

JELENA ZUBKOVA

**PROCENTU LIKMJU  
TERMIŅSTRUKTŪRA LATVIJĀ  
MONETĀRĀS POLITIKAS KONTEKSTĀ**



**PĒTĪJUMS 3/2003**

JELENA ZUBKOVA

**PROCENTU LIKMJU  
TERMIŅSTRUKTŪRA LATVIJĀ  
MONETĀRĀS POLITIKAS KONTEKSTĀ**

RĪGA 2003

Pētījumā izteiktie secinājumi atspoguļo autores (pētījuma tapšanas laikā – Latvijas Bankas Monetārās politikas pārvaldes Finanšu tirgus analīzes daļas vadītājas) viedokli, un autore uzņemas atbildību par iespējamām pieļautajām neprecizitātēm.

© Latvijas Banka, 2003

Vāka dizainam izmantota Olafa Muižnieka datorgrafika.  
Pārpublicējot obligāta avota norāde.

ISBN 9984-676-96-X

## SATURS

Ievads	4
1. Procentu likmju termiņstruktūras teorētiskās pamatnostādnes	6
1.1. Ienesīgums procentu likmju termiņstruktūras kontekstā	6
1.2. Procentu likmju termiņstruktūras nozīme monetārajā politikā	9
2. Procentu likmju termiņstruktūras modelēšana	12
2.1. Procentu likmju termiņstruktūras modelēšanas metodes	12
2.2. Citu valstu centrālo banku pieredze ienesīguma likņu modelēšanā	18
2.3. Procentu likmju termiņstruktūras modelēšanas metožu lietojums Latvijas datu apstrādei	19
3. Gaidāmo procentu likmju teorija	27
3.1. Gaidāmo procentu likmju teorijas būtība un tās pārbaudes pamatnostādnes	27
3.2. Gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaude Latvijas finanšu tirgū	30
4. Procentu likmju termiņstruktūras iespējamie lietojuma virzieni Latvijas Bankas monetārajā politikā	36
Secinājumi	48
Pielikumi	50
Literatūra	58

## IEVADS

Kopš 20. gs. 90. gadiem, saskaroties ar komplicētāku monetārās transmisijas procesu, centrālās bankas lielāku uzmanību sākušas pievērst dažādu finanšu aktīvu cenu un tajās ietvertās informācijas izpratnei. Tiek uzskatīts, ka aktīvu cenas paplašina centrālajām bankām pieejamo mainīgo lielumu loku un tādējādi papildina informāciju, kas iegūta, novērtējot tradicionālos rādītājus (piemēram, monetāros agregātus un reālā iekšzemes kopprodukta pieauguma rādītājus). Šajā aspektā svarīga nozīme ir procentu likmju termiņstruktūrai jeb ienesīguma līknes analīzei, kas attīstītajās valstīs kļuvusi par standartriku monetārās politikas lēmumu pieņemšanas procesā.

Procentu likmju termiņstruktūrā ietvertā informācija nodrošina centrālajām bankām vērtīgu papildu informācijas avotu par tirgus prognozēm attiecībā uz virkni būtisku makroekonomisko mainīgo lielumu, t.sk. par turpmākajām īstermiņa procentu likmju pārmaiņām. Procentu likmju termiņstruktūra tiek izmantota informācijas iegūšanai par tirgus cerībām un kā uzņēmējdarbības ciklu apsteidzošais indikators.

Iespējas izmantot ienesīguma līkni minētajiem mērķiem attīstības valstīs, t.sk. Latvijā, līdz nesēnai pagātnei bija visai ierobežotas sakarā ar vāji attīstītajiem finanšu tirgiem. Ņemot vērā to, ka pēdējo gadu laikā Latvijā naudas un valsts vērtspapīru tirgi ir ievērojami attīstījušies un aktivizējušies tirdzniecība otrreizējā tirgū, likumsakarīgi ir mēģināt piemērot Latvijas finanšu tirgum tos tehniskos paņēmienus, kas tiek skatīti gan zinātniskajā literatūrā, gan lietoti praksē attīstīto valstu finanšu tirgos.

Latvijas Bankai finanšu aktīvu cenās ietvertās informācijas izzināšanas nozīme tuvākajos gados pieaugs arī saistībā ar Latvijas virzību uz Eiropas Savienību (ES) un Ekonomikas un monetāro savienību (EMS). Nākotnē piedalīšanās eiro sistēmā Latvijas Bankai nozīmēs būtisku pētnieciskā darba mērķa pārorientāciju. Latvijai kļūstot par vienotās ekonomiskās un monetārās telpas dalībnieci, Latvijas Bankai ekonomiskajos pētījumos būs jāorientējas uz vienotu eiro zonas monetāro mērķu sasniegšanu. Eiropas Centrālā banka (ECB), novērtējot monetārās politikas ietekmi uz tautsaimniecību un formulējot savu stratēģiju, balstās arī uz plaša finanšu rādītāju un indikatoru klāsta novērtējumu. Līdz ar to, kļūstot par eiro sistēmas dalībnieci, Latvijas Bankai, tāpat kā pārējām centrālajām bankām, būs jāveic regulārs pētnieciskais darbs finanšu indikatoru izzināšanā un novērtēšanā.

Pētījumā analizēta dažādu ienesīguma līknes konstruēšanas modeļu piemērotība Latvijas naudas un valdības vērtspapīru tirgiem, kā arī veikta ienesīguma līknē ietvertās informācijas īpašību analīze.

1. nodaļā apkopotas procentu likmju termiņstruktūras teorētiskās pamatnostādnes un sniegts apskats par ienesīguma līknes izmantošanu mūsdienu monetārajā politikā.
2. nodaļa veltīta tagadnes bezkupona (tālāk tekstā – *spot*) un nākotnes domājamo (tālāk tekstā – *forward*) ienesīguma līkņu konstruēšanas metodoloģijai ar dažādām

modelēšanas metodēm. 3. nodaļā analizēta gaidāmo procentu likmju teorija. 4. nodaļā sniegta iegūto rezultātu analīze saistībā ar Latvijas Bankas monetāro politiku. Secinājumos apkopoti svarīgākir iegūtie rezultāti.

Autore izsaka pateicību Viktoram Ajevskim, kurš izstrādājis Latvijas Bankā pašlaik lietotās ienesīguma liknes konstruēšanas un testēšanas programmatūras uzdevumu, kā arī sniedzis vairākas kritiskas piezīmes, un Ansim Kalcenauam, kurš izstrādājis šo programmatūru, līdz ar to nodrošinot pētījuma tehnisko pamatu.

# 1. PROCENTU LIKMJU TERMIŅSTRUKTŪRAS TEORĒTISKĀS PAMATNOSTĀDNES

## 1.1. Ienesīgums procentu likmju termiņstruktūras kontekstā

Procentu likmju termiņstruktūra parāda procentu likmju atkarību no termiņa. Šīs atkarības atspoguļojumu grafiskā veidā sauc par ienesīguma līkni. Būtiski, ka procentu likmēm, kuras atrodas uz ienesīguma līknes, ir vienāda riska un likviditātes pakāpe, kā arī vienādi nodokļu nosacījumi. Lai izveidotu ienesīguma līkni, tiek izmantots dažādu termiņu noteiktu instrumentu tirgus ienesīgums.

Praksē ienesīguma līknes konstruē, izmantojot datus par ienesīgumu konkrētai vērtspapīru kategorijai ar viszemāko riska pakāpi un visplašāko instrumentu spektru skaita un termiņu ziņā, proti, valdības parāda vērtspapīriem, tāpēc tuvāk aplūkojama šo vērtspapīru ienesīguma būtība.

Kā zināms, obligācijas tirgus cena ir visu nākotnes maksājumu plūsmu, kuras saistītas ar šo obligāciju, novērtējums:

$$P = \frac{C}{1 + y(m)} + \frac{C}{1 + (y(m))^2} + \dots + \frac{C + R}{(1 + y(m))^m} \quad [1.1],$$

kur:  $P$  – obligācijas cena;

$C$  – obligācijas kupons;

$R$  – obligācijas nominālvērtība;

$y(m)$  – obligācijas ar dzēšanas termiņu  $m$  perioda beigās ienesīgums.

Obligācijas Latvijas vērtspapīru tirgū salīdzinājumā ar attīstītajām valstīm, kur obligācijas tirgū tiek kotētas jau pusotru gadsimtu, ir jauns finanšu instruments. Latvijas valdība pirmos parāda vērtspapīrus emitēja 1993. gadā. Pašlaik Latvijā visizplatītākās obligācijas ir valdības obligācijas ar 5 un 10 gadu dzēšanas termiņu, un tās ir kupona obligācijas.

Viens no ienesīguma  $y(m)$  teorētiskajiem trūkumiem ir saistīts ar reinvestēšanas risku. Minētā obligācijas cenas aprēķina metodika būtībā paredz, ka visi nākamie kupona maksājumi tiks reinvestēti pēc vienas un tās pašas likmes, kas praksē notiek reti. Šis trūkums tiek pārvarēts, izmantojot *spot* ienesīgumu un tā grafisko prezentāciju – ienesīguma līkni. *Spot* ienesīguma likme ir procentu likme, pēc kuras tiek diskontēta katra atsevišķa obligācijas naudas plūsma (kuponi un nominālvērtība). *Spot* ienesīguma likmi bieži sauc arī par bezkupona likmi, jo tā parāda hipotētiskās diskonta obligācijas vai bezkupona obligācijas ienesīgumu līdz tās dzēšanai. Ja ir zināmas *spot* ienesīguma likmes, obligācijas tirgus cena būs:

$$P = \frac{C}{(1 + {}_0y_1)} + \frac{C}{(1 + {}_0y_2)^2} + \dots + \frac{C + R}{(1 + {}_0y_m)^m} \quad [1.2],$$

kur  ${}_0y_m$  – naudas plūsmas ar dzēšanas termiņu  $m$  perioda beigās *spot* ienesīguma likme.

Lai precīzi novērtētu kupona vērtspapīra cenu, tirgus dalībniekiem vienmēr jāzina *spot* ienesīguma likmes. Šo likmju galvenais trūkums ir tas, ka to aprēķināšana ir sarežģītāka salīdzinājumā ar ienesīgumu līdz dzēšanai  $y(m)$ . Tā kā *spot* ienesīguma likmes tirgū tiešā veidā ir tikai īstermiņa diskonta vērtspapīriem (kuriem nav kupona maksājumu), nepieciešams tās aprēķināt, izmantojot tirgū pieejamās kupona obligāciju cenas.

[1.2] vienādojums bieži tiek veidots, izmantojot diskonta faktoros:

$$P = \delta_1 C + \delta_2 C + \dots + \delta_M (C + R) \quad [1.3],$$

kur  $\delta_m$  –  $m$  perioda diskonta faktors ( $m = 1, \dots, M$ ) un  $m$  perioda *spot* ienesīguma likmes pārveidošana:

$$\delta_m = \frac{1}{(1 + {}_0y_m)^m} \quad m = 1, \dots, M \quad [1.4].$$

Diskonta likne vienmēr ir vērsta lejup, un diskonta vērtība laika momentā ( $m = 0$ ) vienmēr ir 1, t.i.,  $\delta_0 = 1$ . Šis pieņēmums ir svarīgs ierobežojums, un tas nozīmē, ka naudas summa, kas tiek saņemta šajā brīdī, netiek diskontēta.

*Spot* ienesīguma likme attiecīgi ir:

$${}_0y_m = \left( \frac{1}{\delta_m} \right)^{1/m} - 1 = \sqrt[m]{\frac{1}{\delta_m}} - 1 \quad [1.5].$$

Tieši *spot* ienesīguma likne ir tā likne, kura raksturo procentu likmju termiņstruktūru.

Saistībā ar ienesīguma likni finanšu teorijā biežāk izmanto nepārtrauktos lielumus. Piemēram, nepārtrauktā diskonta funkcija atšķirībā no diskrētās funkcijas parāda diskonta faktora atkarību no termiņa jebkuram brīdim. Būtībā nepārtrauktā diskonta funkcija  $d_m$  ir vienas naudas vienības, kas tiks saņemta  $m$  periodā, tagadnes vērtība. Šajā darbā tālākā analīze balstīta uz nepārtraukto lielumu izmantošanu.

Obligācijas cena nepārtrauktās diskonta funkcijas gadījumā:

$$P = C \sum_{m=1}^M d_m + d_M R \quad [1.6],$$

kur:  $d_m = e^{-{}_0r_m m}$ ,

kur savukārt  ${}_0r_m$  – nepārtrauktā *spot* ienesīguma likme.

Attiecīgi *spot* ienesīguma likmes funkciju no attiecīgās diskonta funkcijas iegūst šādi:

$$-{}_0r_m m = \ln(d_m) \Rightarrow {}_0r_m = -\frac{\ln(d_m)}{m} \quad [1.7].$$

Starp kupona maksājuma datumiem [1.6] vienādojumu nepieciešams pārveidot. Lai gan uzkrātā ienākuma aprēķins ir vienkāršs, empīriskajā darbā tas var būt neērts sarežģījums. Lai no tā izvairītos, pieņem, ka kupona maksājumi tiek maksāti nepārtraukti (nevis noteiktos datos), līdz ar to ienākums neuzkrājas. Pieņēmums par nepārtraukto ienākuma aprēķinu nozīmē, ka obligācijas cenas vienādojumu var vienkāršot:

$$P = C \int_0^M d(\mu) d\mu + R d_M \quad [1.8].$$

Svarīga nozīme procentu likmju termiņstruktūras teorijā ir implicētajai informācijai. Tā ir informācija, kas nav redzama uzreiz, bet ir ietverta finanšu aktīva cenā. Visbiežāk tiek izmantota implicētā *forward* ienesīguma līkne un tās nobīdes. *Forward* ienesīguma līkni iegūst vai nu no diskonta funkcijas, vai arī no *spot* ienesīguma likmju funkcijas. *Spot* ienesīguma līknes izmantošana *forward* ienesīguma līknes iegūšanai šķiet ērtāka:

$$e^{-{}_0r_M M} = e^{-{}_0r_m m} e^{-{}_m f_M (M - m)} \quad [1.9],$$

$$-{}_0r_M M = (-{}_0r_m m) + (-{}_m f_M)(M - m) \quad [1.10],$$

$${}_m f_M = \frac{{}_0r_M M - {}_0r_m m}{M - m} \quad [1.11],$$

kur  ${}_m f_M$  – *forward* ienesīguma likme, kas piemērojama nākotnes aizdevumam, kurš izsniegts  $m$  periodā un atmaksājams  $M$  periodā.

*Spot* ienesīguma likmi  ${}_0r_m$  var uzskatīt par visu implicēto *forward* ienesīguma likmju ģeometrisko vidējo.

Pastāv būtiski nosacījumi tam, lai ienesīguma līknei būtu nozīmīgs informatīvais saturs attiecībā uz procentu likmēm nākotnē. Viens no šādiem nosacījumiem ir saistīts ar gaidāmo procentu likmju teoriju (*expectations theory*), kas izvirza ideju par to, ka tagadnes ilgtermiņa procentu likmēs ietvertās īstermiņa *forward* ienesīguma likmes ir cieši saistītas ar tirgus cerībām par faktiskajām īstermiņa procentu likmēm nākotnē. Ir divi gaidāmo procentu likmju teorijas veidi: tiro gaidāmo procentu likmju teorija un gaidāmo procentu likmju teorija.

Tiro gaidāmo procentu likmju teorijas pamatā ir uzskats, ka *forward* ienesīguma likmes

atspoguļo tikai gaidāmās procentu likmes nākotnē. Tādējādi ilgtermiņa obligāciju ienesīgums ir vienāds ar īstermiņa obligāciju gaidāmā ienesīguma vidējo:

$${}_t r_{t+M} = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} E_t ({}_{t+mi} r_{t+m(i+1)}) \quad k = M/m \quad [1.12],$$

kur:  ${}_t r_{t+M}$  – ilgtermiņa  $M$  perioda *spot* ienesīguma likme  $t$  periodā;

$E_t$  – cerību operācijas zīme;

${}_{t+mi} r_{t+m(i+1)}$  – īstermiņa  $m$  perioda *spot* ienesīguma likme  $t$  periodā.

Savukārt gaidāmo procentu likmju teorija pieļauj riska prēmijas par termiņu esamību, bet apgalvo, ka konkrētam termiņam tas ir pastāvīgs lielums un vienāds obligācijām ar dažādiem dzēšanas termiņiem. Ar šādu formulējumu gaidāmo procentu likmju teorija (kas bieži tiek definēta arī kā racionālo cerību teorija attiecībā uz procentu likmju termiņstruktūru) tiek iekļauta vairākumā finanšu teoriju, kā arī makroekonomikas mācību grāmatās.

## 1.2. Procentu likmju termiņstruktūras nozīme monetārajā politikā

Procentu likmju termiņstruktūrā ietvertā informācija nodrošina centrālajām bankām vērtīgu informācijas avotu par tirgus cerībām attiecībā uz virkni būtisku makroekonomisko mainīgo lielumu, t.sk. arī par turpmākajām īstermiņa procentu likmju pārmaiņām.

Viens no iemesliem, kāpēc centrālās bankas pievērsās šāda veida informācijai, ir pieaugusi neskaidrība par monetārās transmisijas mehānisma darbību, īpaši – naudas pieprasījuma nestabilitāte 20. gs. 80. gadu vidū, kas vairākumā valstu mazināja monetārās politikas vienkāršo naudas agregātu starpmērķu ticamību. Šajā aspektā dažādi finanšu tirgus rādītāji potenciāli var sniegt informāciju par notiekošajām pārmaiņām arī tādos periodos, kad monetārās transmisijas process nav acīmredzams, jo finanšu tirgus situācijas pārmaiņām, t.sk. monetārās politikas pasākumiem, pielāgojas ātrāk nekā preču tirgus. Turklāt finanšu aktīvu cenas atspoguļo tirgus prognozes tāpēc, ka pēc savas būtības tās ir orientētas uz nākotni, t.i., to cena ir atkarīga no nākotnes norisēm finanšu tirgos un tautsaimniecībā kopumā pretstatā preču un darba tirgiem, kuros galvenā ietekme uz cenām tomēr ir atkarīga no jau notikušiem procesiem.

Kaut gan pieaugušas grūtības, kas saistītas ar monetāro agregātu pārmaiņu skaidrojumu daudzās valstīs, monetārie agregāti daudzās centrālajās bankās joprojām ir tautsaimniecības novērtēšanas galvenie rādītāji (27), kuri tiek uzskatīti par labākiem reālās tautsaimniecības attīstības un inflācijas prognozētājiem nekā finanšu tirgus indikatori, jo monetārajiem agregātiem ir samērā stabils strukturālās saites ar monetārās politikas galamērķi. Turklāt daudzas centrālās bankas ir pārliecinātākas par monetāro agregātu saistību ar reālo tautsaimniecību, jo šīs saistības teorētiskie pamati ir izstrādāti jau sen. Tomēr jāatzīmē, ka finanšu aktīvu cenu novērtējumam ir arvien lielāka nozīme monetārās politikas īstenošanā vairākās centrālajās bankās, īpaši tajās,

kuru galvenais mērķis ir inflācijas saglabāšana noteiktās robežās. Piemēram, finanšu aktīvu cenām kā rādītājiem ir būtiska nozīme otrajā pilārā eiro sistēmas īstenotās divu pilāru monetārās politikas stratēģijas kontekstā.

Implicētā informācija sniedz iespēju pārbaudīt tradicionālos rādītājus un iegūt papildu informāciju par inflācijas tiešajiem iemesliem vai tās agrīnajiem signāliem, lai papildinātu ar citiem modeļiem iegūtos secinājumus. Piemēram, ja monetārās politikas analītiķi veido prognozes, kas saskan ar procentu likmju termiņstruktūras sniegtajiem signāliem, šo prognožu ticamība ir lielāka. Un otrādi, ja procentu likmju termiņstruktūra sniedz pretējus signālus tiem, kas iegūti no tradicionālajiem kanāliem, tas var likt analītiķiem rūpīgāk pārbaudīt nākotnes prognozes.

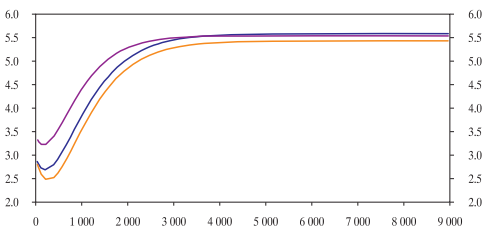
Novērtējot turpmākās saimnieciskās darbības prognozes, kā noderīgs rādītājs tradicionāli tiek aplūkots ienesīguma liknes slīpums. Šīs liknes kāpums parasti tiek uztverts kā saimnieciskās darbības paātrināšanās signāls, turpretī tās izlīdzinājums vai pat kritums – kā norāde uz prognozētu attīstības lejupslīdi. Iespējami vairāki cēloņi saiknes pastāvēšanai starp ienesīguma liknes slīpumu un prognozēm par reālā sektora nākotnes attīstību. Piemēram, ja finanšu tirgus dalībnieki domā, ka nākotnē tautsaimniecības attīstība palēnināsies, viņi centīsies palielināt ilgtermiņa obligāciju pieprasījumu, paredzot, ka šo obligāciju peļņa kompensēs ienākumu zaudējumus, kas radušies ekonomiskās situācijas pasliktināšanās dēļ. Līdz ar to obligāciju cena salīdzinājumā ar parādzīmju cenu paaugstināsies un ienākumi no obligācijām salīdzinājumā ar ienākumiem no parādzīmēm samazināsies. Tādējādi ienesīguma likne izlīdzināsies.

Apskatīsim piemēru. 1.1. attēlā atspoguļotas īstermiņa *forward* ienesīguma likmes eiro zonā 2002. un 2003. gada dažādos datumos. *Forward* ienesīguma likņu vietojums ir atšķirīgs. Kā atzīst ECB, šīs pārmaiņas norāda uz to, ka tirgus prognozes par nākotnes īstermiņa procentu likmju attīstību eiro zonā gan īsā, gan vidējā termiņā šajā periodā ir būtiski mainījušās, proti, samazinājušās. (16) Procentu likmju kritumu ir ietekmējusi resursu pārplūde no akciju tirgiem uz drošākiem ieguldījumu veidiem – valdības vērtspapīru tirgiem, kā tas parasti notiek tautsaimniecībai nelabvēlīgos periodos. Tomēr galvenais valdības obligāciju ienesīguma samazinājuma iemesls ir tirgus dalībnieku pesimisma pieaugums attiecībā uz eiro zonas tautsaimniecības īsā un vidējā termiņā, atspoguļojot publiskotos datus par tautsaimniecības attīstību, kuri nav iepriecinoši, pieaugušās naftas cenas un pieaugušo ģeopolitisko nestabilitāti. Pretstatā tam īstermiņa

1.1. attēls

**EIRO IMPLICĒTĀS ĪSTERMIŅA FORWARD IENESĪGUMA LIKMES**  
(likņu konstruēšana veikta, pamatojoties uz Reuters sistēmā esošo LIBOR EUR datiem, izmantojot Svensona modeli; dienās; %)

- 10.09.2002.
- 10.01.2003.
- 10.02.2003.



*forward* ienesīguma likmes ilgā termiņā ir mainījušās minimāli, liecinot, ka tirgus dalībniekiem nav radies cits eiro zonas valstu tautsaimniecības ilgtermiņa izaugsmes novērtējums.

Tomēr jāatzīmē, ka dažādu zinātnieku iegūtie rezultāti par ienesīguma liknes saistību ar makroekonomiskajiem rādītājiem bieži ir pretrunīgi. Piemēram, A. Estrellas (*Estrella*) un F. Miškina (*Mishkin*) (19) pētījuma rezultāti apstiprina, ka ienesīguma likne ir spēcīgs līdzeklis, prognozējot reālo pieaugumu un inflāciju EMS vienam diviem tuvākajiem gadiem. Turpretī J. Bērks (*Berk*) un P. Bergeiks (*Bergeijk*) (7) ieguva pretējus rezultātus, proti, ienesīguma liknes praktiskais lietojums inflācijas un reālā pieauguma prognozēšanai eiro zonā ir ierobežots.

Īsā termiņā implicētai informācijai ir svarīga taktiskā nozīme. Viens no sarežģītākajiem monetārās politikas jautājumiem ir – kad un par cik centrālajai bankai jāpaaugstina vai jāpazemina īstermiņa procentu likme, lai sasniegtu (noturētu) inflāciju vēlamajā līmenī? Praksē centrālā banka parasti paaugstina vai pazemina procentu likmes pakāpeniski, lai varētu novērot veikto pasākumu sekas un novērtēt tālākās procentu likmes maiņas nepieciešamību. Monetārās politikas speciālisti zina, ka paiet vairāki mēneši (varbūt pat gadi), līdz noteiktais procentu likmju pieaugums vai samazinājums ir jūtams tautsaimniecībā. Tāpēc centrālajai bankai ir nepieciešami finanšu indikatori, kas palīdzētu tai atklāt savu aktivitāšu sekas un tautsaimniecības reakciju uz attiecīgajiem pasākumiem.

Centrālās bankas bieži analīzei izvēlas *forward* ienesīguma likmju termiņu, kas ir ekvivalents centrālās bankas procentu likmju instrumentam (piemēram, *repo* darījumiem). Šajā gadījumā *forward* ienesīguma likme atspoguļo tirgus dalībnieku prognozes par centrālās bankas procentu likmju politiku. Svarīgi, ka tikmēr, kamēr procentu likmju palielinājums ir ietverts tirgus dalībnieku prognozēs, tas nenožīmē jaunus centrālās bankas monetārās politikas signālus. Ja tirgus prognozes būtu pretrunā centrālās bankas novērtējumam, tā censtos nepārsteigt tirgus dalībniekus ar savu aktivitāti.

Kā jau tika minēts, ienesīguma liknes novērtēšanai tiek izmantoti dažādi finanšu instrumenti, parasti valdības obligācijas, bet tas nav obligāti. Pēdējos gadu desmitos tirgus dalībnieki ir paļāvušies uz valdības vērtspapīru ienesīguma liknēm kā uz etalonu, lai noteiktu piesaistīto resursu vērtību dažādos aizņemšanās periodos. Taču privātā sektora parādsaistības, sevišķi ar ķīlu nodrošinātās obligācijas un procentu likmju mijmaiņas darījumi (*interest rate swap*; šajā nodaļā – mijmaiņas darījumi), arī var tikt izmantotas etalonlikmju ienesīguma likņu konstruēšanai.

Valdības vērtspapīru ienesīguma procentu likmes vēl nesen bija sinonīms bezriskā procentu likmēm, taču etalonlikmju ienesīguma liknei, kuru izmanto tirgus cerību izzināšanai, nav nepieciešams būt bezriskā liknei. Kredītriska prēmijas trūkums nav priekšnoteikums tirgus dalībnieku cerību izzināšanai. Lai iegūtu tirgus prognozes par makroekonomiskajiem lielumiem, *forward* ienesīguma likmēs iekļautajām riska prēmijām jābūt paredzamām.

Tirgus dalībnieki arvien biežāk par ienesīguma etalonlikmi izmanto mijmaiņas darījumu fiksēto procentu likmi. Straujā mijmaiņas darījumu tirgus izaugsme 20. gs. 90. gadu beigās bija saistīta ar procentu likmēs iekļautās likviditātes prēmijas samazinājumu un tirgus attīstību. Gandrīz visu banku parādsaistības balstās uz īstermiņa starpbanku procentu likmi, piemēram, LIBOR un EURIBOR. Tāpēc bankas sliecas noteikt cenas atbilstoši mijmaiņas darījumu fiksēto procentu likmju liknei, kas ietver prognozes par nākotnes LIBOR vai EURIBOR procentu likmi. Tā kā starp dažādu valstu vērtspapīru tirgiem joprojām pastāv atšķirības, ir grūti salīdzināt šo valstu vērtspapīru ienesīguma liknes. Savukārt mijmaiņas darījumu izmantošana ir pietiekami vienkāršs veids, kā salīdzināt dažādu finanšu instrumentu ienesīgumu dažādās valstīs. Pat valdības sāk izmantot mijmaiņas darījumus potenciālo zaudējumu riska vadīšanai. Pāreja uz mijmaiņas darījumiem vistālāk paviszījies eiro resursu tirgū, jo investori ātri aptvēra, kādas priekšrocības dod eiro mijmaiņas darījumu ienesīguma liknes izmantošana par etalonu.

ECB, novērtējot finanšu tirgus dalībnieku īstermiņa darījumu procentu likmju prognozes, izmanto divas svarīgākās nenodrošināta tirgus (darījumi bez kājas) procentu likmes – uz nakti eiro izsniegto kredītu procentu likmju vidējo indeksu EONIA (*euro overnight index average*) un eiro izsniegto starpbanku kredītu procentu likmju vidējo indeksu EURIBOR (*euro interbank offered rate*). Tie kopā nodrošina norādes par procentu likmēm, sākot ar kredītiem, kuri izsniegti uz nakti, un beidzot ar kredītiem, kuru termiņš ir 1 gads.

Lai gan ienesīguma likni var konstruēt, balstoties uz dažādu finanšu instrumentu cenām, šajā pētījumā uzmanība pievērsta tikai tām finanšu aktīvu cenām, kuras balstās uz fiksēta ienākuma vērtspapīriem un naudas tirgus instrumentiem. Procentu likmju termiņstruktūras pareiza atspoguļošana ir tā bāze, uz kuru balstīti veiktie pētījumi par gaidāmo procentu likmju teoriju. Tāpēc nākamajā nodaļā apskatīti ienesīguma liknes modelēšanas metožu teorētiskie aspekti, kas dod iespēju konstruēt *spot* un *forward* ienesīguma liknes.

## **2. PROCENTU LIKMJU TERMIŅSTRUKTŪRAS MODELĒŠANA**

### **2.1. Procentu likmju termiņstruktūras modelēšanas metodes**

*Spot* un *forward* ienesīguma likmju iegūšana ir tieša, kad *spot* ienesīgums un līdz ar to arī diskonta funkcija vienlaicīgi ir pieejama darījumiem ar dažādiem līdz dzēšanai atlikušajiem termiņiem. Tomēr bieži finanšu instrumentu cenas nav pieejamas jebkurai termiņam. Tas rada nepieciešamību izmantot speciālos novērtēšanas paņēmienus diskonta funkcijas iegūšanai no finanšu tirgū pieejamo instrumentu cenām.

Ienesīguma liknes modelēšanas mērķis ir, izmantojot spēkā esošās tirgus likmes, iegūt iespējami gludu funkciju, kas pietiekami precīzi atspoguļotu faktiskus datus un vienlaikus būtu piemērota tirgus cerību tālākai izpētei.

Ienesīguma liknes modelēšanai tiek izmantotas trīs galvenās metožu grupas: polinomu un splainu metodes, faktoru stohastiskās metodes un vispārējā līdzsvara metodes. Polinomu un splainu metožu pamatā ir procentu likmju termiņstruktūras nolīdzināšana, neanalizējot faktoros, kuri to ietekmē. Faktoru stohastiskie un vispārējā līdzsvara modeļi konstruē ienesīguma likni, pamatojoties uz tos ietekmējošiem faktoriem. Šajā pētījumā Latvijas ienesīguma liknes konstruēšanai tiek aplūkotas šādas ienesīguma liknes modelēšanas metodes: polinomu metode, splainu metode, faktoru stohastiskās metodes (Vasičeka (*Vasicek*) modelis, Nelsona–Zīgeļa (*Nelson–Siegel*) modelis un Svensona (*Svensson*) modelis) un vispārējā līdzsvara metodes (Koksa–Ingersola–Rosa (*Cox–Ingersoll–Ross*) modelis).

### ***Polinomu metode un splainu metode***

Modelējot polinomu, tiek pieņemts, ka diskonta funkcija  $d_m$  var tikt aprakstīta kā to  $k$  bāzes funkciju  $f_j(m)$  ( $j = 1, \dots, k$ ) summa (plus 1), kurām tiek novērtēti koeficienti ( $a_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ ):

$$d_m = 1 + \sum_{j=1}^k a_j f_j(m) \quad [2.1],$$

kur:  $f_j(m)$  –  $j$  bāzes funkcija;  
 $a_j$  –  $j$  bāzes funkcijas koeficients.

Izšķirošais faktors ir bāzes funkcijas  $f_j(m)$  izvēle. Kad [2.1] vienādojumā izmanto vienkāršo polinomu, diskonta funkciju nosaka  $k$  pakāpes polinoms:

$$d_m = 1 + a_1 m + a_2 m^2 + \dots + a_k m^k \quad [2.2].$$

Līdz ar to, piemēram, izvēloties  $m$ ,  $m^2$ ,  $m^3$  kā bāzes funkcijas ( $f_1(m) = m$ ,  $f_2(m) = m^2$ ,  $f_3(m) = m^3$ ), obligācijas  $i$  ar diviem maksājumiem  $c_1$  un  $c_2$  laika momentos  $m_1$  un  $m_2$  cena ir aprēķināma šādi:

$$(P_{pol})_i = c_1(1 + a_1 m_1 + a_2 m_1^2 + a_3 m_1^3) + c_2(1 + a_1 m_2 + a_2 m_2^2 + a_3 m_2^3) \quad [2.3].$$

Diskonta funkcijas parametru atrašanai izmanto obligāciju kotēšanu tirgū, t.i., attiecīgajā brīdī spēkā esošās tirgus cenas. Diskonta funkcija tiek veidota, pamatojoties uz mazāko kvadrātu metodes (MKM) principiem, t.i., teorētiskajām obligāciju cenām maksimāli jāsakrīt ar spēkā esošajām tirgus obligāciju cenām:

$$\sum_{i=1}^N (P_i - (P_{pol})_i)^2 \rightarrow \min \quad [2.4].$$

Vienkāršo polinomu izmantošana tiek kritizēta galvenokārt saistībā ar kompromisu starp precizitāti un stabilitāti.(4) Ja faktiskie novērojumi nav izvietoti vienmērīgi noteik-

tā termiņā, šāds polinoms sliecas uz labu pielāgošanos liknes isā termiņā un sliktu pielāgošanos tās ilgā termiņā, vai otrādi. Lai risinātu šo problēmu, var palielināt polinoma pakāpi  $k$ , bet tas savukārt var izraisīt novērtējamo parametru nestabilitāti.

Ekonomiskā intūcija liek domāt, ka kādā noteiktā tālākā laika horizontā tirgus dalībnieku cerības attiecībā uz nominālo procentu likmju līmeni aptuveni sakritis jeb konverģēs noteiktā līmenī. Šāda prognoze izskaidrojama ar to, ka, jo tālāks ir laika horizonts, jo tirgus dalībniekiem ir mazāk informācijas, lai rastu atšķirību starp gaidāmo procentu likmi ar termiņu  $m$  un  $(m + 1)$ . Tāpēc ilgākā termiņā *forward* ienesīguma likmēm kādā noteiktā līmenī vajadzētu būt stabilām, nevis svārstīties.

Lai veicinātu kompromisu starp labu pielāgošanās kvalitāti un stabilitāti, saskaņā ar splainu metodi termiņa spektru sadala dažos segmentos un katram segmentam pielāgo atsevišķu, relatīvi zemas pakāpes polinomu ar ierobežojumu, ka punktus, kur saplūst šie polinomi (tos dēvē par mezgla punktiem), aprēķina liknei jābūt gludai:  $j$  kārtas splaina kontekstā (splains sastāv no  $j$  bāzes funkcijām) tas nozīmē to, ka katram mezgla punktam apkārt ir atvasinājums. Splains ir likne, kas sastāv no dažādiem samērā zemas pakāpes polinomiem. Tā parāda apmierinošu pielāgošanās kvalitāti, saglabājot stabilitāti.

Viena no splainu modifikācijām – eksponenciālais splains – raksturo diskonta funkcijas formu kā eksponenciālu. Starp katru mezgla punktu pāri  $d_m$  pastāv šāds vienādojums:

$$d_m = e^{-rm - a_1 m^2 - a_2 m^3 - a_3 m^4} \quad [2.5].$$

*Spot* ienesīguma liknes novērtēšanai ar splainiem ir kopīgas problēmas. Vislielākā no tām – mezgla punktu skaits un izvietojums tiek izvēlēts patvaļīgi vai, labākajā gadījumā, atbilstoši dažiem empīriskiem likumiem. Mezgla punktu skaits nosaka splaina elastīgumu. Ja punktu ir maz, iegūst sliktu pielāgošanos, bet, ja punktu ir pārāk daudz, likne nebūs līdzena, līdzīgi kā izmantojot vienkāršo polinomu.

### ***Faktoru stohastiskās metodes un vispārējā līdzsvara metodes***

Procentu likmju termiņstruktūras teorijā tiek aplūkotas divas stohastisko modeļu grupas: faktoru modeļi un vispārējā līdzsvara modeļi. Neiedziļinoties šo modeļu teorētiskajos aspektos, kas ir samērā tehniski un komplicēti, iepazīsimies ar to pamatnostādņem.

Faktoru stohastisko modeļu izveides pamatmērķis ir vērtspapīru ar dažādiem dzēšanas termiņiem procentu likmju dinamikas izskaidrojums. Lai izveidotu šādus modeļus, kā sākuma punktu izvēlas vienu vai vairākus gadījuma faktorus, kas izskaidro īstermiņa procentu likmju dinamiku. Pieņemtais stohastiskais process tiek specificēts tā, lai atbilstu faktiskajai termiņstruktūrai. Nākamais solis ir līdzsvara nosacījumu iegūšana, kas paredz bezriskā arbitražas iespēju un prēmijas noteikšanu atbilstoši termiņam atkarībā no gadījuma faktora. Izmantojot faktoru modeli, tiek veidoti obligācijas cenas diferenciālo vienādojumu parciālie atvasinājumi, kuriem ir analītisks risinājums.

Savukārt vispārējā līdzsvara modeļi ir ļoti tuvi viena faktora stohastiskajiem modeļiem. Taču, ja faktoru modeļi analizē finanšu aktīvu cenu dinamiku atrauti no tautsaimniecības rādītājiem kopumā un stohastiskais process tiek izvēlēts brīvi, vispārējā līdzsvara modeļos tiek aplūkots tautsaimniecības kopējā līdzsvara nosacījums. Finanšu aktīvu cenu pārmaiņu stohastisko raksturu nosaka svarīgāko ekonomisko rādītāju nenoteiktība nākotnē. Tādējādi finanšu aktīvu cenas un to stohastiskās īpašības ir endogēnas. Obligācijas cenas diferenciālais vienādojums ir daļa no vispārējā līdzsvara modeļa.(35)

### Vasičeka viena faktora stohastiskais modelis

Saskaņā ar Vasičeka modeli visu nepieciešamo informāciju ienesīguma liknes aprakstam var iegūt, izmantojot vienu faktoru –  $r$  īstermiņa *spot* ienesīguma likmi.(33)

Pēc O. Vasičeka domām,  $r$  īstermiņa *spot* ienesīguma likme laika gaitā nepārtraukti mainās saskaņā ar normāla sadalījuma likumiem. Dažādos periodos šī likme var būt samērā zema vai augsta, taču kopumā tai ir tendence vienmēr atgriezties pie ilgtermiņa vidējās vērtības  $\varphi$ :

$$dr = \alpha(\varphi - r)dm + \sigma dz \quad \alpha > 0 \quad [2.6],$$

kur:  $r$  – īstermiņa *spot* ienesīguma likme;

$\varphi$  – likmes  $r$  vidējā vērtība ilgtermiņa periodā;

$m$  – laiks (gados);

$\sigma$  – standartnovirze (svārstīguma raksturotājs);

$z$  – Vīnera (*Wiener*) process;

$\alpha$  – konstants parametrs, kas raksturo procesa atgriešanās ātrumu pie ilgtermiņa vidējās vērtības  $\varphi$  un ir proporcionāls spēkā esošās *spot* ienesīguma likmes vērtības novirzei no vidējā ( $\varphi - r$ ).

*Spot* ienesīguma likme  ${}_0R_m$  ar Vasičeka modeli tiek aprēķināta, izmantojot formulu:

$${}_0R_m = \left( \frac{-A}{m} \right) + \left( \frac{B}{m} \right) r \quad [2.7],$$

$$\text{kur: } A = (B - m) R_\infty - \frac{\sigma^2 B^2}{4\alpha^2};$$

$$B = \frac{1 - e^{-\alpha m}}{\alpha},$$

$$\text{kur savukārt: } R_\infty = \varphi - \frac{\sigma^2}{2\alpha^2} + \frac{\lambda\sigma}{\alpha},$$

kur  $\lambda$  – tirgus riska cena.

*Spot* ienesīguma likme  ${}_0R_m$  ir faktora  $r$  lineāra funkcija. Ir vairāki šādi modeļi, kuri ir pietiekami elastīgi, lai ietvertu dažādas ienesīguma līknes īpašības un attēlotu tās laikā.

### ***Koksa–Ingersola–Rosa modelis***

1985. gadā J. Koks, J. Ingersols un S. Ross atrada risinājumu finanšu aktīvu cenām tautsaimniecības kopējā līdzsvara modeļa ietvaros, kā arī tā variantu procentu likmju termiņstruktūras noteikšanai.(9)

Procentu likmes dinamiku izsaka ar stohastisko diferenciālo vienādojumu:

$$dr = \alpha(\varphi - r)dm + \sigma\sqrt{r}dz \quad [2.8],$$

kur apzīmējumi atbilst Vasičeka modeļa skaidrojumiem.

Kaut gan Koksa–Ingersola–Rosa un Vasičeka modeļi balstās uz dažādiem līdzsvara nosacījumiem, vienīgā to principiālā atšķirība ir kvadrātsaknes no mainīgā  $r$  iekļaušana Koksa–Ingersola–Rosa modeļa svārstīguma nosacījumā ar mērķi novērst negatīvu procentu likmju ģenerēšanu.

Šajā modelī teorētiskā *spot* ienesīguma likme  ${}_0R_m$  tiek izteikta ar formulu:

$${}_0R_m = \left(\frac{-A}{m}\right) + \left(\frac{B}{m}\right)r \quad [2.9],$$

$$\text{kur: } B = \frac{2(e^{wm} - 1)}{D};$$

$$A = \left(\frac{2\alpha\varphi}{\sigma^2}\right) \left(\frac{(\alpha + w)m}{2} + \ln\left(\frac{2w}{D}\right)\right)$$

$$\text{un kur savukārt: } w = -\sqrt{\alpha^2 + 2\sigma^2};$$

$$D = (\alpha + w)(e^{wm} - 1) + 2w.$$

### ***Nelsona–Zigēla modelis***

S. Nelsons un A. Zīgēlis pieņēma tieši *forward* ienesīguma līknes funkcionālo formu.(28) Šī funkcionālā forma tiek iegūta no viņu pieņēmuma, ka īstermiņa *forward* ienesīguma likmes tiek izteiktas ar vienādojumu:

$$f_m = \beta_0 + \beta_1 e^{-\frac{m}{\tau}} + \beta_2 \left(\frac{m}{\tau}\right) \left(e^{-\frac{m}{\tau}}\right) \quad [2.10],$$

kur  $f_m$  – īstermiņa *forward* ienesīguma likme  $m$  periodam, bet  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau$  – parametri, kuri ietekmē *forward* ienesīguma liknes formu.

Integrējot [2.10] vienādojumu no 0 līdz  $m$  un dalot rezultātu ar  $m$ , iegūst nepārtraukto *spot* ienesīguma likmi  $m$  termiņam:

$${}_0R_m = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\left(1 - e^{-\frac{m}{\tau}}\right)}{m/\tau} - \beta_2 e^{-\frac{m}{\tau}} \quad [2.11].$$

S. Nelsons un A. Zīgelis pieņēma ienesīguma liknes funkciju, kas ir pietiekami elastīga, lai parādītu šīs liknes tipiskās formas (pieaugums, kritums, kuprveida), un tās aprakstīšanai izmantoja četrus parametrus. Šīs specifikācijas priekšrocība ir tā, ka parametrus var interpretēt.

$\beta_0$  ir ilgtermiņa (asimptotiskais) procentu likmju virziens, kam tuvinās *spot* ienesīguma likme.  $\beta_0$  un  $\beta_1$  summa veido īstermiņa *spot* ienesīguma likmi. Parametrs  $\tau$  ietekmē ātrumu, ar kādu *spot* ienesīguma likme konverģēs ilgtermiņa virzienā, bet  $\beta_2$  veido kuprveida formu (vai U veida formu, ja  $\beta_2$  ir negatīvs). Funkcionālā forma, ko izvēlējās S. Nelsons un A. Zīgelis, apmierina prasības, kuras pamatojas uz ekonomisko intuīciju par to, kādai jābūt ienesīguma liknes formai. Šis modelis kļuva populārs centrālajās bankās, jo tās ir vairāk ieinteresētas ienesīguma liknes pamatformā, nevis ļoti precīzā datu atspoguļošanā. Turpretī pārējie tirgus dalībnieki bieži vien ir ieinteresēti iegūt tādu ienesīguma likni, kura pēc iespējas precīzāk atspoguļotu tirgus cenas, lai atklātu nepareizi novērtētus vērtspapirus.

### ***Svensona modelis***

Lai uzlabotu ienesīguma liknes elastību un pielāgojamību, L. Svensons paplašināja Nelsona–Zīgeļa funkciju, pievienojot tai ceturto parametru, otro kuprveida formu

(vai U veida formu),  $\beta_3 \left(\frac{m}{\tau_2}\right) \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right)$  ar diviem papildu parametriem –  $\beta_3$  un  $\tau_2$  ( $\tau_2$  jābūt pozitīvam) (31), un ieguva šādu *forward* ienesīguma liknes funkciju:

$$f_m = \beta_0 + \beta_1 e^{-\frac{m}{\tau_1}} + \beta_2 \left(\frac{m}{\tau_1}\right) \left(e^{-\frac{m}{\tau_1}}\right) + \beta_3 \left(\frac{m}{\tau_2}\right) \left(e^{-\frac{m}{\tau_2}}\right) \quad [2.12],$$

kur  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau_1, \beta_3, \tau_2$  – parametri, kuri ietekmē *forward* ienesīguma liknes formu.

Integrējot [2.12] vienādojumu no 0 līdz  $m$  un dalot rezultātu ar  $m$ , iegūst nepārtraukto *spot* ienesīguma likmi  $m$  termiņam:

$${}_0R_m = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\left(1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}\right)}{m/\tau_1} - \beta_2 e^{-\frac{m}{\tau_1}} + \beta_3 \left( \frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_2}}}{m/\tau_2} - e^{-\frac{m}{\tau_2}} \right) \quad [2.13].$$

## 2.2. Citu valstu centrālo banku pieredze ienesīguma likņu modelēšanā

ASV un Lielbritānijā procentu likmju termiņstruktūras novērtēšanai jau sen izveidojušās savas tradīcijas, un 20. gs. 90. gados arī vairākas EMS valstu centrālās bankas sāka veidot savus procentu likmju modeļus. Līdz 1997. gadam ienesīguma likņu konstruēšanā monetārās politikas mērķiem centrālās bankas galvenokārt paļāvās uz faktoru stohastiskajiem modeļiem, no kuriem visizplatītākais bija Nelsona–Zīgeļa modelis.

Vīnes Universitātē un Austrijas centrālajā bankā veiktie pētījumi, izmantojot 1993.–1998. gada datus (22), liecināja, ka ar Nelsona–Zīgeļa modeli iegūtie novērtēšanas rezultāti Austrijā, Vācijā, Lielbritānijā, ASV un Japānā ir pārliciecināti. Tomēr dažos laika posmos pielāgojamība nebija visai apmierinoša. Šā iemesla dēļ Nelsona–Zīgeļa modeli tika palielināts parametru skaits saskaņā ar modelēšanas metodi, ko 1994. gadā piedāvāja L. Svensons. Eksperimenti ar Svensona modeli parādīja, ka pielāgojamību var uzlabot, ņemot vērā lielāku skaitu parametru. Tomēr visumā L. Svensons piedāvāja pielāgojamību, kas ir gandrīz identiska ar Nelsona–Zīgeļa modeli iegūtajai pielāgojamībai.

Svensona modelis kopš 1997. gada gūst arvien lielāku popularitāti, un daudzas centrālās bankas to arvien vairāk izmanto monetārās politikas mērķiem, pamatojoties uz šādiem apsvērumiem:

- 1) vienota pieeja procentu likmju termiņstruktūras novērtēšanai visās valstīs ļauj vieglāk tās savstarpēji salīdzināt;
- 2) Svensona modelis ir samērā vienkāršs un stabils novērtēšanas paņēmieni, ar kura palīdzību var izveidot ticamas ienesīguma liknes, kas ir svarīgi to izmantošanai monetārās politikas nolūkos. Ienesīguma liknes izmantošana šādām vajadzībām nav saistīta ar nepieciešamību ļoti precīzi novērtēt finanšu instrumentu cenas, bet gan ar šīs liknes stabilitāti ilgākā laika periodā. Svensona modelis to nodrošina, turklāt precizitāte datu pielāgošanā ir pat lielāka, nekā tas nepieciešams monetārās politikas analīzei.

Piemēram, ECB izmanto Svensona modeli, konstruējot eiro zonas *spot* un *forward* ienesīguma liknes.(15) Šo modeli kopš 1994. gada izmanto arī Zviedrijas centrālā banka un kopš 1999. gada – Kanādas centrālā banka. Līdz 1999. gadam Kanādas centrālā banka ienesīguma liknes konstruēšanai izmantoja tās izstrādāto modeli, kas balstījās uz nominālā ienesīguma salīdzināšanu (*par yield*) ar ienesīgumu līdz dzēšanai, izmantojot MKM.(8) Savukārt Vācijas centrālā banka ienesīguma liknes konstruēšanai no

1981. gada līdz 1997. gadam izmantoja polinomu funkciju, kas tika konstruēta ar MKM cauri esošajiem ienesīguma datiem (neaprēķinot *spot* ienesīguma likni). Šāda pieeja ir vienkārša no aprēķina viedokļa, tomēr, kā jau tika atzīmēts, tai ir būtiski trūkumi no teorētiskā viedokļa.(31) Lielbritānijā un ASV, līdzīgi kā citās valstīs, arī izmanto Svensona modeli. Tomēr paralēli tam pēdējos gados tiek lietots arī Vagonera (*Waggoner*) modelis, kas tiek balstīts uz polinomu un splainu metodēm.(5) Attīstības valstīs pieejamā informācija ir ļoti skopa, visticamāk, tāpēc, ka valdības vērtspapīru un naudas tirgū šajās valstīs vēl ir jauni, to likviditāte bieži ir zema, turklāt valdības vērtspapīru termiņi ir samērā īsi (bieži nepārsniedz 1 vai 5 gadus), līdz ar to implicēto *forward* ienesīguma likmju iegūšana ir apgrūtināta un to informatīvais saturs ir apšaubāms. Šādi pētījumi attīstības valstīs tikai sākas. Piemēram, Ungārijas centrālā banka testēja polinomu un splainu metožu, kā arī Nelsona–Zīgeļa un Svensona modeļu atbilstību Ungārijas vērtspapīru tirgum. Pētījuma rezultātā Ungārijas centrālajai bankai valdības vērtspapīru ienesīguma liknes konstruēšanai rekomendēts izmantot Svensona modeli.(10)

### **2.3. Procentu likmju termiņstruktūras modelēšanas metožu lietojums Latvijas datu apstrādei**

Latvijas *spot* ienesīguma liknes konstruēšanai pētījumā izmantotas Latvijas naudas tirgus un valdības vērtspapīru otrreizējā tirgus cenas. Šie divi tirgus segmenti ir atšķirīgi vairākos aspektos. Pirmkārt, tie ir atšķirīgi no riska faktora viedokļa, jo naudas tirgū visizplatītākais instruments ir starpbanku kredīti, kuriem lielākoties nav nodrošinājuma, savukārt valdības vērtspapīru otrreizējā tirgū notiek tirdzniecība ar valdības vērtspapīriem, kuru risks ir tuvu nullei. Tāpēc viena un tā paša termiņa starpbanku kredītu un valdības vērtspapīru procentu likmes nebūs vienādas, jo starpbanku kredītu procentu likmes ietvers arī papildu kreditriska novērtējumu. Otrkārt, starpbanku kredītu tirgū dominē īstermiņa instrumenti – galvenokārt uz nakti, 7 dienām, 1 mēnesi un 3 mēnešiem izsniegtie kredīti. Valdības vērtspapīru otrreizējā tirgū dominē obligācijas ar atlikušo dzēšanas termiņu 3–5 gadi. Ņemot vērā šos faktorus, veikts *spot* un *forward* ienesīguma likņu novērtējums atsevišķi Latvijas naudas tirgum un valdības vērtspapīru tirgum.

Naudas tirgus Latvijā pēdējos gados ir dinamiski attīstījies. Latos izsniegto starpbanku kredītu apgrozījums 1999.–2002. gadā pieaudzis vairāk nekā divas reizes (pieaugums no 1.7 mljrd. latu 1999. gadā līdz 3.8 mljrd. latu 2002. gadā). Starpbanku darījumi ir īpaši nozīmīgi Latvijas Bankas īstenotajai monetārajai politikai, jo tie nodrošina centrālajai bankai – naudas piedāvājuma monopolistam – iespēju ietekmēt banku kredītešanu. Informācijas avots par Latvijas naudas tirgus procentu likmēm šajā pētījumā ir naudas tirgus procentu likmju indekss RIGIBOR. Tā ikdienas datu laikkrindas pieejamas no 1997. gada 8. decembra, kad tika sākta RIGIBOR aprēķināšana. Ņemot vērā, ka starpbanku tirgus darījumi galvenokārt notiek ienesīguma liknes isākaos termiņos (līdz 1 mēnesim), ir grūti analizēt patiesās tirgus cenas kredītiem ar termiņu līdz 3, 6 un 12 mēnešiem. Kā alternatīvu varētu izmantot no *forward* valūtas kursu kotācijām iegūtās latos izsniegto kredītu procentu likmes. Tomēr jāatzīmē, ka šādā

veidā iegūtām procentu likmēm nav vienota indeksa, turklāt ārvalstu valūtas resursu cenas dažādās bankās var būt atšķirīgas. Tāpēc, izmantojot, piemēram, LIBOR kā ārvalstu valūtas likmi, aprēķinātās latos izsniegto kredītu procentu likmes nebūs precīzas. Ņemot vērā šos apsvērumus, aprēķinos izmantots RIGIBOR, jo iekšzemes latu tirgū tas ir reprezentatīvākais indekss. Tā dinamiku raksturo 2.1. attēlā atspoguļotie dati.

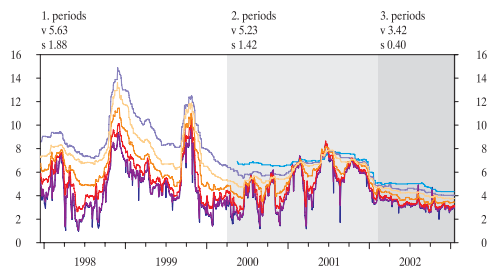
RIGIBOR attīstība ir bijusi samērā nevienmērīga. Lielākās svārstības bija vērojamas 1998. un 1999. gada beigās. Visos periodos īstermiņa darījumu procentu likmēm (līdz 1 mēnesim) ir izteikti lielākas svārstības nekā ilgāka termiņa darījumu procentu likmēm. Tas ir pamatoti, jo tieši īstermiņa darījumi starpbanku tirgū galvenokārt tiek izmantoti, lai koriģētu banku likviditātes ikdienas svārstības. Ņemot vērā RIGIBOR dinamiku, šā pētījuma aprēķinos izdalīti trīs periodi, kuriem konstruētas *spot* un *forward* ienesīguma līknes (sk. 2.1. attēlu). Periodu izvēles galvenais apsvērums ir procentu likmju svārstīgums, kas ar katru nākamo periodu samazinās.

### 2.1. attēls

#### RIGIBOR DINAMIKA UN RIGIBOR DATU RINDU DALĪJUMS TRIJOS PERIĀDOS

(08.12.1997.–31.01.2003.; skaitļi – RIGIBOR 1 nedēļas vidējais (v) un standartnovirze (s); %)

- Uz nakti
- 3 dienas
- 1 nedēļa
- 1 mēnesis
- 3 mēneši
- 6 mēneši
- 1 gads



Pirmajā periodā (1997. gada 8. decembris–2000. gada 31. marts) procentu likmju svārstīgums bija visizteiktākais, jo 1997.–1999. gadā latu naudas tirgus bija ievērojami mazāk likvids un efektīvs. Turklāt šajā periodā ienesīguma līknē var vērot divus lielus izliekumus. Pirmais no tiem – 1998. gada beigās – bija saistīts ar Krievijas finanšu krīzes ietekmi. Iekšzemes starpbanku tirgus 1998. gadā būtiski mainījās. Gada sākumā banku aktivitāti veicināja banku sektora naudas līdzekļu samazināšanās sakarā ar valdības lēmumu lielāko daļu budžeta līdzekļu glabāt Latvijas Bankā. Šā lēmuma rezultātā banku sektora virsrezerves ievērojami samazinājās. Sākot ar 1998. gada augustu, starpbanku tirgus aktivitāti ietekmēja Krievijas finanšu krīze, kas radīja tirgus dalībnieku savstarpēju neuzticību. 1998. gadā naudas tirgus dalībnieku skaits samazinājās no 29 līdz 18, bet vienlaikus auga procentu likmes. Arvien biežāk bankas nodrošināja likviditāti, aizņemoties līdzekļus Latvijas Bankā. Otrs ienesīguma līknes izliekums vērojams 1999. gada beigās. Tas bija saistīts ar Latvijas valsts budžeta deficīta straujo pieaugumu, kā arī ar banku sektora pieprasījuma pēc likviditātes straujo kāpumu, kas radās 1999. gada beigās saistībā ar 2000. gada sākumā gaidāmajām datorproblēmām.

Otrajam periodam (2000. gada 1. aprīlis–2002. gada 31. janvāris) salīdzinājumā ar

pirmo periodu bija raksturīgs mazāks procentu likmju svārstīgums. Saglabājoties stabiliem makroekonomiskajiem faktoriem, šo svārstīgumu galvenokārt noteica ārvalstu valūtas plūsmas banku sektorā un Latvijas Bankas veiktās valūtas intervences, kā arī sezonālie faktori mēneša ietvaros (skaidrās naudas un valsts budžeta naudas resursu plūsmas). Banku paaugstināto pieprasījumu pēc latu resursiem veicināja kredītēšanas attīstība, kā arī 2001. gada beigām raksturīgais naudas tirgus procentu likmju atšķirību pieaugums darījumiem latos un OECD valstu valūtās.

Trešajā periodā (2002. gada 1. februāris–2003. gada 31. janvāris) naudas tirgus procentu likmes bija visstabilākās. Arī šim periodam bija raksturīga stabila makroekonomiskā vide, savukārt naudas tirgus attīstoties kļuva daudz dziļāks un efektīvāks. Turklāt šim periodam bija raksturīga arī laba banku sektora likviditāte.

Kā jau minēts, konstruētas arī Latvijas vērtspapīru tirgus *spot* ienesīguma līknes. Latvijas parāda vērtspapīru tirgū valdības parāda vērtspapīriem ir ievērojami lielāka nozīme nekā privātajiem parāda vērtspapīriem. 2002. gada beigās apgrozībā bija iekšējā aizņēmuma valdības vērtspapīri 293 milj. latu apjomā un valdības eiroobligācijas 425 milj. latu apjomā. Valdības parāda termiņa pieaugums notika pakāpeniski, izlaižot ilgāka termiņa valdības obligācijas. 2000. gadā valdība sāka emitēt 5 gadu valsts iekšējā aizņēmuma obligācijas, bet 2003. gada februārī – jau 10 gadu obligācijas.

Valdības vērtspapīru tirgus izveide sākās 1993. gada decembrī. Tirdzniecība notika galvenokārt ārpusbiržas tirgū, bet kopš 1999. gada – Rīgas Fondu biržā (RFB). Latvijas fiksētā ienākuma vērtspapīru otrreizējā tirgus cenas ir pieejamas RFB un elektroniskajā informācijas sistēmā *Reuters*. Ikdienā šajās sistēmās notiek kotēšana par aptuveni 10 valdības parāda vērtspapīru emisijām – lielāko daļu no visiem apgrozībā esošajiem latos emitētajiem valdības vērtspapīriem. Ņemot vērā Latvijas valdības vērtspapīru relatīvi zemo likviditāti, pastāv maza varbūtība, ka kādā laika periodā notiks darījumi ar visiem šiem vērtspapīriem. Tāpēc tirgus cenas, kas izmantotas aprēķinos, nav faktiskās darījuma cenas, bet kotētās pirkšanas cenas. Protams, var jautāt, vai šīs kotētās pirkšanas cenas reāli atspoguļo tirgus cenas, jo katru dienu tiek tirgots daudz mazāk vērtspapīru, nekā kotē tirgus dalībnieki. Turklāt, kā liecina prakse, tirgus dalībnieki, pērkot vai pārdodot vērtspapīrus, bieži vien veic tiešos darījumus, savstarpēji vienojoties par cenām un izmantojot RFB infrastruktūru norēķinu veikšanai. Attiecīgā statistika par darījumu faktiskajām cenām netiek apkopota. Tāpēc turpmākajos aprēķinos izmantotas kotētās pirkšanas cenas, kuras ir pieejamas regulāri katru dienu reālajā laikā un kuru dienas datu laikrindas var iegūt, sākot ar 1999. gada 30. augustu.

Vērtspapīri, kuru procentu likmes izmanto aprēķiniem, galvenokārt ir ar termiņu no 2 mēnešiem līdz 5 gadiem, bet no 2003. gada 17. februāra – arī līdz 10 gadiem. Valdības vērtspapīru tirgū jau kopš 2000. gada sākuma dominē valdības obligācijas. To īpatsvars vērtspapīru tirgus struktūrā ir pieaudzis no 20% 1997. gada aprīlī (kad pirmo reizi tika emitētas valdības obligācijas ar 2 gadu termiņu) līdz 90% 2002. gada beigās. Kā jau minēts, pašlaik apgrozībā ir valdības obligācijas ar sākotnējo termiņu 3, 5 un 10 gadi.

2002. gada beigās aptuveni 40% apgrozībā esošo valdības vērtspapīru bija ar dzēšanas termiņu līdz 1 gadam. Tā kā starp valdības obligāciju emisijām parasti ir vairāku mēnešu intervāls, turklāt izsoles netiek rīkotas regulāri, kotēšanas dati parasti nav vienmēri sadalīti uz ienesīguma līknes. Piemēram, 2002. gada beigās bija vairāki kotēšanas pārrāvumi – vērtspapīriem, kuru līdz dzēšanai atlikušais termiņš bija no 10 mēnešiem līdz 2 gadiem, kā arī no 3 līdz 4 gadiem. Kopš sākta 10 gadu obligāciju emitēšana, kotēšanas pārrāvums izveidojies arī vērtspapīriem ar atlikušo termiņu līdz dzēšanai no 5 līdz 10 gadiem.

Līdzīgi kā aprēķinos par naudas tirgu, analizējot iegūtās *spot* un *forward* ienesīguma līknes, veikta laikrindu periodizācija: 1. periods – no 1999. gada 30. augusta līdz 2000. gada 31. martam; 2. periods – no 2000. gada 1. aprīļa līdz 2002. gada 31. janvārim un 3. periods – no 2002. gada 1. februāra līdz 2003. gada 31. janvārim.

Pamatojoties uz Latvijas datiem, konstruētas Latvijas diskonta, *spot* un *forward* ienesīguma līknes, izmantojot alternatīvus paņēmienus, proti, 3. pakāpes polinomu aprēķināšanu, eksponenciālā splaina modeli un Nelsona–Zigēļa, Vasičeka, Koksa–Ingersola–Rosa un Svensona modeļus.

Kurš modelis ir labākais? Ir vairāki noteikti kritēriji lēmuma pieņemšanai par attiecīgā modeļa izvēli procentu likmju termiņstruktūras atspoguļošanai jebkura finanšu tirgus apstākļos. Galvenie no tiem ir:

- 1) precizitāte. *Spot* ienesīguma līknei pietiekami precīzi jāatspoguļo novērojami dati. Tai ātri jāreaģē uz situācijas pārmaiņām, piemērojoties reālām termiņstruktūras pārmaiņām;
- 2) stabilitāte. *Spot* ienesīguma līknei jābūt mazjutīgai pret atsevišķu obligāciju ienesīguma pārmaiņām. Vienas vai dažu obligāciju tirgus datu pārmaiņas nedrīkst ietekmēt arī citu obligāciju ienesīgumu;
- 3) praktiskais lietojums. *Spot* un *forward* ienesīguma līknes formai jāatbilst noteiktai ekonomiskajai intuīcijai. *Spot* ienesīguma līknes slīpumam vajadzētu būt viendabīgam, bet diskonta līknei nedrīkst būt pozitīvs slīpums;
- 4) atbilstība kritērijiem ilgākā laika posmā. *Spot* ienesīguma līknei jāatbilst minētajiem kritērijiem ne tikai vienā konkrētā dienā, bet arī ilgākā laika periodā;
- 5) attiecīgā modelēšanas paņēmiena izplatība citās valstīs. Jo vairāk valstu izmanto vienādus paņēmienus, jo vieglāk ir salīdzināt šo valstu iegūtos rezultātus.

Teorētisko cenu (vai ienesīgumu) aprēķinus iegūst, minimizējot novirzes starp teorētiskajām un reālajām obligāciju cenām (vai ienesīgumu). Var tikt izmantoti trīs galvenie rādītāji:

- 1) saknes vidējā kvadrātkļūda (*Root Mean Squared Error*; RMSE);
- 2) determinācijas koeficients  $R^2$ ;
- 3) determinācijas koeficients  $R^2$ , piemērots brīvības pakāpēm (t.i., koriģētais  $R^2$ ).

Saknes vidējā kvadrātkļūda ir minimizēšanas kritērijs, kas tiek izmantots aprēķinos,

un tas ir galvenais dažādu modelēšanas metožu salīdzināšanas kritērijs. Līkņu modelēšanas metožu elastību noteicošais faktors ir ietverto parametru skaits. Nemainoties citiem faktoriem, modeļi, kuriem ir lielāks parametru skaits, labāk pielāgojas novērotajiem datiem. Piemēram, modelis, kuram ir tikpat daudz parametru, cik novērojumu, perfekti pielāgo teorētiskos datus novērotajiem.

Precizitāte ir pakāpe, līdz kurai novērtējamā likne spēj atspoguļot svārstības novērojamās cenās. Par augstu precizitāti liecina mazs RMSE un liels  $R^2$  un koriģētais  $R^2$ . Pārāk liels svārstīgums aprēķinos neliecina par labu iegūtās liknes praktiskajai izmantošanai un līdz ar to arī tās spējām atspoguļot tirgus cerību reālās pārmaiņas. Jebkurā gadījumā jārod kompromiss starp stabilitāti un precizitāti. Izmantojot modeļus, kuriem ir vairāk parametru, iespējams precīzāk aprakstīt datus un iegūt mazākas novirzes starp aprēķina (teorētisko) un novērojamo ienesīgumu. Šīs metodes var būt svarīgas tiem tirgus dalībniekiem, kuri nodarbojas ar vērtspapīru tirdzniecības operācijām, kurās procentu likmju struktūru izmanto kā bāzi vērtspapīru novērtēšanai. No otras puses, centrālo banku monetārās politikas speciālisti parasti dod priekšroku stabilākai liknei, piemēram, ja procentu likmju struktūra tiek izmantota kā tirgus cerību indikators, kas norāda uz gaidāmajām procentu likmju vai inflācijas tendencēm. Jo mazsvarīgāka ir precizitāte, jo vairāk iespējams sasniegt vienkāršību aprēķina metodēs un rezultātu interpretēšanā. Tomēr pārmērīga precizitātes ziedošana vienkāršības labā arī nav vēlama, jo likne var tikt saspiesta tik stipri, ka tiek zaudēta attiecīgā informācija par tirgus cerībām.

### *Naudas tirgus empīrisko novērtējumu rezultāti*

Naudas tirgus novērtējumam izmantoto triju novērojamo periodu empīriskie rezultāti atspoguļoti 1. pielikumā.

2.2. un 2.3. attēlā parādīts ar dažādām modelēšanas metodēm iegūtās Latvijas naudas tirgus *spot* un *forward* ienesīguma liknes 2003. gada 25. martā.

Izvērtējot iegūtos empīriskos rezultātus, redzams, ka ar katru nākamo pārskata periodu visi modeļi producē arvien mazākas RMSE (sk. 1. pielikumu). Visām aplūkotajām modelēšanas metodēm samērā labs ir  $R^2$  un koriģētā  $R^2$  koeficients. Šādi pārlietu labi rezultāti, iespējams, saistīti ar visai mazu izmantojamo finanšu instrumentu skaitu – 8.

Redzams, ka saskaņā ar testēšanas rezultātiem par labvēlīgāko visos trijos periodos atzīstams Svensona modelis. Tas ne tikai piedāvā zemāku RMSE vērtību un lielāko  $R^2$  un koriģētā  $R^2$  koeficientu, bet arī visos trijos pārskata periodos visbiežāk minēts kā labākais no RMSE viedokļa, t.i., šis modelis atbilst precizitātes kritērijam ilgākā laika periodā. Šādu rezultātu pirmais iespaids ir iepriecinošs, jo tas apstiprina faktu, ka arī Latvijas naudas tirgum ir piemērots Svensona modelis, kas kopš 1996. gada daudzu valstu centrālajās bankās guvis arvien lielāku popularitāti. Svensona modeļa panākumus Latvijas naudas tirgū noteicis lielāks tā parametru skaits salīdzinājumā ar citiem mo-

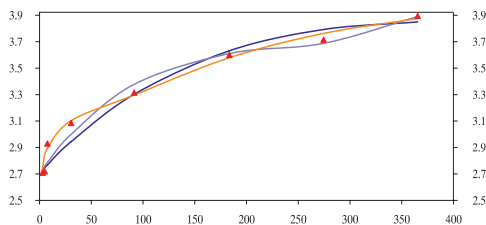
deļiem. Lielāks parametru skaits paildzina aprēķina ilgumu, taču tas nav liels trūkums. Tomēr jāatzīmē, ka veiktie pētījumi atklāja arī Svensona modeļa trūkumus, kas saistīti ar tā izmantojamību Latvijas valdības vērtspapīru tirgū. Šie trūkumi pagaidām neļauj piedāvāt Svensona modeli kā piemērotāko vienlaikus gan Latvijas naudas, gan valdības vērtspapīru tirgus analīzei.

## 2.2. attēls

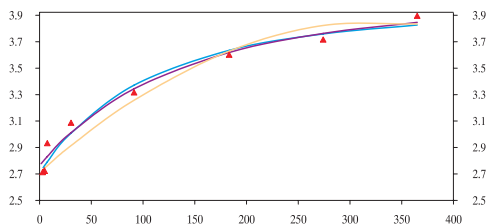
### LATVIJAS NAUDAS TIRGUS SPOT IENESĪGUMA LĪKNES

(iegūtas ar dažādām modelēšanas metodēm 25.03.2003.; iekavās pie katra modeļa – saknes vidējā kvadrātkļūda (RMSE); dienās; %)

- Eksponenciālā splaina modelis (0.07)
- Vasičeka modelis (0.07)
- Svensona modelis (0.03)
- ▲ RIGIBOR



- Nelsona–Zigeļa modelis (0.06)
- Koksā–Ingersola–Rosa modelis (0.07)
- Polinoma modelis (0.10)
- ▲ RIGIBOR

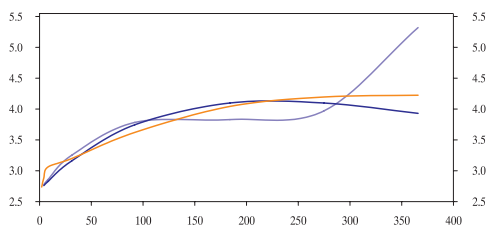


## 2.3. attēls

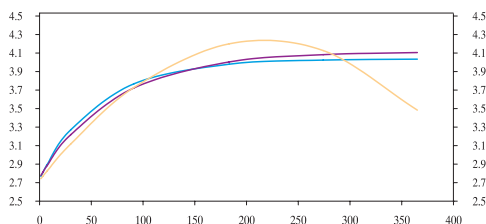
### LATVIJAS NAUDAS TIRGUS FORWARD IENESĪGUMA LĪKNES

(iegūtas ar dažādām modelēšanas metodēm 25.03.2003.; dienās; %)

- Eksponenciālā splaina modelis
- Vasičeka modelis
- Svensona modelis



- Nelsona–Zigeļa modelis
- Koksā–Ingersola–Rosa modelis
- Polinoma modelis



Otrs labākais modelis RMSE un  $R^2$  ziņā ir eksponenciālā splaina modelis. Tomēr arī šim modelim piemīt īpašības, kas neļauj to pieņemt par piemērotāko Latvijas datu ie-

nesīguma liknes modelēšanai. Iegūtie rezultāti rāda, ka splainu un polinomu modeļi var izrādīties problemātiski tāpēc, ka tie negarantē ticamu un stabilu *spot* un *forward* ienesīguma likņu formu un līdz ar to neatbilst praktiskās izmantojamības kritērijiem. Piemēram, augstākas pakāpes polinomiem un splainiem ir noteikti periodi, kuros diskonta funkcija kļūst negatīva. Tāpēc šīm dienām nevar aprēķināt *spot* ienesīguma liknes, izmantojot minētās metodes. Tāda problēma – diskonta funkcijas negatīva vērtība – nevar rasties, ja tiek izmantoti faktoru un vispārējā līdzsvara stohastiskie modeļi, tāpēc fakts, ka stohastisko modeļu parametriem ir ekonomiska nozīme, var būt priekšrocība. Faktoru stohastiskās metodes garantē gan *spot*, gan *forward* ienesīguma likņu lielāku praktisko izmantojamību un stabilitāti, jo ilgākā termiņā tās atbilst noteiktam ekonomiskās intūicijas limenim. Triju aplūkoto stohastisko metožu atšķirības ir maznozīmīgas: Nelsona–Zīgeļa, Koksā–Ingersola–Rosa un Vasičeka modeļi ar aptuveni vienādiem rezultātiem seko eksponenciālajam splainam. Tomēr nedaudz labāki rezultāti visos trijos periodos ir Nelsona–Zīgeļa modelim, kas arī var tikt izraudzīts kā visatbilstošākais Latvijas naudas tirgum pašreizējā laika periodā.

### Vērtspapīru tirgus empīrisko rezultātu novērtējums

2. pielikumā sniegta Latvijas valdības vērtspapīru tirgus *spot* ienesīguma likņu kop-savilkuma statistika. Šīs liknes iegūtas, izmantojot dažādas modelēšanas metodes (sk. 2.4. un 2.5. attēlu).

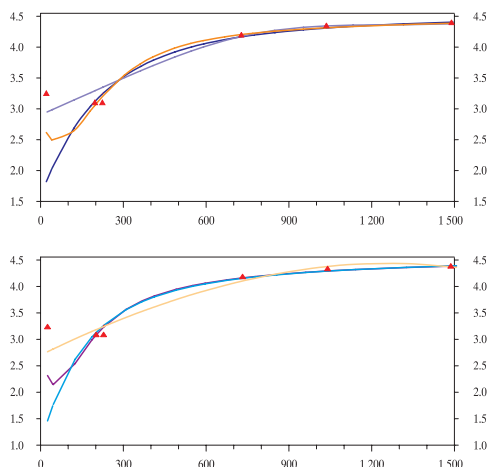
#### 2.4. attēls

##### LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU TIRGUS SPOT IENESĪGUMA LĪKNES

(iegūtas ar dažādām modelēšanas metodēm 25.03.2003.; iekavās pie katra modeļa – saknes vidējā kvadrātšķļūda (RMSE); dienās; %)

— Eksponenciālā splaina modelis (0.24)  
 — Vasičeka modelis (0.68)  
 — Svensona modelis (0.23)  
 ▲ Kotācijas likme

— Nelsona–Zīgeļa modelis (0.47)  
 — Koksā–Ingersola–Rosa modelis (0.84)  
 — Polinoma modelis (0.24)  
 ▲ Kotācijas likme



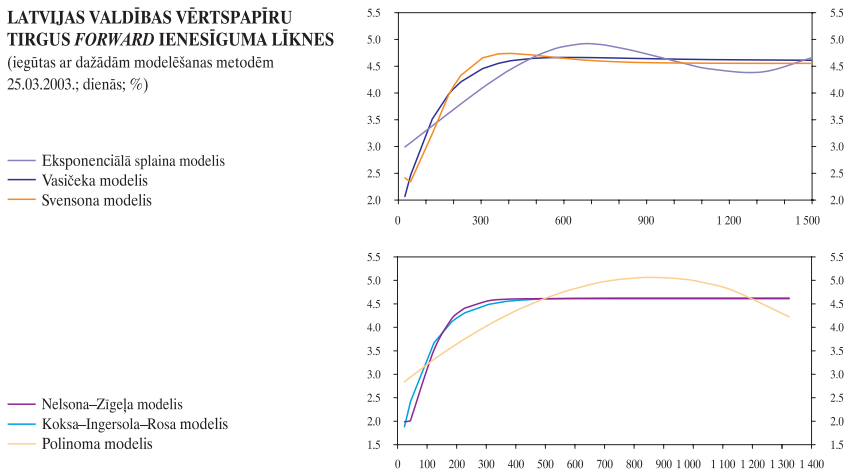
Atšķirībā no iegūtajiem naudas tirgus rezultātiem vērtspapīru tirgus rezultāti nav tik viennozīmīgi. Otrreizējā vērtspapīru tirgus attīstības sākuma periodos labākie rezultāti tika iegūti, izmantojot Svensona, Vasičeka un Koksā–Ingersola–Rosa modeļus. Tirgum stabilizējoties, arvien labākus rezultātus var iegūt, arī izmantojot polinomus un splainus.

Tomēr jāatzīmē, ka, tāpat kā naudas tirgū, šo metožu trūkums ir tas, ka rezultāti atsevišķās dienās var būt ļoti nestabili. Piemēram, eksponenciālais splains daudzos gadījumos diezgan labi pielāgo ienesīguma likni faktiskajiem datiem, tomēr ir iespējami gadījumi, kad tas kļūst pārāk jutīgs pret atsevišķu obligāciju ienesīguma pārmaiņām, veidojot lielas novirzes un līdz ar to – arī lielas RMSE.

## 2.5. attēls

### LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU TIRGUS FORWARD IENESĪGUMA LĪKNES

(iegūtas ar dažādām modelēšanas metodēm  
25.03.2003.; dienās; %)



Kā jau minēts, šāda problēma parasti nerodas stohastisko metožu gadījumā. Aprēķini, izmantojot Svenssona, Nelsona–Zīgeļa, Vasiceka un Koksā–Ingersola–Rosa modeļus, parāda, ka ilgtermiņa procentu likmes 2003. gada martā tiecās uz vidējo līdzsvara līmeni 4.6–4.8%.

Līdzīgi kā naudas tirgū, visos trijos vērtspapīru tirgu raksturojošos periodos Svenssona modelis visbiežāk tiek minēts kā labākais no RMSE viedokļa. Tomēr, kā rāda rezultāti, šis modelis salīdzinājumā ar citiem stohastiskajiem modeļiem ir jutīgāks pret izteikti atšķirīgiem vērtspapīru kotēšanas rezultātiem un tāpēc bieži vien kļūdaini raksturo termiņstruktūru vai vispār nespēj to aprēķināt, t.i., neatbilst stabilitātes kritērijam. Ņemot vērā valdības vērtspapīru otrreizējā tirgus samērā zemo likviditāti, dažas kotētās procentu likmes bieži vien atrodas tālu no konstruētās *spot* ienesīguma liknes, kas savukārt ierobežo Svenssona modeļa lietojumu. Ņemot vērā to, ka nepieciešams atrast vienu modeli, kas būtu piemērots gan naudas, gan valdības vērtspapīru tirgum, Svenssona modeļa izmantošana pagaidām nav labākā alternatīva galvenokārt valdības vērtspapīru otrreizējā tirgus nepietiekamas attīstības dēļ.

Pārējiem stohastiskajiem modeļiem ir nedaudz lielāka RMSE, tomēr, ņemot vērā visus novērtēšanas kritērijus (ieskaitot atbilstību kritērijiem ilgākā laika periodā), tie visumā darbojas ar labiem rezultātiem. Atšķirība ir relatīvi maza. Pašlaik nevar pārliecinoši pateikt, kura no metodēm labāk atspoguļo Latvijas valdības vērtspapīru tirgus datus.

Šķiet, ka no liknes stabilitātes aspekta pamatotāka ir Koksā–Ingersola–Rosa vai Nelsona–Zīgeļa modeļa izvēle. Tomēr vienmēr jāpatur prātā ar daudzparametru modeļu elastību saistītais risks. Problēmas var rasties tad, kad valdības vērtspapīru tirgū tiek aprēķinātas *spot* ienesīguma likmes īstermiņa valdības vērtspapīriem, kuri nav pietiekami labi atspoguļoti vai vispār nav atspoguļoti faktiskajā informācijā.

Pētījuma rezultāti liecina, ka Latvijas Bankai Latvijas naudas un valdības vērtspapīru tirgus *spot* ienesīguma liknes novērtēšanai vēlams izmantot Nelsona–Zīgeļa modeli. Tā priekšrocība ir liknes papildinātās formas (Svensona modeļa) plaša izmantošana attīstīto valstu centrālajās bankās. Turklāt, kā rāda vairāku autoru pētījumi, attīstītajos tirgos Nelsona–Zīgeļa modelis darbojas tikpat labi kā Svensona modelis, bet novērtēšanu var veikt ātrāk un tā nav tik jutīga pret attālinātiem novērtējumiem (*outliers*).

Pašlaik ienesīguma liknes Latvijas Bankā tiek veidotas RIGIBID/RIGIBOR, Latvijas valdības vērtspapīriem, LIBOR EUR, LIBOR USD, LIBOR GBP un sintētisko LIBOR SDR procentu likmēm. Interpolācijas rezultātā iegūtie katra modeļa parametri tiek uzkrāti datu bāzē un ir pieejami turpmāko novērtējumu veikšanai.

### 3. GAIDĀMO PROCENTU LIKMJU TEORIJA

#### 3.1. Gaidāmo procentu likmju teorijas būtība un tās pārbaudes pamatnostādnes

Kā jau minēts 1. nodaļā, ienesīguma likne pie zināmiem nosacījumiem ietver informāciju par gaidāmajām procentu likmēm nākotnē. Tāpēc daudzu empirisko pētījumu mērķis ir pārbaudīt gaidāmo procentu likmju teorijas izmantošanas iespējas. Ja šo teorijas izmantošanas iespēju apstiprina finanšu dati, tas nozīmē, ka ienesīguma likni iespējams izmantot monetārās politikas nolūkos tirgus dalībnieku cerību izziņāšanai par procentu likmēm nākotnē.

Piemēram, īstermiņa *forward* ienesīguma likmes var interpretēt kā tādas, kuras norāda uz tirgus cerībām par īstermiņa procentu likmēm dažādos laika periodos nākotnē, lai gan jāpatur prātā, ka *forward* ienesīguma likmes būs vienādas ar prognozētajām nākotnes īstermiņa procentu likmēm tikai tadā gadījumā, ja nebūs riska prēmijas, t.i., ja apstiprināsies tīro gaidāmo procentu likmju teorija. Ja tā nenotiek, tas nozīmē, ka *forward* ienesīguma likmes satur riska prēmiju, kas, iespējams, sagādā lielākās grūtības, prognozējot procentu likmes. Tomēr, ja šī riska prēmija konkrētam termiņam ir pastāvīga, apstiprinās gaidāmo procentu likmju teorija ar pastāvīgu prēmiju, kas savukārt ļauj prognozēt attiecīgās procentu likmes. Ja tomēr gaidāmo procentu likmju teorija ar pastāvīgu prēmiju neapstiprinās, ienesīguma liknes informatīvais saturs nav ļoti nozīmīgs.

Tas, vai gaidāmo procentu likmju teorija ir spēkā, ir empīrisks jautājums, ko var testēt, izmantojot ekonometriskās metodes. Tīro gaidāmo procentu likmju teorija kvantitatīvi tiek formulēta šādi (apzīmējumi nedaudz atšķiras no 1. un 2. nodaļā minētajiem apzīmējumiem):

$${}_{t+m}r_j = {}_t f_{j,t+m} \quad [3.1],$$

kur:  ${}_{t+m}r_j$  – procentu likme ( $t + m$ ) periodā  $j$  termiņam;  
 ${}_t f_{j,t+m}$  – *forward* ienesīguma likme  $t$  periodā uz  $(t+m)$  periodu  $j$  termiņam;  
 $m$  – prognozes horizons.

Lai pārbaudītu [3.1] vienādojumu, nepieciešams, izmantojot vēsturiskos datus, izveidot šāda veida regresiju:

$${}_{t+m}r_j = \beta_j \times {}_t f_{j,t+m} + \alpha_j \quad [3.2],$$

kur  $\alpha_j$  – riska prēmija.

Saskaņā ar tīro gaidāmo procentu likmju teoriju esošā *forward* ienesīguma likme vidēji līdzinās *spot* ienesīguma likmei nākotnē. Līdz ar to tiek pieņemts, ka koeficients  $\beta_j = 1$ , bet  $\alpha_j = 0$ . Lai ienesīguma liknei būtu (kaut arī vājas) prognozēšanas iespējas, koeficientam  $\beta_j$  jābūt statistiski nozīmīgam (būtiski jāatšķiras no 0).

Tāpēc gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudei tiek izvirzītas šādas hipotēzes.

1.  $H_0: \beta_j = 0$  – *hipotēze par ienesīguma līknes paredzēšanas spējām*. Ja  $\beta_j \neq 0$ , tas nozīmē, ka procentu likmju termiņstrukturā ir ietverta informācija par procentu likmēm nākotnē un [3.2] vienādojums var būt noderīgs procentu likmju prognozēšanai. Ja hipotēze  $H_0: \beta_j = 0$  tiek noraidīta, tiek pārbaudīta nākamā hipotēze.

2.  $H_0: \beta_j = 1$  – *hipotēze par pastāvīgas prēmijas esamību*. Ja statistiski nozīmīgs ir  $\beta_j = 1$ , tiek pieņemta hipotēze par pastāvīgas prēmijas esamību, kas savukārt nozīmē, ka apstiprinās gaidāmo procentu likmju teorija. Gadījumā, ja šo hipotēzi nevar noliegt, tiek pārbaudīta sarežģītāka hipotēze.

3.  $H_0: \beta_j = 1, \alpha_j = 0$  – *hipotēze par nulles prēmijas esamību*. Ja statistiski nozīmīgi ir  $\beta_j = 1, \alpha_j = 0$ , tas nozīmē tīro gaidāmo procentu likmju teorijas apstiprināšanos.

Gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudei izvirzīto hipotēžu shematiskais apkopojums ietverts 3. pielikumā.

Gaidāmo procentu likmju teorija parasti tiek pārbaudīta ar vienādojumu, kas mazliet atšķiras no [3.2] vienādojuma. Attīstītajās valstīs procentu likmju laikkrindas nav stacionāras, jo procentu likmju pārmaiņu statistiskie raksturojumi laika gaitā mainās. Regresijas teorijā nepieciešams priekšnosacījums ir visu mainīgo lielumu stacionaritāte. Visi šīs teorijas turpmākie secinājumi par koeficientiem  $\alpha_j$  un  $\beta_j$  kā nenobīdītiem, konverģētiem un efektīviem ir balstīti uz pieņēmumu par mainīgo lielumu stacionaritāti. Lai iegūtu stacionārus procesus, parasti jāizmanto vērtību starpību pārmaiņas noteiktā laika periodā. Gandrīz vienmēr šīs starpības ir stacionāras. Tāpēc gaidāmo procentu likmju teorija tiek pārbaudīta šādi:

$${}_{t+m}r_j - {}_t r_j = \beta_j({}_t f_{j,t+m} - {}_t r_j) + \alpha_j + {}_{t+m}\varepsilon_j \quad [3.3],$$

kur  ${}_{t+m}\varepsilon_j$  – regresijas prognozes kļūda, ko izraisa, piemēram, ekonomiskais šoks, kas notiek kopš  $t$  perioda līdz  $(t+m)$  periodam.

Vēl viena problēma, kas rodas, novērtējot prognožu regresiju, ir atlikumu iespējamā sērijveida korelācija. Regresijas atlikumi būs sērijveidā korelēti, ja prognozes dziļums  $m > 1$ . Prognozes kļūda rodas tikai  $(t+m)$  periodā. Tātad  ${}_{t+m}\varepsilon_j$  būs korelēta ar  ${}_{t+1}\varepsilon_j, {}_{t+2}\varepsilon_j, \dots, {}_{t+m-1}\varepsilon_j$  kļūdām. Tādējādi parastās MKM novērtējumi nebūs konverģēti. Novērtējot prognožu regresijas koeficientus šā pētījuma ietvaros, izmantota Nūveja–Vesta (*Newey–West*) metodoloģija.

Pieņemsim, ka izveidotajai [3.3] regresijai nav noraidīta hipotēze  $\beta_j = 1$ , un tad no [3.3] vienādojuma izriet:

$${}_{t+m}r_j - {}_t r_j = {}_t f_{j,t+m} - {}_t r_j + \alpha_j + {}_{t+m}\varepsilon_j \quad [3.4]$$

$$\text{vai } {}_{t+m}r_j = {}_t f_{j,t+m} + \alpha_j + {}_{t+m}\varepsilon_j \quad [3.4a].$$

Tātad nākotnes procentu likme  ${}_{t+m}r_j$  ir *forward* ienesīguma likme  ${}_t f_{j,t+m}$ , kurai pieskaitīta pastāvīga prēmija  $\alpha_j$ .

Gaidāmo procentu likmju teorijai pētnieciskajā literatūrā ir pievērsts visai daudz uzmanības, taču empīriskie pierādījumi dažādos pētījumos ir atšķirīgi, un tie ir atkarīgi no tā, kāds nosacījums vai ienesīguma liknes segments ticis pārbaudīts un kāds laika periods ticis pētīts. Pašlaik minami divi pārsteidzoši rezultāti. Pirmkārt, ASV finanšu tirgus pētījumos gaidāmo procentu likmju teorija tiek gandrīz vienprātīgi noraidīta. Otrkārt, ārpus ASV citos tirgos veiktie pētījumi ievērojami atšķiras, tomēr lielākajā daļā no tiem nav spēts šo teoriju noraidīt.

Piemēram, G. A. Hardouvelis (*Hardouvelis*), pētot 3 mēnešu un 10 gadu procentu likmes G-7 valstīs, atklāja, ka gaidāmo procentu likmju teorija samērā slikti izskaidro procentu likmes ASV, bet diezgan labi – citās valstīs.(23) Turpmākos apliecinājumus tam, ka gaidāmo procentu likmju teoriju ir grūtāk noliegt ārpus ASV finanšu tirgiem, sniedza S. Gerlahs (*Gerlach*) un F. Smets (*Smets*), pētot 1, 3, 6, un 12 mēnešu procentu likmes 17 valstīs laika periodā no 1979. gada līdz 1996. gadam.(20) Viņu pētījumi parādīja, ka šo teoriju ir grūti noliegt vairākumā gadījumu, tomēr to var noliegt visu termiņu procentu likmēm ASV. Apkopojot rezultātus, S. Gerlahs un F. Smets kā iespējamu iemeslu tam, kāpēc gaidāmo procentu likmju teorijas labāki apliecinājumi ir atrodamī Eiropas valstīs, nevis ASV, min faktu, ka Eiropas valstīs izmantoja fiksētu valūtas kursu režīmu lielākajā pārskata perioda daļā, un to, ka tās pārdzīvoja spekulatīva spiediena periodus valūtas tirgos. Centrālās bankas parasti reaģē uz spekulatīviem spiedieniem, uz kādu laiku būtiski paaugstinot procentu likmes un pēc tam samazinot tās līdz iepriekšējam līmenim. S. Gerlahs un F. Smets uzskata, ka šādu spekulatīvu

spiedienu un sistemātisku centrālo banku reakciju kombinācija veicina īstermiņa procentu likmju prognozējamību. Šo apgalvojumu apstiprina arī E. Žondo (*Jondeau*) un R. Rikāra (*Ricart*) pētījums, kurā viņi, izmantojot datus par Francijas franka procentu likmēm, parāda, ka gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaude ir jutīga pret spekulatīvā spiediena periodu (1981. un 1983. gada) datu iekļaušanu modelī.(25) Tomēr S. Gerlahs un F. Smets neuzskata, ka spekulatīvi uzbrukumi ir vienīgais iemesls, kāpēc gaidāmo procentu likmju teoriju ir grūti noliegt valstīs, kurās tiek izmantots valūtas kursa enkurs. Arī A. Hērnš (*Hurn*), T. Mūdijs (*Moody*) un V. Muskatelli (*Muscatelly*), izmantojot to pašu metodi, no Lielbritānijas starpbanku tirgus procentu likmēm ieguva gaidāmo procentu likmju teorijai labvēlīgus rezultātus.(24) M. Dālvkvists (*Dahlquist*) un G. Jonsons (*Jonsson*) nespēja noraidīt gaidāmo procentu likmju teoriju, aplūkojot Zviedrijas valdības vērtspapīru procentu likmes.(11)

Attīstības valstu procentu likmju termiņstruktūras izpētē īpaši jāatzīmē gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaude, kas veikta Argentīnā (L. Leidermans (*Leiderman*) un M. Blejers (*Blejer*))(26), Meksikā (I. Domovičs (*Domowitz*), J. Glens (*Glen*) un A. Medhevens (*Madhavan*))(14) un Krievijā (S. Drobiševskis (*Drobiševskij*))(35). Šie pētījumi parādīja, ka procentu likmju termiņstruktūras īpašības attīstības valstu finanšu tirgos visumā atbilst attīstīto valstu tirgu rezultātiem un esošās ilgtermiņa procentu likmes satur informāciju par īstermiņa procentu likmēm nākotnē.

### 3.2. Gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaude Latvijas finanšu tirgū

Kā jau tika atzīmēts, nepieciešamais priekšnosacījums regresijas novērtēšanai ir laikkrindu stacionaritāte. Tāpēc, pirms sākt gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudi, jāveic naudas un vērtspapīru tirgus procentu likmju laikkrindu stacionaritātes pārbaude, t.i., vienības saknes tests (*unit root test*).

Stacionaritātes pārbaudei tika veikts Filipša–Perona (*Philips–Perron*) tests procentu likmju līmeņu laikkrindu un izskatāmo laikkrindu pirmajai starpībai atsevišķi Latvijas naudas un vērtspapīru tirgū. Ņemot vērā to, ka situācija Latvijas naudas un vērtspapīru tirgū dažādos laika periodos kopš to izveides bijusi samērā atšķirīga, laikkrindu stacionaritāte tika pārbaudīta trijos apakšperiodos. Šie periodi lielā mērā atbilst 2. nodaļā analizētajiem periodiem, tomēr nedaudz atšķiras no tiem. Atšķirības daļēji noteikuši stacionaritātes testu rezultāti, daļēji – vēlme veikt iegūto procentu likmju prognožu salīdzinājumu ar faktiskajām procentu likmēm 2002. un 2003. gadā. Naudas tirgū tiek analizēti šādi periodi:

1. periods: 1997. gada 8. decembris–2000. gada 31. marts,
  2. periods: 2000. gada 1. aprīlis–2002. gada 31. janvāris,
  3. periods: 2002. gada 1. februāris–2002. gada 29. novembris,
- bet valdības vērtspapīru tirgū:
1. periods: 1999. gada 30. augusts–2000. gada 31. marts,
  2. periods: 2000. gada 1. aprīlis–2001. gada 31. oktobris,

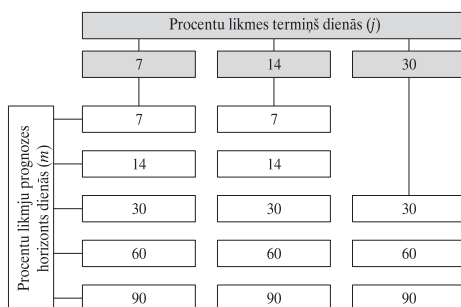
3. periods: 2001. gada 1. oktobris–2002. gada 30. septembris (periods daļēji pārklājas ar 2. periodu stacionaritātes rezultātu dēļ).

Visos periodos testi tika veikti, balstoties uz dienas datu laikrindām un nedēļas datu laikrindām. Novērtējamās procentu likmju laikrindas ir iegūtas, balstoties uz datu laikrindām, kas noteiktas ar Koksas–Ingersola–Rosa modeļa palīdzību.

Procentu likmju laikrindu termiņu izvēle stacionaritātes testēšanai ir atkarīga no tā, kuru termiņu procentu likmēm un kādā prognozes horizontā tiek pārbaudīta gaidāmo procentu likmju teorija. Šajā pētījumā pārbaudei izvēlēto procentu likmju termiņi un prognozes horizonti atspoguļoti 3.1. un 3.2. attēlā.

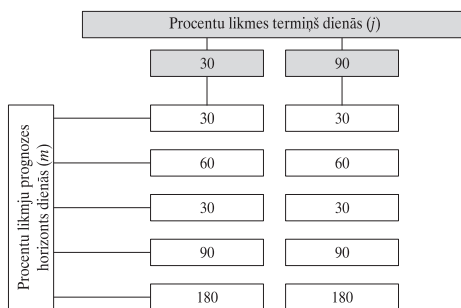
### 3.1. attēls

**STACIONARITĀTES PĀRBAUDEI  
IZVĒLĒTIE PROCENTU LIKMJU TERMIŅI  
UN PROGNOZES HORIZONTI LATVIJAS  
NAUDAS TIRGŪ**



### 3.2. attēls

**STACIONARITĀTES PĀRBAUDEI  
IZVĒLĒTIE PROCENTU LIKMJU TERMIŅI  
UN PROGNOZES HORIZONTI LATVIJAS  
VALDĪBAS VĒRTSPĀPĪRU TIRGŪ**



Filipsa–Perona testa rezultāti liecina, ka vairākumā gadījumu procentu likmju laikrindas ir nestacionāras, bet tajās ietverto datu starpības – stacionāras.

Pēc stacionaritātes novērtēšanas tika veikta gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaude. Atbilstoši stacionaritātes testēšanas rezultātiem gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudei par derīgiem tika atzīti 58 regresijas vienādojumi, t.sk. 32 – naudas tirgus analīzei un 26 – vērtspāpīru tirgus analīzei. Jāatzīmē, ka valdības vērtspāpīru tirgus prognozes

maksimālais horizonts ir 6 mēneši, jo ilgākiem prognožu horizontiem procentu likmju laikrindas ir nestacionāras.

### *Naudas tirgus analīzes rezultāti*

4. pielikumā parādīti  $\beta$  koeficientu novērtējumi,  $t$ -statistika, regresijas vienādojuma determinācijas koeficienti un attiecīgo hipotēžu pārbaudes rezultāti. 1. periodā hipotēzi par ienesīguma liknes prognozēšanas spējām var noliegt visos gadījumos, jo, ja novērojumu skaits ir samērā liels, nevar noliegt, ka  $\beta = 0$  (nozīmīguma līmenis – 95%). Turklāt dienas un nedēļas datu laikrindu rezultāti būtiski neatšķiras. Arī 2. periodā ienesīguma liknes prognozēšanas spējas ir samērā vāji izteiktas. Hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību neizdodas noliegt tikai vienā regresijas vienādojumā no četriem. Tomēr kopumā 1. un 2. periodā vairākums procentu likmju laikrindu izrādījās nestacionāras, tāpēc attiecīgo hipotēžu novērtējumu vispār nevar veikt.

3. periodā ienesīguma likne liecina par labām prognozēšanas īpašībām dažādos prognožu horizontos. Pētāmais maksimālais prognozes horizonts sasniedz 3 mēnešus. Hipotēzi par  $\beta = 0$  var noliegt visiem analizējamiem termiņiem un prognožu horizontiem, un tas nozīmē, ka ienesīguma liknei piemīt zināms prognozēšanas spēks attiecībā uz procentu likmēm nākotnē līdz 3 mēnešiem. Arī hipotēze par  $\beta = 1$  netiek noliegta, taču tiek noraidīta hipotēze, kas vienlaikus ierobežo  $\beta$  un  $\alpha$ . Tas nozīmē, ka Latvijas naudas tirgum tīro gaidāmo procentu likmju teoriju nevar izmantot, bet var to piemērot veidā, kam nav nepieciešama precīza *forward* un *spot* ienesīguma likmju sakritība.

3. periodā uz nedēļas datu laikrindām balstītie aprēķini visumā uzrāda labākus rezultātus nekā uz dienas datu laikrindām balstītie rezultāti. Par to liecina iegūtās  $\beta$  regresijas koeficientu vērtības, kas svārstās ap 1 (no 0.8 līdz 1.3). Turklāt hipotēzi par  $\beta = 1$  nevar noliegt ar  $p$ -vērtību, kas dažādiem vienādojumiem vairākumā gadījumu svārstās 0.23–0.62 robežās. Par samērā labām prognozēšanas īpašībām liecina arī relatīvi augstāks determinācijas koeficients  $R^2$ .

Tomēr jāatzīmē, ka vairākumā gadījumu Durbina–Vatsona (*Durbin–Watson*) statistikas vērtība ir zema, jo dienas datiem tā ir 0.3–0.4 līmenī, nedēļas datiem – nedaudz lielāka (0.9–2.2), bet tomēr lielākoties – mazāka par 2, un tas norāda uz atlikumu sērijveida korelāciju un samazina prognožu efektivitāti. Jau minēts, ka atlikumu korelēšanas problēmas atrisinājumam tiek izmantota Nūveja–Vesta metodoloģija. Taču gadījumā, kad prognozes horizonts  $m$  ir lielāks nekā laika intervāls starp novērojumiem, atlikumu korelēšanas problēma tomēr saglabājas. Jo lielāka ir prognozes horizonta atšķirība no minētā laika intervāla, jo mazāka būs Durbina–Vatsona statistikas vērtība. Savukārt gadījumā, kad prognozes horizonts ir tuvs vai sakrīt ar laika intervālu starp novērojumiem, Durbina–Vatsona statistikas vērtībai ir labāki rezultāti (tuvāk 2). Tas izskaidro to, kāpēc procentu likmju prognozēm 7 un 14 dienām, kas balstītas uz nedēļas datu laikrindām, Durbina–Vatsona statistikas vērtība ir lielāka nekā attiecīgajām prognozēm 30 un 60 dienām.

### *Vērtspapīru tirgus analīzes rezultāti*

Regresijas vienādojumu novērtēšanas rezultāti atspoguļoti 5. pielikumā. 1. periodā iespēju ienesīguma likni izmantot prognozēšanai gandrīz pilnībā var noliegt. 2. un 3. periodā rezultāti ir labāki, tomēr diezgan nestabili dažādiem procentu likmju termiņiem un prognozes horizontiem. Kopumā iegūtie rezultāti ir pretrunā ar tiro gaidāmo procentu likmju teoriju, jo *forward* ienesīguma likmes vairākumā gadījumu nenodrošina *spot* ienesīguma likmju nenobīdītās prognozes. Vienīgais rezultāts, kurā ar  $p$ -vērtību 0.09 un 0.18 netiek noliegta hipotēze par  $\beta = 1$ ,  $\alpha = 0$  un līdz ar to arī atbilstošā hipotēze par nulles riska prēmiju, iegūts 2. periodā, prognozējot attiecīgi 1 mēneša *spot* ienesīguma likmi pēc viena mēneša un 3 mēnešu procentu likmes pēc trijiem mēnešiem, balstoties uz dienas datu laikrindām. Tomēr šis rezultāts nav uzskatāms par viennozīmīgu. Šajā pašā periodā prognozējot 1 mēneša un 3 mēnešu procentu likmes pēc diviem mēnešiem, iegūti negatīvi  $\beta$  koeficienti, kas neatbilst gaidāmo procentu likmju teorijas būtībai, taču abos gadījumos negatīvie koeficienti ir statistiski nenozīmīgi. Tas var būt saistīts ar lielu daudzumu šoka situāciju, kas izkropļo ienesīguma liknes formu.

2. perioda rezultāti, kas balstīti uz nedēļas datu laikrindām, parāda, ka visos gadījumos hipotēzi par  $\beta = 0$  var noliegt, tāpēc prognozēm, kas balstās uz nedēļas datu laikrindām, ir samērā labi rezultāti salīdzinājumā ar tām prognozēm, kas iegūtas no dienas datu laikrindām. Tas var būt saistīts ar to, ka nedēļas datu laikrindas satur mazāk nejaušu noviržu. Rezultāti parāda, ka hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību nevar noliegt, piemēram, 3 mēnešu procentu likmju prognozei sešiem mēnešiem, kur  $\beta$  ir tuvs 1 ( $\beta = 1.075$ ), turklāt hipotēzi par  $\beta = 1$  nevar noliegt ar lielu varbūtības pakāpi ( $p$ -vērtība = 0.8029).

Arī 3. periodā iegūtie rezultāti apliecina, ka hipotēzi par  $\beta = 0$  var noliegt visiem izskatāmajiem procentu likmju termiņiem un prognožu horizontiem. Savukārt hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību, izmantojot dienas datu laikrindas, nevar noliegt 1 un 3 mēnešu procentu likmju prognozei vienam mēnesim un 3 mēnešu procentu likmju prognozei diviem mēnešiem, kā arī, balstoties uz nedēļas datu laikrindām, – 1 mēneša procentu likmes prognozei vienam mēnesim.

Gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudes rezultāti dažādos periodos un dažādos tirgos – naudas un vērtspapīru tirgū – ir samērā atšķirīgi. Tomēr šie rezultāti ļauj izdarīt dažus secinājumus, kas raksturo Latvijas naudas un vērtspapīru tirgus procentu likmju termiņstruktūru.

Kopumā iegūtie rezultāti noliedz tiro gaidāmo procentu likmju teoriju, jo *forward* ienesīguma likmes visumā (ar dažiem izņēmumiem, kurus nevar uzskatīt par kopīgu rezultātu) nenodrošina *spot* ienesīguma likmju nenobīdītās prognozes. Šāds rezultāts ir loģisks, jo tas nozīmē, ka *forward* ienesīguma likmes satur riska prēmiju, kas atšķiras no 0, t.i., ilgtermiņa procentu likmes salīdzinājumā ar gaidāmo nākotnes vidējo ister-

miņa procentu likmi ir augstākas, jo investori par ilgāku termiņu pieprasa riska prēmiju, kas ir pozitīvi atkarīga no termiņa ilguma. Arī attīstītajos finanšu tirgos tīro gaidāmo procentu likmju teorija lielākoties tiek noliegta.

Visumā pieņēmums par tirgus dalībnieku racionalitāti ir samērā stingrs, un runāt par šā pieņēmuma pastāvēšanu Latvijas finanšu tirgū var tikai attiecībā uz dažiem laika periodiem kopš 2000. gada. Šajā ziņā labāki rezultāti ir naudas tirgū, kur kopš 2000. gada aprīļa hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību vairākumā gadījumu, prognozējot 7, 14 un 30 dienu *forward* ienesīguma likmes periodam līdz diviem mēnešiem, nevar noliegt. Savukārt iegūtie empīriskie rezultāti par vērtspapīru tirgu nav tik pārliecinoši, jo vairāk nekā pusē gadījumu, analizējot 1 un 3 mēnešu *forward* ienesīguma likmes periodam līdz sešiem mēnešiem, hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību var noliegt ar ļoti mazu kļūdas varbūtību.

Šādus atšķirīgus rezultātus par naudas un valdības vērtspapīru tirgu var skaidrot ar šo tirgu atšķirīgo likviditātes pakāpi un arī kotēto procentu likmju kvalitāti. Naudas tirgus, kas pēc būtības ir starpbanku tirgus, pēdējo gadu laikā ir būtiski attīstījies gan apgrozījuma, gan izmantoto finanšu instrumentu ziņā, bet valdības vērtspapīru tirgū, kaut gan tas ir audzis gan apjoma, gan termiņa ziņā, tomēr otrreizējā tirgus apgrozījums joprojām ir samērā mazs. Naudas un vērtspapīru tirgus likviditātes pakāpi labi raksturo t.s. likviditātes rādītājs, kas tiek aprēķināts kā noteiktā finanšu instrumenta vidējais apgrozījums attiecībā pret šā instrumenta vidējo atlikumu noteiktajā periodā (sk. 3.1. tabulu). Latvijas valdības vērtspapīru tirgus likviditāte ir ļoti zema, bet attīstītajos finanšu tirgos Francijā, Zviedrijā, ASV un Lielbritānijā tā sasniedz attiecīgi 33.8, 32.7, 22.0 un 7.0.(30)

### 3.1. tabula

#### LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU UN STARPANKU KREDĪTU TIRGUS LIKVIDITĀTE

	2000	2001	2002
Valdības vērtspapīru tirgus			
Vidējais atlikums (milj. latu)	209.2	279.6	270.3
Apgrozījums (milj. latu)	351.1	406.2	177.2
Likviditātes rādītājs	1.68	1.45	0.66
Iekšzemes latu starpbanku kredītu tirgus			
Prasību pret iekšzemes kredītiestādēm vidējais atlikums (milj. latu)	18.6	46.2	63.6
Apgrozījums (milj. latu)	2 082.1	3 435.1	3 776.8
Likviditātes rādītājs	111.9	74.4	59.4

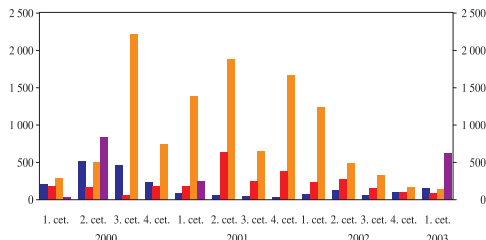
Acīmredzami gadījumā, ja tirgus likviditāte ir zema, arī kotētās valdības vērtspapīru tirgus cenas nevar uzskatīt par kvalitatīvu informācijas avotu procentu likmju termiņstruktūras novērtēšanai. Turklāt ir grūti runāt par šīs termiņstruktūras prognozes racio-

nalitāti, ja otrreizējā tirgus apgrozījums notiek galvenokārt ienesīguma liknes ilgākajos horizontos (ar atlikušo termiņu ilgāku par 3 gadiem), bet īsākos termiņos tirdzniecība nenotiek ilgāku laiku (sk. 3.3. attēlu).

### 3.3. attēls

#### LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU OTRREIZĒJĀ TIRGUS APGROZĪJUMS (pēc atlikušā termiņa līdz dzēšanai; tūkst. latu)

- Līdz 1 gadam
- 1–3 gadi
- 3–5 gadi
- Ilgāks par 5 gadiem



Tomēr empīriskajos rezultātos iegūts pietiekams daudzums statistiski nozīmīgu pozitīvu koeficientu. Koeficienta  $\beta$  novērtējumi ir pozitīvi, kaut arī nesasniedz 1 (nozīmīguma līmenis – 95%). Tas ļauj pieņemt gaidāmo procentu likmju teoriju vājākā formā, kam nav nepieciešama precīza *forward* un *spot* ienesīguma likmju sakritība. Tādējādi netiek noliegta hipotēze par ienesīguma liknes paredzēšanas īpašībām. Tāpēc, neraugoties uz minētajām pretrunām, iegūtie novērtējumi ļauj uzskatīt, ka *forward* ienesīguma likmes ietver informāciju par nākotnes *spot* ienesīguma likmēm. Tomēr šādu prognožu precizitāte ir zema, un *forward* ienesīguma likmes vairākumā gadījumu ir nobīdīti ( $\alpha \neq 0$ ) *spot* ienesīguma likmju novērtējumi.

Latvijas finanšu tirgū ienesīguma liknes paredzēšanas spējas visbiežāk piekāpjas eiro zonai aprēķinātajiem raksturlielumiem. Tas bija sagaidāms, jo papildus jau minētajam likviditātes apsvērumam Latvijas naudas un valsts vērtspapīru tirgi vēl ir jauni. Turklāt izpētes periodā ir bijis daudz dažādu šoka situāciju un, visticamāk, spēcīgu riska prēmiju svārstību. Tas viss pasliktināja ienesīgumu liknes prognozēšanas iespējas.

Par neapmierinošām prognozēšanas īpašībām liecina arī zems  $R^2$  un zemas Durbina–Vatsona statistikas vērtības. Tāpēc nav pamata izdarīt formālus secinājumus par iegūto rezultātu statistisko nozīmi. Jāatzīmē, ka secinājumi par ienesīguma liknes prognozēšanas spējām ir būtiski atkarīgi no datu laikrindu perioda ilguma izvēles. Tas saistīts ar to, ka ar laiku riska prēmijas apmērs investoru prognozēs var mainīties. Ir skaidrs, ka gadījumos, kad riska prēmija ir mainīga, tirgus dalībnieku cerības par procentu likmēm nevar uzskatīt par racionālām. Acīmredzot laikā mainīga riska prēmija lielā mērā arī izskaidro to, kāpēc *forward* ienesīguma likmes vairākumā gadījumu ir nobīdīti nākotnes *spot* ienesīguma likmju novērtējumi.

#### 4. PROCENTU LIKMJU TERMIŅSTRUKTŪRAS IESPĒJAMIE LIETOJUMA VIRZIENI LATVIJAS BANKAS MONETĀRAJĀ POLITIKĀ

Šī nodaļa ir mēģinājums sasaistīt pētījumā iegūtos empīriskos rezultātus par ienesīguma liknes modelēšanu un gaidāmo procentu likmju teorijas praktisko pārbaudi Latvijas tirgū ar Latvijas Bankas monetāro politiku, kā arī ieskicēt citus iespējamus pētījuma virzienus, kur izmantojama Latvijas finanšu instrumentu ienesīguma likne.

Kā centrālā banka var izmantot ienesīguma liknē ietvertu informāciju monetārās politikas mērķiem? Pirmkārt, vistiešākais un acīmredzamais šīs liknes lietošanas mērķis ir dažādu finanšu instrumentu cenu noteikšana, jo centrālā banka, kā jebkurš finanšu tirgus dalībnieks, piedalās šajā tirgū, veicot dažādas naudas un vērtspapīru operācijas. Jau pašlaik Latvijas Banka, izmantojot ikdienas datu bāzi, novērtē valdības un privātos fiksētā ienākuma vērtspapīrus, kurus tā akceptējusi kā ķīlu *repo* darījumiem ar bankām, kā arī tās īpašumā esošo fiksētā ienākuma vērtspapīru portfeli. Kā pamatu šo vērtspapīru novērtēšanai Latvijas Banka izmanto RFB iepriekšējā darbadienā kotētās attiecīgās vērtspapīru emisijas pārdošanas procentu likmes. Ņemot vērā, ka ne vienmēr attiecīgie vērtspapīri ir kotēti RFB, nepieciešams konstruēt *spot* ienesīguma likni, kas interpolē trūkstošo kotēšanu un ļauj noteikt attiecīgo vērtspapīru cenas. Latvijas Banka pašlaik ienesīguma liknes konstruēšanai izmanto Nelsona–Zīgeļa modeli tāpēc, ka tā ir viena no dažādos laika periodos visplašāk lietotajām metodēm centrālajās bankās. Šajā pētījumā veikta dažādu ienesīguma likņu modelēšanas metožu salīdzinošā analīze ļāva pārliecināties, ka Nelsona–Zīgeļa modeļa lietojums Latvijas valsts vērtspapīru tirgus analīzei ir attaisnojams, jo tas pietiekami precīzi atspoguļo faktiskos datus un vienlaikus ļauj konstruēt stabilas un ticamas *spot* ienesīguma liknes ilgākam laika periodam. Darbā iegūtie empīriskie rezultāti liecina arī par to, ka ECB un vairākums ES valstu centrālo banku lietotais Svensona ienesīguma liknes modelis (paplašinātais Nelsona–Zīgeļa modelis) pagaidām nav piemērojams Latvijas valdības vērtspapīru tirgus datiem. Tomēr ir svarīgi atzīmēt, ka, lai gan faktoru stohastiskie un vispārējā līdzsvara ienesīguma liknes modeļi saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem ir uzskatāmi par instrumentu, kas garantē ticamu rezultātu, nav izslēgts, ka kādreiz tiks konstruētas liknes, kuru īpašības nebūs apmierinošas un kuras līdz ar to attiecīgajās dienās nevarēs izmantot valdības vērtspapīru novērtēšanai.

Ienesīguma likne izmantojama arī tajā ietvertās informācijas analīzei nolūkā laikus atklāt finanšu tirgus dalībnieku cerības un uzticēšanos esošajai monetārajai politikai. Šāda veida analīzes nozīme Latvijas Bankā tuvākajos gados būtiski pieaugs. To lielā mērā ietekmēs Latvijas naudas un valdības vērtspapīru tirgus attīstība pēdējos gados. Par to liecina šo tirgu likviditātes dziļums, tirgus dalībnieku skaits un finanšu instrumentu klāsta pieaugums, kā rezultātā uzlabojas arī kotēto procentu likmju kvalitāte. Šādā situācijā šķiet loģiski vietējam finanšu tirgum sākt aprobēt sarežģītākas analīzes metodes, kuras tiek lietotas attīstītajos finanšu tirgos. Finanšu aktīvu cenās ietvertās informācijas empīrisko īpašību novērtēšana ir viens no galvenajiem mūsdienu finanšu tirgus pētnieciskajiem virzieniem. Pētījums par Latvijas finanšu tirgu liecina, ka, sākot

ar 2001. un 2002. gadu, ienesīguma liknei piemīt zināms prognozēšanas spēks saskaņā ar gaidāmo procentu likmju teoriju, un tas nozīmē, ka ar dažiem pieņēmumiem aprēķinātās *forward* ienesīguma likmes ir iespējams interpretēt kā tādas, kas norāda uz gaidāmajām īstermiņa procentu likmēm nākotnē.

Analīzes nozīmes pieaugumu noteiks arī Latvijas virzība uz EMS. Latvijai kļūstot par vienotas ekonomiskās un monetārās telpas sastāvdaļu, procentu likmju kanāla loma monetārās politikas transmisijas procesā, līdzīgi kā pārējās eiro zonas valstīs, pakāpeniski pieaugs. Savukārt valūtas kursa kanāla loma mazināsies, jo Latvijas eksportu un importu uz EMS valstīm vairs neietekmēs valūtas kursu svārstības, turklāt Latvijas eksportā un importā šo valstu īpatsvars turpinās augt. Nostiprinoties finanšu sektoram, straujāk attīstīsies arī kapitāla tirgus, t.sk. uzņēmumiem palielinot finansējumu kapitāla tirgū.

Latvijai virzoties uz EMS, Latvijas Bankas monetārās politikas nostādnes arvien vairāk tuvināsies tām, kuras īsteno ECB, bet vēlāk, Latvijas Bankai kļūstot par eiro sistēmas dalībnieci, tās monetārās politikas galvenais mērķis tiks pakārtots ECB mērķim (vidējā laika periodā noturēt inflācijas līmeni 2% robežās). Šā mērķa formulējums nedaudz atšķiras no likumā "Par Latvijas Banku" definētā centrālās bankas mērķa, proti, "Latvijas Bankas galvenais mērķis ir, īstenojot naudas politiku, regulēt naudas daudzumu apgrozībā, lai saglabātu cenu stabilitāti valstī". Šo likumā izvirzīto mērķi Latvijas Banka kopš 1994. gada īsteno, izmantojot lata piesaisti SDR valūtu grozam. Šādas izvēlētās stratēģijas pamatā bija un joprojām ir svarīgi apsvērumi, kuru pamatotību Latvijas Banka ir plaši skaidrojusi gan oficiālos, gan dažādos analītiskos dokumentos. Latvijai iestājoties ES un Latvijas tautsaimniecībai arvien vairāk integrējoties eiro zonas valstu saimnieciskajās norisēs, lats tiks piesaistīts eiro, bet, iestājoties EMS, eiro aizstās latu un kļūs par vienīgo likumīgo maksāšanas līdzekli Latvijas teritorijā. Līdz ar to fiksētā valūtas kursa režīms Latvijā beigs pastāvēt, un tas vienlaikus nozīmēs arī valūtas kursa kā starpmērķa likvidāciju. Šis pārmaiņas nozīmēs arī to, ka ne tikai monetārās politikas mērķis, bet arī visa Latvijas Bankas stratēģija tiks pakārtota ECB stratēģijai, kuras svarīgākais ietekmes instruments uz naudas piedāvājumu un līdz ar to arī uz ekonomisko aktivitāti un inflācijas līmeni būs procentu likmes.

Fiksētā valūtas kursa aizvietošana ar peldošo valūtas kursu neatkarīgi no tā, tiek vai netiek izvēlēts jauns starpmērķis, rada nepieciešamību pēc jauniem monetārajām indikatoriem, kuri būtu izmantojami tautsaimniecības un monetārās politikas novērtēšanai. ECB, kurā monetārā politika tiek īstenota divu pilāru sistēmas ietvaros, implicētā *forward* ienesīguma likme tiek izmantota kā viens no vairākiem indikatoriem otrā pilāra ietvaros. Ienesīguma liknē ietvertās *forward* ienesīguma likmes ECB izmanto galvenokārt, lai noskaidrotu, vai tajās ir ietvertas arī tirgus dalībnieku prognozes par procentu likmēm, inflāciju un ekonomisko aktivitāti, tā palīdzot atklāt eiro zonas transmisijas mehānisma īpatnības, kā arī vērtējot tirgus dalībnieku uzticēšanos monetārajai politikai un savas darbības caurskatāmību.

Kopš lata piesaistes SDR valūtu grozam Latvijas Bankas iespējas īstenot neatkarīgu procentu likmju politiku zināmā mērā bija ierobežotas. Latvijas Banka, nosakot savas oficiālās procentu likmes, lielā mērā bija un joprojām paliek pakārtota fiksētā valūtas kursa saglabāšanai, galvenokārt ievērojot naudas tirgus tendences. Šādā situācijā *forward* ienesīguma likmēs ietverto informāciju īstermiņa skatījumā diez vai var uzskatīt par centrālās bankas darbības caurskatāmības kritēriju.

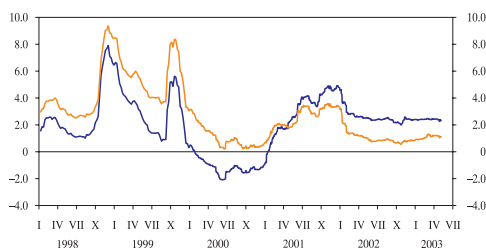
Nenoliedzot, ka fiksētā valūtas kursa apstākļos lata kurss acīmredzot ir galvenais latu naudas tirgus procentu likmju noteicošais faktors ilgtermiņa skatījumā, tomēr ikdienas naudas tirgus procentu likmju svārstības ir atkarīgas galvenokārt nevis no valūtas kursa pārmaiņām, bet gan no latu resursu piedāvājuma un pieprasījuma, ko ietekmē, piemēram, valdības līdzekļu plūsmas banku sistēmā, skaidrās naudas apgrozībā apjoma pārmaiņas u.c. Jāatzīmē, ka Latvijas Bankas mērķis nav konkrēta procentu likmju līmeņa sasniegšana, bet gan pārmērīgu naudas tirgus procentu likmju svārstību izlīdzināšana vai arī noteikto procentu likmju maiņa, ja tiek izdarīts spiediens uz nacionālās valūtas kursu.

Pēdējos gados, attīstoties starpbanku tirgum un Latvijas Bankas atklātā tirgus operācijām, inflācijai samazinoties līdz attīstīto valstu līmenim, kā arī stabilizējoties makroekonomiskajai situācijai, no vienas puses, vērojama Latvijas Bankas noteikto procentu likmju lielāka ietekme uz īstermiņa naudas tirgus procentu likmēm (līdz 1 mēnesim), bet, no otras puses, kopš 2002. gada ilgāka termiņa naudas tirgus procentu likmes (ar termiņu ilgāku par 1 mēnesi) ciešāk seko SDR, īpaši tā sastāvdaļās ASV dolāra, procentu likmēm (sk. 4.1. attēlu).

#### 4.1. attēls

**3 MĒNEŠU RIGIBOR UN LIBOR EUR, RIGIBOR UN LIBOR USD PROCENTU LIKMJU STARPĪBAS (%)**

— RIGIBOR un LIBOR EUR starpība  
— RIGIBOR un LIBOR USD starpība



Latvijas Bankas noteiktās banku termiņnoguldījumu Latvijas Bankā un lombarda kredītu procentu likmes veido sava veida procentu likmju koridoru, kura ietvaros mainās naudas tirgus procentu likmes ar termiņu līdz 7 dienām. 4.2. attēlā redzams, ka Latvijas Bankas *repo* darījumu procentu likmē kļūst par etalonlikmi iekšzemes starpbanku tirgū. Savukārt 3 mēnešu RIGIBOR un ASV dolāra LIBOR starpība kopš 2002. gada sākuma saglabājas diezgan stabila (nedaudz vairāk par 2.0 procentu punktiem).

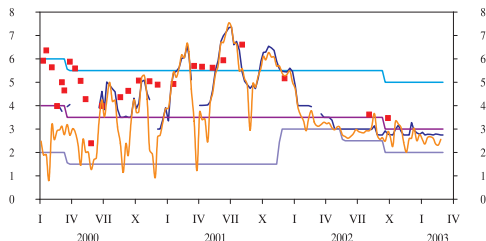
Tas apstiprina Latvijas Bankas monetārās politikas ierobežoto ietekmi uz ilgtermiņa procentu likmēm. Tomēr tieši ilgtermiņa procentu likmju dinamika atspoguļo tirgus

dalībnieku prognozes par inflācijas un makroekonomiskās situācijas attīstību un līdz ar to arī ticību tam, ka tiks nodrošināta zema inflācija. Raugoties no šāda aspekta, pastāvīga un konsekventa inflācijas un latu ilgtermiņa procentu likmju samazinājuma tendence kopš 1993. gada liecina par to, ka Latvijas Bankas monetārā politika bijusi veiksmīga sava mērķa (cenu stabilitātes) sasniegšanā.

#### 4.2. attēls

##### LATVIJAS BANKAS NOTEIKTĀS PROCENTU LIKMES UN NAUDAS TIRGUS PROCENTU LIKMES (%)

- Refinansēšanas likme
- Vidējā svērtā *repo* likme (7 d.)
- Starpbanku latu likme (uz nakti)
- Valdības parādzīmju likme (6 mēn.)
- Termiņnoguldījumu likme (7 d.)
- Lombarda likme (līdz 10 d.)



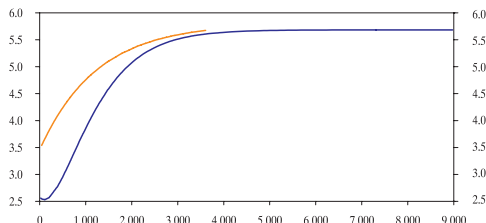
Periodā līdz iestājai EMS vēl vairāk mazināsies Latvijas valsts un lata valūtas kursa risks, mazinot riska prēmiju aktīviem latos un Latvijas Bankas procentu likmju ietekmi uz Latvijas tautsaimniecību. Par to liecina arī Latvijas Bankas veiktie monetārās politikas transmisijas mehānisma pētījumi, kuros secināts, ka tuvākajos gados, palielinoties vietējo un ārvalstu aktīvu savstarpējai aizvietojamībai, iekšzemes tautsaimniecībai arvien svarīgākas kļūs eiro zonas valstu procentu likmes.(3)

To uzskatāmi parāda arī latu un eiro, kā arī latu un SDR ietvertu *forward* ienesīguma likmju salīdzinājums. Latu un eiro īstermiņa *forward* ienesīguma likmju starpība 3–4 gadu perspektīvā pakāpeniski samazinās līdz 50 bāzes punktiem, bet 6–7 gadu perspektīvā gandrīz izzūd (sk. 4.3. attēlu). Latvijai pievienojoties eiro zonai, Latvijas valdības emitēto vērtspapīru valūtas kursa risks izzudīs un šo vērtspapīru un eiro zonas valstu valdību emitēto vērtspapīru procentu likmju starpība varētu mazināties vēl ātrāk, nekā to paredz *forward* ienesīguma likmes. Jau pašlaik Latvijas valsts 10 gadu obligāciju procentu likmes nepārsniedz attiecīgo Vācijas valdības obligāciju procentu likmes vairāk kā par 60 bāzes punktiem.

#### 4.3. attēls

##### LATU UN EIRO ĪSTERMIŅA FORWARD IENESĪGUMA LIKMES (15.04.2003.; dienās; %)

- Latu
- Eiro



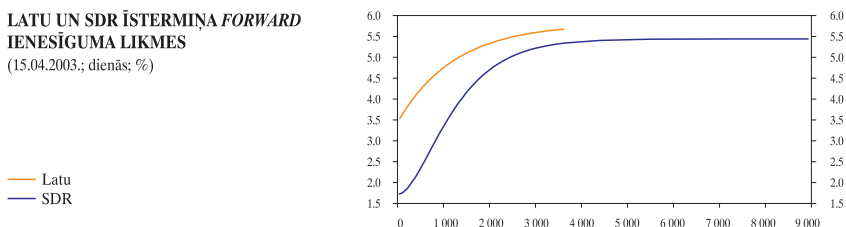
Savukārt, salīdzinot latu *forward* ienesīguma likmes ar SDR (sintētiskajām) *forward* ienesīguma likmēm, redzams, ka ilgtermiņa SDR procentu likmes visumā tiek progno-

zētas zemākas. Kaut gan pēdējo divu gadu laikā ilgāka termiņa naudas tirgus procentu likmes ciešāk seko SDR procentu likmju dinamikai, tirgus dalībnieki joprojām sagaida šo procentu likmju starpības saglabāšanos ilgtermiņa perspektīvā galvenokārt zemāku ASV dolāra procentu likmju prognožu rezultātā (sk. 4.4. attēlu).

#### 4.4. attēls

##### LATU UN SDR ĪSTERMIŅA FORWARD IENESĪGUMA LIKMES

(15.04.2003.; dienās; %)



Vērtējot latu procentu likmēs iekļautās riska prēmijas apjomu, ir svarīgi noteikt būtiskākos to ietekmējošos faktorus. Var noteikt vismaz četras riska prēmijas sastāvdaļas:

$$RP = P_v + P_{vk} + P_i + P_l \quad [4.1],$$

kur:  $RP$  – riska prēmija;

$P_v$  – prēmija par valsts risku;

$P_{vk}$  – prēmija par valūtas risku;

$P_i$  – prēmija par inflāciju;

$P_l$  – prēmija par likviditāti.

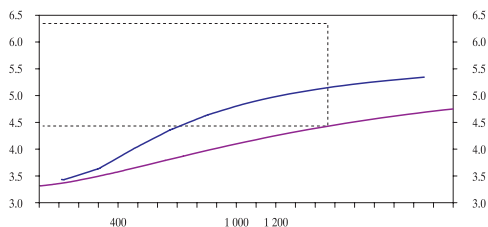
Šā pētījuma ietvaros riska prēmija netiek detalizēta, tomēr, atzīmējot ienesīguma likņu iespējamās lietojuma virzienus, var secināt, ka to salīdzināšana dažādās valūtās var būt noderīga, nosakot atsevišķus riska veidus (sk. 4.5. attēlu). Piemēram, salīdzinot eiro zonas emitentu (īpaši valdību) instrumentu un Latvijas valdības eiroobligāciju ienesīguma līknes, var novērtēt to riska prēmijas daļu, kura saistīta ar valsts risku (a). Tā kā Latvijas eiroobligācijas un eiro zonas finanšu instrumenti ir denominēti vienā valūtā – eiro –, abu šo instrumentu valūtas kursa risks un valūtas pirktspējas pārmaiņas risks ir identiski. Pieņemot, ka šo instrumentu likviditātes apsvērumi būtiski neatšķiras, vienīgais risks, kas tos atšķir, ir valsts risks. Šo instrumentu procentu likmju starpību lielā mērā ietekmē Latvijas valsts reitings ilgtermiņa saistībām ārvalstu valūtā. Savukārt, salīdzinot Latvijas valdības eiroobligāciju un latos emitēto valdības vērtspapīru ienesīguma līknes, var novērtēt to riska prēmijas daļu, kura saistīta ar pārējo riska faktoru ietekmi, no kuriem svarīgākie ir valūtas kursa un inflācijas riski (b). 4.5. un 4.6. attēlā atspoguļotas attiecīgās eiro naudas tirgus, Latvijas eiroobligāciju un latos emitēto valdības vērtspapīru *spot* ienesīguma līknes.

2003. gada aprīlī salīdzinājumā ar 2002. gada janvāri sarukušas gan visas procentu likmes, gan procentu likmju starpības, liecinot par attiecīgo risku mazināšanos. Latvijas valsts riska krišanos un līdz ar to arī Latvijas eiroobligāciju un eiro zonas emi-

tentu procentu likmju starpības sarukumu veicināja starptautiskās reitingu aģentūras *Moody's Investors Service* 2002. gada novembrī veiktais Latvijas valsts reitinga paaugstinājums ilgtermiņa saistībām ārvalstu valūtā no Baa2 uz A2. Šā reitinga paaugstinājuma pamatā bija pakāpeniska Latvijas ekonomiskā un finansiālā integrācija ES, uzaicinājums Latvijai iestāties NATO un ES. Tas nenoliedzami veicināja arī latos emitēto Latvijas valsts iekšējā aizņēmuma vērtspapīru valūtas kursa riska samazinājumu, kas izpaudās to procentu likmju un eiro instrumentu procentu likmju starpības kritumā.

#### 4.5. attēls

**EIRO UN LATVIJAS VALDĪBAS LATOS  
EMITĒTO VĒRTSPAPĪRU UN  
EIROOBLIGĀCIJU SPOT IENESĪGUMA  
LĪKNES**  
(21.01.2002.; dienās; %)



ienesīguma liknes izmantošanas iespējas īstermiņa procentu likmju prognozēšanai, šķiet lietderīgi pārbaudīt šo prognožu kvalitāti. Pārbaudi var veikt, salīdzinot iegūtas prognozes ar faktiskajiem datiem kādā noteiktā laika periodā pagātnē, izmantojot t.s. *out-of-sample* prognozes kvalitātes pārbaudi.

Metodes būtība ir šāda. Vispirms tiek izskatīts regresijas modelis:

$${}_{t+m}r_j - r_j = \beta_j ({}_t f_{j,t+m} - r_j) + \alpha_j \quad [4.2],$$

balstoties uz datiem laika periodā no  $m_1$  līdz  $m_2$  (piemēram, no 2002. gada 1. februāra līdz 2002. gada 29. novembrim, kas atbilst naudas tirgū veiktā pētījuma 3. periodam). Rezultātā tiek iegūtas novērtētās *forward* ienesīguma likmju vērtības (kas atbilst prognozētajām procentu likmju vērtībām):

$${}_{t+m}r_{progn,j} = \beta_j ({}_t f_{j,t+m} - r_j) + r_j + \alpha_j \quad [4.3],$$

Iegūtos  ${}_{t+m}r_{progn,j}$  novērtējumus dažkārt dēvē par *in-sample* prognozēm, t.i., šīs prognozes atbilst laika periodam no  $m_1$  līdz  $m_2$  (no 2002. gada 1. februāra līdz 2002. gada 29. novembrim). Savukārt *out-of-sample* prognozes tiek izskaitļotas periodam no  $(m_2 + 1)$  līdz  $m_3$ , t.i., periodam, kurā faktiskās procentu likmes ir zināmas. Līdz ar to prognozes var tikt salīdzinātas ar faktiskajām vērtībām, tādējādi novērtējot modeļa kvalitāti *out-of-sample* periodam. Kā prognožu kvalitātes kvantitatīvo rādītāju var izmantot vidējo absolūto procentu kļūdu (*Mean Absolute Percentage Error*; MAPE), kas tiek aprēķināta pēc šādas formulas:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=m_2+1}^{m_3} \left| \frac{{}_{t+m}r_{progn,j} - {}_{t+m}r_j}{{}_{t+m}r_j} \right| \quad [4.4],$$

kur:  $N$  – novērtējumu skaits;

${}_{t+m}r_{progn,j}$  – procentu likmju vērtības, kuras prognozētas ( $t + m$ ) periodam;

${}_{t+m}r_j$  – faktiskās atbilstošās procentu likmju vērtības ( $t + m$ ) periodā.

Prognožu ticamību var noteikt, aprēķinot prognožu ticamības intervālu, kurā ar noteiktu varbūtību atrodas novērtējamās procentu likmes vērtība. Jo lielāks šis intervāls, jo mazāka prognožu precizitāte. Intervāla minimālo un maksimālo robežu, kurās tiks iekļauta procentu likmes prognoze ar 95% varbūtību, aprēķina šādi:

$$(r_{progn} - 2 Error_{progn}; r_{progn} + 2 Error_{progn}) \quad [4.5],$$

kur prognozes standartkļūda ir  $Error_{progn} = S.E. \times \sqrt{1 + (s.e.(\beta))^2}$  un kur savukārt S.E. – regresijas standartkļūda un  $s.e.(\beta)$  – koeficienta  $\beta$  standartkļūda.

*Out-of-sample* prognožu kvalitātes pārbaudes piemēri naudas tirgus 1 un 2 nedēļu procentu likmēm atspoguļoti 4.7. un 4.8. attēlā.

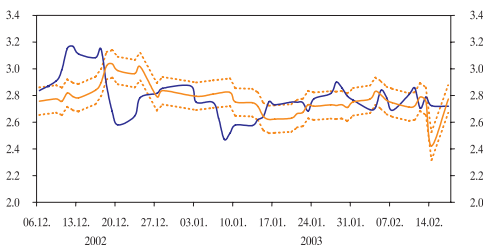
#### 4.7. attēls

### PROGNOZES KVALITĀTES PĀRBAUDE 1 NEDĒĻAS PROCENTU LIKMEI NAUDAS TIRGŪ

(prognozei izmantotas datu laikrindas 01.02.2002.–  
29.11.2002.;  $\pm 2 Error_{prog}$  – intervāls, kurā iekļauta  
procentu likmes prognoze ar 95% varbūtību; %)

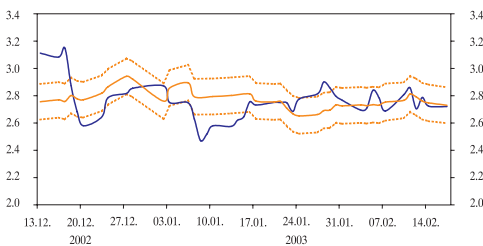
Prognozes horizonts: 1 nedēļa

MAPE = 0.0512



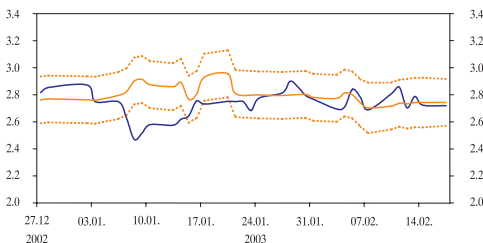
Prognozes horizonts: 2 nedēļas

MAPE = 0.0387



Prognozes horizonts: 1 mēnesis

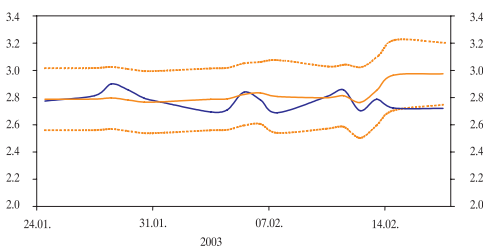
MAPE = 0.0425



Prognozes horizonts: 2 mēneši

MAPE = 0.0274

— Faktiskā likme  
— Prognozētā likme  
- - -  $\pm 2 Error_{prog}$



Ņemot vērā datu laikrindu stacionaritātes rezultātus, gaidāmo procentu likmju teoriju naudas tirgū bija iespējams prognozēt, ilgākais, diviem mēnešiem, balstoties uz dienas datu laikrindām, un trim mēnešiem, balstoties uz nedēļas datu laikrindām. Kā redzams, ticamības intervāli dažādām procentu likmēm veido koridorus 20–60 bāzes punktu platumā, kas vidēji ir attiecīgi 7–20% no procentu likmju līmeņa. Attēlos norādītās MAPE savā starpā nav gluži salīdzināmas, jo procentu likmju prognozes horizonti ir atšķirīgi, līdz ar to novērtējumu skaits fiksētam prognozes intervālam katrā regresijas

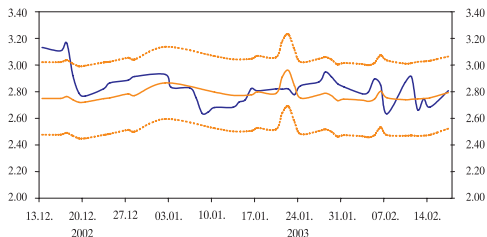
vienādojumā ir atšķirīgs. Tomēr 4.7. un 4.8. attēlā redzamais faktisko un prognozēto procentu likmju salīdzinājums rada priekšstatu par prognožu precizitāti.

#### 4.8. attēls

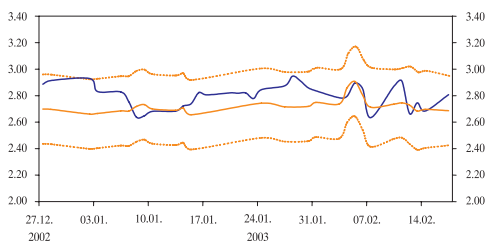
### PROGNOZES KVALITĀTES PĀRBAUDE 2 NEDĒĻU PROCENTU LIKMEI NAUDAS TIRGŪ

(prognozei izmantotas datu laikrindas 01.02.2002.–  
29.11. 2002.;  $\pm 2 Error_{prog}$  – intervāls, kurā iekļauta  
procentu likmes prognoze ar 95% varbūtību; %)

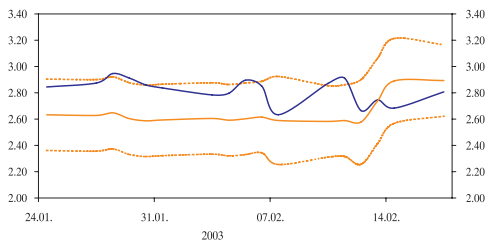
Prognozes horizons: 2 nedēļas  
MAPE = 0.0425



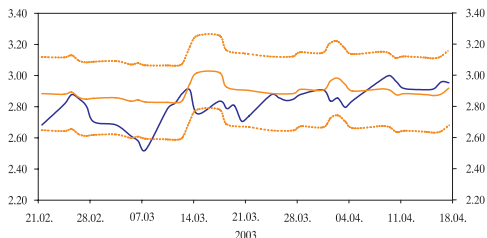
Prognozes horizons: 1 mēnesis  
MAPE = 0.0359



Prognozes horizons: 2 mēneši  
MAPE = 0.0729



Prognozes horizons: 3 mēneši  
MAPE = 0.0356



— Faktiskā likme  
— Prognozētā likme  
- - -  $\pm 2 Error_{prog}$

1 nedēļas procentu likmes prognozei vienai nedēļai MAPE ir 0.05. Kā redzams, lielākā neatbilstība starp faktisko un prognozēto procentu likmju līmeni bija 2002. gada beigās un 2003. gada sākumā, kad istermiņa naudas tirgus procentu likmes svārstījās diezgan ievērojami.

Šīs procentu likmju svārstības bija saistītas ar sezonālu faktoru ietekmē gada beigās novēroto lielāko latu resursu pieprasījumu, kā rezultātā bankas intensīvi aizņēmas latu resursus no Latvijas Bankas *repo* un valūtas mijmaiņas darījumu veidā. Savukārt 2003. gada janvārī latu resursu pieprasījums strauji samazinājās, bet *repo* un valūtas mijmaiņas darījumos aizņemtie līdzekļi tika dzēsti tikai pakāpeniski. Tādējādi banku sektorā izveidojās likvido līdzekļu pārpalikums, kas radīja procentu likmju kritumu. Tā kā 1 nedēļas *forward* ienesīguma likmju prognozei vienai nedēļai tiek izmantotas 1 un 2 nedēļu *spot* ienesīguma likmes (sk. [1.11] vienādojumu), kuras parasti mainās, mainoties likviditātes situācijai, šīs īstermiņa procentu likmes neuztver gaidāmās pārmaiņas naudas tirgū laika periodā, kas ir ilgāks par divām nedēļām. Savukārt 1 nedēļas faktiskā procentu likme vienam un diviem mēnešiem iekļaujas prognozētajā pārmaiņu intervālā. 1 un 2 mēnešu procentu likmes ir stabilākas, proti, tās nav pakļautas pārmaiņām atkarībā no operatīvās likviditātes situācijas un acimredzot labāk ietver gaidāmo situācijas attīstību nekā procentu likmes ar ļoti īsu termiņu. Līdzīga tendence ir arī 2 nedēļu procentu likmes prognozei, tomēr tai ir labāki rezultāti nekā 1 nedēļas procentu likmes prognozei, un tas visumā ir pamatoti, jo 2 nedēļu procentu likme ir mazāk svārstīga nekā 1 nedēļas procentu likme.

Protams, arī turpmāk nepieciešams testēt gaidāmo procentu likmju teoriju ar mērķi detalizētāk izpētīt arī ilgtermiņa procentu likmju (ar termiņu ilgāku par 1 gadu) informatīvo saturu attiecībā uz īstermiņa procentu likmēm. Šā pētījuma ietvaros stacionaritātes testu rezultāti atbilstoši izvēlētajiem pārbaudes periodiem ļāva izpētīt procentu likmes tikai tādām prognožu horizontam, kas nav lielāks par 3 mēnešiem un atsevišķos gadījumos – līdz 1 gadam. Jādoma, ka, attīstoties valsts vērtspapīru tirgum, tuvākajos gados uzlabosies arī otrreizējā tirgus likviditāte un cenu informatīvais saturs, mazāk būs t.s. neloģisko kotāciju, kas veicinās datu laikrindu kvalitātes uzlabošanu un ļaus izmantot attiecīgos analītiskos paņēmienus arī ilgāka termiņa procentu likmju un prognožu horizontu analīzei. Tomēr ir būtiski, ka jau pašlaik stacionaritātes testa rezultāti ir ļoti jutīgi pret attiecīgā novērojuma perioda ilguma izvēli. Ilgāka datu laikrindu perioda izvēle (piemēram, 3 gadi) var veicināt lielāku iespēju iegūt stacionāras datu laikrindas nekā īsāka datu laikrindu perioda izvēle (īpaši, ja īsākajā periodā vērojama kāda izteikta tendence procentu likmju līmeņa pārmaiņās), tā radot iespēju novērtēt arī ilgāka termiņa procentu likmju informatīvo saturu īstermiņa procentu likmēm nākotnē.

Piemēram, laika perioda izvēle no 1998. gada aprīļa līdz 2001. gada aprīlim ļauj novērtēt *forward* ienesīguma likmju dinamiku prognozes horizontam līdz 1 gadam un veikt interesantus novērojumus (sk. 4.9. attēlu). Īstermiņa *forward* ienesīguma likmju dinamika ir lejuvērsta, norādot uz to, ka tirgus dalībnieki sagaidīja īstermiņa procentu likmju samazinājuma tendenci tuvākā gada laikā, t.i., no 2001. gada maija līdz 2002. gada aprīlim.

Jāuzsver minētās procentu likmju prognozes atšķirība no 4.7. un 4.8. attēlā atspoguļotās prognožu kvalitātes pārbaudes. Izņemot to, ka iepriekšējās prognozes aptver īsāku pro-

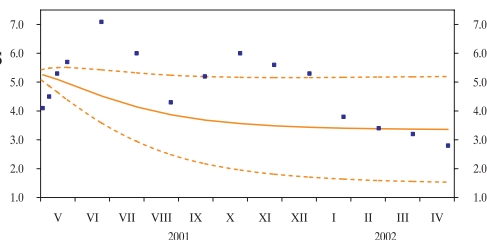
gnožu horizontu (līdz 3 mēnešiem), katrā no tām prognozes horizonts bija fiksēts. Piemēram, 1 nedēļas procentu likmes prognoze vienam mēnesim tika iegūta no attiecīgā regresijas vienādojuma, kur atkarīgais mainīgais bija 1 nedēļas *forward* ienesīguma likme ( $df_{7,t+30}$ ), kas tika novērtēta laika brīdī  $t$  prognozes horizontam ( $t + 30$ ). Šī prognoze iegūta, pamatojoties uz attiecīgā regresijas vienādojuma novērtēšanas rezultātā iegūto  $\beta$  koeficientu un tā nozīmības novērtējumu. Savukārt 4.9. attēlā redzamā prognozētā īstermiņa procentu likmes dinamika iegūta, izanalizējot 14 regresijas vienādojumus, kuros prognozētās procentu likmes termiņi ir vienādi (darījumi uz nakti), bet prognozes horizonti – atšķirīgi (tie pakāpeniski pieaug no 1 nedēļas līdz 12 mēnešiem).

#### 4.9. attēls

##### ĪSTERMIŅA PROCENTU LIKMJU PROGNOZE 01.05.2001.–01.05.2002. UN TĀS 95% TICAMĪBAS INTERVĀLS UN FAKTISKĀS NAUDAS TIRGUS PROCENTU LIKMES

(prognozei izmantoti Latvijas valdības vērtspapīru  
tirgus dati 28.03.1998.–01.05.2001.; %)

— Prognozētā likme  
- - - ±2 *Error*<sub>prog</sub>  
■ Vidējā naudas tirgus likme



Redzams, ka šādi iegūtā īstermiņa *forward* ienesīguma likmju tendence ir lejupvērsta. 4.9. attēlā atspoguļota arī faktisko uz nakti izsniegto kredītu procentu likmju dinamika prognozējamā periodā. Kaut gan vairākos periodos faktiskās procentu likmes ievērojami atšķiras no implicētajām *forward* ienesīguma likmēm, to tendences periodā kopumā ir lejupvērstas. Šāds rezultāts loģiski izriet arī no lejupvērstas procentu likmju termiņstruktūras formas, kas bija vairākkārt novērojama, piemēram, 1998.–2001. gadā, kad īstermiņa procentu likmes naudas tirgū nereti bija augstākas nekā ilgtermiņa procentu likmes.

Prognožu iegūšanai izmantojamo datu laicrindu periodu raksturo ievērojamas gan banku sektora likviditātes, gan procentu likmju (īpaši īstermiņa) svārstības. Tomēr ilgāka termiņa darījumu procentu likmēm bija samazinājuma tendence. Tāpēc īstermiņa procentu likmju pieaugumu naudas tirgū atsevišķos periodos tirgus dalībnieki uztvēra kā īstermiņa kāpumu. Piemēram, 2001. gadā novērotais īstermiņa (mazāk – ilgtermiņa) procentu likmju pieaugums lielā mērā bija saistīts ar 2000. gada nogalē sezonālu faktoru ietekmē Latvijas Bankas veiktajām ārvalstu valūtas pārdošanas intervencēm, kā arī ar valdības veikto 5 gadu obligāciju izvietojumu iekšzemes tirgū, samazinot banku sektora latu likviditāti. Turpretī 2001. gada beigās, Latvijas Bankai veicot ārvalstu valūtas pirkšanas operācijas, kā arī 2002. gadā samazinoties valdības nepieciešamībai aizņemties resursus, īstermiņa procentu likmes naudas tirgū ievērojami saruka un stabilizējās 3–4% līmenī.

Protams, tas, ka *forward* ienesīguma likmes pietiekami precīzi neatspoguļo faktisko īstermiņa procentu likmju tendenci, liecina par to, ka šīs likmes ir nobīdīti nākotnes

īstermiņa procentu likmju novērtējumi, kas jāuztver ar zināmu piesardzību. Tāpēc nepieciešami turpmāki pētījumi ar padziļinātiem analīzes paņēmieniem, kas ļautu novērtēt laikā mainīgo prēmiju par termiņu. Viens no šādiem paņēmieniem ir GARCH (*Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) modeļu lietojums, kas ļauj veikt precīzāku procentu likmju prognozes kļūdas novērtējumu, ņemot vērā nosacītās dispersijas atkarību no laika.

Riska prēmijas pastāvēšana, iespējams, ir lielākais finanšu aktīvu cenu izmantošanas trūkums monetārajā politikā. Valdības vērtspapīru tirgus tālākā attīstība un padziļināšanās uzlabos datu pieejamību un iespējas precīzāk novērtēt riska prēmiju. Domājams, ka no turpmākās finanšu tirgus attīstības lielā mērā ir atkarīga implicitās informācijas satura uzticamības palielināšanās. Ja tirgi nav likvidi, šo instrumentu interpretācija ir sarežģītāka, jo, lai iegūtu meklēto informāciju, nepieciešams piemērot papildu tehniskos pieņēmumus.

## SECINĀJUMI

1. Procentu likmju termiņstruktūras jeb ienesīguma liknes izmantošana kopš 20. gs. 90. gadiem kļuvusi par standartriku attīstīto valstu centrālo banku monetārās politikas lēmumu pieņemšanas procesā. Ņemot vērā Latvijas virzību uz ES un EMS, nākotnē dalība eiro sistēmā Latvijas Bankai nozīmēs tās monetārās politikas un arī pētnieciskā darba pārorientāciju uz vienotu eiro zonas monetāro mērķu sasniegšanu. ECB, novērtējot monetārās politikas ietekmi uz tautsaimniecību, kopā ar citiem rādītājiem balstās uz plaša finanšu indikatoru loka novērtējumu. Procentu likmju termiņstruktūras īpašību izziņāšana ir dominējošais dažādu finanšu instrumentu novērtēšanas un finanšu tirgus dalībnieku prognožu iegūšanas paņēmieni.

2. Lai izprastu procentu likmju termiņstruktūras veidošanos Latvijas finanšu tirgū, vispirms tika atrasta tās pieņemamākā funkcionālā forma. Ņemot vērā to, ka pētījumā tika veikts mēģinājums atrast ienesīguma liknes modelēšanas metodi, kas pietiekami precīzi atspoguļotu gan naudas, gan valdības vērtspapīru tirgus datus un būtu izmantojama vienlaikus gan attiecīgo finanšu instrumentu novērtēšanai, gan tirgus dalībnieku cerību izziņāšanai attiecībā uz nākotnes procentu likmēm, par pieņemamāko Latvijas finanšu tirgum pašlaik atzīts Nelsona–Zigeļa modelis.

3. Iegūtie rezultāti pagaidām neļauj izdarīt secinājumu par to, ka ECB un vairākums ES valstu centrālo banku izmantotā Svensona ienesīguma liknes modelēšanas metode (paplašinātā Nelsona–Zigeļa metode) būtu piemērota Latvijas monetārās politikas mērķiem. Kaut gan naudas tirgū ar Svensona modeli iegūtā teorētiskā ienesīguma likne aprīņojami precīzi atbilst empīriskajiem datiem, tomēr vairākumā gadījumu tā parāda diezgan nestabilus rezultātus, balstoties uz valdības vērtspapīru tirgus datiem.

4. Pastāv būtisks priekšnosacījums tam, lai ienesīguma liknē būtu ietverta nozīmīga informācija par procentu likmēm nākotnē, t.i., lai iegūtās *forward* ienesīguma likmes pēc iespējas precīzāk atspoguļotu faktiskās procentu likmes nākotnē. Šāds priekšnosacījums ir saistīts ar t.s. gaidāmo procentu likmju teorijas apstiprināšanos konkrētam finanšu tirgum. Saskaņā ar šo teoriju pastāv ciešs sakars starp īstermiņa procentu likmēm, kas ir implicētas tagadnes ilgtermiņa procentu likmēs, un finanšu tirgus dalībnieku cerībām par faktiskajām īstermiņa procentu likmēm nākotnē.

5. Gaidāmo procentu likmju teorijas pārbaudes rezultāti Latvijas finanšu tirgū

5.1. Stacionaritātes rezultāti ļāva pārbaudīt gaidāmo procentu likmju teoriju šādiem termiņiem un prognožu horizontiem: Latvijas naudas tirgū – 7, 14 un 30 dienu procentu likmes prognozes horizontam līdz 3 mēnešiem un valdības vērtspapīru tirgū – 1 un 3 mēnešu procentu likmes prognozes horizontam līdz 6 mēnešiem.

5.2. Abos finanšu tirgus segmentos hipotēzes par nulles riska prēmijas pastāvēšanu noraidīšana ļauj secināt, ka *forward* ienesīguma likmes visumā (ar dažiem izņēmumiem,

kurus nevar uzskatīt par viennozīmīgu rezultātu) nenodrošina *spot* ienesīguma likmju nenobīdītās prognozes un Latvijas finanšu tirgū tīro gaidāmo procentu likmju teoriju nevar izmantot procentu likmju prognozei. Ilgtermiņa procentu likmes satur riska prēmiju, kas nav nulle. Tas atbilst arī attīstīto valstu finanšu tirgos veikto pētījumu rezultātiem.

5.3. Nenoraidot hipotēzi par pastāvīgas riska prēmijas esamību naudas tirgū, jāsecina, ka Latvijas naudas tirgū kopš 2000. gada aprīļa iespējams prognozēt īstermiņa (līdz 30 dienām) procentu likmes 3 mēnešiem un atsevišķos gadījumos – 1 gadam, izmantojot gaidāmo procentu likmju teoriju. Savukārt vērtspapīru tirgū iegūtie empīriskie rezultāti ir atšķirīgi: hipotēzes par pastāvīgas riska prēmijas esamību noraidīšana vairāk nekā pusē gadījumu ļauj secināt, ka Latvijas valdības vērtspapīru tirgū procentu likmju prognozēšanai pagaidām nevar izmantot gaidāmo procentu likmju teoriju. Atšķirīgos rezultātus naudas un valdības vērtspapīru tirgū var skaidrot ar šo tirgu atšķirīgo likviditātes pakāpi un rezultātā – arī ar kotēto procentu likmju kvalitāti. Naudas tirgus pēdējo gadu laikā ir būtiski attīstījies gan apgrozījuma, gan lietoto instrumentu ziņā, bet valdības vērtspapīru tirgū, kaut gan tas audzis gan apjoma, gan termiņa ziņā, otrreizējā tirgus apgrozījums joprojām ir samērā neliels.

## PIELIKUMI

### 1. pielikums

#### STATISTISKIE KRITĒRIJI IKDIENAS IENESĪGUMA LĪKNĒM, KAS IEGŪTAS AR DAŽĀDU MODELĒŠANAS METOŽU PALĪDZĪBU LATVIJAS NAUDAS TIRGUM

Modelis	RMSE	Kvalitāte pēc RMSE (1 – labākais)	Mazāko RMSE skaits periodā	$R^2$	Koriģētais $R^2$
1. periods (1997. gada 8. decembris–2000. gada 31. marts)					
Polinoma modelis	0.290	5	4	0.953	0.922
Eksponenciālā splaina modelis	0.149	2	70	0.986	0.932
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.183	4	24	0.980	0.950
Vasičeka modelis	0.183	4	3	0.980	0.967
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.180	3	2	0.981	0.953
Svensona modelis	0.086	1	485	0.996	–
2. periods (2000. gada 1. aprīlis–2002. gada 31. janvāris)					
Polinoma modelis	0.258	6	1	0.851	0.799
Eksponenciālā splaina modelis	0.096	2	102	0.971	0.927
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.122	3	11	0.940	0.894
Vasičeka modelis	0.138	5	2	0.896	0.881
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.123	4	6	0.933	0.910
Svensona modelis	0.052	1	345	0.985	–
3. periods (2002. gada 1. februāris–2003. gada 31. janvāris)					
Polinoma modelis	0.104	6	0	0.943	0.935
Eksponenciālā splaina modelis	0.036	2	73	0.990	0.977
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.064	4	1	0.977	0.960
Vasičeka modelis	0.070	5	1	0.966	0.965
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.053	3	0	0.979	0.973
Svensona modelis	0.023	1	177	0.996	0.985

## 2. pielikums

STATISTISKIE KRITĒRIJI IKDIENAS IENESĪGUMA LĪKNĒM, KAS IEGŪTAS AR DAŽĀDU  
MODELĒŠANAS METOŽU PALĪDZĪBU LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU TIRGUM

Modelis	RMSE	Kvalitāte pēc RMSE (1 – labākais)	Mazāko RMSE skaits periodā	$R^2$	Koriģētais $R^2$
1. periods (1999. gada 30. augusts–2000. gada 31. marts)					
Polinoma modelis	1.127	6	1	0.342	0.333
Eksponenciālā splaina modelis	0.809	4	20	0.669	0.612
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.950	5	0	0.617	0.618
Vasičeka modelis	0.508	3	0	0.842	0.827
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.487	2	1	0.852	0.819
Svensona modelis	0.339	1	131	0.858	0.836
2. periods (2000. gada 1. aprīlis–2002. gada 31. janvāris)					
Polinoma modelis	0.314	2	24	0.789	0.744
Eksponenciālā splaina modelis	0.482	5	23	0.762	0.691
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.375	6	6	0.775	0.686
Vasičeka modelis	0.345	3	59	0.791	0.715
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.260	1	21	0.832	0.742
Svensona modelis	–	–	159	0.837	–
3. periods (2002. gada 1. februāris–2003. gada 31. janvāris)					
Polinoma modelis	0.259	1	0	0.845	0.783
Eksponenciālā splaina modelis	0.305	2	73	0.768	0.709
Nelsona–Zīgeļa modelis	0.345	3	1	0.733	0.621
Vasičeka modelis	0.381	4	1	0.724	0.615
Koksa–Ingersola–Rosa modelis	0.426	5	0	0.670	0.637
Svensona modelis	–	6	177	0.780	0.634

**GAIDĀMO PROCENTU LIKŅU TEORIJAS ANALĪZEI IZVIRZĪTO HIPOTĒŽU PĀRBAUDES SPECIFIKĀCIJA**

$$t + m r_j = \beta_j t f_{j,t+m} + \alpha_j$$

$$t + m r_j - t r_j = \beta_j (t f_{j,t+m} - t r_j) + \alpha_j$$

$$H_0 : \beta = 0$$

$t\text{-st}(\beta) \geq 1.96 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 0$  var noliegt

$t\text{-st}(\beta) < 1.96 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 0$  nevar noliegt

$t\text{-st}(\beta) < 0 \rightarrow$   
 $\beta < 0$

Hipotēze par ienesīguma liknes paredzēšanas spējām tiek noliegta

Hipotēzi par ienesīguma liknes paredzēšanas spējām var noliegt

Hipotēzi par ienesīguma liknes paredzēšanas spējām nevar noliegt

$$H_0 : \beta = 1$$

$p\text{-vērtība} > 0.05 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 1$  nevar noliegt

$p\text{-vērtība} \leq 0.05 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 1$  var noliegt

Hipotēzi par pastāvīgas prēmijas esamību var noliegt

Hipotēzi par pastāvīgas prēmijas esamību nevar noliegt

$$H_0 : \beta = 1, \alpha = 0$$

$p\text{-vērtība} > 0.05 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 1, \alpha = 0$  nevar noliegt

$p\text{-vērtība} \leq 0.05 \rightarrow$   
 $H_0 : \beta = 1, \alpha = 0$  var noliegt

Hipotēzi par nulles prēmijas esamību var noliegt

Hipotēzi par nulles prēmijas esamību nevar noliegt

## GAIDĀMO PROCENTU LIKMJU TEORIJAS ANALĪZEI IZVIRZĪTO HIPOTĒŽU PĀRBAUDE LATVIJAS NAUDAS TIRGUM

Nr. p.k.	Atkarīgais	Mainīgais	$\beta$	$R^2$	Izmantoto novērojumu skaits	$H_0 : \beta = 0$ , $t$ -statistika	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $p$ -vērtība	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $\alpha = 0$ , $p$ -vērtība	Durbina-Vatsona statistikas vērtība
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. periods: 1997. gada 8. decembris–2000. gada 31. marts									
Dienas datu laikrindas									
1.	$r_{7-t} + r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+7}$	0.1438	0.0096	570	1.3897			
2.	$r_{7-t} + 14r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+14}$	0.1049	0.0038	564	0.6761			
3.	$r_{7-t} + 30r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+30}$	0.1156	0.0029	557	0.5707			
Nedēļas datu laikrindas									
4.	$r_{7-t} + r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+7}$	0.0679	0.0023	120	0.4607			
5.	$r_{7-t} + 14r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+14}$	0.0066	0.0000	119	0.0257			
2. periods: 2000. gada 1. aprīlis–2002. gada 31. janvāris									
Dienas datu laikrindas									
6.	$r_{7-t} + r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+7}$	0.2416	0.0272	451	<b>2.0322</b>	<b>0.0000</b>		
7.	$r_{7-t} + 14r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+14}$	0.3419	0.0428	445	<b>2.8972</b>	<b>0.0000</b>		
8.	$r_{7-t} + 30r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+30}$	0.8051	0.1708	437	<b>4.9854</b>	0.2280	<b>0.0000</b>	0.0489
Nedēļas datu laikrindas									
9.	$r_{7-t} + 14r_{7t}$	$r_{7-t}f_{7,t+14}$	0.2917	0.0363	94	<b>1.9648</b>			

Nr. p.k.	Atkarīgais	Mainīgais	$\beta$	$R^2$	Izmantoto novērojumu skaits	$H_0 : \beta = 0$ , $t$ -statistika	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $p$ -vērtība	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $\alpha = 0$ , $p$ -vērtība	Durbina-Vatsona statistikas vērtība
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. periods (2002. gada 1. februāris–2002. gada 29. novembris)									
Dienas datu laikrindas									
10.	$i^r r_{-t} + 7^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+7}$	1.1918	0.1484	199	<b>5.8583</b>	0.3470	<b>0.0000</b>	0.3938
11.	$i^r r_{-t} + 14^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+14}$	1.9309	0.3376	195	<b>3.9374</b>	0.0592	<b>0.0000</b>	0.4357
12.	$i^r r_{-t} + 30^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+30}$	1.3956	0.3521	185	<b>5.1392</b>	0.1469	<b>0.0000</b>	0.3455
13.	$i^r r_{-t} + 60^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+60}$	1.2128	0.3603	166	<b>4.7810</b>	0.4027	<b>0.0000</b>	0.3000
14.	$i^r r_{14-t} + 7^r r_{14}$	$i^r r_{14-t} f_{14,t+7}$	1.0259	0.1472	199	<b>2.7360</b>	0.9450	<b>0.0000</b>	0.4203
15.	$i^r r_{14-t} + 14^r r_{14}$	$i^r r_{14-t} f_{14,t+14}$	1.6906	0.3553	195	<b>4.6084</b>	0.0613	<b>0.0000</b>	0.4623
16.	$i^r r_{14-t} + 30^r r_{14}$	$i^r r_{14-t} f_{14,t+30}$	1.3087	0.3608	190	<b>5.5840</b>	0.1894	<b>0.0000</b>	0.3810
17.	$i^r r_{14-t} + 60^r r_{14}$	$i^r r_{14-t} f_{14,t+60}$	1.2229	0.3792	166	<b>5.1027</b>	0.3537	<b>0.0000</b>	0.3223
18.	$i^r r_{30-t} + 30^r r_{30}$	$i^r r_{30-t} f_{30,t+30}$	1.0917	0.3700	185	<b>5.9692</b>	0.6166	<b>0.0000</b>	0.4466
19.	$i^r r_{30-t} + 60^r r_{30}$	$i^r r_{30-t} f_{30,t+60}$	1.1444	0.4257	166	<b>5.7114</b>	0.4722	<b>0.0000</b>	0.3570
Nedēļas datu laikrindas									
20.	$i_t + 7^r r$	$i f_{7,t+7}$	0.9790	0.8785	44	<b>17.4232</b>	0.7105	<b>0.0000</b>	1.6494
21.	$i_t + 14^r r$	$i f_{7,t+14}$	0.9767	0.8493	44	<b>20.6218</b>	0.6248	<b>0.0000</b>	1.5305
22.	$i^r r_{-t} + 30^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+30}$	1.5676	0.3789	40	<b>4.7658</b>	0.0925	<b>0.0000</b>	0.9646
23.	$i^r r_{-t} + 60^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+60}$	1.3323	0.3889	36	<b>4.1775</b>	0.3048	<b>0.0000</b>	1.0626
24.	$i^r r_{-t} + 90^r r$	$i^r r_{-t} f_{7,t+90}$	1.2283	0.4425	32	<b>4.6283</b>	0.3964	<b>0.0000</b>	0.9345
25.	$i^r r_{14-t} + 7^r r_{14}$	$i^r r_{14-t} f_{14,t+7}$	0.8063	0.0899	43	<b>2.3714</b>	0.5719	<b>0.0000</b>	2.2218

Izelta  $t$ -statistika un  $p$ -vērtība, kas ļauj noraidīt attiecīgo hipotēzi, ja nozīmīguma līmenis ir 95%.

## (4. pielikuma turpinājums)

Nr. p.k.	Atkarīgais	Mainīgais	$\beta$	$R^2$	Izmantoto novērojumu skaits	$H_0 : \beta = 0$ , $t$ -statistika	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $p$ -vērtība	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $\alpha = 0$ , $p$ -vērtība	Durbina-Vatsona statistikas vērtība
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26.	$r_{14}^{-t} + 14r_{14}$	$r_{14}^{-t} - i\hat{f}_{14,t} + 14$	2.0110	0.4297	42	<b>5.4901</b>	<b>0.0087</b>		
27.	$r_{14}^{-t} + 30r_{14}$	$r_{14}^{-t} - i\hat{f}_{14,t} + 30$	1.3307	0.3565	40	<b>4.8787</b>	0.2328	<b>0.0000</b>	1.0604
28.	$r_{14}^{-t} + 60r_{14}$	$r_{14}^{-t} - i\hat{f}_{14,t} + 60$	1.2423	0.3693	36	<b>3.9733</b>	0.4437	<b>0.0000</b>	1.1416
29.	$r_{14}^{-t} + 90r_{14}$	$r_{14}^{-t} - i\hat{f}_{14,t} + 90$	1.2970	0.9394	32	<b>4.9292</b>	0.2679	<b>0.0000</b>	0.9394
30.	$r_{30}^{-t} + 30r_{30}$	$r_{30}^{-t} - i\hat{f}_{30,t} + 30$	1.0072	0.3275	40	<b>4.9138</b>	0.9721	<b>0.0000</b>	1.1332
31.	$r_{30}^{-t} + 60r_{30}$	$r_{30}^{-t} - i\hat{f}_{30,t} + 60$	1.1340	0.3906	36	<b>4.4363</b>	0.6035	<b>0.0000</b>	1.2464
32.	$r_{30}^{-t} + 90r_{30}$	$r_{30}^{-t} - i\hat{f}_{30,t} + 90$	1.2633	0.6000	32	<b>5.5402</b>	0.2574	<b>0.0000</b>	0.9970

## GAIDĀMO PROCENTU LIKMJU TEORIĀS ANALĪZEI IZVIRZĪTO HIPOTĒŽU PĀRBAUDE LATVIJAS VALDĪBAS VĒRTSPAPĪRU TIRGUM

Nr. p.k.	Atkarīgais	Mainīgais	$\beta$	$R^2$	Izmantoto novērojumu skaits	$H_0 : \beta = 0$ , $t$ -statistika	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $p$ -vērtība	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $\alpha = 0$ , $p$ -vērtība	Durbina-Vatsona statistikas vērtība
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. periods (1999. gada 30. augusts–2000. gada 31. marts)									
Dienas datu laikrindas									
1.	$r_{90-t} + 30r_{90}$	$r_{90-t}f_{90,t+30}$	0.7996	0.1326	62	1.7456			
2. periods (2000. gada 1. aprīlis–2001. gada 31. oktobris)									
Dienas datu laikrindas									
2.	$r_{30-t} + 30r_{30}$	$r_{30-t}f_{30,t+30}$	1.8199	0.1616	244	<b>2.4590</b>	0.2691	0.1850	0.3766
3.	$r_{30-t} + 60r_{30}$	$r_{30-t}f_{30,t+60}$	-0.2566	0.0049	243	-0.3614			
4.	$r_{30-t} + 90r_{30}$	$r_{30-t}f_{30,t+90}$	2.5637	0.3683	222	<b>4.6677</b>	<b>0.0048</b>		
5.	$r_{30-t} + 180r_{30}$	$r_{30-t}f_{30,t+180}$	0.4985	0.1749	178	<b>2.6416</b>	<b>0.0086</b>		
6.	$r_{90-t} + 30r_{90}$	$r_{90-t}f_{90,t+30}$	1.0705	0.1530	244	<b>2.4015</b>	0.8744	<b>0.0000</b>	0.2777
7.	$r_{90-t} + 60r_{90}$	$r_{90-t}f_{90,t+60}$	-0.4717	0.0382	243	-0.9891			
8.	$r_{90-t} + 90r_{90}$	$r_{90-t}f_{90,t+90}$	1.5211	0.3131	222	<b>3.9909</b>	0.1730	0.0932	0.1528
9.	$r_{90-t} + 180r_{90}$	$r_{90-t}f_{90,t+180}$	0.2285	0.0499	178	1.1783			
Nedēļas datu laikrindas									
10.	$t + 30r_{30}$	$t f_{30,t+30}$	1.1005	0.9557	75	<b>36.6186</b>	<b>0.0013</b>		
11.	$t + 60r_{30}$	$t f_{30,t+60}$	1.1373	0.9223	75	<b>30.1089</b>	<b>0.0005</b>		

Izcelta  $t$ -statistika un  $p$ -vērtība, kas ļauj noraidīt attiecīgo hipotēzi, ja nozīmīguma līmenis ir 95%.

## (5. pielikuma turpinājums)

Nr. p.k.	Atkarīgais	Mainīgais	$\beta$	$R^2$	Izmantoto novērojumu skaits	$H_0 : \beta = 0$ , $t$ -statistika	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $p$ -vērtība	Wald test $H_0 : \beta = 1$ , $\alpha = 0$ , $p$ -vērtība	Durbina-Vatsona statistikas vērtība
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.	$t + 90^{\circ}30$	$t f_{30, t + 90}$	1.1679	0.8838	75	<b>26.2651</b>	<b>0.0003</b>		
13.	$t + 180^{\circ}30$	$t f_{30, t + 180}$	1.2120	0.7153	75	<b>8.9327</b>	0.1225	<b>0.0000</b>	0.7922
14.	$t + 30^{\circ}90$	$t f_{90, t + 30}$	1.1353	0.8829	75	<b>17.8723</b>	<b>0.0366</b>		
15.	$t + 60^{\circ}90$	$t f_{90, t + 60}$	1.1443	0.8348	75	<b>11.6865</b>	0.1450	<b>0.0000</b>	0.6832
16.	$t + 90^{\circ}90$	$t f_{90, t + 90}$	1.1438	0.7817	75	<b>8.2306</b>	0.3043	<b>0.0000</b>	0.6193
17.	$t + 180^{\circ}90$	$t f_{90, t + 180}$	1.0749	0.5776	75	<b>3.5926</b>	0.8029	<b>0.0000</b>	0.4717
3. periods (2001. gada 1. oktobris–2002. gada 30. septembris) <sup>1</sup>									
Dienas datu laikrindas									
18.	$t^{\circ}30 - t + 30^{\circ}30$	$t^{\circ}30 - t f_{30, t + 30}$	1.5187	0.2513	215	<b>5.1695</b>	0.0789	<b>0.0000</b>	0.4940
19.	$t^{\circ}30 - t + 60^{\circ}30$	$t^{\circ}30 - t f_{30, t + 60}$	1.7975	0.3803	195	<b>6.0311</b>	<b>0.0081</b>		
20.	$t^{\circ}30 - t + 90^{\circ}30$	$t^{\circ}30 - t f_{30, t + 90}$	2.1970	0.5805	177	<b>10.3633</b>	<b>0.0000</b>		
21.	$t^{\circ}30 - t + 180^{\circ}30$	$t^{\circ}30 - t f_{30, t + 180}$	3.3753	0.6333	118	<b>8.4545</b>	<b>0.0000</b>		
22.	$t^{\circ}90 - t + 30^{\circ}90$	$t^{\circ}90 - t f_{90, t + 30}$	0.7352	0.1945	215	<b>4.0720</b>	0.1439	<b>0.0000</b>	0.3174
23.	$t^{\circ}90 - t + 60^{\circ}90$	$t^{\circ}90 - t f_{90, t + 60}$	1.1595	0.3154	195	<b>4.7565</b>	0.5137	<b>0.0000</b>	0.1716
24.	$t^{\circ}90 - t + 90^{\circ}90$	$t^{\circ}90 - t f_{90, t + 90}$	1.6921	0.5389	177	<b>8.7181</b>	<b>0.0005</b>		
25.	$t^{\circ}90 - t + 180^{\circ}90$	$t^{\circ}90 - t f_{90, t + 180}$	2.9957	0.7339	118	<b>8.5177</b>	<b>0.0000</b>		
Nedēļas datu laikrindas									
26.	$t^{\circ}30 - t + 30^{\circ}30$	$t^{\circ}30 - t f_{30, t + 30}$	1.5868	0.2343	49	<b>2.6189</b>	0.3378	<b>0.0000</b>	0.6502

Izcelta  $t$ -statistika un  $p$ -vērtība, kas ļauj noraidīt attiecīgo hipotēzi, ja nozīmīguma līmenis ir 95%.

<sup>1</sup> Periods daļēji pārkļājas ar 2. periodu stacionaritātes rezultātu dēļ.

## LITERATŪRA

1. Ajevskis V. Procentu likmju prognoze un hipotēzes pārbaude par *Expectations Theory*: programmatūras tehniskais uzdevums. – Latvijas Bankas nepublicētie materiāli, 2002.
2. Ajevskis V. Procentu likmju termiņstruktūras konstruēšanas modeļi: programmatūras tehniskais uzdevums. – Latvijas Bankas nepublicētie materiāli, 2001.
3. Bitāns M., Stikuts D., Tillers I. Monetāro šoku transmisija Latvijā. – Rīga: Latvijas Banka, 2003. – 24 lpp.
4. Anderson, N.; Breedon, F.; Deacon, M.; Derry, A.; Murphy, G. *Estimating and Interpreting the Yield Curve*. John Wiley & Sons Ltd., 1996.
5. Anderson, N.; Sleath, J. *New Estimates of the UK Real and Nominal Yield Curves*. Bank of England, 2001, 44 p.
6. Berk, J. M. "The Information Content of the Yield Curve for Monetary Policy: A Survey." *Economist-Leiden*, No. 146 (1998): pp. 303–320.
7. Berk, J. M.; Bergeijk, P. van. "Is the Yield Curve a Useful Information Variable for the Eurosystem?" *ECB Working Paper*, No. 11, February 2000, 23 p.
8. Bolder, D.; Streliski, D. "Yield Curve Modelling at the Bank of Canada." *Technical Report*, No. 84, 1999, 56 p.
9. Cox, J. C.; Ingersoll, J.; Ross, S. "A Theory of the Term Structure of Interest Rates." *Econometrica*, Vol. 53 (1985): pp. 385–407.
10. Csajbók, A. *Zero-Coupon Yield Curve Estimation from a Central Bank Perspective*. National Bank of Hungary, 1998, 38 p.
11. Dahlquist, M.; Jonsson, G. "The Information in Swedish Short-Maturity Forward Rates." *European Economic Review*, Vol. 39 (1995): pp. 1115–1131.
12. Dahlquist, M.; Svensson, L. "Estimating the Term Structure of Interest Rates for Monetary Policy Analysis." *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 98 (1996): pp. 163–183.
13. Deacon, M.; Derry, A. *Estimating the Term Structure of Interest Rates*. Bank of England, 1994, 70 p.
14. Domowitz, I.; Glen, J.; Madhaven, A. "Country and Currency Risk Premium in Emerging Markets." *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 33 (1998): pp. 189–216.
15. ECB Monthly Bulletin, July 2000.
16. ECB Monthly Bulletin, March 2003.
17. ECB Monthly Bulletin, April 2003.
18. Estrella, A.; Mishkin, F. S. "The Predictive Power of the Term Structure of Interest Rates in Europe and the United States: Implications for the European Central Bank." *European Economic Review*, Vol. 41 (1997): pp. 1375–1401.
19. Estrella, A.; Mishkin, F. S. "The Term Structure of Interest Rates and Its Role in Monetary Policy for the European Central Bank." *Working Paper*, No. 5279, National Bureau of Economic Research, 1995.
20. Gerlach, S.; Smets, F. "Exchange Rate Regimes and the Expectations Hypothesis of the Term Structure." *Bank for International Settlements Working Paper*, No. 43, 1997, 18 p.
21. Gerlach, S.; Smets, F. "The Term Structure of Euro-Rates: Some Evidence in Support of the Expectations Hypothesis." *Journal of International Money and Finance*, Vol. 16 (1997): pp. 305–321.

22. Geyer, A.; Mader, R. "Estimation of the Term Structure of Interest Rates." *Bank for International Settlements Working Paper*, No. 37, 1999, 36 p.
23. Hardouvelis, G. A. "The Term Structure Spread and Future Changes in Long and Short Rates in the G-7 Countries: Is There a Puzzle?" *Journal of Monetary Economics*, Vol. 33 (1994): pp. 255–283.
24. Hurn, A.; Moody, T.; Muscatelly, V. "The Term Structure of Interest Rates in the London Interbank Market." *Oxford Economic Papers*, Vol. 47 (1995): pp. 418–436.
25. Jondeau, E.; Ricart, R. "The Expectations Hypothesis of the Term Structure: Tests on US, German, French, and UK Euro-Rates." *Notes d'Etudes et de Recherche*, No. 35, Bank of France, June 1996, 23 p.
26. Leiderman, L.; Blejer, M. "The Term Structure of Interest Rates During a Financial Reform: Argentina 1977–1981." *Journal of Development Economics*, Vol. 25 (1987): pp. 285–299.
27. Mylonas, P.; Schich, S. "The Use of Financial Market Indicators by Monetary Authorities." *OECD Financial Market Trends*, 74, (1999): pp. 161–182.
28. Nelson, C.; Siegel, A. "Parsimonious Modeling of Yield Curve." *Journal of Business*, Vol. 60 (1987): pp. 473–489.
29. Newey, W.; West, K. "A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix." *Econometrica*, Vol. 55 (1987): pp. 703–708.
30. Sarr, A.; Lybek, T. "Measuring Liquidity in Financial Markets." *Working Paper*, No. 02/232, International Monetary Fund, December 2002, 64 p.
31. Schich, S. T. *Alternative Specifications of the German Term Structure and Its Information Content Regarding Inflation*. Deutsche Bundesbank, 1996, 59 p.
32. Svensson, L. "The Term Structure of Interest Rate Differentials in a Target Zone." *Journal of Monetary Economics*, Vol. 28 (1991): pp. 87–116.
33. Vasicek, O. "An Equilibrium Characterization of the Term Structure." *Journal of Financial Economics*, Vol. 5 (1977): pp. 177–188.
34. Vasicek, O.; Fong, H. "Term Structure Modeling Using Exponential Splines." *Journal of Finance*, Vol. 37 (1982): pp. 339–348.
35. Дробышевский С. Обзор современной теории временной структуры процентных ставок. Основные гипотезы и модели. – Москва: Институт экономики переходного периода // Научные труды, 1999. – N 14P. – 129 с.

Latvijas Banka  
K. Valdemāra ielā 2a, Rīgā, LV-1050  
Tālrunis: 702 2300 Fakss: 702 2420  
<http://www.bank.lv>  
[info@bank.lv](mailto:info@bank.lv)  
Iespiests *Premo*