * S_t^{[1]} + \alpha * S_{t-1}^{[2]}$ ;  $S_t^{[3]} = (1-\alpha) * S_t^{[2]} + \alpha * S_{t-1}^{[3]}$ ,  
přičemž za počáteční hodnoty  $S_t^{[1]}$ ,  $S_t^{[2]}$  a  $S_t^{[3]}$  v čase  $t=0$  se volí (podle stupně složitosti modelu)

$$S_o^{[1]} = b_o(0) - b_1(0) * \alpha / (1-\alpha) + b_2(0) * \alpha(1+\alpha) / (2(1-\alpha)^2);$$

$$S_o^{[2]} = b_o(0) - b_1(0) * 2\alpha / (1-\alpha) + b_2(0) * 2\alpha(1+2\alpha) / (2(1-\alpha)^2);$$

$$S_o^{[3]} = b_o(0) - b_1(0) * 3\alpha / (1-\alpha) + b_2(0) * 3\alpha(1+3\alpha) / (2(1-\alpha)^2),$$

kde  $b_o(0)$ ,  $b_1(0)$  resp.  $b_2(0)$  jsou odhady parametrů  $\beta_o$ ,  $\beta_1$  a  $\beta_2$  vypočtené (běžnou neváženou) metodou nejmenších čtverců z prvních  $n_1$  ( $6 \leq n_1 \leq t_{\max}/2 \sim 17/2$ ) pozorování.

# Základní vzorce II. (exponenciální vyrovnávání)

Předpovědní hodnoty pro **jednoduché**, **dvojitě** a **trojitě** exponenciální vyrovnávání dostaneme nyní ze vzorců:

$$y^{[1]}(t+\tau) = S_t^{[1]} = b_0(t) ;$$

$$y^{[2]}(t+\tau) = \{(2 + ((1-\alpha)/\alpha)\tau) * S_t^{[1]} - (1 + ((1-\alpha)/\alpha)\tau) * S_t^{[2]}\} = b_0(t) + b_1(t) * \tau ;$$

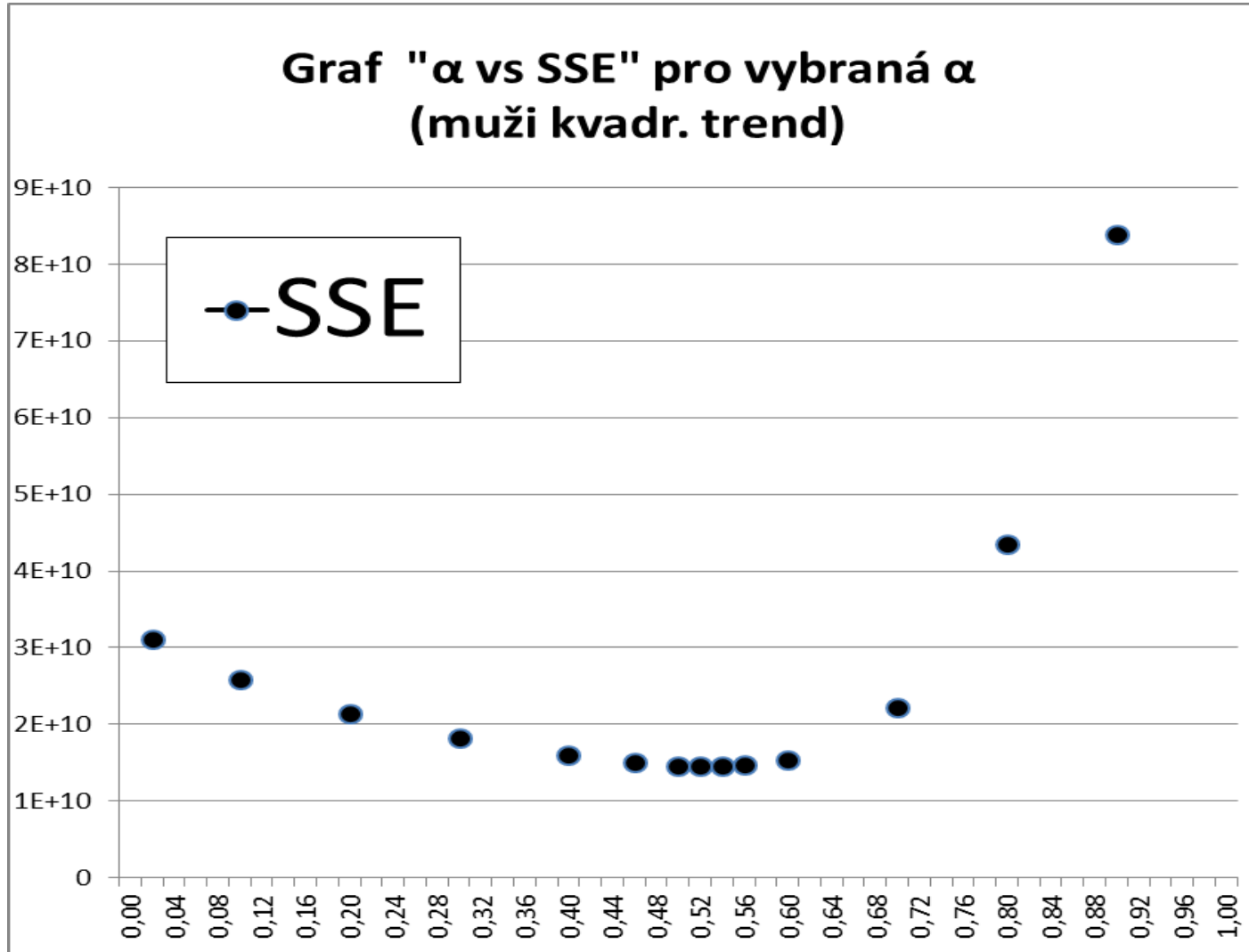
$$y^{[3]}(t+\tau) = \{(6\alpha^2 + (1+5\alpha)(1-\alpha)\tau + (1-\alpha)^2\tau^2) * S_t^{[1]} - (6\alpha^2 + 2(1+4\alpha)(1-\alpha)\tau + 2(1-\alpha)^2\tau^2) * S_t^{[2]} + (2\alpha^2 + (1+3\alpha)(1-\alpha)\tau - (1-\alpha)^2\tau^2) * S_t^{[3]}\} / (2\alpha^2) = b_0(t) + b_1(t) * \tau + b_2(t) * \tau^2,$$

pro volbu  $\tau=1, 2, \dots$  ( $\sim 2016, 2017, \dots$ ), kde  $b_0(t)$ ,  $b_1(t)$ ,  $b_2(t)$  jsou odhady parametrů  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  a  $\beta_2$  adaptované pro čas  $t$ . Volíme-li ve vzorcích výše  $\tau=0$ , dostaneme tzv. „vyrovnané hodnoty  $y(t)$ “ v čase  $t$ .

Při volbě  $\tau=1$  získáme „predikované hodnoty  $y(t+1)$ “ na jeden rok dopředu.

Ty lze využít pro účely kalibrace diskontního faktoru  $\alpha$ : Pro různé, ale systematicky volené hodnoty  $\alpha$  (a odpovídající sestavy adaptovaných vektorů parametrů  $b(t; \alpha) := [b_0(t; \alpha), b_1(t; \alpha), b_2(t; \alpha)]$ ) napočteme hodnoty reziduálních součtů čtverců  $SSE(\alpha) = \sum_t [(y_t - y(t+1; b; \alpha))]^2$ . Za optimální volbu bychom měli považovat/volit  $\alpha$  ( $\geq 0.7$ ) s nejmenší hodnotou  $SSE(\alpha)$ .

# Ukázka kalibrace $\alpha$ (muži – kvadr. trend)



# B3: Adaptivní postupy

- Na principu exponenciálního vyhlazování jsme pro roční časové řady  $\mathbf{V}_x^t$  pojištěnců ověřovali extrapolační schopnost 4 lineárních křivek –
- - AB:  $y(t; \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t$  ;
- - ABC:  $y(t; \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2$  ;
- - ABD:  $y(t; \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_3 \cdot \mathbf{D}_x^t$  ;
- - ABCD:  $y(t; \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2 + \beta_3 \cdot \mathbf{D}_x^t$  .

Pro odhady parametrů  $\boldsymbol{\beta}$  v modelech AB a ABC lze použít standardní rekurentní vzorce pro dvojitého a trojitého exponenciálního vyhlazování.

Odhady parametrů  $\boldsymbol{\beta}$  v modelech ABD a ABCD lze v prahovém roce projekce (2016 resp. 2017) poříditi jako obecné Aitkenovy odhady minimalizující vážené součty čtverců

$$\sum_{j=1, \dots, t} w_j \cdot [(y_{t-j} - y(t; \boldsymbol{\beta}))^2] \quad , \quad (***)$$

pro  $w_j = \alpha^j$  (viz Cipra [2], str. 233).

# Ukázka excelovské aplikace



## 3.2 Dílčí závěry

- 1/ Modely ABD a ABCD založené na Aitkenových odhadech (tedy pro obecné exogenní proměnné, u nichž „umíme“ předpovědět budoucí vývoj) fungují!
- 2/ Nedořešili jsme však u těchto modelů formální optimalizaci volby diskontního faktoru (vyrovnávací konstanty)  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) – viz. Brown R.G. (1963)
- 3/ Obecné regresní modely však umožňují extrapolaci pouze „obecných trendů“, tzn. třeba pro střednědobou projekci; nemusí být ideální pro „nejbližší nadcházející období“, zejména z hlediska bodové přesnosti odhadů (~ problém  $\alpha$ )

# Obsah

1. Úvod (Východiska a účely)
2. Datové zdroje
  - 2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP (podle věku a pohlaví)
  - 2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)
  - 2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody vs. příchody)
3. Metodika (použité vzorce)
  - 3.1 Demografické přístupy (projekce)
  - 3.2 Statistické přístupy (extrapolace)
4. **Výsledky (finalizace modelu)**
5. Závěry
6. Literatura



# Finalizace modelu I.

Ad A/ „mfDemo“ (demomodel)

$$\mathbf{P}_x^{t+1} = \mathbf{V}_x^t \cdot (\mathbf{D}_x^{t+1}/\mathbf{D}_x^t) = \mathbf{V}_x^t \cdot \mathbf{S}_x^{t,t+1} \quad (\text{A});$$

Ad B/ „mfModel“ (model přeregistrací)

$$\mathbf{P}_x^{t+1} = \mathbf{V}_x^t + \mathbf{S}_x^{t+1} \quad , \quad t = 2002 \dots 2017 \quad , \quad (\text{B});$$

kde  $\mathbf{S}_x^{t+1}$  značí saldo přeregistrací realizované resp. předpokládané pro mezidobí mezi roky  $t$  a  $t+1$ ;

Ad C/ „mfModel+Demo“ (kombinovaný model)

$$\mathbf{P}_x^{t+1} = (\mathbf{V}_x^t + \mathbf{S}_x^{t+1}) \cdot (\mathbf{D}_x^{t+1}/\mathbf{D}_x^t) \quad , \quad t = 2002 \dots 2017 \quad , \quad (\text{C});$$



# Finalizace modelu II.

Prostřednictvím součtů čtverců odchylek hodnot  $\mathbf{P}_x^{t+1}$  predikovaných “o jeden rok dopředu” oproti skutečným hodnotám  $\mathbf{V}_x^{t+1}$  jsme ověřili univerzálně nejlepší chyby predikce (analýzou reziduí) pro kombinovaný model. V řadě případů jsme odhalili systematické odchylky od teoretické nulové střední hodnoty. Ty však lze, na rozdíl od modelů ad A-B), poměrně dobře aproximovat prostřednictvím **lineárního** trendu. Odhady parametrů lineárních regresních křivek pro roční časové řady **diferencí** (pro každou věkovou skupinu a každé čtvrtletí)

$$\mathbf{y}_x^t = (\mathbf{V}_x^t - \mathbf{P}_x^t), \quad t = 2003 \dots 2017 \quad ,$$

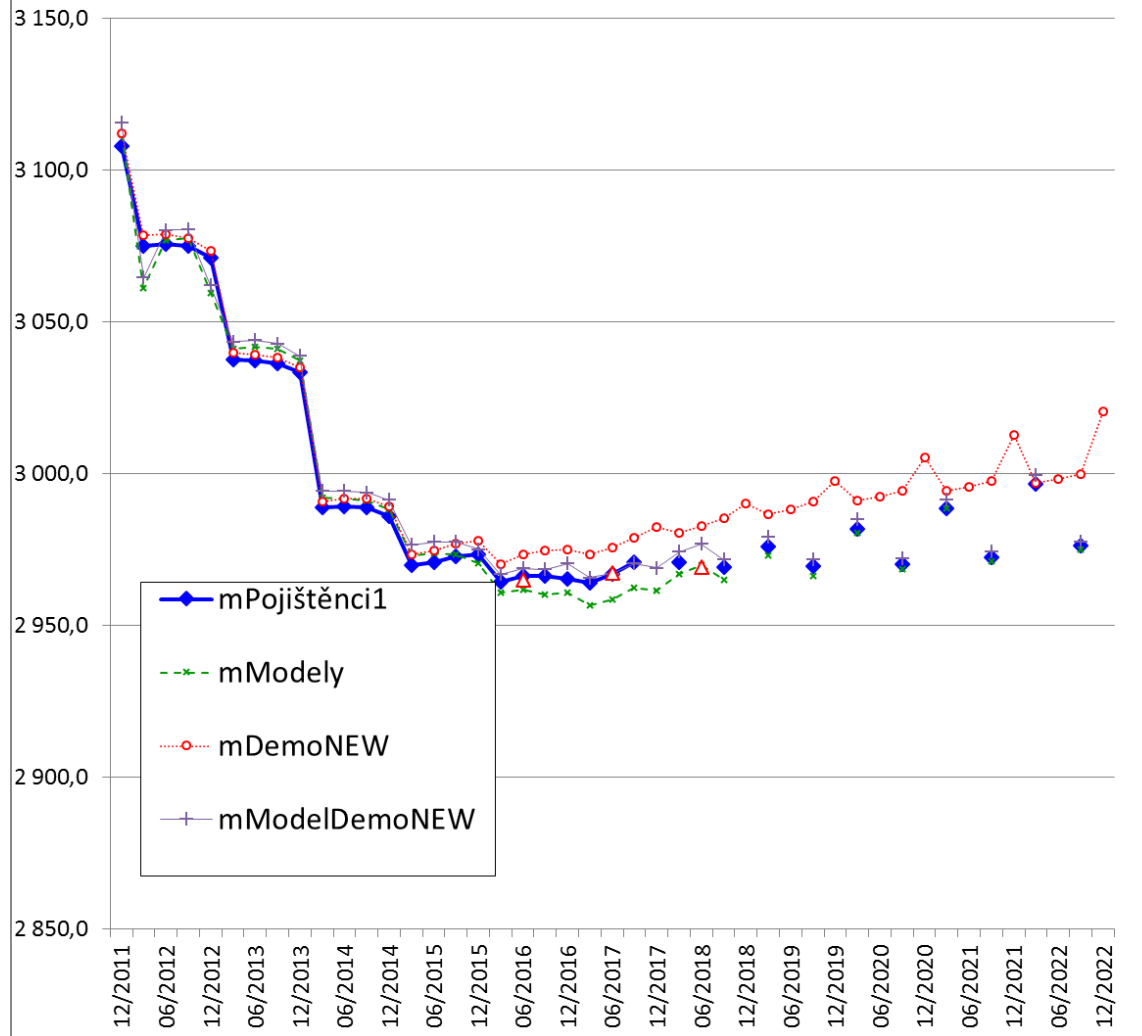
jsme pořídili standardní metodou **dvojitého exponenciálního vyhlazování** .

Značí-li  $\dot{\mathbf{y}}_x^t$  tímto způsobem odhadnuté lineární předpovědi pro difference z (3.5) při optimálně kalibrovaném diskontním faktoru  $\alpha$  (viz Cipra, str. 68), lze predikci počtu pojištěnců pro každý následující rok založit opět na vzorci (3.4), kde ale namísto  $\mathbf{V}_x^t$  dosadíme opravený odhad

$$\dot{\mathbf{P}}_x^t = (\dot{\mathbf{y}}_x^t + \mathbf{P}_x^t), \quad t = 2018 \dots 2022 \quad ,$$



# Trendy Muži VZP: Věk '0+'

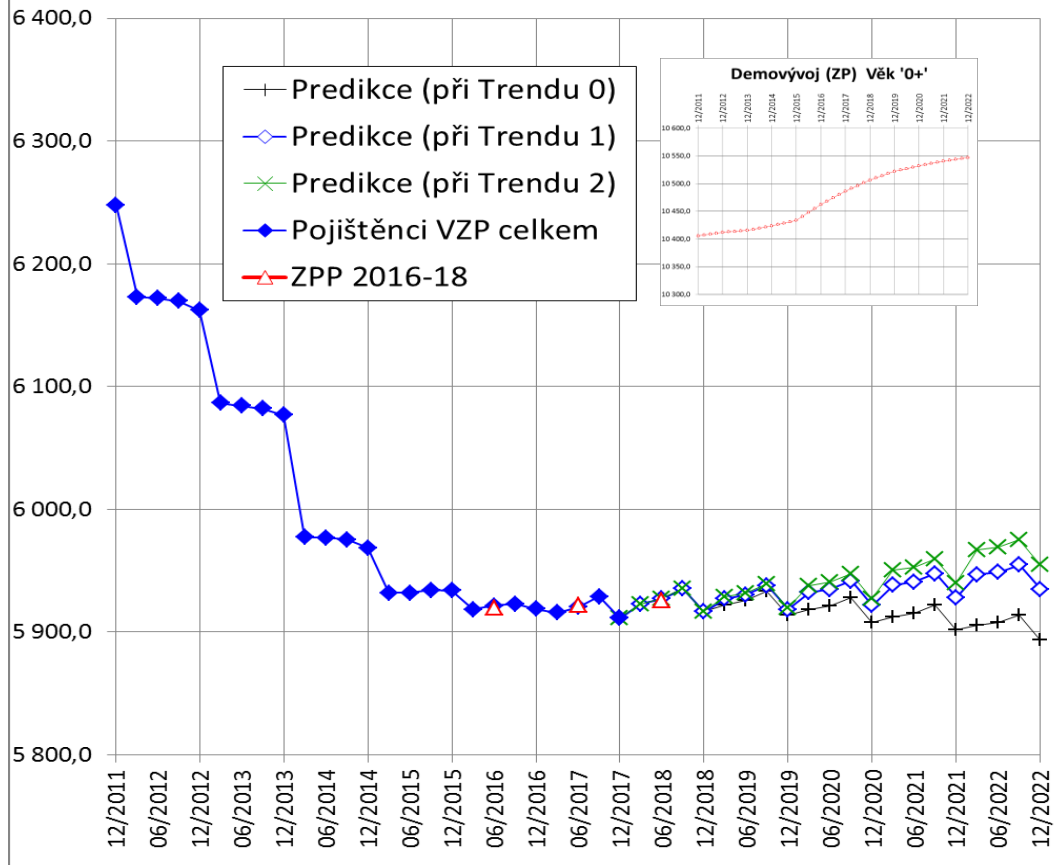


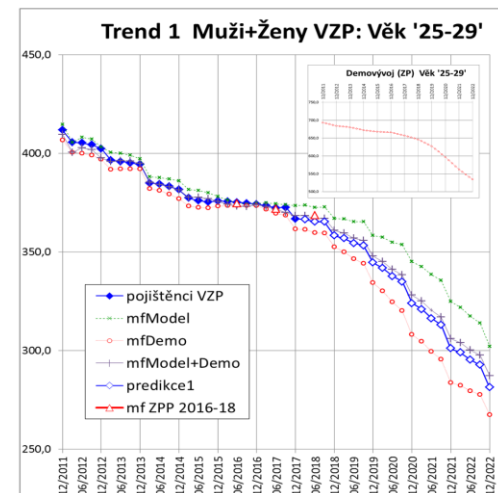
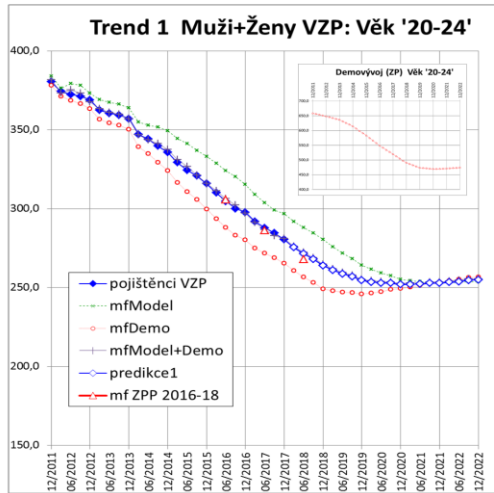
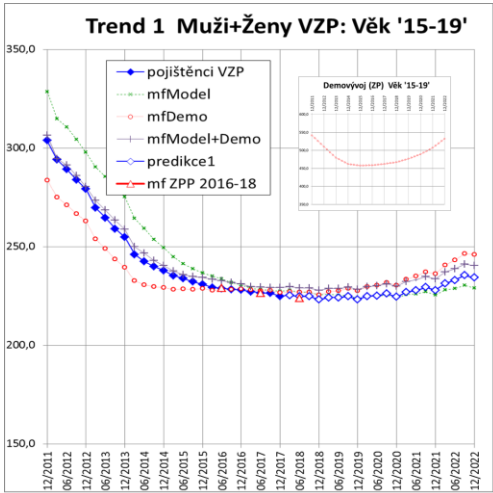
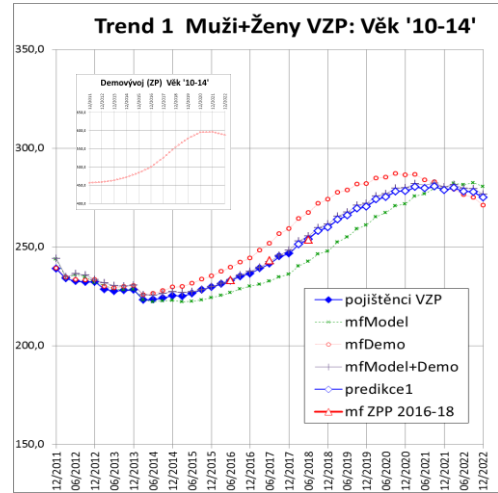
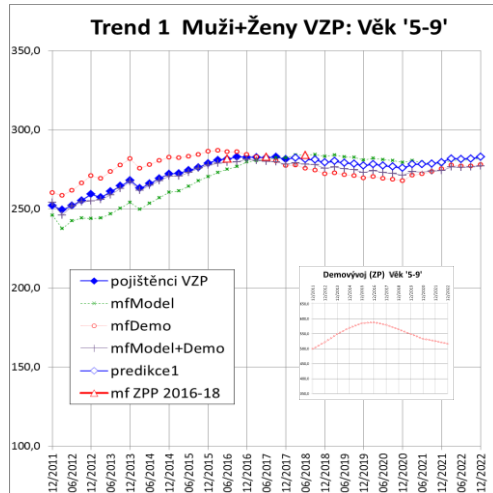
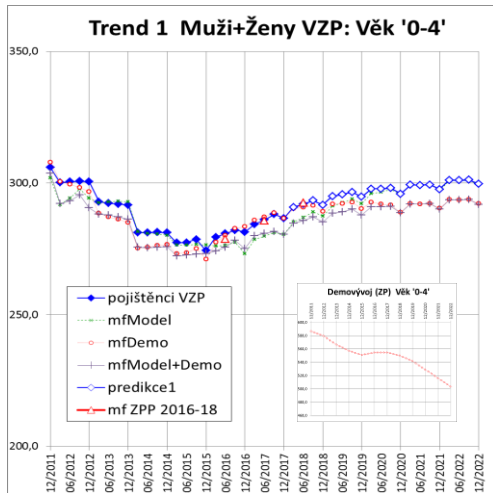
# Finalizace modelu III.

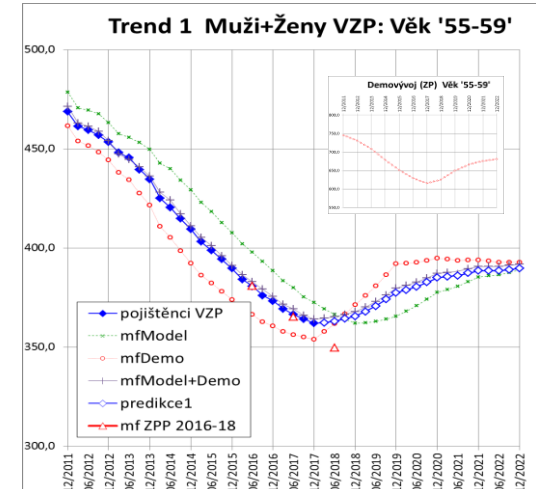
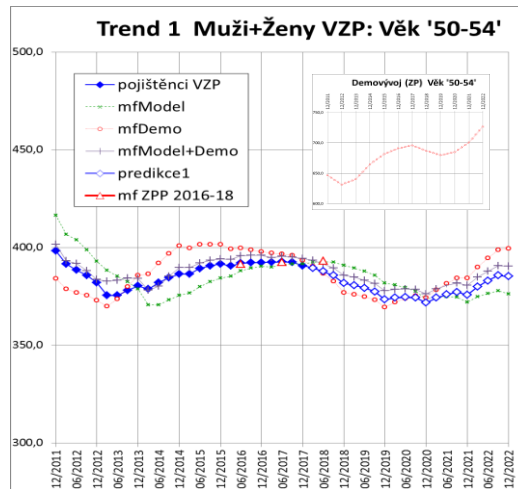
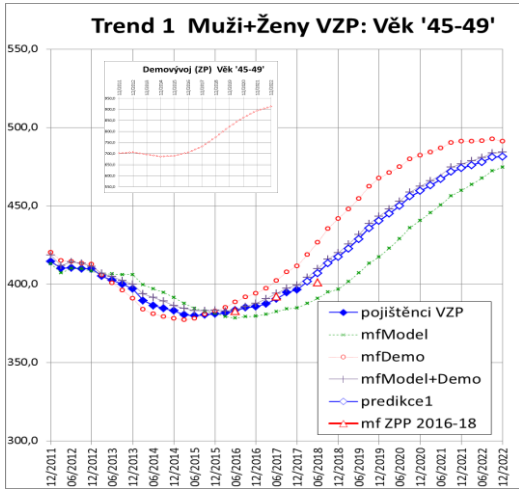
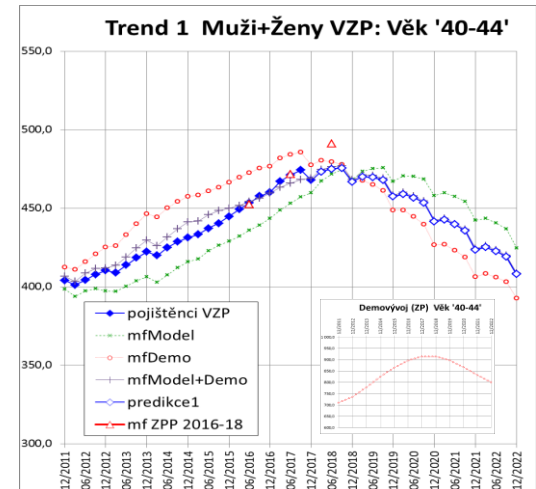
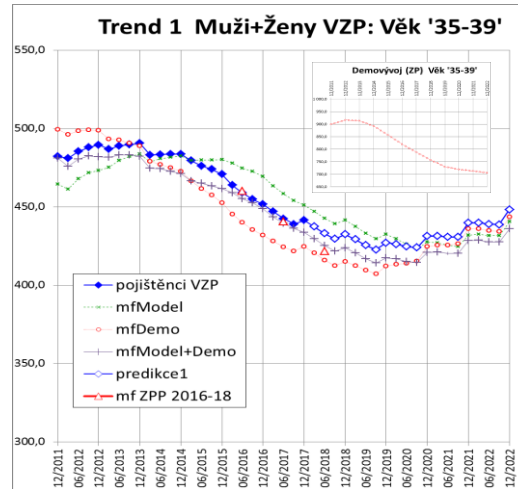
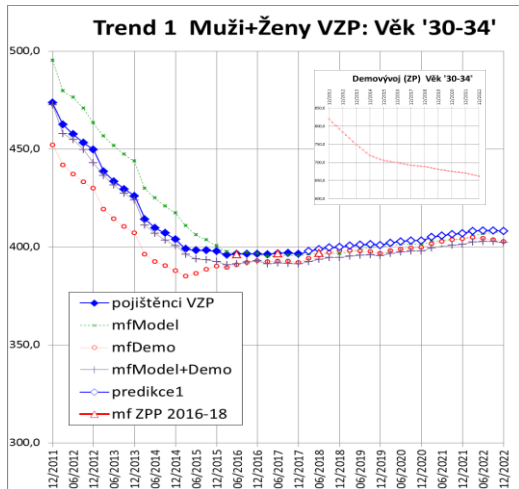
Výše navržená extrapolační metoda však ještě negarantuje ve všech věkových skupinách plnou konzistenci na úrovni kvartálních časových řad (přesněji jejich systematicky nerozkolísaný vývoj). Zejména dnes, s prahovým rokem projekce 2017, kdy se vývojové trendy s každými nově doplněnými kvartálními údaji mění. Formální predikce kvartálních hodnot jsou senzitivní jednak vlivem působení stochastické složky (při nezávisle prováděných kalibracích diskontního faktoru  $\alpha$ ), ale také systematickým podhodnocením ročních časových řad - ve fázi, kdy vývoj absolutních počtů pojištěnců má aktuálně zjevně nelineární průběh. Za účelem stabilizace kvartálních údajů byly za parametry lineárních aproximací časových řad diferencí zavzaty koeficienty lineárních regresních rovnic optimalizované **vždy pro 2. kvartál**. Tato **univerzální úprava** reprezentuje ve většině věkových skupin “více robustní” **mediánové hodnoty** (pro směrnici i absolutní člen); koriguje však zejména systémově podhodnocené údaje za 4. kvartál, které byly v době vytváření a ověřování této metodiky dostupné pouze do 31.12.2016.



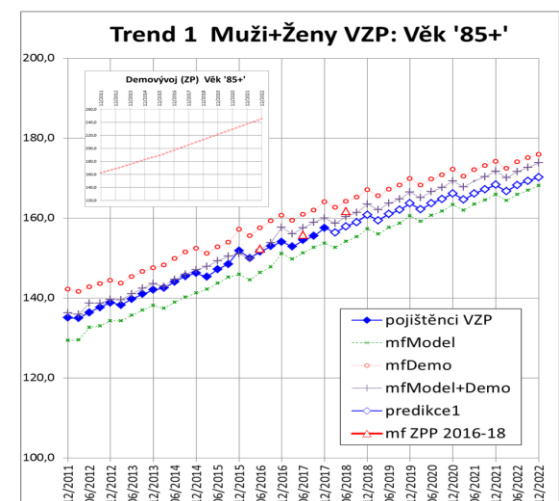
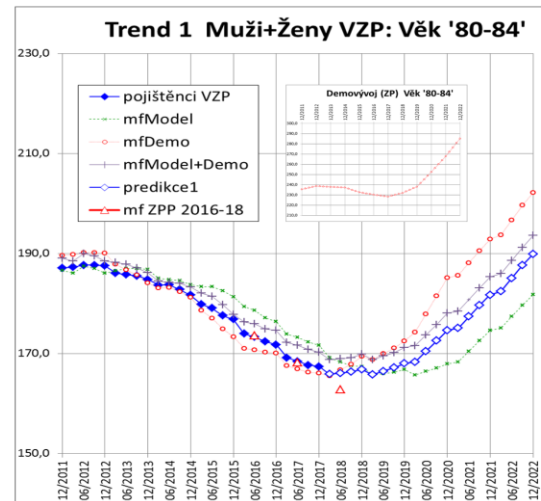
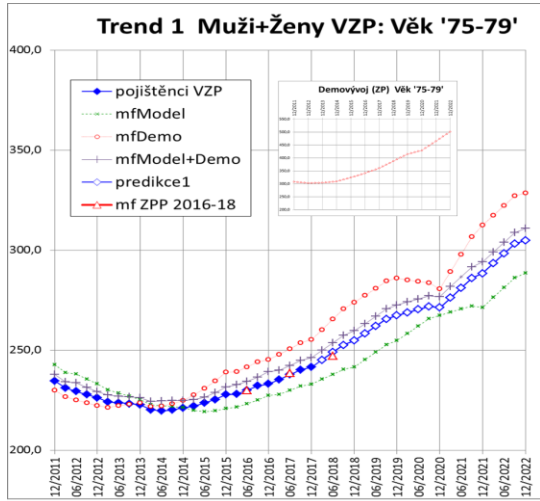
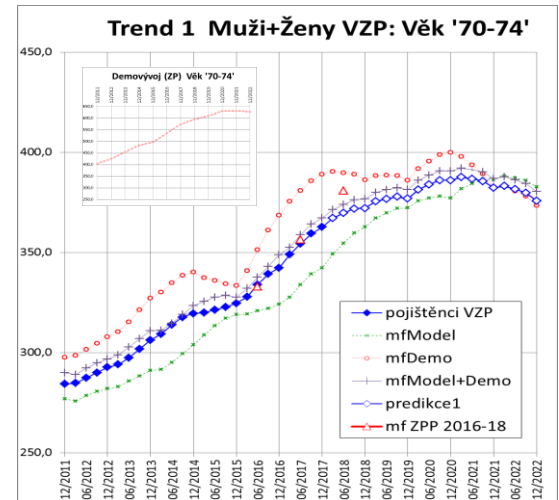
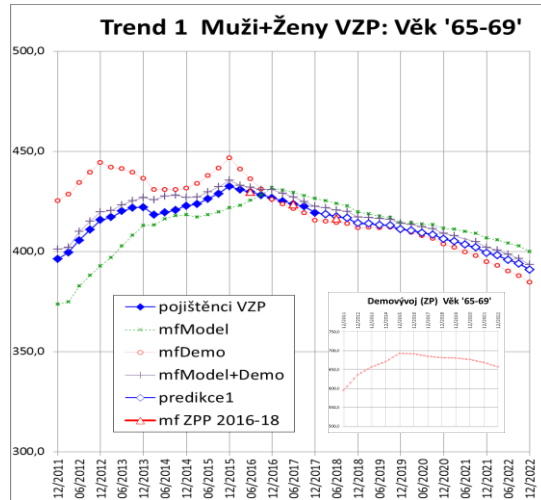
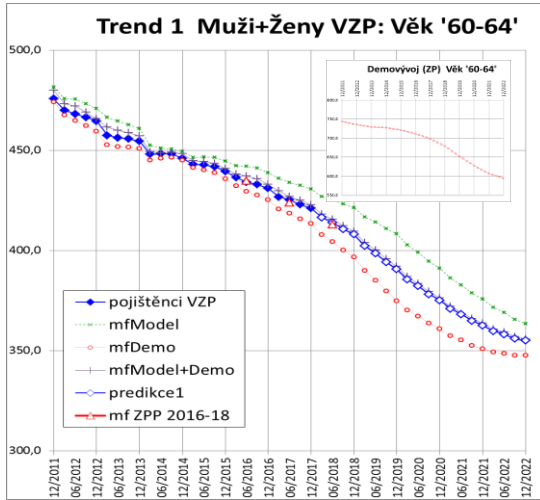
## Trendy 0-2 Muži+Ženy VZP: 'Celkem'



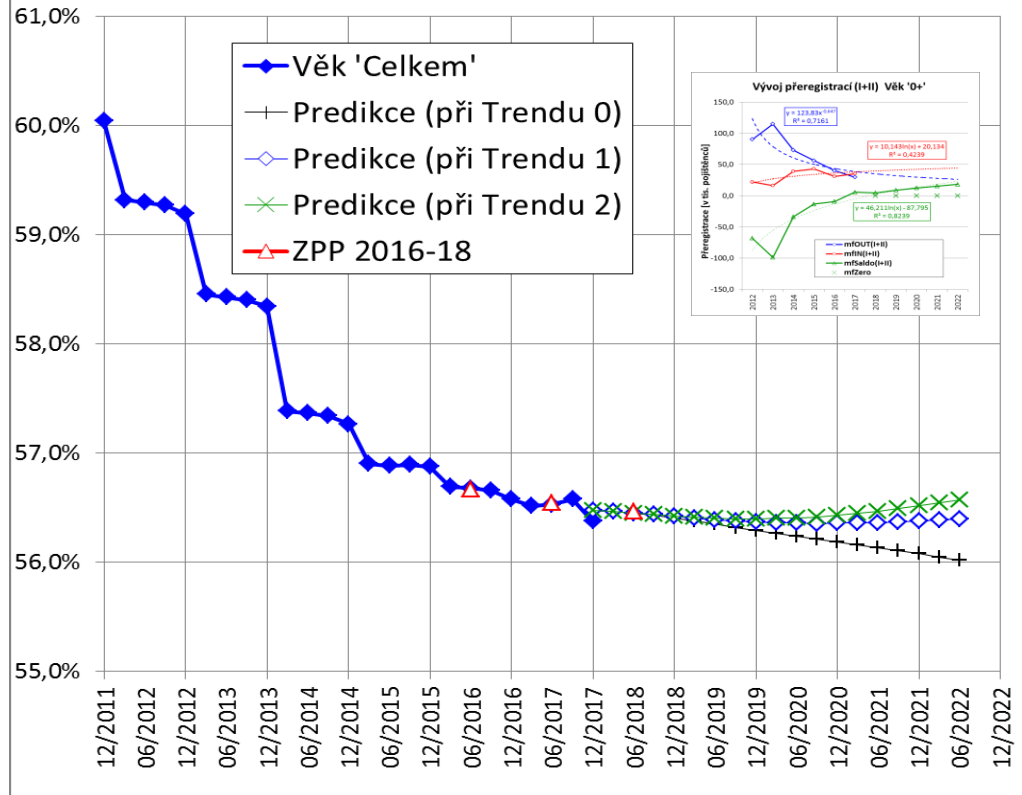


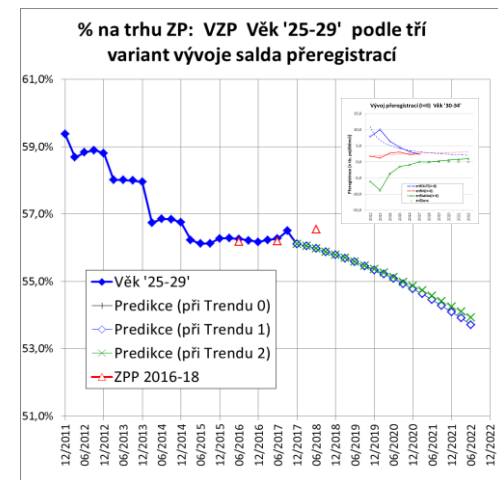
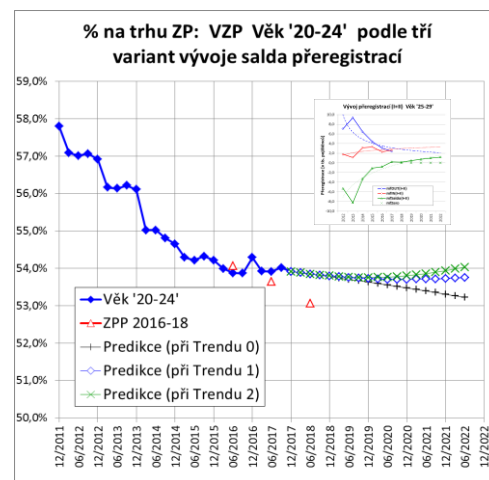
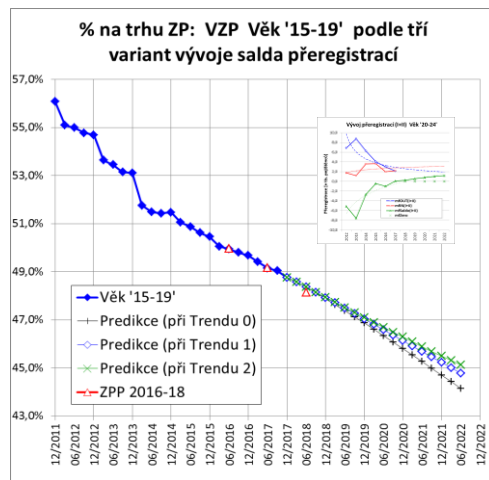
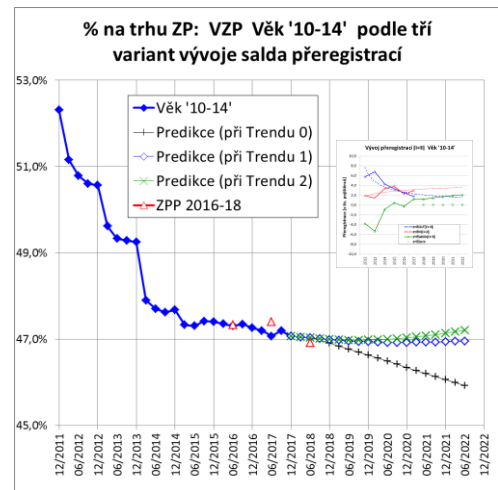
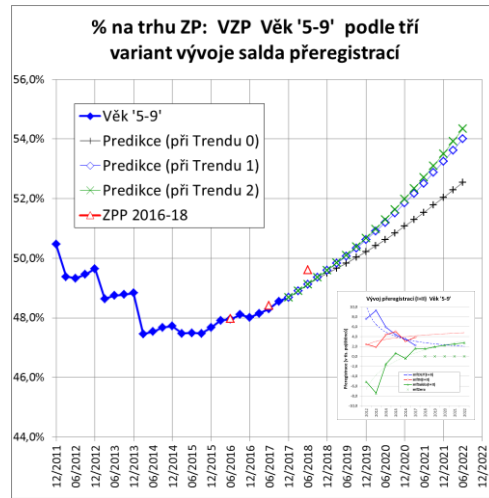
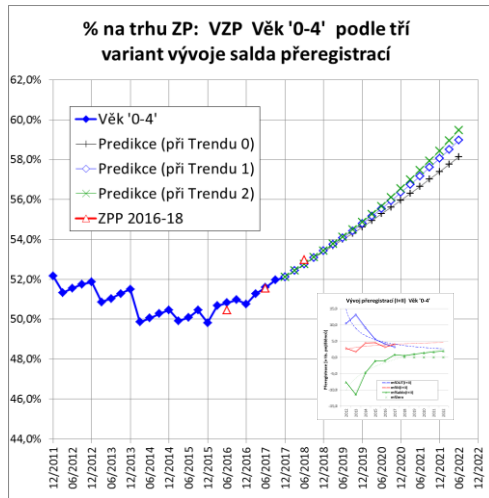


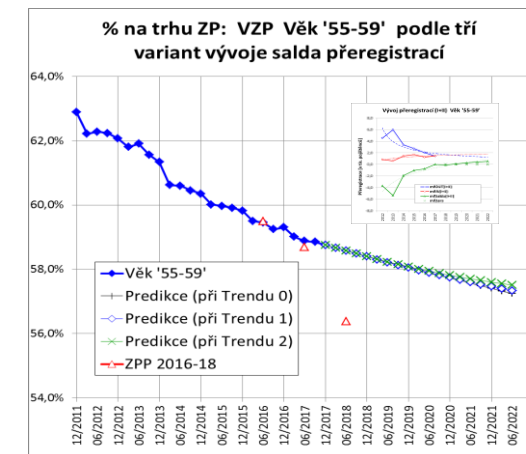
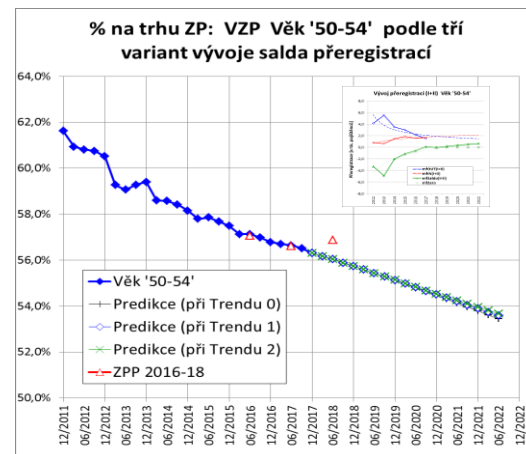
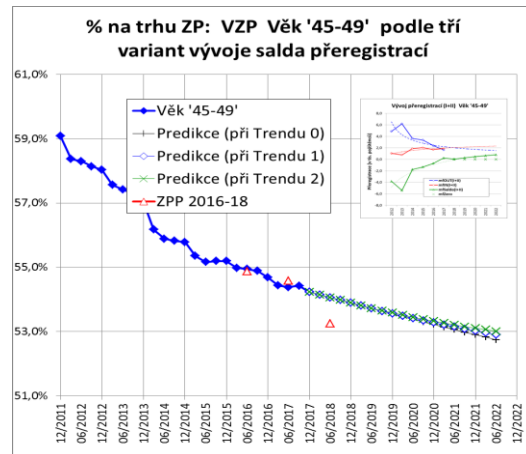
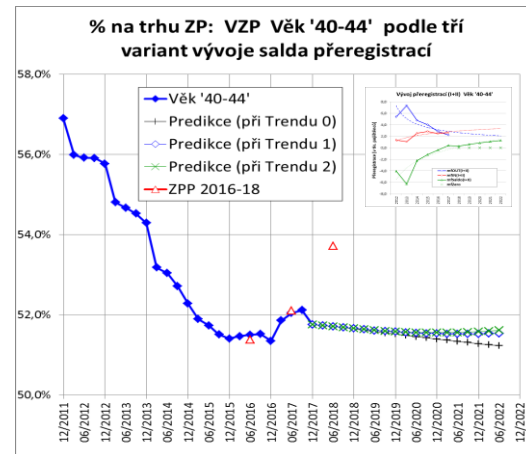
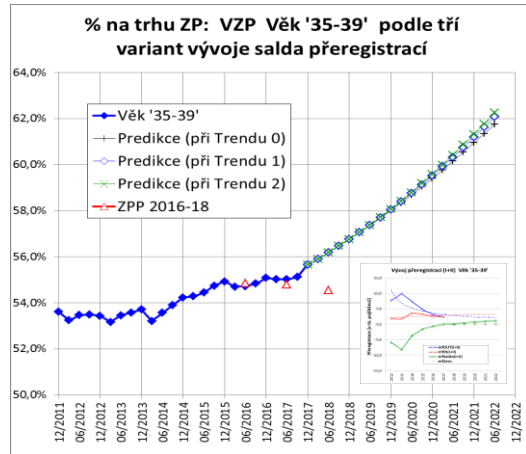
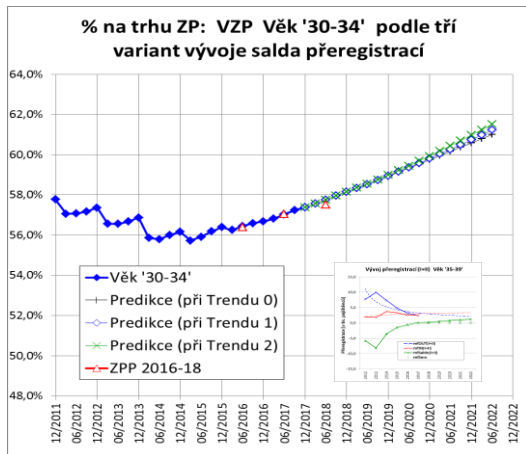


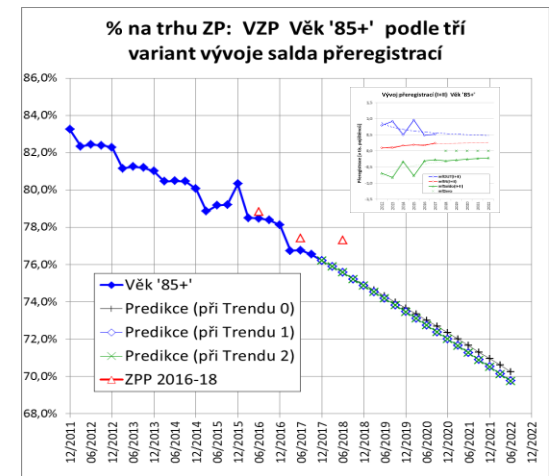
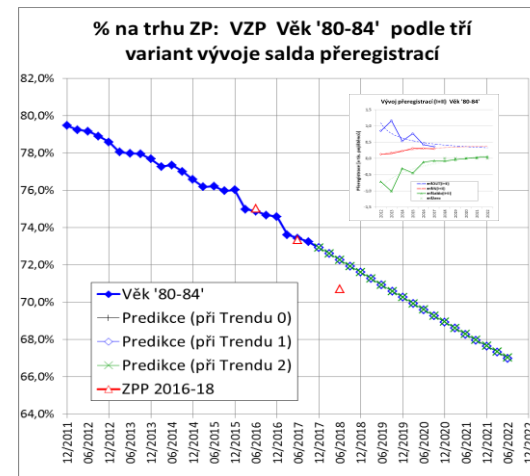
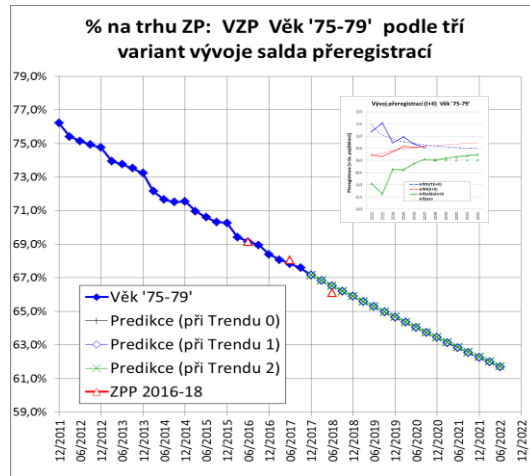
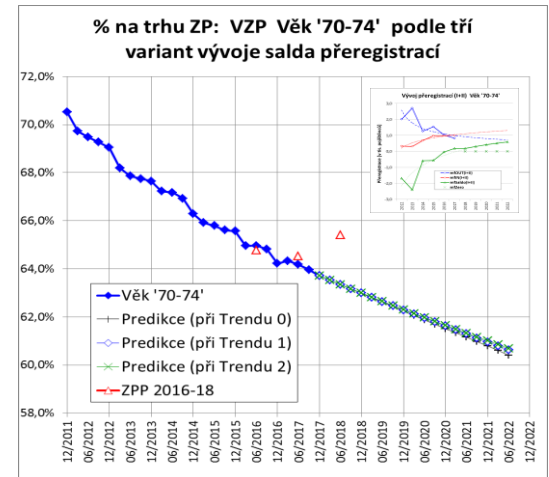
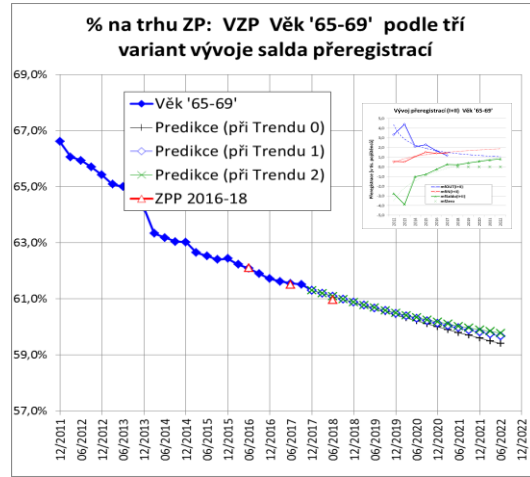
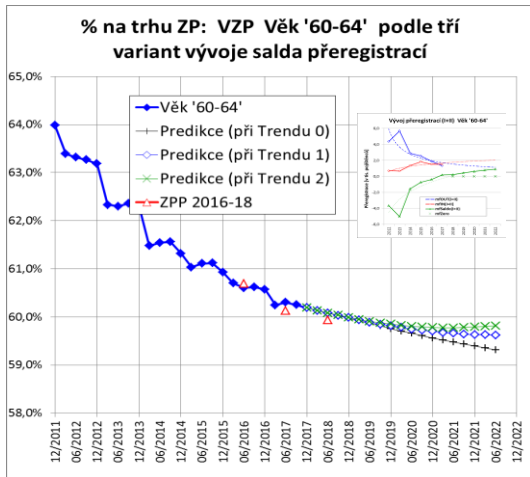


## % na trhu ZP: VZP Věk 'Celkem' podle tří variant vývoje salda přeregistrací









# 5. Diskuse

1/ Existují formální technologie na ošetření sezónní složky v časových řadách - formální aplikace nejjednodušších z nich ale nefunguje, když „struktura sezónní složky podléhá vývojovým

2/ Extrapolované trendy jsou velmi senzitivní na celou řadu vstupů (nezávislé kalibrace diskontního faktoru pro různá čtvrtletí, pohlaví, ale i pro variantní trendy exogenních proměnných)

3/ Jako nejuniversálnější modelové řešení se dnes jeví modelování na principu exponenciálního vyhlazování přímo pro kvartální časové řady

# 6. Literatura

- [1] Běláček – Fiala ... Sborník MEDSOFT 2016
- [2] Cipra T.: Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. Praha, SNTL/Alfa, 1986
- [3] Cipra T.: Ekonometrie. Praha, SPN, 1984 (skripta Univerzity Karlovy v Praze)
- [4] Brown R.G.: Smoothing, forecasting a prediction in discrete time series. London, Prentice Hall, 1963
- [5] Anděl J.: Matematická statistika. Praha, SNTL/Alfa, 1968