

Istraživanja I-38

---

# Procjena potencijalnog outputa u Republici Hrvatskoj primjenom multivarijantnog filtra

---

Nikola Bokan i Rafael Ravnik

Zagreb, svibanj 2012.





HNB

ISTRAŽIVANJA I-38

## **IZDAVAČ**

Hrvatska narodna banka  
Direkcija za izdavačku djelatnost  
Trg hrvatskih velikana 3, 10002 Zagreb  
Telefon centrale: 01/4564-555  
Telefon: 01/4565-006  
Telefaks: 01/4564-687

## **WEB-ADRESA**

[www.hnb.hr](http://www.hnb.hr)

## **GLAVNI UREDNIK**

Evan Kraft

## **UREDNIŠTVO**

Ljubinko Jankov  
Gordi Sušić  
Maroje Lang  
Boris Vujčić

## **UREDNIKA**

Romana Sinković

## **GRAFIČKI UREDNIK**

Slavko Križnjak

## **DIZAJNER**

Vjekoslav Gjergja

## **LEKTORICA**

Sanda Uzun-Ikić

## **TISAK**

Stega tisak d.o.o.

Za stajališta iznesena u ovom radu odgovorni su autori i ta stajališta nisu nužno istovjetna službenim stajalištima Hrvatske narodne banke.

Molimo korisnike ove publikacije da prilikom korištenja podataka obavezno navedu izvor.

Sve eventualno potrebne korekcije bit će unesene u web-verziju.

Tiskano u 400 primjeraka

**ISSN 1332-1900 (tisak)**

**ISSN 1334-0077 (online)**



HNB

HRVATSKA NARODNA BANKA

ISTRAŽIVANJA I-38

---

## Procjena potencijalnog outputa u Republici Hrvatskoj primjenom multivarijantnog filtra

---

Nikola Bokan i Rafael Ravnik

Zagreb, svibanj 2012.



---

## Sažetak

U ovom je radu procijenjen potencijalni output Republike Hrvatske za razdoblje od prvog tromjesečja 2000. do četvrtog tromjesečja 2010. godine primjenom kombinacije multivarijantnoga Kalmanova filtra i metode regularizirane maksimalne vjerodostojnosti. Radi procjene potencijalnog outputa konstruiran je dinamički makroekonomski model, sličan onome u Benes *et al.* (2010.), u kojemu pri determiniranju potencijalnog outputa i njegova jaza najvažniju ulogu ima stopa temeljne inflacije. Iz tog se razloga ovdje definirani potencijalni output može tumačiti kao razina proizvodnje koju je moguće održati u dugom roku, a da se pritom ne stvara pritisak ni na rast ni na pad temeljne inflacije. Osim navedene stope inflacije u model su uključene i neke od ostalih relevantnih ekonomskih serija, kao što su stopa nezaposlenosti, trgovina na malo, indeks industrijske proizvodnje i manjak na tekućem računu, čije zanemarivanje, kao što je slučaj kod univarijantnih filtara, može rezultirati pristranošću pri procjeni potencijalnog outputa.

Iz rezultata procjene može se vidjeti kako se output nalazio ispod svoje potencijalne razine do drugog tromjesečja 2002. godine, nakon čega je slijedilo razdoblje od gotovo sedam godina u kojemu je output bio iznad potencijala, a u drugom tromjesečju 2009. godine output se ponovo vraća ispod potencijalne razine, gdje ostaje do kraja promatranog razdoblja. Tijekom posljednjega navedenog razdoblja nije došlo samo do pada realiziranog outputa već je pao i sam potencijalni output.

### Ključne riječi:

potencijalni output, jaz outputa, multivarijantni filter

### JEL klasifikacija:

C53, E31, E32

---

Autori zahvaljuju Jaromiru Benesu, Petru Manchevu, Davidu Vavri te posebno Rubenu Atoyanu na pomoći pri konstrukciji Matlab kodova, kao i anonimnim recenzentima na korisnim komentarima. U ovom su radu iznesena osobna mišljenja autora, koja ne izražavaju nužno službena stajališta Hrvatske narodne banke.

---

# Sadržaj

1. Uvod	1
2. Opis modela	3
3. Metodologija procjene i korišteni podaci	6
4. Rezultati	9
4.1. Potencijalni output, jaz outputa i inflacija	9
4.2. Utjecaj promjena jaza i potencijalnog outputa na promjenu realiziranog outputa	10
4.3. Relativna robustnost multivarijantnog filtra	10
5. Zaključak	11
6. Literatura	12
Dodaci	13



---

# 1. Uvod

Već dugi niz godina procjena potencijalnog outputa jedan je od većih problema i u ekonomskoj analizi i u provođenju ekonomske politike. Problem proizlazi iz nemogućnosti izravnog mjerenja (opažanja) same vrijednosti potencijalnog outputa, zbog čega je onemogućen i izračun viška (manjka) agregatne potražnje, tj. jaza outputa (engl. *output gap*). Važnost procjene potencijalnog outputa ogleda se u činjenici da mehanizam utjecaja monetarne politike na inflaciju uvelike ovisi o prilagodbi monetarne politike kretanju viška agregatne potražnje, kao i o uspjehu u postizanju postavljenih ciljeva, te su stoga mjerenje i razumijevanje samih izmjenjenih vrijednosti potencijalnog outputa nezaobilazna odrednica uspješnog vođenja monetarne politike. Kako je kretanje potencijalnog outputa važan pokazatelj poslovnih ciklusa, prikladan način njegova izračuna važan je i za uspješno vođenje fiskalne politike. Dodatna je motivacija za procjenu potencijalnog outputa u Republici Hrvatskoj nepostojanje recentnih domaćih istraživanja povezanih s tom problematikom. Jedino je Vrbanc (2006.) procijenila potencijalni output, i to metodom proizvodne funkcije, dok se ostale metode nisu primjenjivale.

Definicija potencijalnog outputa kao i pokušaj i prepoznavanje problema izračuna potencijalnog outputa datiraju još od Okuna (1962.), a tijekom proteklih četrdesetak godina pojavio se cijeli niz različitih metoda primjenjivanih za njegovu što bolju procjenu. Jedna od najčešće primjenjivanih metoda sastoji se od postuliranja veze između dostupnih proizvodnih faktora rada, kapitala, sirovina i tehnologije te outputa putem neke proizvode funkcije, pri čemu bi se tekuća razina potencijalnog outputa definirala kao ona razina određena sadašnjom vrijednošću fiksnih inputa proizvodnje te “održivom” vrijednošću varijabilnih inputa. Kao što je navedeno u Benes i N’Diaye (2004.), premda proizvodna funkcija utjelovljuje vezu između tržišta rada i tržišta dobara, u praktičnoj primjeni upotreba proizvodne funkcije ne pridonosi znatno poboljšanju procjene potencijalnog outputa, jer se neizvjesnost procjene potencijalnog outputa pretvorila u neizvjesnost procjene ukupne faktorske produktivnosti.

Noviji pristupi izračunu potencijalnog outputa zasnivaju se na nekoj od statističkih metoda filtriranja, tj. na upotrebi specifičnih metoda analize vremenskih serija, pri čemu se dobiva procijenjena vremenska serija podataka koja reprezentira trend. Ta se vremenska serija, pak, tumači kao prikaz ravnotežnih vrijednosti originalne vremenske serije. U svom najjednostavnijem obliku filtriranje se može primijeniti samo na jednu vremensku seriju (univarijantni filter), pri čemu se za izračun trend-linija koristi samo informacijama sadržanima u analiziranoj seriji.

Jedan je od najčešće korištenih univarijantnih filtara Hodrick-Prescottov (HP) filter.<sup>1</sup> Jednostavnost primjene jedan je od najvažnijih razloga njegove velike popularnosti. Kod navedenog filtra trendovi predstavljaju dvostrane pomične prosjeke, pri čijem se izračunu u svakom razdoblju uzimaju u obzir prošli, ali i budući podaci. Pri korištenju HP filtra, ali i sličnih univarijantnih filtara, potrebno je unaprijed pretpostaviti vrijednost

---

1 Više o univarijantnim filtrima vidi u Hodrick i Prescott (1981.) ili Baxter i King (1999.).

parametra kojim se determinira izglađenost serije. Na taj je način istraživaču omogućeno kontrolirati krajnji rezultat arbitrarnim odabirom vrijednosti za navedeni parametar, dok sama metodologija ne može na osnovi ugrađenoga objektivnoga kriterija ponuditi odgovor na pitanje koliko bi izglađena serija trebala biti. U nedostatku formalnoga kriterija unutar same metodologije ostaje mogućnost određivanja vrijednosti za parametar na osnovi određenih pretpostavki samog istraživača ili specificiranjem šireg problema procjene, pri čemu će se sama vrijednost parametra odrediti na osnovi nekoga kriterija koji nije obuhvaćen samom izvornom metodologijom. Primjerice, za slučaj potencijalnog outputa Laxton i Tetlow (1992.) te Benes i N'Diaye (2004.) navode da bi se kod HP filtra izglađenost serije trebala određivati u skladu s prirodom šokova u promatranoj ekonomiji. Naime, ako su šokovi na strani agregatne potražnje izraženiji, tada potencijalni output neće približno pratiti kretanje realiziranog outputa te je potrebno uzimati visoke vrijednosti parametra koji determinira izglađenost serije. Nasuprot tome, u slučaju prevladavajućih šokova na strani agregatne ponude, serija potencijalnog outputa više će slijediti seriju realiziranog outputa te bi u ovom slučaju prikladno bilo uzeti nižu vrijednost parametra izglađenosti.

Međutim, s upotrebom univarijantnih filtara povezan je cijeli niz problema. Jedan od nedostataka univarijantnih filtara jest nepreciznost procijenjenih serija, koja se povećava s približavanjem kraju promatranog uzorka. Ta se nepreciznost očituje u revidiranju serije zbog promjene veličine uzorka, što je posljedica same konstrukcije takvih filtara. Naime, zbog nedostupnosti budućih realiziranih vrijednosti na kraju uzorka HP filter takve vrijednosti prognozira, pa se produživanjem uzorka objavljivanjem novih podataka te procjene nužno revidiraju.

Dodatni problem proizlazi iz činjenice da univarijantni filteri ne uzimaju u obzir važne ekonomske informacije sadržane u drugim vremenskim serijama te zbog toga mogu rezultirati velikom pristranošću procjene. Benes *et al.* (2010.) kao primjer navode situaciju opaženu kod razvijenih zemalja u kojima je u posljednjih desetak godina monetarna politika bila primarno usmjerena na borbu protiv inflacije, što je rezultiralo prolongiranim negativnim jazom potencijalnog outputa. Ne uzimajući pri analizi u obzir ovu informaciju, procjena potencijalnog outputa rezultira njegovim podcjenjivanjem, a samim time i podcjenjivanjem jaza.

Upravo zbog navedenih problema vezanih uz univarijantne filtre u ovom se radu primjenjuje metodologija zasnovana na multivarijantnom filtru te će se usporediti prosječna revizija filtrirane serije za HP filter s prosječnom revizijom serije dobivenom multivarijantnim filtrom, kako bi se donijeli zaključci o stabilnosti dobivenih serija potencijalnog outputa za obje metode. Osnovna ideja multivarijantnog filtra sastoji se u korištenju informacija sadržanih ne samo u podacima o outputu jedne ekonomije nego i u podacima o nekim drugim ekonomski relevantnim vremenskim serijama. Potrebno je naglasiti da se u ovom radu procijenjene trend-vrijednosti tumače kao ravnotežne vrijednosti koje su usko povezane s inflacijom. Preciznije, trend-vrijednosti, koje se uzimaju kao osnova za izračun vrijednosti jazova unutar ekonomije, koji zauzvrat definiraju osnovne determinante inflacijske dinamike te drugih potencijalno važnih ekonomskih kategorija, unutar ove metodologije određene su na način da (barem djelomično) omogućuju opis kretanja ovih kategorija. Iz toga proizlazi da bi bilo pogrešno tumačiti dobivene vrijednosti potencijalnog outputa kao one maksimalne vrijednosti koje bi određena ekonomija mogla ostvariti koristeći se raspoloživim resursima na najbolji mogući način bez ograničenja.

Stoga je u ovom radu potencijalni output definiran kao “razina outputa koju je moguće održati zauvijek, a da pritom ne dođe do stvaranja pritisaka ni na rast ni pad inflacije” (Benes *et al.*, 2010., str. 5), pri čemu se može očekivati da će inflacija biti stabilna kada je potencijalni output blizak realiziranom, dok će rast odnosno pad inflacije biti vezani za razdoblje pozitivnog odnosno negativnog jaza outputa. Međutim, ne postoji objektivan razlog zbog čega bi analiza trebala biti ograničena na isključivu dodatnu informativnost sadržanu u vremenskoj seriji opažene inflacije. Upravo zbog toga u ovom radu multivarijantni filter uključuje interakcijske veze između outputa i potencijalnog outputa te inflacije, nezaposlenosti, industrijske proizvodnje i tekućeg računa bilance plaćanja u obliku maloga dinamičkoga makroekonomskog modela, pri čemu se simultano procjenjuju nepoznati parametri modela kao i neopažene vremenske serije (potencijalni output, industrijska proizvodnja, nezaposlenost). Autori (Benes *et al.*, 2010., str. 6) naglašavaju da ovaj pristup sadržava “fleksibilnost koja ostavlja procijenjenom rastu prostor da varira u skladu s recentnim informacijama, dok u isto vrijeme uzima u obzir stabilnost trendova uočljivih u dužim vremenskim serijama”.

Sadašnja gospodarska situacija u Republici Hrvatskoj dodatno povećava važnost pravilne procjene i

analize potencijalnog outputa te utjecaja financijske krize na njegovo kretanje i njegov jaz. Naime, u razdoblju od 2003. do 2008. hrvatsko je gospodarstvo obilježavala relativno visoka stopa gospodarskog rasta, koja je ostvarena uz stabilnu inflaciju. Zbog svjetske financijske krize situacija se znatno promijenila. Pad izvoza i zastoje u priljevu kapitala rezultirali su padom potrošnje i investicija te samim time i padom ukupnog outputa. Dok je dio pada cikličan, dio zasigurno odražava smanjenje rasta, pa i razine potencijalnog BDP-a. Može se pretpostaviti da je financijska kriza mogla izravno dovesti do pada razine potencijalnog outputa, što bi moglo biti povezano s padom kapitalnih priljeva i porastom cijene kapitala. To je djelomično posljedica promjene globalne sklonosti riziku, ali i porasta zaduživanja države na stranim tržištima. Osim toga, kriza je vrlo vjerojatno izravno dovela i do pada razine kapitala zbog propasti pojedinih poduzeća i obustave investicijskih projekata, posebice u sektorima nerazmjernih dobara.

Upravo je navedeni utjecaj financijske krize na dugoročno kretanje hrvatskog outputa vidljiv u dobivenim rezultatima, gdje je osim pada cikličke komponente također vidljiv pad potencijalnog outputa tijekom 2009. i 2010. godine. Osim toga, rezultati jasno odražavaju uzajamno kretanje jaza outputa i stope inflacije, a ostvareni maksimum (i minimum) jaza outputa također se približno poklapaju s ostvarenim maksimumom (i minimumom) stope inflacije. Prednost korištenja multivarijantnog filtra u odnosu na univarijantnu metodu procjene potencijalnog outputa potvrđena je testom robustnosti na promjenu uzorka.

Rad je strukturiran na sljedeći način. Drugo poglavlje opisuje strukturu maloga makroekonomskog modela koji se primjenjuje za izračun potencijalnog outputa u Republici Hrvatskoj. Treće poglavlje opisuje metodologiju primijenjenu pri procjeni parametara modela kao i skup podataka upotrijebljenih u ovoj analizi. U četvrtom poglavlju analizirana su obilježja procijenjenoga potencijalnog outputa, jaza outputa, uzajamnoga kretanja inflacije i jaza outputa, utjecaja promjene jaza outputa na realizirani output te je ispitana relativna robustnost jaza outputa, a posljednje je poglavlje zaključak.

## 2. Opis modela

Sljedeći Benes *et al.* (2010.) te El-Ganainy i Weber (2010.) definirat ćemo tri različita jaza prisutna u modelu, i to jaz outputa (*output gap*), jaz nezaposlenosti i jaz industrijske proizvodnje. Model ćemo dodatno proširiti specifikacijom jaza trgovine na malo i jaza manjka na tekućem računu. Jaz outputa definiran je kao razlika logaritma stvarnoga (realiziranog) outputa,  $Y_t$ , i potencijalnog outputa,  $\bar{Y}_t$ :

$$y_t = 100 \cdot [\log(Y_t) - \log(\bar{Y}_t)] \quad (1)$$

Jaz nezaposlenosti definirat ćemo kao razliku između ravnotežne (NAIRU),  $\bar{U}_t$ , i aktualne stope nezaposlenosti,  $U_t$ :

$$u_t = \bar{U}_t - U_t \quad (2)$$

Za indeks industrijske proizvodnje i trgovine na malo jazovi su definirani primjenom godišnje stope rasta.<sup>2</sup> Tako je jaz godišnje stope rasta industrijske proizvodnje,  $G_t^{indpr}$ , definiran kao razlika između godišnje stope rasta stvarne industrijske proizvodnje,  $G_t^{INDPR}$ , i ravnotežne godišnje stope rasta,  $G_t^{\bar{INDPR}}$ .

$$G_t^{indpr} = G_t^{INDPR} - G_t^{\bar{INDPR}} \quad (3)$$

2 Samo su za navedene dvije varijable jazovi izraženi u godišnjim stopama rasta, dok su za ostale varijable oni izraženi u razinama. Trgovina na malo i indeks industrijske proizvodnje korišteni su u navedenom obliku, jer se uključivanjem navedenih varijabli u takvom obliku povećava informacijski skup koji je raspoloživ u Kalmanovu filtru, čime se poboljšava, tj. unaprjeđuje pouzdanost procjene jaza i potencijalnog outputa.

Na isti način kao i kod industrijske proizvodnje jaz godišnje stope rasta trgovine na malo definirat ćemo kao razliku između stvarne godišnje stope rasta i odgovarajuće ravnotežne godišnje stope rasta, što je prikazano sljedećom jednadžbom:

$$G_t^{mm} = G_t^{TNM} - \overline{G_t^{TNM}} \quad (4)$$

Jaz manjka na tekućem računu definiran je na sličan način, s napomenom da je prikazan u razinama, a ne u stopama rasta:

$$dtr_t = DTR_t - \overline{DTR_t} \quad (5)$$

Godišnju stopu temeljne (*core*) inflacije,  $\pi_4$ , definiranu kao stopa promjene temeljnog indeksa potrošačkih cijena u odnosu na isto tromjesečje prethodne godine, opisuje sljedeća jednadžba:

$$\pi_4 = \pi_4_{t-1} + \beta y_t + \Omega(y_t - y_{t-1}) + \varepsilon_t^{\pi_4} \quad (6)$$

Osim jaza outputa koji predstavlja uobičajeni kratkoročni raskorak (engl. *trade-off*) te inflacije s jednim vremenskim pomakom unazad (lagirane inflacije), u ovu je jednadžbu uključena i prva diferencija jaza outputa kojom se uvodi određeni stupanj rigidnosti u proces prilagodbe ekonomije. Kao što je objašnjeno u Benes *et al.* (2010.), u slučaju da je  $y_t$  negativan, a diferencija  $y_t - y_{t-1}$  pozitivna, tj. u slučaju izlaska iz recesije, promjena jaza ublažila bi utjecaj samog jaza na stopu inflacije te bi na taj način obuhvatila efekte ograničenja brzine prilagodbe koji proizlaze iz ograničenosti kapaciteta pojedinih sektora ekonomije. Ovdje treba naglasiti kako je koeficijent uz lagiranu inflaciju jednak jedan. To omogućuje tumačenje stope lagirane inflacije kao zamjenske varijable za inflacijska očekivanja. Osim navedenog, potrebno je uočiti kako ovakva restrikcija implicira potpunu odsutnost raskoraka između outputa i inflacije u dugom roku.

Kako bismo doveli u vezu proizvodnju i jaz nezaposlenosti koristimo se modificiranom verzijom Okunova zakona, što je opisano sljedećom jednadžbom:

$$u_t = \phi_1 u_{t-1} + \phi_2 y_t + \varepsilon_t^u \quad (7)$$

Modifikacija je posljedica empirijske činjenice koja upućuje na zakašnjeni utjecaj promjene proizvodnje na promjenu nezaposlenosti.

Benes *et al.* (2010.) specificiraju vezu između jaza outputa i iskorištenosti kapaciteta sličnu onoj postuliranoj korištenjem Okunova zakona, te na taj način implicitno pretpostavljaju informacijsku značajnost iskorištenosti kapaciteta proizvodnje za procjenu i potencijalnog outputa i njegova jaza. Zbog nepostojanja vremenske serije o iskorištenosti kapaciteta u Republici Hrvatskoj, umjesto navedenima u ovom modelu koristit ćemo se serijama indeksa industrijske proizvodnje i indeksa trgovine na malo za koje je također razumno pretpostaviti da posjeduju značajan informacijski sadržaj potreban za pouzdanu procjenu potencijalnog outputa i njegova jaza. Veza između jaza godišnje stope rasta industrijske proizvodnje te jaza outputa kao i veza između jaza godišnje stope rasta trgovine na malo te jaza outputa definirane su sljedećim jednadžbama:

$$G_t^{indpr} = \kappa_1 G_{t-1}^{indpr} + \kappa_2 y_t + \varepsilon_t^{indpr} \quad (8)$$

$$G_t^{mm} = \kappa_3 G_{t-1}^{mm} + \kappa_4 y_t + \varepsilon_t^{mm} \quad (9)$$

Osim navedenih odnosa definirat ćemo vezu između jaza manjka na tekućem računu i jaza outputa koristeći se sljedećom jednadžbom:

$$dtr_t = \kappa_5 dtr_{t-1} + \kappa_6 y_t + \varepsilon_t^{dtr} \quad (10)$$

Može se očekivati da će parametri  $\kappa_2$ ,  $\kappa_4$  i  $\kappa_6$  biti veći od jedan jer ovakvo očekivanje odražava pretpostavku o snažnijoj fluktuaciji industrijske proizvodnje, trgovine na malo i manjka na tekućem računu od one na razini cjelokupne ekonomije.

Nakon što smo definirali strukturu modela vezanu uz različite jazove, u nastavku ćemo definirati jednadžbe koje opisuju kretanje ravnotežnih vrijednosti. Ravnotežna stopa nezaposlenosti (NAIRU), osim o svojoj vrijednosti u prošlom razdoblju,  $\bar{U}_{t-1}$ , ovisi i o odstupanju te vrijednosti od fiksne dugoročne (engl. *steady state*) vrijednosti nezaposlenosti,  $\bar{U}_{t-1} - U^{SS}$ , kao i o jazu outputa iz prošlog razdoblja. Dodatno su u specifikaciju uključena i dva stohastička elementa, od kojih se jedan odnosi na privremeni šok,  $\varepsilon_t^{\bar{U}}$ , a drugi na dugotrajniji šok na ravnotežnu stopu nezaposlenosti,  $G_t^{\bar{U}}$ .

$$\bar{U}_t = \bar{U}_{t-1} + G_t^{\bar{U}} - \frac{\omega}{100}y_{t-1} - \frac{\lambda}{100}(\bar{U}_{t-1} - U^{SS}) + \varepsilon_t^{\bar{U}} \quad (11)$$

Pretpostavit ćemo da stohastički element  $G_t^{\bar{U}}$  slijedi autoregresivni proces prvog reda definiran kao:

$$G_t^{\bar{U}} = (1 - \alpha)G_{t-1}^{\bar{U}} + \varepsilon_t^{G^{\bar{U}}} \quad (12)$$

Ovakva specifikacija, premda dopušta dugotrajniji utjecaj šoka na NAIRU, pretpostavlja konstantnu (fiksnu) nezaposlenost na razini *steady state* vrijednosti u dugom roku.

Potencijalni output opisan je sljedećom jednadžbom:

$$\bar{Y}_t = \bar{Y}_{t-1} - \theta(\bar{U}_t - \bar{U}_{t-1}) - (1 - \theta)(\bar{U}_{t-1} - \bar{U}_{t-20})/19 + G_t^{\bar{Y}}/4 + \varepsilon_t^{\bar{Y}} \quad (13)$$

Jednadžbu specificira potencijalni output kao funkciju vrijednosti potencijalnog outputa iz prošlog razdoblja, stope rasta trenda potencijalnog outputa,  $G_t^{\bar{Y}}$ , šoka,  $\varepsilon_t^{\bar{Y}}$ , te promjene ravnotežne stope nezaposlenosti u kratkom i srednjem roku. Promjena ravnotežne stope nezaposlenosti,  $\bar{U}_t - \bar{U}_{t-1}$ , predstavlja utjecaj na rast ravnotežnog outputa preko Cobb-Douglasove proizvodne funkcije, gdje  $\theta$  označuje udio rada u ukupnoj proizvodnji. Drugi element,  $\bar{U}_{t-1} - \bar{U}_{t-20}$ , koji je razlika ravnotežne nezaposlenosti između devetnaest razdoblja, utjelovljuje efekt inducirane promjene u razini kapitala. Preciznije, porast ravnotežne stope nezaposlenosti,  $\bar{U}_t$ , od 1% dovest će do pada potencijalnog outputa u iznosu od  $\theta\%$  unutar istog razdoblja. Međutim, ovaj negativni efekt nastavit će se u sljedećih devetnaest razdoblja, što će naposljetku rezultirati dugoročnim padom potencijalnog outputa u iznosu od 1%.

Stopa rasta trenda potencijalnog outputa opisana je sljedećim stohastičkim procesom:

$$G_t^{\bar{Y}} = \tau G_{SS}^{\bar{Y}} + (1 - \tau)G_{t-1}^{\bar{Y}} + \varepsilon_t^{G^{\bar{Y}}} \quad (14)$$

Ova jednadžba implicira da stopa rasta nije konstantna, već je dopušteno njezino odstupanje od *steady state* stope rasta, pri čemu su odstupanja serijski korelirana.

Slično prethodnoj specifikaciji, ravnotežna vrijednost godišnje stope rasta industrijske proizvodnje, godišnje stope rasta trgovine na malo i manjka na tekućem računu opisane su sljedećim stohastičkim procesima:

$$G_t^{\overline{INDPR}} = (1 - a)G_{t-1}^{\overline{INDPR}} + aG^{\overline{INDPR}_{SS}} - \varepsilon_t^{\overline{INDPR}} \quad (15)$$

$$G_t^{\overline{TNM}} = (1 - c)G_{t-1}^{\overline{TNM}} + cG^{\overline{TNM}_{SS}} + \varepsilon_t^{\overline{TNM}} \quad (16)$$

$$\overline{DTR}_t = (1 - d)\overline{DTR}_{t-1} + dG^{\overline{DTR}_{SS}} + \varepsilon_t^{\overline{DTR}} \quad (17)$$

Očekivana ciljna inflacija,  $\pi 4^{LTE}$ , također je uključena u model:

$$\pi 4_t^{LTE} = \pi 4_{t-1}^{LTE} + \varepsilon_t^{\pi 4^{LTE}} \quad (18)$$

U slučaju promjene režima monetarne politike ili za vrijeme kolebljivih režima varijanca od  $\varepsilon_t^{\pi^{4LFE}}$  veća je nego u stabilnijem režimu. U slučaju fiksnog tečaja, gdje nije moguće postaviti stabilan cilj za inflaciju, varijanca će također biti velika.

Ono što je uobičajeno kod monetarnih modela ciljne inflacije specifikacija je reakcijske funkcije kamatne stope kao instrumenta pomoću kojeg se postiže ciljna inflacija, pri čemu je Phillipsova krivulja ključni element složenog mehanizma preko kojega kamatna stopa djeluje na temeljnu inflaciju. Naposljetku, monetarna politika utječe na temeljnu inflaciju utječući na jaz outputa. U ovom modelu navedeni je efekt ponešto izmijenjen i djeluje preko sljedeće jednadžbe jaza outputa, gdje pozitivno odstupanje inflacije od ciljne inflacije u prethodnom razdoblju negativno utječe na trenutačni jaz outputa.

$$y_t = \rho_1 y_{t-1} - \frac{\rho_2}{100} (\pi_{4,t-1} - \pi_{4,t-1}^{LFE}) + \varepsilon_t^y \quad (19)$$

Potrebno je naglasiti da je ova specifikacija u skladu s velikim brojem različitih monetarnih režima. Primjerice, u politici fiksnoga nominalnog tečaja povećana potražnja u prethodnom razdoblju dovodi do više stope inflacije, a time i do aprecijacije realnog tečaja, koja u sadašnjem razdoblju dovodi do spomenutoga negativnog učinka na jaz outputa.

### 3. Metodologija procjene i korišteni podaci

Kao i u Benes *et al.* (2010.), model je procijenjen kombinacijom multivarijantnoga Kalmanova filtra i metode regularizirane maksimalne vjerodostojnosti, koja je poseban slučaj bayesovske (maksimum *a posteriori*) metode procjene.<sup>3,4</sup> Kod metode regularizirane maksimalne vjerodostojnosti pomoću informacija iz opaženih podataka i *a priori* pretpostavki o distribucijama i parametrima dolazi se do konačnih *a posteriori* procjena parametara i odgovarajućih distribucija.<sup>5</sup> Ova je metodologija primijenjena upravo zato što omogućuje uvođenje navedenih pretpostavki te se na taj način onemogućuje kretanje parametara u područja koja bi bila besmislena. Takva *a priori* ograničavanja korisna su upravo kod sustava ovakvog tipa, kod kojih postoji mogućnost da podaci nisu dovoljno informativni za procjenu pojedinih parametara.

Općenito, regularizacija pri procjeni parametara nekog sustava znači modificiranje kriterija kojima mjerimo *fit* modela dodavanjem izraza koji sadržava *a priori* pretpostavke. Postoji cijeli niz kriterija korištenih u literaturi, pri čemu su najčešće korišteni kriteriji koji definiraju predikcijsku pogrešku ili oni koji definiraju vjerodostojnost. Izraz koji matematički opisuje pretpostavke množi penalizacijski član, pa se pomoću njega može kontrolirati snaga utjecaja pretpostavki na konačan rezultat, s obzirom na to da se konačan rezultat regularizacije ogleda u procijenjenoj vrijednosti koja je kompromis između vrijednosti koja minimizira pogrešku ili maksimizira vjerodostojnost i one koja je bliska *a priori* vrijednosti. Formalno, kriterijsku funkciju u slučaju korištenja kriterija minimizacije predikcijskih pogrešaka može se zapisati na sljedeći način:

$$V_N(\theta; Y^N) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N l(\varepsilon_F(t, \theta))$$

gdje je  $\theta$  vektor nepoznatih parametara,  $Y$  su korišteni podaci,  $N$  veličina uzorka, a  $\varepsilon_F(t, \theta)$  filtrirani niz predikcijskih pogrešaka, filtriran pomoću stabilnoga linearnog filtra definiranog kao:

$$\varepsilon_F(t, \theta) = L(q) \varepsilon(t, \theta)$$

3 Pri procjeni korišten je alat IRIS implementiran u MATLAB-u.

4 Više o Kalmanovu filtru vidi u Harvey (1989.) i Hamilton (1994.).

5 Detaljnije o ovoj metodologiji vidi u Ljung (1999.) i Ljung *et al.* (1992.).

Predikcijska pogreška definirana je na sljedeći način:

$$\varepsilon(t, \theta) = y(t) - \hat{y}(t | \theta)$$

gdje se  $\hat{y}$  može definirati kao funkcija prošlih podataka i nepoznatih parametara:

$$\hat{y}(t | \theta) = g(t, Y^{t-1}; \theta)$$

Cilj je minimizirati navedenu kriterijsku funkciju s obzirom na  $\theta$  kako bi se procijenio vektor nepoznatih parametara:

$$\hat{\theta}_N = \arg \min_{\theta} V_N(\theta; Y^N)$$

Ako se primjenjuje regularizacija, kriterijska se funkcija može proširiti na sljedeći način:

$$W_N^p(\theta; Y^N) = V_N(\theta; Y^N) + p \times l(\theta)$$

Ovdje  $p$  znači navedenu penalizaciju, a  $l$  funkciju koju u specifičnom obliku možemo definirati kao kvadrat apsolutne vrijednosti razlike između nepoznatog parametra i *a priori* pretpostavljenog parametra:

$$l(\theta) = |\theta - \bar{\theta}|^2$$

Parametre procjenjujemo na isti način kao i u slučaju bez penalizacije, samo što je sada proširena funkcija  $W_N^p(\theta; Y^N)$  ona koju valja minimizirati:

$$\hat{\theta}_N^p = \arg \min_{\theta} W_N^p(\theta; Y^N)$$

Iz posljednje tri jednadžbe jasno se vidi na koji način pomoću  $p$  kontroliramo snagu izraza  $l(\theta)$ , pa je primjerice u ekstremnom slučaju, gdje je  $p = 0$ ,  $W_N^p(\theta; Y^N) = V_N(\theta; Y^N)$ , tj. rezultat je jednak onom gdje nije primijenjena regularizacija.

Ljung (1999.) navodi dvije važne prednosti regularizacije sustava. Prva, korištenje ove metode olakšava minimizaciju kriterijske funkcije u slučaju da je teško numerički izračunati Hessian ( $V_N''$ ), pa dodavanje izraza  $p \times l$  Hessianu olakšava takvu minimizaciju.<sup>6</sup> Druga, u slučaju da nije moguće precizno procijeniti pojedine nepoznate parametre, regularizacija omogućuje da se vrijednosti *a posteriori* parametara približe njihovim *a priori* pretpostavljenim vrijednostima. Navedeni utjecaj *a priori* pretpostavki jači je za one parametre koji imaju manji utjecaj na  $V_N$ , tj. one parametre koji, bez regularizacije, manje pridonose dobrom *fitu* modela.

Prethodna rasprava analizira kriterijsku funkciju definiranu korištenjem predikcijske pogreške. U ovom radu kriterij je definiran korištenjem funkcije vjerodostojnosti. U tom slučaju problem se može definirati kao:

$$\hat{\theta}_N^{MLE} = \arg \max_{\theta} \log L(\theta; Y)$$

gdje je  $\log L(\theta; Y)$  logaritmirana funkcija vjerodostojnosti koju je potrebno maksimizirati s obzirom na vektor parametara  $\theta$ . Kao što je već navedeno, regularizacija će modificirati funkciju cilja, što dovodi do preobrazbe prethodno navedenog problema koji se kod regularizacije može zapisati kao:

$$\hat{\theta}_N^p = \arg \max_{\theta} \log L(\theta; Y) - p \sum_i \frac{(\theta - \bar{\theta}_i)^2}{\sigma_{\bar{\theta}_i}^2}$$

<sup>6</sup> Dokaz vidi u Ljung *et al.* (1992.)



Vidimo da je uz funkciju vjerodostojnosti uključen i drugi izraz koji predstavlja ekvivalent funkcije  $l(\theta)$ , pomnožen s penalizacijskim članom. Ovdje se *a priori* pretpostavlja krnja normalna distribucija, pa se  $\bar{\theta}_i$  i  $\frac{1}{p}\sigma_{\bar{\theta}_i}^2$  mogu tumačiti kao mod i varijanca navedene *a priori* distribucije, koja ima donju i gornju granicu. Nepoznati parametri koji su procijenjeni maksimizacijom navedene funkcije parametri su *a posteriori* distribucije, a procjene tih parametara prikazane su u Dodatku 1. Ovdje treba naglasiti da se i *a posteriori* procijenjeni parametri uvijek nalaze unutar definiranih granica ( $\theta_i^l$  i  $\theta_i^u$ ). Član  $p$ , kao i prethodno, predstavlja penalizaciju, a i ovdje je jasno vidljivo da za bilo koji zadani  $\sigma_{\bar{\theta}_i}^2$ , veća vrijednost  $p$  daje “jaču” *a priori* informaciju. U ovom je radu  $p = 1$ , što omogućuje tumačenje *a priori* disperzija<sup>7</sup> kao standardnih devijacija.

Potrebno je naglasiti da će rezultati za analizirani uzorak, uz središnje procjene neopaženih varijabli, sadržavati i intervale pouzdanosti koji se dobivaju analitički na način da se model i procijenjeni parametri uzimaju kao stvarni proces koji stvara podatke. U tom slučaju navedeni intervale uključuju neizvjesnost procijenjenih neopaženih varijabli.

Kod Kalmanova filtra skup opaženih varijabli čine output, godišnja stopa temeljne inflacije, stopa nezaposlenosti, godišnja stopa promjene industrijske proizvodnje, trgovine na malo te saldo tekućeg računa. Model je procijenjen za razdoblje od prvog tromjesečja 2000. do četvrtog tromjesečja 2010. godine za navedene opažene varijable, osim očekivane inflacije. Vremenska serija očekivane inflacije preuzeta je iz *Consensus Economics Forecast*, za Hrvatsku dostupan tek od 2006. godine, a stariji su podaci procijenjeni modelom kao neopažene vrijednosti. Kao mjera outputa korišten je realni bruto domaći proizvod (BDP u cijenama iz prethodne godine, referentna 2000. godina, u kunama). Kao mjera nezaposlenosti korištena je administrativna stopa nezaposlenosti, dok su industrijska proizvodnja i trgovina na malo mjerene baznim indeksom fizičkog obujma industrijske proizvodnje i baznim indeksom prometa od trgovine na malo.<sup>8</sup> Za izračun godišnje stope inflacije korišten je indeks temeljnih potrošačkih cijena, dok je kao odgovarajuća serija za manjak na tekućem računu uzet udio navedenog manjka u BDP-u, gdje su obje varijable izražene u nominalnim terminima i domaćoj valuti, a kako bi se djelomično izgladila kolebljivost, korišteni su godišnji pomični prosjeci.

Sve korištene serije preuzete su u neprilagođenom obliku od DZS-a osim manjka na tekućem računu, koji je preuzet iz statistike HNB-a, te već navedene očekivane inflacije.<sup>9</sup> Kako bi se eliminirao utjecaj sezone, sve su korištene varijable, koje u sebi sadržavaju sezonske komponente, sezonski prilagođene primjenom HNB-ove procedure za desezoniranje, zasnovane na metodi ARIMA X-12.

Kako bi se izbjeglo preveliko odstupanje stope promjene potencijalnog outputa od njezine *steady state* vrijednosti, model je proširen dodatnom jednadžbom mjerenja, koja dovodi u vezu naše *a priori* uvjerenje o kolebljivosti stope promjene potencijalnog outputa u odnosu na njezinu *steady state* vrijednost, što se matematički može zapisati kao:

$$4 \cdot (\log \bar{Y}_t - \log \bar{Y}_{t-1}) = G_{ss}^Y + \varepsilon_t^{ME} \quad (20)$$

U ovom slučaju velika vrijednost standardne devijacije  $\varepsilon_t^{ME}$  odražava *a priori* vjerovanje o velikom odstupanju potencijalne stope rasta od njezine *steady state* vrijednosti. Pri procjeni modela *a priori* vrijednost standardne devijacije  $\varepsilon_t^{ME}$  postavljena je na vrijednost standardne devijacije ostvarenog BDP-a u promatranom razdoblju podijeljenu s 12. *Steady state* stope rasta industrijske proizvodnje i trgovine na malo kalibrirane su na tri postotna boda, dok su ostali parametri procijenjeni. *A priori* vrijednosti parametara i standardnih devijacija, zajedno s procijenjenim *a posteriori* vrijednostima, prikazane su u Dodatku 1.

<sup>7</sup> Drugi stupac u Dodatku 1.

<sup>8</sup> Baza je za obje serije 2005. godina.

<sup>9</sup> Državni zavod za statistiku sve navedene serije (osim BDP-a) objavljuje mjesečno, pa su potrebne tromjesečne serije izračunate kao prosjeci mjesečnih vrijednosti u pojedinom tromjesečju.



## 4. Rezultati

### 4.1. Potencijalni output, jaz outputa i inflacija

U Dodatku 3. prikazana je središnja procjena potencijalnog outputa, zajedno s intervalom pouzdanosti od dvije standardne devijacije te stvarnim (realiziranim) outputom. Prikazano je razdoblje od prvog tromjesečja 2000. do četvrtog tromjesečja 2010. godine te modelska prognoza od prvog tromjesečja 2011. do četvrtog tromjesečja 2012. godine.

Seriya potencijalnog outputa je, očekivano, relativno izgladnena te od samog početka promatranog razdoblja ima pozitivne godišnje stope rasta, koje počinju opadati od sredine 2006. godine, a u četvrtom tromjesečju 2009. godine zabilježena je prva negativna godišnja stopa promjene potencijalnog outputa (Dodatak 4.). Navedeni preokret nastupio je četiri tromjesečja nakon prve negativne godišnje stope promjene stvarnog BDP-a, a dokazuje da nije riječ samo o uobičajenom kratkoročnom odstupanju outputa od svoje dugoročne razine već i o smanjenju same dugoročne razine outputa. Godišnja stopa promjene potencijalnog BDP-a negativna je godinu dana, a tek je u posljednjem tromjesečju 2010. godine ponovo zabilježena njezina blaga pozitivna vrijednost. Na osnovi modelske prognoze mogu se očekivati daljnje pozitivne godišnje stope do kraja prognoziranog razdoblja.

U skladu s dobivenim središnjim procjenama promatrana serija jaza outputa može se podijeliti u tri podrazdoblja, od kojih su dva podrazdoblja negativnog i jedno znatno duže razdoblje pozitivnog jaza outputa (Dodatak 5.). Prvo razdoblje negativnog jaza trajalo je deset tromjesečja, odnosno do drugog tromjesečja 2002. godine, nakon čega je slijedilo dvadeset i sedam pozitivnih tromjesečja.<sup>10</sup> Posljednje od navedenih podrazdoblja, u kojemu je ostvareni output manji od potencijalnog, traje sedam tromjesečja. Prema modelskoj prognozi ovaj će negativan jaz, uz postupno smanjivanje, potrajati još šest tromjesečja te se tek krajem 2012. očekuje pozitivan, iako neznatan, jaz outputa.

Što se jačine odstupanja tiče, možemo zaključiti da je najveći pozitivni jaz u iznosu od okvirno 6% zabilježen tijekom prva dva tromjesečja 2008. godine. U tom razdoblju pregrijavanja ujedno su zabilježene maksimalne razine realiziranog BDP-a, nakon kojih počinje kontinuirani pad BDP-a. Već tri tromjesečja nakon opisanoga maksimalnog jaza, pod utjecajem naglog pada realiziranog outputa, dolazi do promjene predznaka jaza. Takav negativan predznak najizrazitiji je u razdoblju između prvog i posljednjeg tromjesečja 2010. godine, kada jaz outputa iznosi čak  $-3,5\%$ , zato što potencijalni output ponovo ima blage pozitivne stope promjene, uz istodobni nastavak pada realiziranog BDP-a.

Ključni element specificiranog modela odražava se u uzajamnoj vezi inflacije i potencijalnog outputa. Dodatak 5. usporedno prikazuje kretanje stope inflacije mjerene godišnjom stopom promjene indeksa temeljnih potrošačkih cijena te jaza outputa u razdoblju od prvog tromjesečja 2000. do četvrtog tromjesečja 2012. godine. Vrlo se lako može uočiti da je kretanje inflacije s obzirom na procijenjeno kretanje potencijalnog outputa u skladu s očekivanjima s obzirom na pretpostavke ugrađene u model. Tijekom promatranog razdoblja temeljna se inflacija smanjivala za vrijeme razdoblja negativnog jaza outputa, a tijekom razdoblja postojanja pozitivnog jaza ona je rasla. Tako temeljna inflacija u blizini razdoblja minimalnih i maksimalnih vrijednosti jaza outputa također ostvaruje svoj minimum (drugo tromjesečje 2010. godine) odnosno maksimum (treće tromjesečje 2008. godine). Iznimku u ovoj vezi može se uočiti u razdoblju od drugog tromjesečja 2006. godine do drugog tromjesečja 2007. godine, što bi se djelomično moglo objasniti (dominirajućim) utjecajem inozemnih cijena u navedenom razdoblju.

Iz Dodatka 5. također je vidljivo kašnjenje prilagodbe stope temeljne inflacije za jazom outputa u razdobljima izlaska iz recesije/ekspanzije, što je implicirano modelom preko inflacijske jednadžbe, a uzrokovano efektom ograničene brzine prilagodbe gospodarstva zbog ograničenosti proizvodnih kapaciteta pojedinih sektora. Rigidnost na tržištu rada još je jasnije vidljiva, prije svega u kašnjenju promjene stope nezaposlenosti

<sup>10</sup> Navedeni ciklus posljedica je recesije započete 1998. godine, ali zbog nedostatka podataka korištena serija BDP-a počinje tek 2000. godine.

i jaza stope nezaposlenosti za outputom i jazom outputa (dodaci 5., 6. i 7.). Također se može vidjeti da u oba slučaja promjena predznaka jaza stope nezaposlenosti nastupa četiri tromjesečja nakon promjene predznaka jaza outputa.

## 4.2. Utjecaj promjena jaza i potencijalnog outputa na promjenu realiziranog outputa

Na osnovi Dodatka 4. lako je uočiti postojanje korelacije između godišnje stope rasta realiziranog i potencijalnog outputa. Također, dodatak upućuje na relativnu izglađenost stope rasta potencijalnog outputa te implicira relativno veću značajnost jaza outputa za njegovo kratkoročno kretanje u odnosu na njegov potencijal. Kako bismo potvrdili ovaj vizualni zaključak, koji je ujedno konvencionalno stajalište visokoindustrijaliziranih zemalja, izračunali smo omjer varijanci stopa promjene jaza outputa i stopa promjene realiziranog outputa za vremenski horizont od jednog do dvadeset tromjesečja.<sup>11</sup> Ako promjene jaza outputa dominantno određuju kratkoročne promjene outputa, dok promjene potencijalnog outputa dominantno određuju dugoročni trend, tada se može očekivati da će omjer navedenih varijanci biti veći od 0,5 u prvom tromjesečju te opadati nakon toga. Dodatak 8., kao grafički prikaz omjera dviju varijanci, to doista i potvrđuje.

## 4.3. Relativna robustnost multivarijantnog filtra

Nakon što su prikazani i komentirani rezultati u obliku procijenjenih vrijednosti, ostaje otvoreno pitanje vrednovanja dobivenih rezultata te uspoređivanja procjene potencijalnog outputa dobivene multivarijantnim filtrom s procjenom potencijalnog outputa dobivenom nekom od drugih metoda. Kod takve usporedbe ne postoji formalni kriterij reprezentativnosti potencijalnog outputa ili jaza outputa, jer je ovdje riječ o procjenama vrijednosti neopaženih varijabli. Međutim, postoji mogućnost definiranja kriterija kojim se može mjeriti revizija procijenjene neopažene serije u “stvarnom vremenu” objavom novih podataka, kao adekvatnoga kriterija za usporedbu različitih metoda. Na taj se način mjeri i uspoređuje stabilnost procijenjenih serija s obzirom na promjenu korištenog uzorka te se ona metoda koja zahtijeva relativno manju reviziju podataka smatra relativno robustnom.

Analiza se u ovom dijelu rada zasniva na reviziji jaza outputa, pri čemu je kao odgovarajuća *benchmark* metoda primjenom koje uspoređujemo dobivene rezultate korišten HP filtar.<sup>12</sup> Procedura je konstruirana na način da su u prvom koraku procijenjene odgovarajuće neopažene serije za uzorak od prvog tromjesečja 2000. do drugog tromjesečja 2003. godine. U sljedećem koraku izračunata je razlika između procijenjene vrijednosti jaza outputa za posljednje uključeno tromjesečje (procijenjene na prethodno definiranom uzorku) i vrijednosti za odgovarajuće tromjesečje dobivene na cjelokupnom uzorku. Ovaj se postupak iterativno nastavlja za svako sljedeće tromjesečje sve do prvog tromjesečja 2008. godine, nakon čega je izračunat prosjek apsolutnih vrijednosti svih razlika (engl. *mean absolute error*, MAE), tj. prosjek apsolutnih vrijednosti revizija. Opisani postupak proveden je za obje metode, tj. za multivarijantni filtar i za HP filtar.

Iz rezultata (dodaci 2., 9. i 10.) jasno se vidi kako je u navedenom razdoblju jaz outputa prosječno imao manje revizija za multivarijantni nego za HP filtar, iz čega se može zaključiti da su procijenjene vrijednosti robustnije za multivarijantni filtar.

Osim za navedeni uzorak, izračunali smo prosjek apsolutnih vrijednosti revizija jaza outputa i za druge uzorke. Tako je, primjerice, u Dodatku 11. prikazano kretanje prosjeka apsolutnih vrijednosti revizija izračunatih na proširenim uzorcima dodavanjem još tromjesečja, gdje najveći uzorak obuhvaća razdoblje od početka 2003. do posljednjeg tromjesečja 2010. godine. Ovdje se također može zaključiti kako je revizija prosječno manja za multivarijantni filtar u usporedbi s HP filtrom za sve prikazane uzorke. Nakon prvoga prikazanog

11 Omjer varijanci stopa promjene definiran je na sljedeći način:  $\frac{\text{var}(y_t - y_{t-n})}{\text{var}(\log(Y_t) - \log(Y_{t-n}))}$ , za  $n = 1, 2, \dots, 20$ .

12 HP filtar izabran je upravo zbog svoje velike rasprostranjenosti i u akademskoj i središnjebankarskoj zajednici.

razdoblja (prvo tromjesečje 2008. godine) prosječne se revizije za obje metode konstantno povećavaju do prvog tromjesečja 2010. godine te nakon toga ponovo počinju opadati. Iz slike prikazane u Dodatku 11. također se vidi kako razlika prosječnih revizija između dviju korištenih metoda raste do kraja 2009. godine, nakon čega ostaje približno konstantna.

---

## 5. Zaključak

U ovom radu procijenjen je potencijalni output Republike Hrvatske primjenom kombinacije metode regularizirane maksimalne vjerodostojnosti i multivarijantnoga Kalmanova filtra, zasnovan na dinamičkom makroekonomskom modelu. Multivarijantni filtar, osim informacije o samom outputu, uzima u obzir i informacije o ostalim ekonomski relevantnim serijama, kao što su trgovina na malo, indeks industrijske proizvodnje i manjak na tekućem računu, čije zanemarivanje, kao što je slučaj kod univarijantnih filtara, može rezultirati pristranošću pri procjeni potencijalnog outputa. Osnovu filtra čini mali dinamički makroekonomski model unutar kojega je potencijalni output definiran kao ona razina outputa koju je moguće održati dugoročno, a da pritom ne dođe ni do rasta ni do pada inflacije.

Procijenjena serija jaza outputa u znatnoj mjeri slijedi kretanje godišnje stope inflacije. Primjerice, u razdoblju visokih stopa inflacije, tijekom 2008. godine, jaz outputa također je dostigao svoj maksimum, a nagli pad jaza outputa, koji je nakon toga uslijedio, doveo je i do smanjenja stope inflacije. Recentni pad gospodarske aktivnosti, vidljiv u svim promatranim serijama, očekivano se odrazio i na potencijalni output. Naime, u tom razdoblju nije ostvaren samo pad stvarnog outputa već rezultati korištenog modela upućuju na to da je došlo i do pada same razine potencijalnog outputa te većeg pada realiziranog od potencijalnog outputa.

U nedostatku formalne mjere reprezentativnosti za neopažene vremenske serije, ispitana je relativna robustnost jaza outputa procijenjenog multivarijantnim filtrom, u odnosu na jaz outputa procijenjenog univarijantnim HP filtrom, objavom novih podataka u “stvarnom vremenu”. Provedena analiza potvrđuje da je jaz outputa dobiven multivarijantnim filtrom relativno robustnija serija te upravo zbog toga upućuje na znatnu prednost multivarijantnog filtra radi tekuće analize.

Procijenjena serija upućuje na vremensku varijabilnost potencijalnog outputa. Dodatno, u radu je potvrđeno da je kretanje realiziranog outputa u kratkom roku determinirano kretanjem jaza outputa, dok je u dugom roku u većoj mjeri determinirano kretanjem potencijalnog outputa.

Iako model implicitno uzima u obzir odnose s inozemstvom uključivanjem manjka na tekućem računu u njegovu strukturu, obilježja maloga otvorenoga gospodarstva, kao što je Hrvatska, zahtijevaju njegovo proširenje i eksplicitno modeliranje izvoznog sektora. Također, potrebno je detaljnije istražiti prediktivna obilježja modela. Upravo su to sljedeći koraci u našoj analizi.

---

## 6. Literatura

- Baxter, M. i King, R. G. (1999.): *Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters For Economic Time Series*, The Review of Economics and Statistics, MIT Press, vol. 81(4), str. 575–593.
- Benes, J., Clinton, K., Garcia-Saltos, R., Johnson, M., Laxton, D., Manchev, P. i Matheson, T. (2010.): *Estimating Potential Output with a Multivariate Filter*, IMF WP/10/285
- Benes, J. i N'Diaye, P. (2004.): *A Multivariate Filter for Measuring Potential Output and the NAIRU: Application to The Czech Republic*, IMF WP/04/45
- El-Ganainy, A. i Weber, A. (2010.): *Estimates of the Output Gap in Armenia with Applications to Monetary and Fiscal Policy*, IMF WP/10/197
- Hamilton, J. D. (1994.): *Time Series Analysis*, New Jersey, Princeton University Press
- Harvey, A. C. (1989.): *Forecasting and Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University Press
- Hodrick, R. J. i Prescott, E. R. (1981.): *Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation*, Discussion Papers 451, Northwestern University, Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science
- Laxton, D. i Tetlow, R. (1992.): *A Simple Multivariate Filter for the Measurement of Potential Output*, Technical Report, br. 59, Bank of Canada
- Ljung, L. (1999.): *System Identification: Theory for the User*, Prentice-Hall: New Jersey
- Ljung, L., McKelvey, T. i Sjoberg, J. (1992.): *On the Use of Regularization in System Identification*, 12 IFAC World Congress, Sydney, Australia, vol. 7, lipanj 1993., str. 38–386.
- Okun, A. M. (1962.): *Potential GDP: Its Measurement and Significance*, In Proceedings of the Business and Economics Statistics Section, American Statistical Association, str. 98–103.
- Vrbanc, I. (2006.): *Estimate of Potential Gross Domestic Product Using the Production Function Method*, rad prezentiran na 12. dubrovačkoj konferenciji Hrvatske narodne banke, 28. lipnja do 1. srpnja 2006., Dubrovnik, <http://www.hnb.hr/dub-konf/12-konferencija/mladi/vrbanc.pdf>

## Dodaci

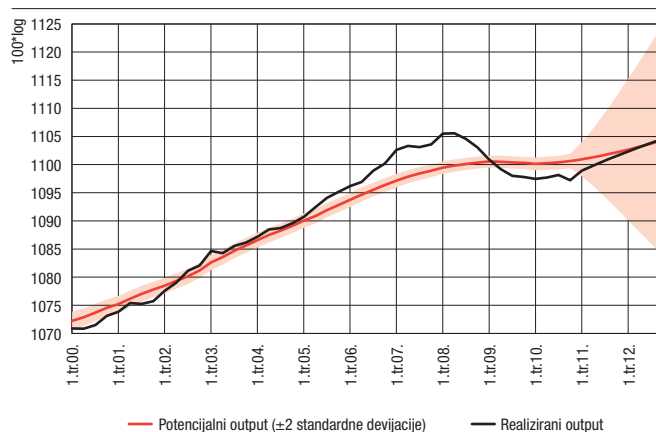
Dodatak 1. Parametri modela

Parametar	<i>a priori</i>		<i>a posteriori</i>	
	Mod	Disperzija	Mod	Disperzija
$G_{ss}^{\bar{y}}$	3,000	0,300	3,000	0,036
$U^{SS}$	14,000	1,000	14,006	0,121
$\theta$	0,500	0,030	0,500	0,004
$\alpha$	0,500	0,050	0,500	0,006
$\beta$	0,400	0,100	0,393	0,012
$\Omega$	0,500	0,300	0,490	0,041
$\rho_1$	0,800	0,150	0,800	0,018
$\varphi_1$	0,800	0,150	0,801	0,017
$\varphi_2$	0,300	0,150	0,296	0,017
$\tau$	0,100	0,150	0,104	0,025
$\omega$	3,000	1,500	2,997	0,149
$\rho_2$	5,000	3,000	5,014	0,309
$\lambda$	2,000	3,000	1,949	0,551
$\sigma_{E^y}$	1,000	0,300	3,323	0,036
$\sigma_{e_i^{G^T}}$	1,000	0,300	3,423	0,037
$\sigma_{E^a}$	0,500	0,300	1,357	0,036
$\sigma_{e_i^{U^T}}$	0,100	0,150	0,324	0,026
$\sigma_{e_i^{G^U}}$	0,100	0,150	0,325	0,016
$\sigma_{E^{\pi^A}}$	0,500	0,300	1,577	0,037
$\sigma_{E^{\pi^{LTE}}}$	0,300	0,300	0,720	0,039
$\sigma_{e_i^{\bar{y}}}$	0,250	0,150	0,784	0,018
$K_1$	0,100	0,200	0,094	0,025
$K_2$	1,500	0,500	1,482	0,055
a	0,100	0,050	0,100	0,006
$\sigma_{E^{indpr}}$	0,400	0,100	1,414	0,012
$\sigma_{e_i^{\overline{INDPR}}}$	0,500	0,100	1,765	0,012
$K_3$	0,100	0,200	0,095	0,031
$K_4$	1,500	0,500	1,492	0,065
c	0,100	0,050	0,097	0,006
$\sigma_{E^{nm}}$	0,400	0,100	1,447	0,012
$\sigma_{e_i^{\overline{NM}}}$	0,400	0,100	1,500	0,012
$K_5$	0,100	0,200	0,097	0,024
$K_6$	1,500	0,500	1,433	0,079
d	0,100	0,050	0,100	0,006
$\sigma_{E^{dtr}}$	0,600	0,100	2,099	0,012
$\sigma_{e_i^{\overline{DTR}}}$	0,400	0,300	1,331	0,036

Dodatak 2. Prosjek apsolutnih vrijednosti revizija (za revizije procijenjene za sve uzorke od prvog tromjesečja 2003. do prvog tromjesečja 2008.)

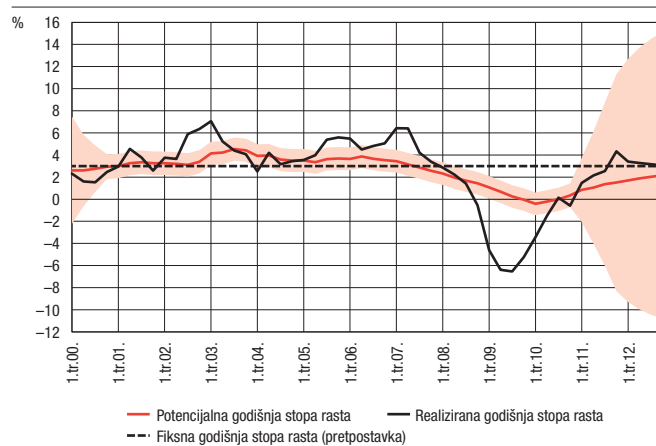
Varijabla	Prosjek apsolutnih vrijednosti revizija
$y_t$ (multivarijantni filter)	1,193
$y_t$ (HP filter)	1,362

### Dodatak 3. Potencijalni i realizirani output



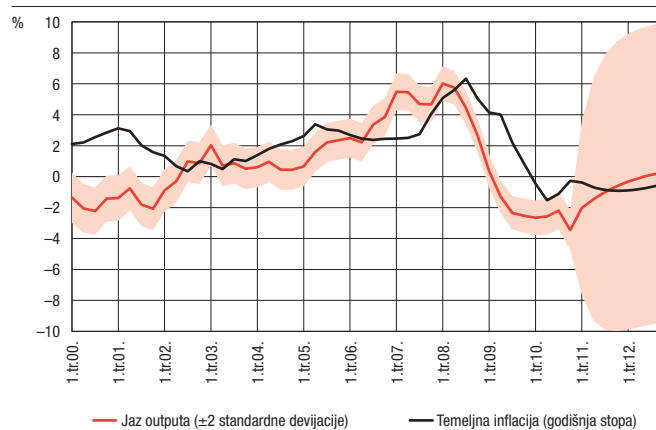
Izvor: Izračun autora i Državni zavod za statistiku

### Dodatak 4. Potencijalna i realizirana godišnja stopa rasta outputa



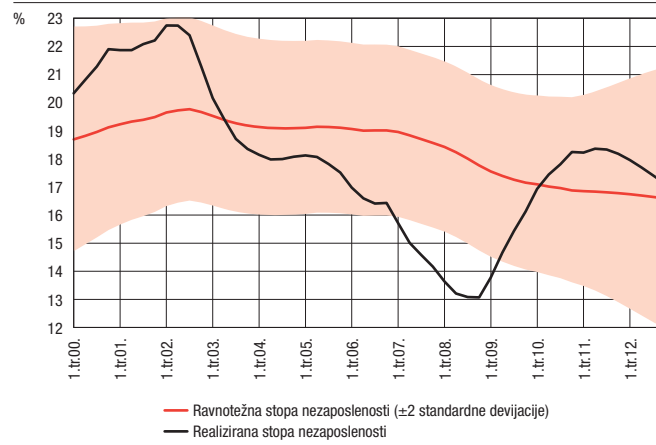
Izvor: Izračun autora i Državni zavod za statistiku

### Dodatak 5. Jaz outputa i godišnja stopa temeljne inflacije



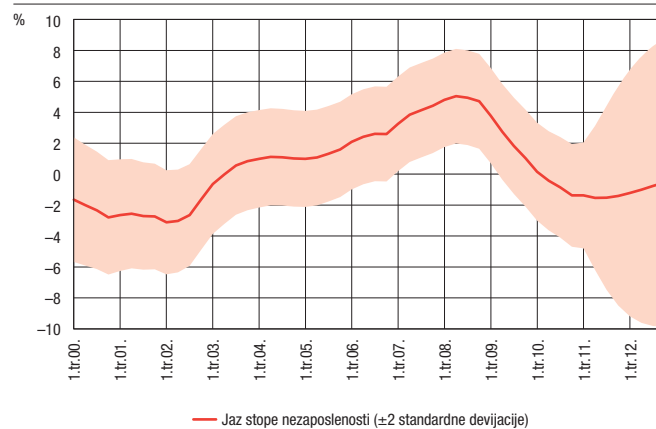
Izvor: Izračun autora i Državni zavod za statistiku

### Dodatak 6. Potencijalna i realizirana stopa nezaposlenosti



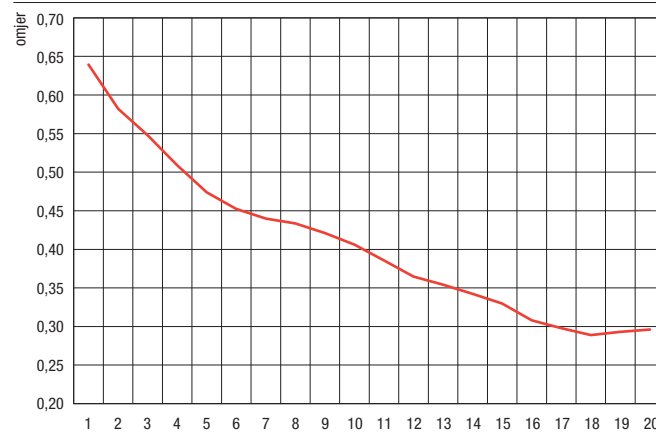
Izvor: Izračun autora i Državni zavod za statistiku

### Dodatak 7. Jaz stope nezaposlenosti



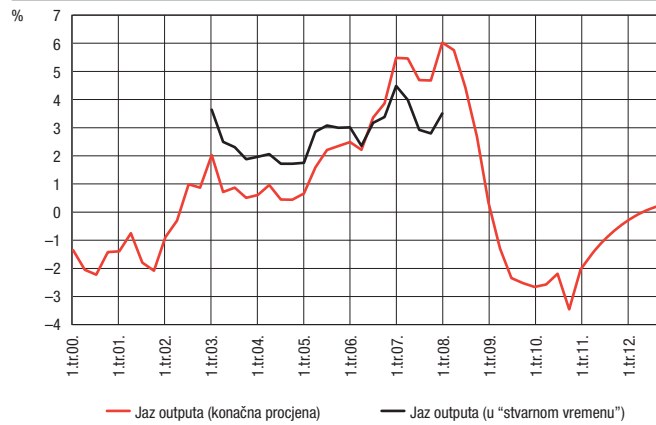
Izvor: Izračun autora i Državni zavod za statistiku

### Dodatak 8. Omjer varijanci stopa promjena jaza outputa i stopa promjena realiziranog outputa



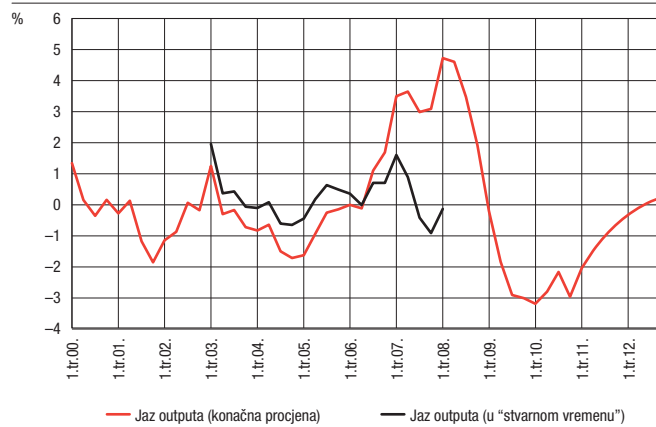
Izvor: Izračun autora

**Dodatak 9. Jaz outputa u "stvarnom vremenu" (Kalmanov filter)**



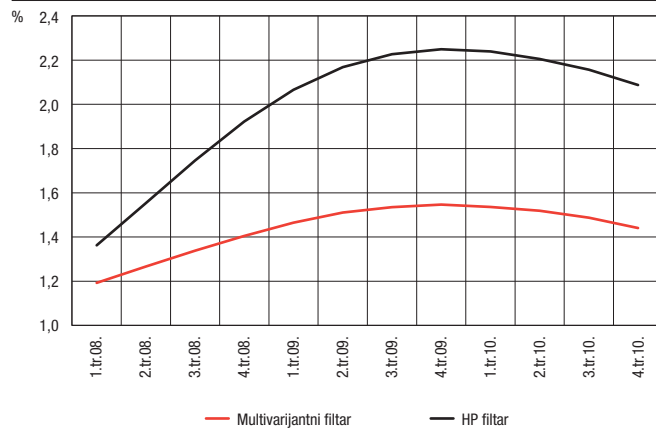
Izvor: Izračun autora

**Dodatak 10. Jaz outputa u "stvarnom vremenu" (HP filter)**



Izvor: Izračun autora

**Dodatak 11. Prosjek apsolutnih vrijednosti revizija za uzorke do četvrtog tromjesečja 2010. godine za HP i multivarijantni filter**



Izvor: Izračun autora



## Do sada objavljena Istraživanja

Broj	Datum	Naslov	Autor(i)
I-1	studeni 1999.	Je li neslužbeno gospodarstvo izvor korupcije?	Michael Faulend i Vedran Šošić
I-2	ožujak 2000.	Visoka razina cijena u Hrvatskoj – neki uzroci i posljedice	Danijel Nestić
I-3	svibanj 2000.	Statističko evidentiranje pozicije putovanja – turizam u platnoj bilanci Republike Hrvatske	Davor Galinec
I-4	lipanj 2000.	Hrvatska u drugoj fazi tranzicije 1994. – 1999.	Velimir Šonje i Boris Vujčić
I-5	lipanj 2000.	Mjerenje sličnosti gospodarskih kretanja u Srednjoj Europi: povezanost poslovnih ciklusa Njemačke, Mađarske, Češke i Hrvatske	Velimir Šonje i Igeta Vrbanc
I-6	rujan 2000.	Tečaj i proizvodnja nakon velike ekonomske krize i tijekom tranzicijskog razdoblja u Srednjoj Europi	Velimir Šonje
I-7	rujan 2000.	OLS model fizičkih pokazatelja inozemnoga turističkog prometa na hrvatskom tržištu	Tihomir Stučka
I-8	prosinac 2000.	Je li Srednja Europa optimalno valutno područje?	Alen Belullo, Velimir Šonje i Igeta Vrbanc
I-9	svibanj 2001.	Nelikvidnost: razotkrivanje tajne	Velimir Šonje, Michael Faulend i Vedran Šošić
I-10	rujan 2001.	Analiza pristupa Republike Hrvatske Svjetskoj trgovinskoj organizaciji upotrebom računalnog modela opće ravnoteže	Jasminka Šohinger, Davor Galinec i Glenn W. Harrison
I-11	travanj 2002.	Usporedba dvaju ekonometrijskih modela (OLS i SUR) za prognoziranje dolazaka turista u Hrvatsku	Tihomir Stučka
I-12	veljača 2003.	Strane banke u Hrvatskoj: iz druge perspektive	Evan Kraft
I-13	veljača 2004.	Valutna kriza: teorija i praksa s primjenom na Hrvatsku	Ivo Krznar
I-14	lipanj 2004.	Privatizacija, ulazak stranih banaka i efikasnost banaka u Hrvatskoj: analiza stohastičke granice fleksibilne Fourierove funkcije troška	Evan Kraft, Richard Hofler i James Payne
I-15	rujan 2004.	Konvergencija razina cijena: Hrvatska, tranzicijske zemlje i EU	Danijel Nestić
I-16	rujan 2004.	Novi kompozitni indikatori za hrvatsko gospodarstvo: prilog razvoju domaćeg sustava cikličkih indikatora	Saša Cerovac
I-17	siječanj 2006.	Anketa pouzdanja potrošača u Hrvatskoj	Maja Bukovšak
I-18	listopad 2006.	Kratkoročno prognoziranje inflacije u Hrvatskoj korištenjem sezonskih ARIMA procesa	Andreja Pufnik i Davor Kunovac
I-19	svibanj 2007.	Kolika je konkurencija u hrvatskom bankarskom sektoru?	Evan Kraft
I-20	lipanj 2008.	Primjena hedonističke metode za izračunavanje indeksa cijena nekretnina u Hrvatskoj	Davor Kunovac, Enes Dožović, Gorana Lukinić, Andreja Pufnik
I-21	srpanj 2008.	Modeliranje gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj	Maroje Lang, Davor Kunovac, Silvio Basač, Željka Štaudinger
I-22	listopad 2008.	Međunarodni poslovni ciklusi u uvjetima nesavršenosti na tržištu dobara i faktora proizvodnje	Ivo Krznar
I-23	siječanj 2009.	Rizik bankovne zaraze u Hrvatskoj	Marko Krznar
I-24	kolovoz 2009.	Optimalne međunarodne pričuve HNB-a s endogenom vjerojatnošću krize	Ana Maria Čeh i Ivo Krznar
I-25	veljača 2010.	Utjecaj financijske krize i reakcija monetarne politike u Hrvatskoj	Nikola Bokan, Lovorka Grgurić, Ivo Krznar, Maroje Lang
I-26	veljača 2010.	Prijev kapitala i učinkovitost sterilizacije – ocjena koeficijenta sterilizacije i ofset koeficijenta	Igor Ljubaj, Ana Martinis, Marko Mrkalj
I-27	travanj 2010.	Postojanost navika i međunarodne korelacije	Alexandre Dmitriev i Ivo Krznar
I-28	studeni 2010.	Utjecaj vanjskih šokova na domaću inflaciju i BDP	Ivo Krznar i Davor Kunovac
I-29	prosinac 2010.	Dohodovna i cjenovna elastičnost hrvatske robne razmjene – analiza panel-podataka	Vida Bobić
I-30	siječanj 2011.	Model neravnoteže na tržištu kredita i razdoblje kreditnog loma	Ana Maria Čeh, Mirna Dumičić, Ivo Krznar
I-31	travanj 2011.	Analiza kretanja domaće stope inflacije i Phillipsova krivulja	Ivo Krznar
I-32	svibanj 2011.	Identifikacija razdoblja recesija i ekspanzija u Hrvatskoj	Ivo Krznar
I-33	listopad 2011.	Globalna kriza i kreditna euroizacija u Hrvatskoj	Tomislav Galac
I-34	studeni 2011.	Središnja banka kao krizni menadžer u Hrvatskoj – analiza hipotetičnih scenarija	Tomislav Galac
I-35	siječanj 2012.	Ocjena utjecaja monetarne politike na kredite stanovništvu i poduzećima: FAVEC pristup	Igor Ljubaj
I-36	ožujak 2012.	Jesu li neke banke blaže od drugih u primjeni pravila klasifikacije plasmana	Tomislav Ridzak
I-37	veljača 2012.	Procjena matrica kreditnih migracija pomoću agregatnih podataka – bajesovski pristup	Davor Kunovac

---

## Upute autorima

Hrvatska narodna banka objavljuje u svojim povremenim publikacijama Istraživanja, Pregledi i Tehničke bilješke znanstvene i stručne radove zaposlenika Banke i vanjskih suradnika.

Prispjeli radovi podliježu postupku recenzije i klasifikacije koji provodi Komisija za klasifikaciju i vrednovanje radova. Autori se u roku od najviše dva mjeseca od primitka njihova rada obavještavaju o odluci o prihvatanju ili odbijanju članka za objavljivanje.

Radovi se primaju i objavljuju na hrvatskom i/ili na engleskom jeziku.

Radovi predloženi za objavljivanje moraju ispunjavati sljedeće uvjete.

Tekstovi moraju biti dostavljeni elektroničkom poštom ili optičkim medijima (CD, DVD), a mediju treba priložiti i ispis na papiru. Zapis treba biti u formatu Microsoft Word.

Na prvoj stranici rada obvezno je navesti naslov rada, ime i prezime autora, akademske titule, naziv ustanove u kojoj je autor zaposlen, suradnike te potpunu adresu na koju će se autoru slati primjerci za korekturu.

Dodatne informacije, primjerice zahvale i priznanja, poželjno je uključiti u tekst na kraju uvodnog dijela.

Na drugoj stranici svaki rad mora sadržavati sažetak i ključne riječi. Sažetak mora biti jasan, deskriptivan, pisan u trećem licu i ne dulji od 250 riječi (najviše 1500 znakova). Ispod sažetka treba navesti do 5 ključnih pojmova.

Tekst treba biti otipkan s proredom, na stranici formata A4. Tekst se ne smije oblikovati, dopušteno je samo podebljavanje (bold) i kurziviranje (italic) dijelova teksta. Naslove je potrebno numerirati i odvojiti dvostrukim proredom od teksta, ali bez formatiranja.

Tablice, slike i grafikoni koji su sastavni dio rada, moraju biti pregledni, te moraju sadržavati broj, naslov, mjerne jedinice,

legendu, izvor podataka te bilješke. Bilješke koje se odnose na tablice, slike ili grafikone treba obilježiti malim slovima (a, b, c...) i ispisati ih odmah ispod. Ako se posebno dostavljaju (tablice, slike i grafikoni), potrebno je označiti mjesta u tekstu gdje dolaze. Numeracija mora biti u skladu s njihovim slijedom u tekstu te se na njih treba referirati prema numeraciji. Ako su već umetnuti u tekst iz nekih drugih programa, onda je potrebno dostaviti i te datoteke u formatu Excel (grafikoni moraju imati pripadajuće serije podataka).

Ilustracije trebaju biti u standardnom formatu EPS ili TIFF s opisima u Helvetic (Arial, Swiss) veličine 8 točaka. Skenirane ilustracije trebaju biti rezolucije 300 dpi za sivu skalu ili ilustraciju u punoj boji i 600 dpi za lineart (nacrti, dijagrami, sheme).

Formule moraju biti napisane čitljivo. Indeksi i eksponenti moraju biti jasni. Značenja simbola moraju se objasniti odmah nakon jednadžbe u kojoj se prvi put upotrebljavaju. Jednadžbe na koje se autor poziva u tekstu potrebno je obilježiti serijskim brojevima u zagradi uz desnu marginu.

Bilješke na dnu stranice treba označiti arapskim brojkama podignutima iznad teksta. Trebaju biti što kraće i pisane slovima manjima od slova kojima je pisan tekst.

Popis literature dolazi na kraju rada, a u njega ulaze djela navedena u tekstu. Literatura treba biti navedena abecednim redom prezimena autora, a podaci o djelu moraju sadržavati i podatke o izdavaču, mjesto i godinu izdavanja.

Uredništvo zadržava pravo da autoru vrati na ponovni pregled prihvaćeni rad i ilustracije koje ne zadovoljavaju navedene upute.

Pozivamo zainteresirane autore koji žele objaviti svoje radove da ih pošalju na adresu Direkcije za izdavačku djelatnost, prema navedenim uputama.

---

## Hrvatska narodna banka izdaje sljedeće publikacije:

### Godišnje izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita godišnja publikacija koja sadržava godišnji pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled statistike.

### Polugodišnje izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita polugodišnja publikacija koja sadržava polugodišnji pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled statistike.

### Tromjesečno izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita tromjesečna publikacija koja sadržava tromjesečni pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja.

### Bilten o bankama

Redovita publikacija koja sadržava pregled i podatke o bankama.

### Bilten Hrvatske narodne banke

Redovita mjesečna publikacija koja sadržava mjesečni pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled monetarne statistike.

### Istraživanja Hrvatske narodne banke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju kraći znanstveni radovi zaposlenika Banke i vanjskih suradnika.

### Pregledi Hrvatske narodne banke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju stručni radovi zaposlenika Banke i vanjskih suradnika.

### Tehničke bilješke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju informativni radovi zaposlenika Banke i vanjskih suradnika.

Hrvatska narodna banka izdaje i druge publikacije: numizmatička izdanja, brošure, publikacije na drugim medijima (CD-ROM, DVD), knjige, monografije i radove od posebnog interesa za Banku, zbornike radova s konferencija kojih je organizator ili suorganizator Banka, edukativne materijale i druga slična izdanja.



ISSN 1332-1900 (tisak) • ISSN 1334-0077 (online)