



## Analytický komentár

### Kompozitný index na hodnotenie vývoja ceny bývania<sup>1</sup>

**Dynamický rast cien nehnuteľností na bývanie v posledných štvrt'rokoch vyvoláva vo verejnosti otázky, či je ich vývoj ešte primeraný, alebo sa začína nafukovať realitná bublina ako v polovici roku 2008? Jednoznačná odpoveď neexistuje, ale existujú nástroje, pomocou ktorých je možné kvantifikovať riziká, ktoré sú spojené s aktuálnym vývojom cien bývania. Na základe komplexnejšieho vyhodnotenia získaných empirických poznatkov pomocou aktuálne dostupných parciálnych indikátorov aj pomocou kompozitného indexu možno dospieť k záveru, že zvolený modelový prístup NBS na hodnotenie vývoja ceny bývania zatiaľ v podmienkach Slovenska neidentifikoval realitnú bublinu.**

Bývanie je oblasť, s ktorou sú v rámci životného cyklu konfrontovaní všetci obyvatelia. Každý túži mať strechu nad hlavou, ale jej zabezpečenie nie je jednoduchou záležitosťou. Intenzívne je táto problematika vnímaná hlavne vtedy, ak dochádza k rastu cien nehnuteľností na bývanie, čím sa finančné nároky na obstaranie bývania alebo aj prenájmu ešte zvyšujú. Vývoj cien bývania zaujíma nielen tých, ktorí problém bývania aktuálne riešia, ale aj mnohých odborníkov v oblasti trhu s bývaním. Cieľom tohto analytického komentára je prispieť k hodnoteniu aktuálneho vývoja cien bývania pomocou jedného ukazovateľa, ktorý by poskytol orientačnú informáciu o miere rizika priebežného vývoja cien bývania na základe zohľadnenia viacerých súvzťažných ukazovateľov.

#### Východiská zostavovania kompozitného indexu vývoja cien nehnuteľností

Rastúcu cenu bývania nemožno automaticky spájať s nafukovaním realitnej bubliny. V prípade skúmania primeranosti vývoja cien bývania nás zaujíma aj súlad ich vývoja s ďalšími úzko súvisiacimi fundamentálnymi ukazovateľmi, ako je vývoj výkonnosti ekonomiky, príjmovej situácie, ceny prenájmu, objemov úverov a pod. na dopytovej strane, ale aj s ukazovateľmi na ponukovej strane trhu s bývaním. Doterajšie skúsenosti naznačujú, že vo väčšine prípadov je vývoj cien bývania skôr vysvetľovaný prostredníctvom dopytových faktorov.

Predpokladom na zostavenie kvalitného kompozitného indexu pre danú oblasť je výber vhodných parciálnych ukazovateľov. Odhliadnuc od rôznych národných špecifik, ktoré sú s výpovednou hodnotou rovnakých ukazovateľov v rozdielnom prostredí spojené, náš výber ukazovateľov si osvojil filozofiu pôvodného zostavovateľa kompozitného indexu na hodnotenie vývoja ceny bývania. Použili sme teda podobné parciálne ukazovatele, aké boli použité pri zostavovaní Swiss Real Estate Bubble index<sup>2</sup>. Faktory, resp. pomerové ukazovatele použité na tvorbu nášho kompozitného indexu sú nasledovné:

---

<sup>1</sup> Ku konštrukcii kompozitného indexu na hodnotenie vývoja ceny bývania nás inšpiroval pravidelne štvrťročne publikovaný UBS Swiss Real Estate Bubble Index, ktorý pozostáva z viacerých sub-indexov. Kompozitný index sa počíta ako priemer z detrendovaných hodnôt štandardizovaných parciálnych ukazovateľov, vážených pomocou analýzy hlavných komponentov. Hodnota indexu predstavuje vážený súčet odchýlok hodnôt parciálnych ukazovateľov od hodnôt ich dlhodobých trendov, pričom priemer odchýlok je normovaný na 0. Index nadobúda päť úrovní hodnôt, ktoré signalizujú: **prepad** ( $i < -1$ ), **rovnováhu** ( $-1 < i < 0$ ), **vzostup** ( $0 < i < 1$ ), **riziko** ( $1 < i < 2$ ) a **bublinu** ( $i > 2$ ) ceny bývania. Podrobnejšie pozri [http://www.ubs.com/global/en/wealth\\_management/wealth\\_management\\_research/bubble\\_index.html](http://www.ubs.com/global/en/wealth_management/wealth_management_research/bubble_index.html).

<sup>2</sup> V našom prípade sme nezaradili ukazovateľ o podiele investičných úverov na bývanie, t. j. takých úverov, ktoré sú určené na nákup nehnuteľností na bývanie za účelom ich ďalšieho prenájmania. Dôvodom nezaradenia tohto ukazovateľa je nedostupnosť potrebných údajov v podmienkach Slovenska.

- reálna cena za m<sup>2</sup> (podiel nominálnej ceny v €/m<sup>2</sup> a deflátoru spotrebiteľských výdavkov),
- pomer ceny k nájmu (podiel nominálnej ceny v €/m<sup>2</sup> a priemerného mesačného prenájmu v €),
- pomer ceny k príjmu (podiel nominálnej ceny v €/m<sup>2</sup> a hrubého disponibilného príjmu na obyvateľa),
- pomer úverov na bývanie k HDP (podiel stavu úverov na bývanie celkom a reálneho HDP) a
- pomer objemu produkcie bytových budov k HDP.

Všetky premenné, resp. parciálne pomerové ukazovatele použité na tvorbu kompozitného indexu boli detrendované za účelom zabezpečenia ich stacionarity, (s využitím Hodrick-Prescottovho filtra s nastavením  $\lambda=1600$ ). Z tohto faktu vyplýva, že absolútne hodnoty indexu v jednotlivých bodoch v čase sa môžu líšiť po pridaní ďalšieho pozorovania<sup>3</sup>. Zároveň platí, že výsledné časové rady predstavujú odchýlky od dlhodobých trendov. Jednotlivé premenné boli potom štandardizované (odčítaním priemerov od ich empirických hodnôt a podelením parciálnymi smerodajnými odchýlkami) a následne boli aplikované metódy popísané nižšie.

Z vývoja pôvodných hodnôt vybraných parciálnych ukazovateľov možno získať prvú orientačnú informáciu o tom, ktorým smerom (rast alebo tlmenie) jednotlivé parciálne ukazovatele vplývajú na úhrnnú hodnotu kompozitného indexu. Hodnoty väčšiny vybraných parciálnych ukazovateľov mali v 3. štvrtroku 2016 (ide o posledné obdobie, ku ktorému sú k dispozícii kompletne dáta) tendenciu tmiť výslednú hodnotu kompozitného indexu. Najvýraznejšiu tendenciu k zníženiu celkovej hodnoty kompozitného indexu v tomto období naznačoval ukazovateľ pomeru ceny bývania k nájmu. Jednoznačne v prospech rastu kompozitného indexu bol naklonený vývoj hodnôt ukazovateľa pomeru objemu stavov úverov na bývanie k HDP. Odhad na 4. štvrtrok 2016 indikuje zotrvanie v blízkosti hodnôt z predchádzajúceho obdobia, pričom najvýraznejší rozdiel je možné pozorovať v súvislosti s kladným efektom parciálneho ukazovateľa pomeru produkcie bytových budov k HDP.

Na vytvorenie kompozitného indexu hodnotenia vývoja ceny bývania **použijeme metódu hlavných komponentov a metódu minimalizácie predikčných chýb**. Na základe dosiahnutých výsledkov vyberieme jednu z použitých metód na zhodnotenie histórie aj aktuálneho vývoja cien bývania na Slovensku.

### Metóda hlavných komponentov

Metóda hlavných komponentov (principal components) patrí medzi metódy redukcie dimenzie. Základná myšlienka spočíva v transformovaní veľkého počtu navzájom súvisiacich premenných, resp. ukazovateľov na menšie množstvo nových premenných. Zároveň je snaha zachovať čo najviac z variability pôvodných údajov. Výsledné premenné, označované ako hlavné komponenty, sú potom nekorelované a zoradené tak, že prvých niekoľko komponentov obsahuje maximálny podiel variability východiskových premenných.

Technické vysvetlenie ponúka napríklad Jolliffe (2002). Predpokladajme, že  $\mathbf{x}$  je vektor  $n$  premenných. Metóda hlavných komponentov hľadá lineárnu funkciu  $\mathbf{a}_1^T \mathbf{x}$ , prvkov  $\mathbf{x}$  disponujúcu čo najväčším rozptylom, ktorú je možné zapísať ako:

$$\mathbf{a}_1^T \mathbf{x} = (a_{11} \quad \dots \quad a_{1n}) \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1n}x_n = \sum_{i=1}^n \alpha_{1i}x_i.$$

V ďalšom kroku sa hľadá funkcia  $\mathbf{a}_2^T \mathbf{x}$ , ktorá nebude korelovaná s  $\mathbf{a}_1^T \mathbf{x}$  a postupnými iteráciami sa po  $k$  krokoch dopracujeme až k  $\mathbf{a}_k^T \mathbf{x}$ , ktorá bude nekorelovaná so všetkými predchádzajúcimi funkciami, pričom každá z nich bude obsahovať maximálny možný rozptyl. Premenná  $\mathbf{a}_k^T \mathbf{x}$  je potom označovaná

<sup>3</sup> Empirické závery naznačujú, že revíziu hodnôt je možné pozorovať maximálne 10-12 období dozadu.

ako  $k$ -ty komponent. Obecné je možné skonštruovať až  $n$  komponentov, avšak vzhľadom na to, že cieľom je redukovať dimenziu dát (počet premenných), obvykle sa zaujímate o  $m$  komponentov, pričom  $m < n$ .

Samotný výpočet je založený na korelačnej matici vektora premenných  $\mathbf{x}^*$ <sup>4</sup>, ktoré vznikli štandardizovaním pôvodných premenných (čo znamená, že od jednotlivých premenných sa odpočítal ich priemer a získané parciálne rozdiely sa podelili príslušnými smerodajnými odchýlkami). Prvok korelačnej matice  $(i, j)$  pritom predstavuje korelačný koeficient medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým prvkom vektora  $\mathbf{x}^*$  a na diagonále sú jednotky (v praxi je typické použitie výberovej korelačnej matice). Pre  $k = 1, \dots, n$  platí, že  $k$ -ty hlavný komponent je v tvare  $z_k = \mathbf{a}_k^T \mathbf{x}$  kde  $\mathbf{a}_k$  je vlastný vektor korelačnej matice prislúchajúci  $k$ -temu najväčšiemu vlastnému číslu  $\lambda_k$  (keďže korelačná matica bude vždy pozitívne semidefinítaná, všetky vlastné čísla budú nezáporné). V prípade, že veľkosť vlastných vektorov bude normovaná na jednotku (matematicky  $\mathbf{a}_k^T \mathbf{a}_k = 1$ ), bude sa navyše rozptyl každého komponentu rovnať príslušnému vlastnému číslu ( $\text{var}(z_k) = \lambda_k$ ).

Keďže našim cieľom je vytvorenie jedného kompozitného indexu na základe vybraných parciálnych ukazovateľov, berie sa do úvahy iba vlastný vektor prislúchajúci práve najväčšiemu vlastnému číslu. Prvky tohto vektora teda budú predstavovať váhy jednotlivých štandardizovaných premenných v rámci indexu.

### Metóda minimalizácie predikčných chýb (RMSE)

Pri vytváraní kompozitného indexu, zloženého z viacerých premenných je nevyhnutné určiť akou mierou sa dané faktory budú podieľať na hodnote indexu. Okrem vyššie uvedenej metódy hlavných komponentov možno na tento účel využiť jednorozmerné ARMA modely zvlášť pre každú z originálnych premenných. Konkrétne, pre každý parciálny ukazovateľ je automaticky zvolený taký model, pri ktorom je minimalizovaná odmocnina zo strednej kvadratickej chyby (RMSE). Inými slovami, pre každú premennú je hľadaná kombinácia AR, MA, SAR a SMA zložiek, ktorá je schopná poskytnúť najlepšie predikcie. Každý model je odhadnutý na skrátenej vzorke a spočítavajú sa odchýlky skutočných hodnôt od postupných jednokrokových predikcií. RMSE potom predstavuje odmocninu z priemeru týchto odchýlok. Váhu danej premennej v rámci kompozitného indexu bude predstavovať inverzia RMSE. Takýmto spôsobom budú jednotlivé premenné zastúpené proporcionálne podľa toho, ako dobre sme schopní ich vývoj predpovedať bez použitia exogénnych faktorov.

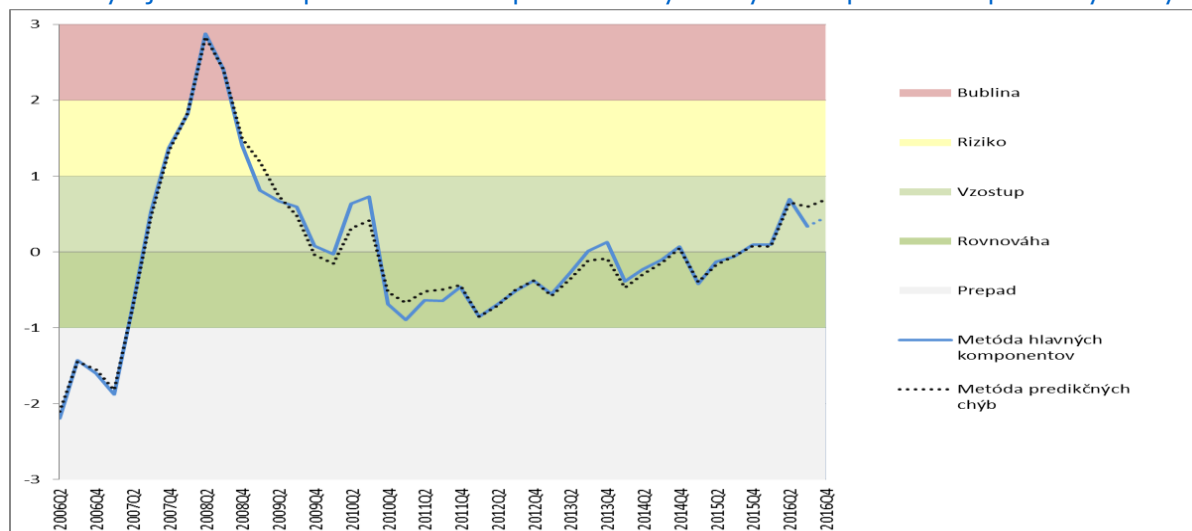
### Dosiahnuté výsledky

Zvolený prístup poskytuje výsledné hodnoty kompozitného indexu na základe metódy hlavných komponentov a metódy predikčných chýb, ktorých vývoj je znázornený v grafe 1. Z grafu vyplýva, že obidve použité metódy na vytvorenie kompozitného indexu hodnotenia vývoja ceny bývania poskytujú podobné výsledky, čo sa týka trendu i úrovne jednotlivých hodnôt tohto indexu. Index nadobúda päť rôznych úrovní hodnôt od prepadu až po bublinu<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Alternatívne je možné využiť i kovariančnú maticu. Jolliffe (2002) však uvádza, že v rámci práce s premennými nevyjadrenými v rovnakých jednotkách je vhodnejšie tieto premenné štandardizovať a ďalej pracovať s ich korelačnou maticou.

<sup>5</sup> Hraničné pásma vychádzajú z UBS Swiss Real Estate Bubble Index, nie je však vylúčené, že v budúcnosti budú korigované za účelom zachytenia určitých špecifik slovenského prostredia.

Graf 1 Vývoj hodnôt kompozitného indexu podľa metódy hlavných komponentov a predikčných chýb



Zdroj: NBS

Nasledujúca tabuľka 1 zobrazuje váhy, ktoré použité prístupy prisúdili jednotlivým premenným v percentách. Rozhodujúcu váhu v rámci oboch metód majú parciálne ukazovatele: reálna cena bývania a pomer ceny bývania k príjmu. V prípade metódy hlavných komponentov však váha hodnoty produkcie bytových budov k HDP a váha ceny k nájomnému zaostávajú len nepatrne za váhami určujúcich parciálnych ukazovateľov. Vplyv váhy úverov na bývanie k HDP je minimálny, avšak v prípade metódy predikčných chýb je mierne vyšší ako v prípade metódy hlavných komponentov.

Tabuľka 1 Váhy použitých parciálnych ukazovateľov

Premenná	Metóda hlavných komponentov	Metóda predikčných chýb
Reálna cena	0.28	0.34
Cena k prenájomu	0.24	0.12
Cena k príjmu	0.27	0.31
Úvery na bývanie k HDP	0.04	0.10
Objem produkcie bytových budov k HDP	0.17	0.14

Zdroj: vlastné výpočty

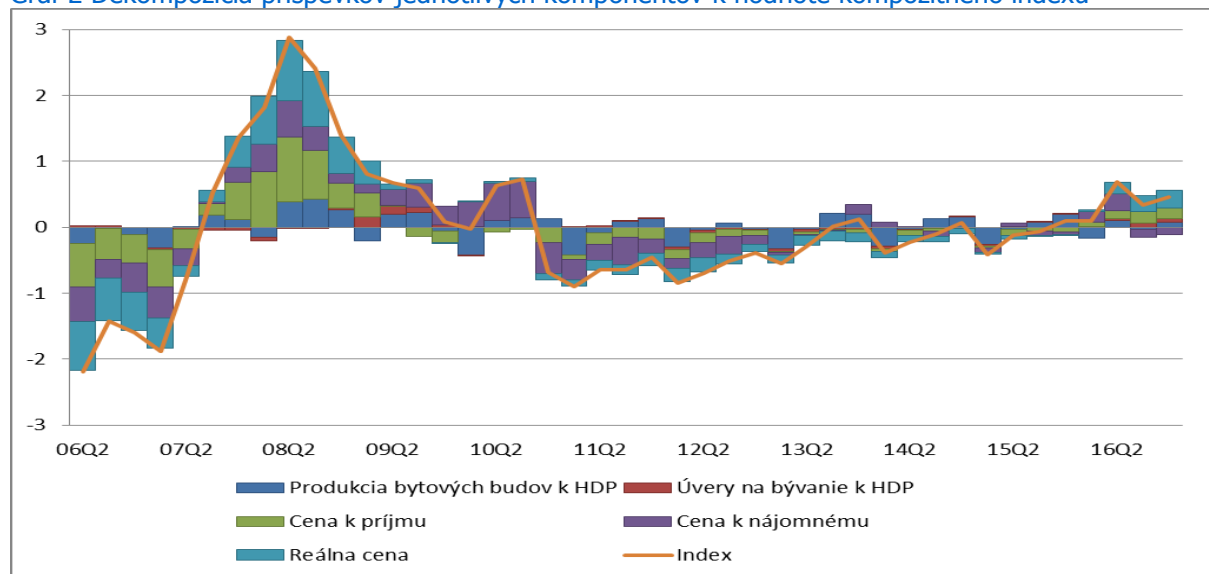
Pri rozhodovaní o výbere favorizovanej metódy na zostavovanie kompozitného indexu hodnotenia vývoja ceny bývania **sme sa priklonili k metóde hlavných komponentov**. Pri tejto metóde je vývoj ceny bývania pomerne rovnomerne ovplyvňovaný štyrmi vybranými parciálnymi pomerovými ukazovateľmi a len minimálne ukazovateľom pomeru stavu úverov na bývanie k HDP. Pri metóde predikčných chýb je vývoj ceny bývania ovplyvňovaný až takmer z tretiny reálnou cenou bývania a rovnako ukazovateľom cena k príjmu, kým ostatné parciálne ukazovatele vykazujú oveľa menší vplyv.

Vypočítané hodnoty kompozitného indexu na hodnotenie vývoja ceny bývania signalizujú do polovice roku 2007 obdobie prepadu cien bývania na Slovensku. Následne do konca roku 2007 sa jeho hodnoty nachádzali v pásme rovnovážnej ceny bývania. V podstate v priebehu 1. štvrťroka 2008 presiahli hodnoty kompozitného indexu rizikové pásmo a posunuli sa do pásma realitnej bubliny, v ktorom zotrvali až do konca roku 2008 s dosiahnutým vrcholom v 2. štvrťroku 2008. Následná postupná korekcia priemernej ceny bývania sa skončila zhruba v roku 2010 a od jeho záveru až do 3. štvrťroka 2015 sa podľa kompozitného indexu nachádzali ceny bývania na Slovensku v pásme relatívnej rovnováhy. Od konca roku 2015 hodnoty kompozitného indexu začali dynamickejšie rásť. Aktuálne sa hodnota kompozitného indexu na hodnotenie vývoja ceny bývania nachádza v pásme

vzostupu. Stále však je pod pásmom rizikového vývoja a relatívne ďaleko od pásma realitnej cenovej bubliny.

Na hodnoty kompozitného indexu sa možno pozrieť aj z pohľadu príspevkov jednotlivých parciálnych ukazovateľov. Ich veľkosť z hľadiska historickej dekompozície hodnôt kompozitného indexu vo veľkej miere determinujú váhy analyzovaných faktorov. Na výslednej hodnote kompozitného indexu sa v rámci zvolenej metódy hlavných komponentov relatívne rovnomerne podieľajú 4 parciálne ukazovatele, kým príspevok úverov na bývanie k HDP je len sotva pozorovateľný.

Graf 2 Dekompozícia príspevkov jednotlivých komponentov k hodnote kompozitného indexu



Zdroj: vlastné výpočty

Z grafu 2 vyplýva, že v období výraznejších zmien (rastov aj poklesov) hodnôt kompozitného indexu príspevky jednotlivých parciálnych ukazovateľov pôsobia takmer rovnakým smerom a v relatívne podobných pomeroch. V obdobiach, kedy hodnoty kompozitného indexu oscilujú okolo nuly, resp. v období relatívne stabilizovaných cien bývania, môžu príspevky jednotlivých parciálnych ukazovateľov pôsobiť aj vzájomne protichodne.

Vypočítané hodnoty kompozitného indexu na hodnotenie vývoja ceny bývania v doterajšej histórii slovenského trhu s bývaním sa pohybovali pomerne logicky (v relatívnom súlade s vývojom nominálnej ceny bývania) vo všetkých možných škálach od prepadu až po bublinu. To v nás vzbudzuje nádej, že ho budeme môcť používať na získanie informácie o miere hroziaceho rizika vo vývoji ceny bývania aj v nasledujúcom období. Zvolený prístup budeme priebežne testovať so snahou o to, aby čo najlepšie zodpovedal slovenským podmienkam.

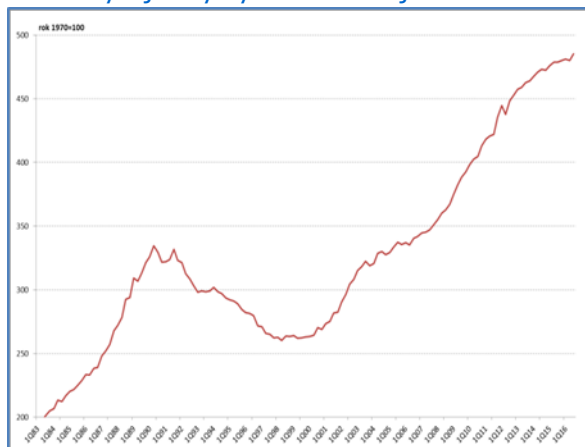
### Použitá literatúra

1. Igan, D.-Loungani, P.: Global Housing Cycles. IMF WP/12/217, August 2012
2. Jolliffe, I.T. (2002): „Principal Component Analysis.“ 2nd edition. Springer series in statistics. ISBN 0-387-95442-2.

Mikuláš Cár, Roman Vrbovský ([analytici@nbs.sk](mailto:analytici@nbs.sk))

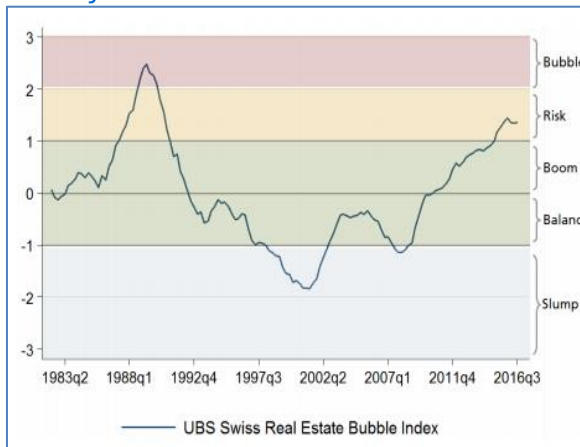
## Príloha

Graf 3 Vývoj ceny bývania vo Švajčiarsku



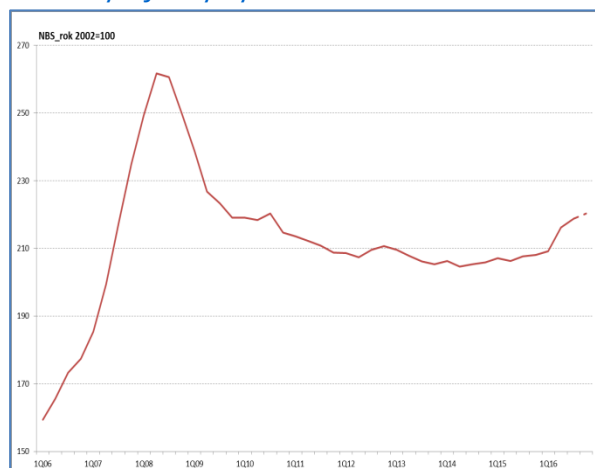
Zdroj: BIS

Graf 4 Kompozitný index vývoja ceny bývania vo Švajčiarsku



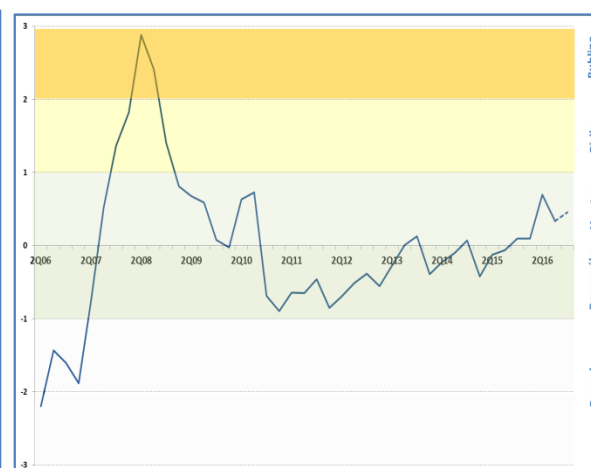
Zdroj: UBS

Graf 5 Vývoj ceny bývania na Slovensku



Zdroj: NBS

Graf 6 Kompozitný index vývoja ceny bývania na Slovensku



Zdroj: NBS

Z dvojíc grafov (3, 4 a 5, 6) možno dedukovať, nakoľko kompozitný index hodnotenia vývoja ceny bývania reflektuje skutočnosť. Z hľadiska trendov vo dvojiciach grafov za rovnakú krajinu je možno hovoriť tak v prípade Švajčiarska ako aj v prípade Slovenska o ich relatívnej podobnosti. Z hľadiska vývoja konkrétnych hodnôt kompozitných indexov možno pozorovať ich väčšiu stabilitu v predchádzajúcich obdobiach ako v aktuálnom období<sup>6</sup>. Napriek uvedenému možno hodnoty kompozitných indexov a hlavne ich trendy považovať za užitočnú informáciu pokiaľ ide o kvantifikovanie možného rizika vo vývoji cien bývania.

<sup>6</sup> Je to dôsledok filtrovania jednotlivých parciálnych ukazovateľov a opakovaného prepočtu váhovej schémy po každom štvrtroku. Veľkosť odchýlky smerom do minulosti konverguje k nule (zhruba 10 – 12 štvrtrokov dozadu).