



# Verðtryggða vaxtarófið og uppgjörsgreglur lífeyrissjóða

Hersir Sigurgeirsson

Daði Kristjánsson

29. apríl 2014



# Höfundar

Hersir Sigurgeirsson

- Dósent við Viðskiptafræðideild HÍ

Daði Kristjánsson

- Forstöðumaður markaðsviðskipta hjá H.F. Verðbréfum
- M.Sc. í fjármálahagfræði frá Hagfræðideild HÍ febrúar 2014
- Meistaraverkefni:
- Áhrif uppgjörskröfu lífeyrissjóða á verðtryggða vaxtarófið



# Viðfangsefnið

- Íslenska verðtryggða vaxtarófið – íbúðabréf
  - Lögun
  - Hreyfingar
  - Tímabil: 2004 – 2012
- Virðist frábrugðið vaxtarófum á öðrum mörkuðum
- Lífeyrissjóðir stórir fjárfestar á markaðnum



# Yfirlit

- Íbúðabréf
- Ávöxtunarkrafa
- Vaxtaróf
- Kenningar/tilgátur um lögun vaxtarófa
  
- Uppgjörsreglur íslenskra lífeyrissjóða
  
- Tilgáta um lögun íslenska verðtryggða vaxtarófsins
- Líkan fyrir lögun vaxtarófs íbúðabréfa
- Niðurstöður
  
- Rannsóknir á hreyfingum vaxtarófa
- Höfuðásagreining á íbúðabréfum

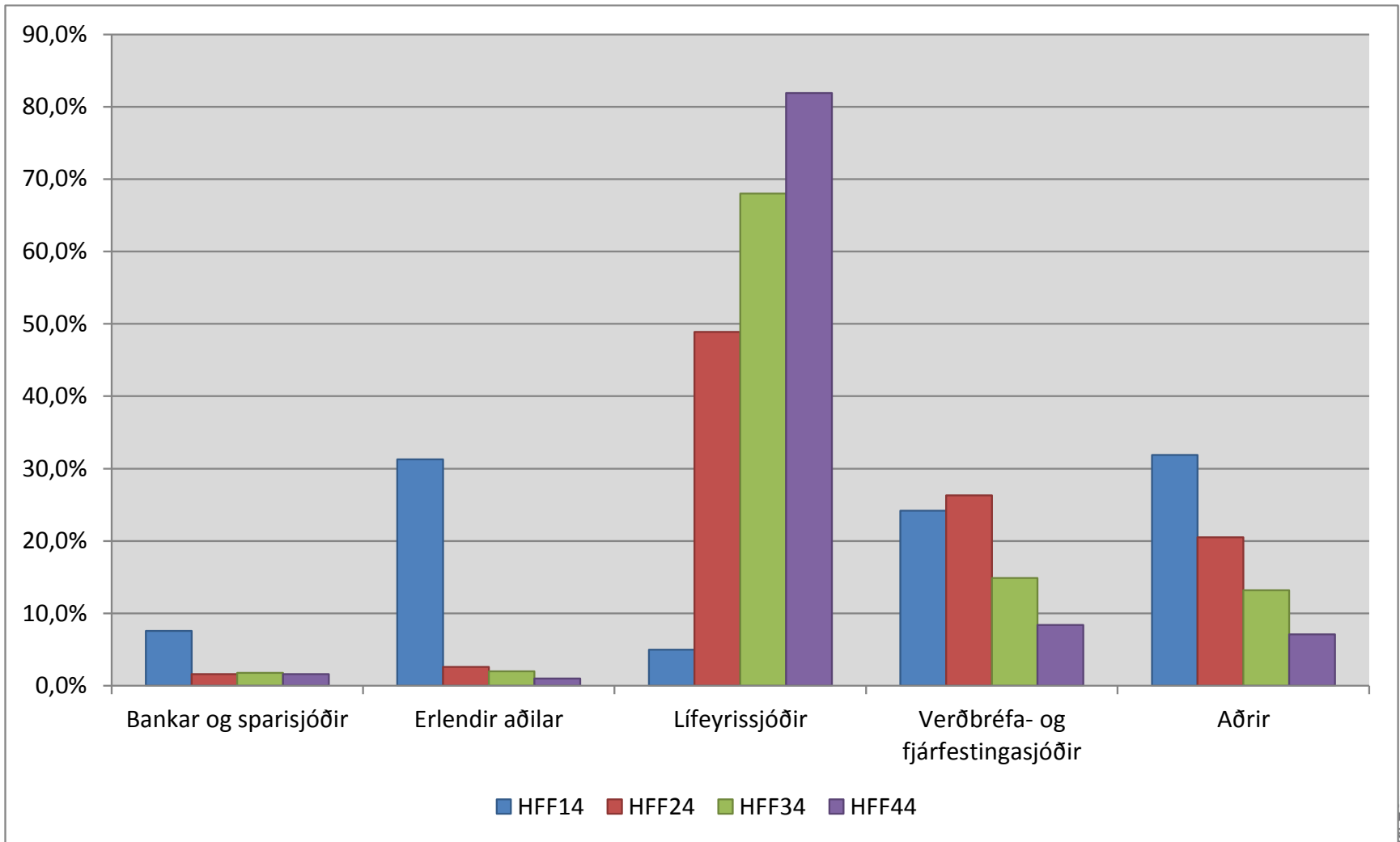


# Íbúðabréf

- Skuldabréf útgefin af Íbúðalánasjóði með einfaldri ábyrgð ríkissjóðs
- Verðtryggð jafngreiðslubréf
  - Tvær jafnar greiðslur (að raunvirði) höfuðstóls og vaxta á ári
- Fjórir flokkar:
  - HFF150914 – **HFF14** – lokagjalddagi 15/9/2014
  - HFF150224 – **HFF24** – lokagjalddagi 15/2/2024
  - HFF150434 – **HFF34** – lokagjalddagi 15/4/2034
  - HFF150644 – **HFF44** – lokagjalddagi 15/6/2044
- Heildarmarkaðsvirði um 1.000 milljarðar í lok árs 2012
  - HFF44 langstærstur, markaðsvirði um 480 milljarðar
- Íbúðabréf um 44% af öllum skráðum skuldabréfum
- 65% af markaðnum verðtryggður
  - Voru 1,1% af öllum verðtryggðum bréfum í heimi 2005, 8. stærsti



# Eignarhald á íbúðabréfum – árslok 2012





# Ávöxtunarkrafa

- Ávöxtunarkrafa skuldabréfs eru þeir vextir sem gera núvirði greiðsluflæðis skuldabréfsins jafnt verði þess
- Ef greiðsluflæðið er  $(t_i, C_i)_{i=1}^N$ , og verðið er  $P$  þá er ávöxtunarkrafan  $y$  þannig að:

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1+y)^{t_i}}$$

- Ef ég kaupi skuldabréfið á núverandi verði, á það út líftíma bréfsins og fæ allar greiðslur af því, hver verður ávöxtun mín „að meðaltali“?
- Ef ég legði kaupverð skuldabréfsins inná bankabók, hversu háir þyrftu (fastir) vextir hennar að vera (út líftíma bréfsins) svo ég gæti fengið sama greiðsluflæði og af skuldabréfinu?
- Almennt engin formúla sem gefur ávöxtunarkröfu skuldabréfs frá verði



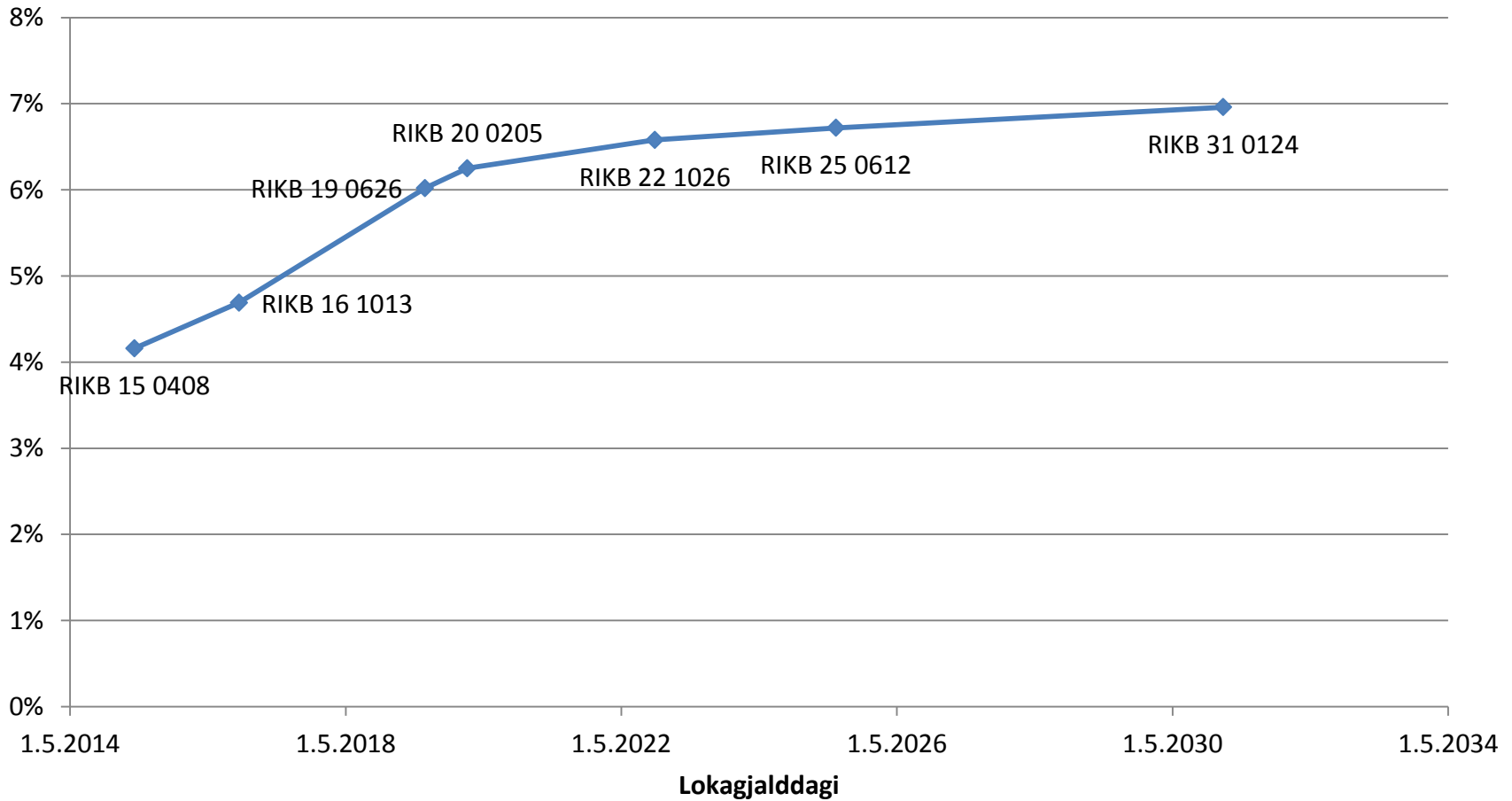
# Vaxtaróf

- **Vaxtaróf** er breytileiki vaxta eftir lánstíma/binditíma
  - Term structure of interest rates
  - Einnig kallað **tímaróf vaxta**
- Oftast er þetta hugtak notað til að lýsa ávöxtunarkröfu skuldabréfa eftir því til hve langs tíma viðkomandi bréf eru
  - Þá líka kallað **vaxtaferill** - yield curve
- Vaxtaróf skuldabréfa er teiknað þannig að fyrir hvert skuldabréf er
  - á lárétta ásnum sá tími sem er eftir þar til útgefandinn greiðir eiganda bréfsins
  - á lóðrétta ásnum ávöxtunarkrafan sem gerð er til bréfsins
- Ef ávöxtunarkrafa hækkar almennt, bæði á bréfum til skamms tíma og langs, þá hækkar ferillinn
- Að sama skapi lækkar ferillinn ef almenn lækkun verður á ávöxtunarkröfu
- Ef skammtíma- og langtímavextir breytast mismikið þá breytist halli ferilsins

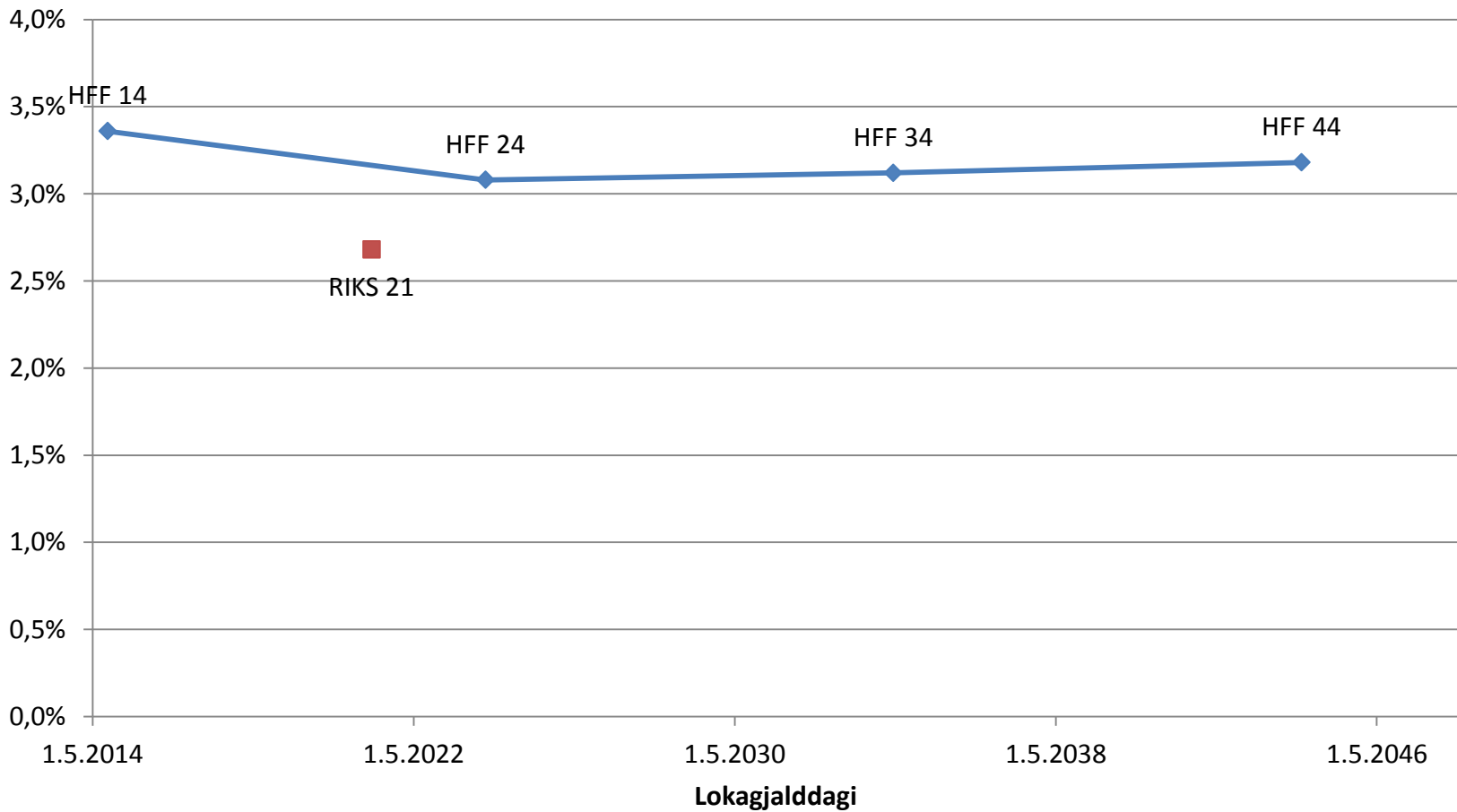


# Vaxtaróf óverðtryggðra ríkisskuldabréfa

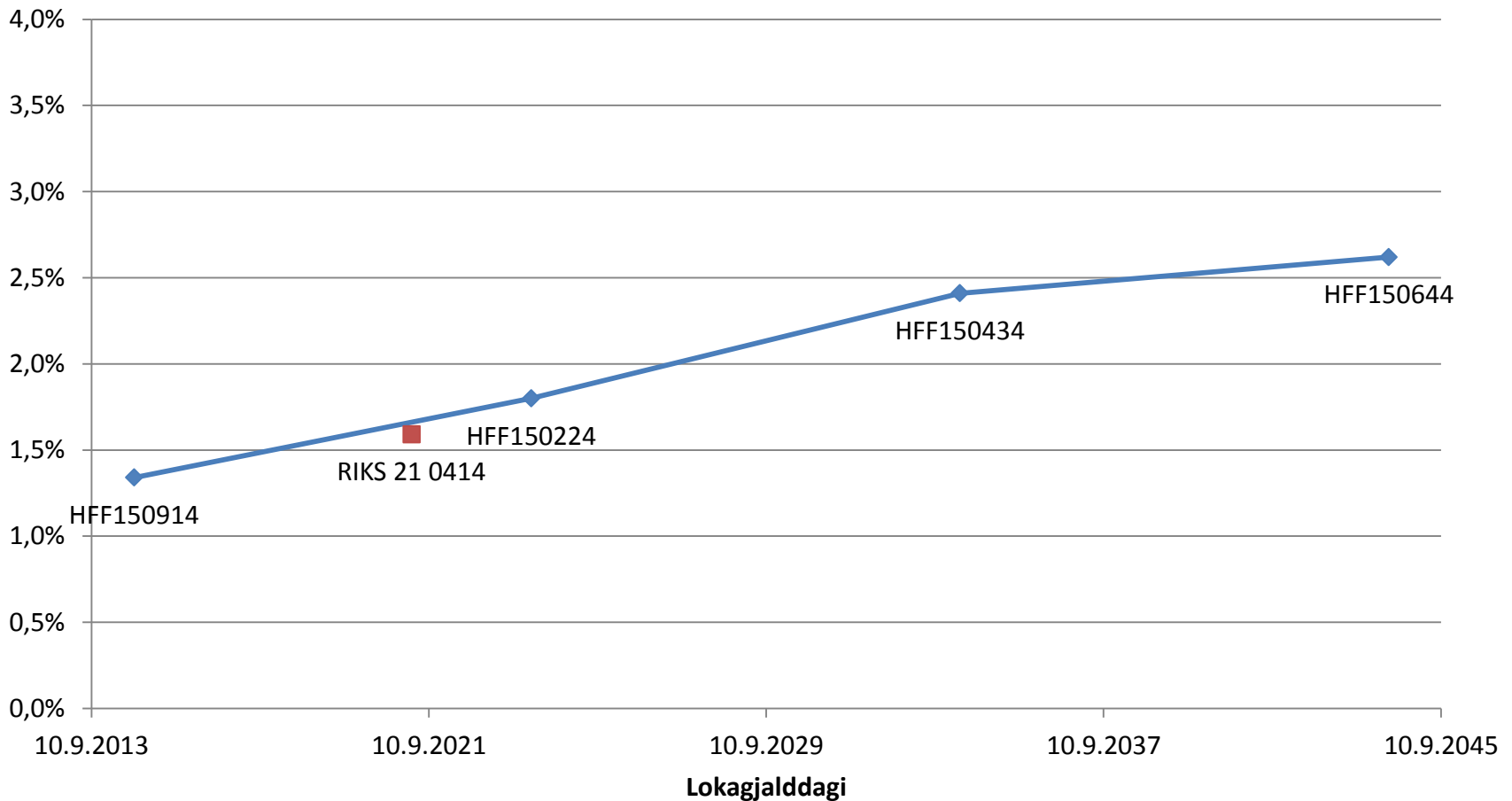
## 29. apríl 2014



# Vaxtaróf verðtryggðra ríkisskuldabréfa 29. apríl 2014



# Vaxtaróf verðtryggðra ríkisskuldabréfa 10. september 2013





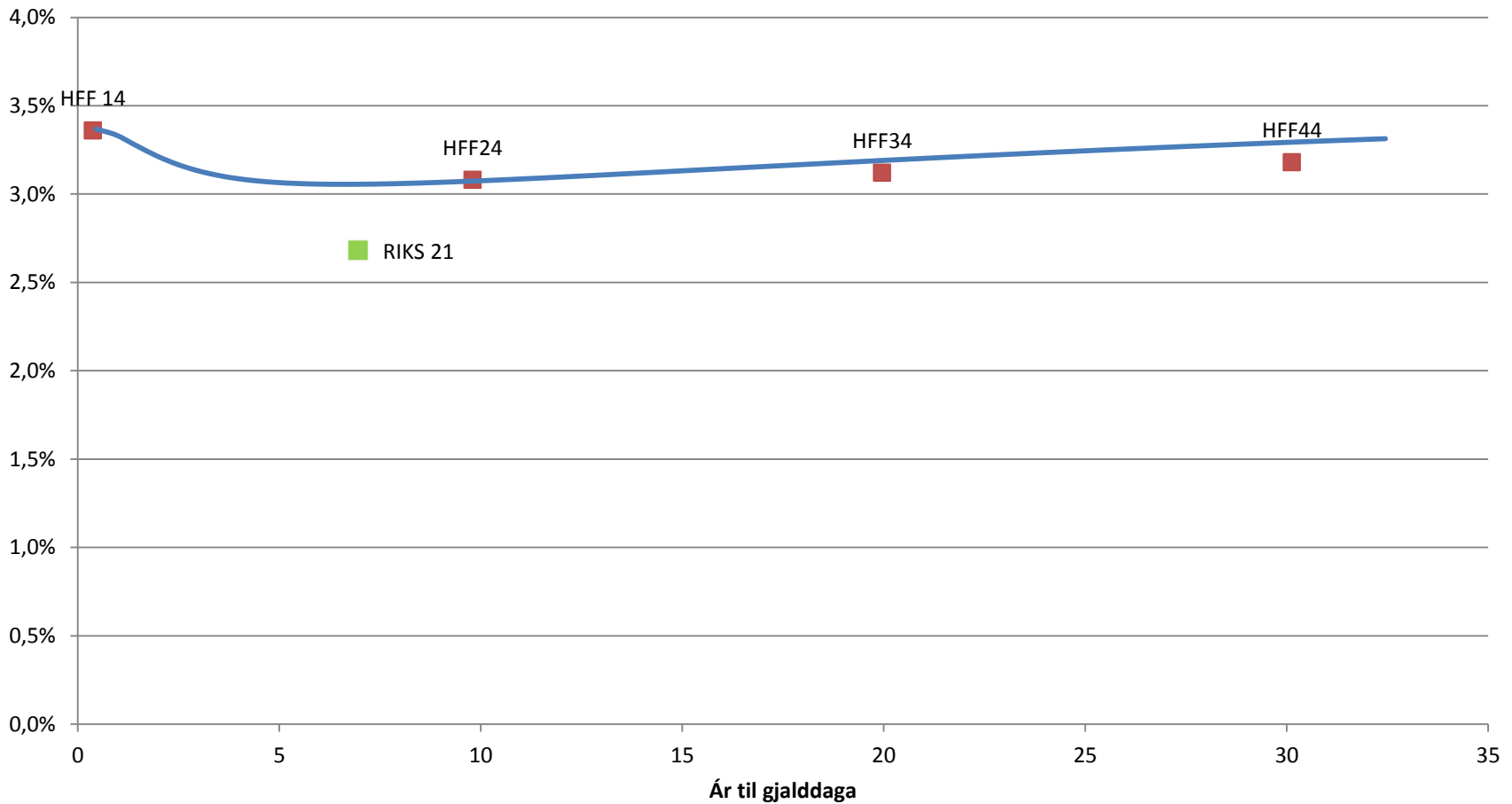
# Vaxtaróf eingreiðslubrifa

- Vaxtaróf eingreiðslubrifa mest notað
  - Zero coupon yield curve
  - Blandar ekki saman mismunandi bréfum
  - Gagnlegt við verðmat á skuldabréfum
- Eingreiðslubríf mjög sjaldan til á markaði en eingreiðsluvaxtarófið má búa til með því að „fitta“ við verð annarra bréfa
- Má t.d. nota til að verðleggja önnur sambærileg skuldabréf á markaði eða meta vaxtaálag annarra bréfa
- Ef eingreiðsluvaxtarófið er  $R(t)$  þá er virði skuldabréfs með greiðsluflæði  $(t_i, C_i)_{i=1}^N$

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + R(t_i))^{t_i}}$$

# Eingreiðsluvaxtaróf íbúðabréfa

## 29. apríl 2014





# Munur á verði/kröfu RIKS og HFF

- Verð RIKS 21 í morgun var 107,00, krafa 2,68%
- Ef það væri verðlagt í samræmi við vaxtaróf íbúðabréfa ætti verðið að vera 104,57
- Það verð samsvarar 3,06% ávöxtunarkröfu fyrir RIKS 21
- Frádrag RIKS 21 frá „samskonar íbúðabréfi“ er því 0,38%
  - Fjárfestar fá 0,38% minni árlega ávöxtun af RIKS 21 en „sambærilegu íbúðabréfi“



# Kenningar/tilgátur um lögun vaxtarófsins

- Seljanleikakenningin – liquidity preference theory
  - Fjárfestar vilja binda fé (lána) til skamms tíma, lántakar vilja fá lánað til langs tíma
  - Eða greiðsluhæfiskenningin
  - Vaxtarófið alltaf upphallandi
- Tilgátan um vænta vexti – expectations hypothesis
  - Framvirkir vextir í dag eru jafnir væntum vöxtum í framtíðinni að viðbættu áhættuálagi
  - Vaxtarófið almennt upphallandi (vegna áhættuálagsins)
  - Getur verið niðurrhallandi ef væntingar um lækkandi vexti
  - Getur verið með „kryppu“ ef væntingar um vaxtahækkun til skamms tíma en vaxtalækkun til langs tíma, eða jafnvel „öfuga kryppu“
- Tilgátan um aðskilda markaði – market segmentation hypothesis
  - Mismunandi fjárfestar og útgefendur eru á mismunandi tímalengdum
  - Hvaða lögun sem er



# Uppgjörsaðferðir íslenskra lífeyrissjóða

- Hefðbundið uppgjör (Reglur FME 55/2000)
  - Notað fyrir ársreikning lífeyrissjóðs
  - Uppgefin ávöxtun byggir á þessu uppgjöri
  - Verðmat eigna almennt markaðsvirði eða kaupvirði
  - Verðmat skuldabréfa miðast við kaupkröfu
    - Hvert skuldabréf núvirt með þeirri ávöxtunarkröfu sem það var keypt á
    - Nema hafi orðið mikil og varanleg breyting á markaðsvöxtum
  - Nánast engar skuldir
- Tryggingafræðileg athugun (Reglugerð 391/1998, IV. kafli)
  - Væntar skuldbindingar núvirtar með 3,5% ávöxtunarkröfu
  - **Verðtryggð skuldabréf núvirt með 3,5% kröfu**
  - Óverðtryggð skuldabréf núvirt með 6,0875% kröfu
    - $(1 + 3,5\%)(1 + 2,5\%) - 1 = 6,0875\%$
  - Ef (tryggingafræðilegt) virði eigna < 90% af virði skuldbindinga þá þarf sjóðurinn að skerða réttindi sjóðsfélaga
    - Líka ef undir 95% fimm ár í röð
    - Undanþágur frá hruni, 85% árið 2011 -> 87% árið 2012 -> 89% árið 2013





# Reglugerð 391/1998 um skyldutryggingu lífeyrisréttinda og starfsemi lífeyrissjóða

20. gr.

*Mat verðbréfa með fastar tekjur.*

**Núvirði verðbréfa með föstum tekjum skal metið miðað við 3,5% raunávöxtunarkröfu** enda þótt bókfært verð eignanna sé annað. Þó skal við núvirðingu verðbréfa með ákvæði um breytilega vexti miðað við að bréfin beri vexti sem eru 1,5% lægri en vextir bréfanna á uppgjörssdegi, þó aldrei lægri en lágmarksvextir samkvæmt ákvæðum þeirra. Áætla skal framtíðar skrifstofu- og stjórnunarkostnað, sem bókfærður er sem fjárfestingargjöld í ársreikningi, og draga frá núvirði eigna. Sé bréf með uppgreiðsluákvæði, skal taka tillit til þess til lækkunar mats í samræmi við reglur gefnar út af Félagi íslenskra tryggingastærðfræðinga.

21. gr.

*Mat verðbréfa með breytilegar tekjur.*

Verðmæti verðbréfa með breytilegar tekjur, skráð á skipulegum verðbréfamarkaði, skal miðað við markaðsvirði á uppgjörssdegi eða vegið markaðsvirði þeirra á undangengnu þriggja mánaða tímabili ef það er lægra.



# Tryggingafræðilegt uppgjör – dæmi

- 18. des. 2007 var ávöxtunarkrafa HFF44 5,30%
  - Ef lífeyrissjóður keypti 100 millj. að nafnverði greiddi hann fyrir um 93.109 þús.
  - Í tryggingafræðilegri athugun er bréfið núvirt á 3,5% kröfu sem gefur verðmæti 118.341 þús.
  - Tryggingafræðilegur **hagnaður** 25.232 þús. eða 27,1%
- 14. feb. 2012 var ávöxtunarkrafa HFF44 2,40%
  - Kaupverð 100 millj. að nafnverði var 179.673 þús.
  - Tryggingafræðilegt virði var 155.052 þús.
  - Tryggingafræðilegt **tap** 24.621 þús. eða 13,7%

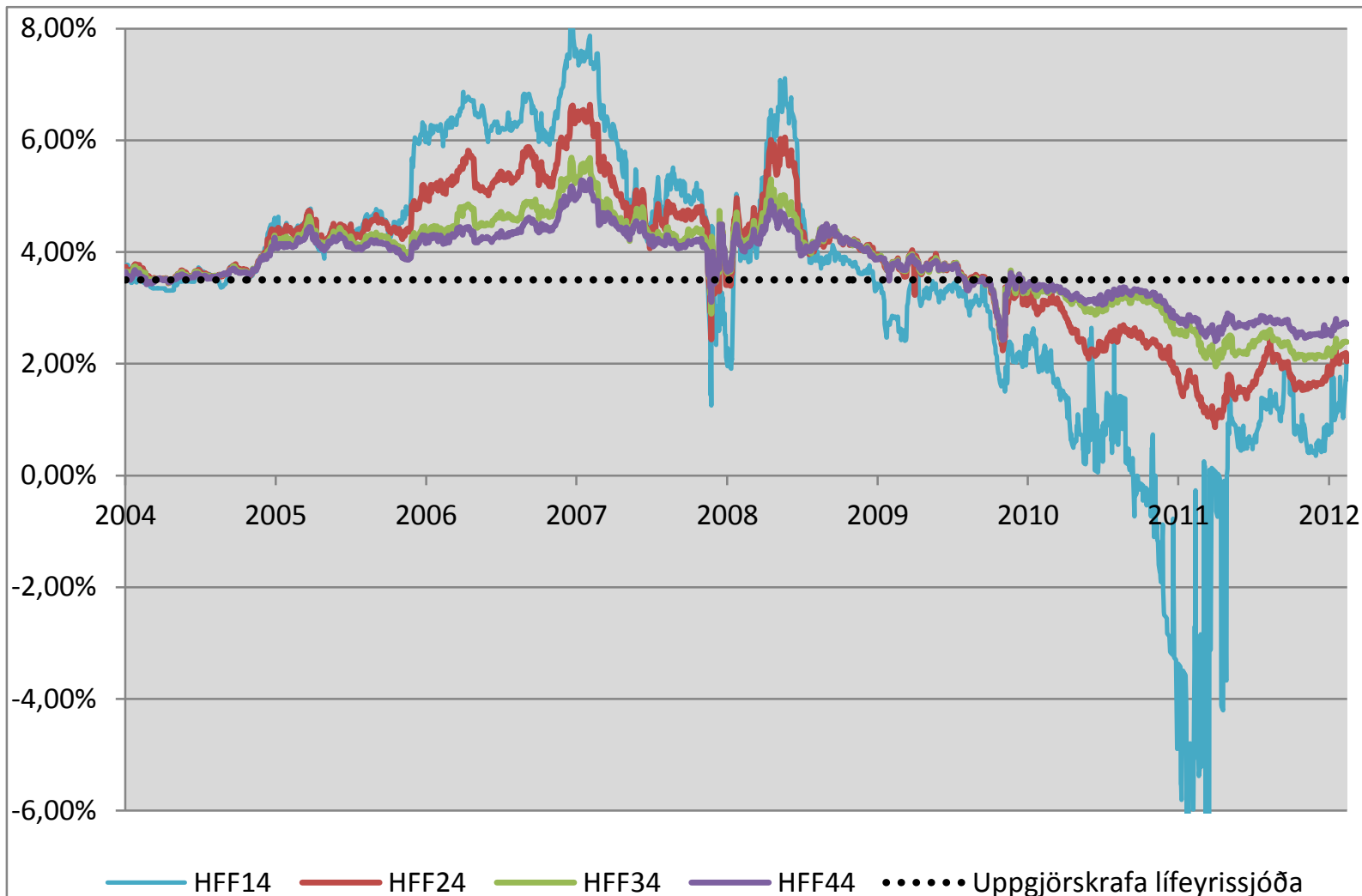


# Algeng gagnrýni á tryggingafræðilega athugun lífeyrissjóða

- Hefur áhrif á vaxtastig í landinu
  - „Uppgjörskrafan (3,5%) myndar gólf fyrir verðtryggða vexti“ (fyrir 2010)
- Hefur áhrif á mat lífeyrissjóða á skuldabréfum annarra en ríkisins
  - „Lífeyrissjóðir sætta sig við hvað sem er fyrir ofan 3,5%“ (eftir 2010)
- Ekki til skoðunar hér heldur aðeins hugsanleg áhrif á lögum vaxtarófsins

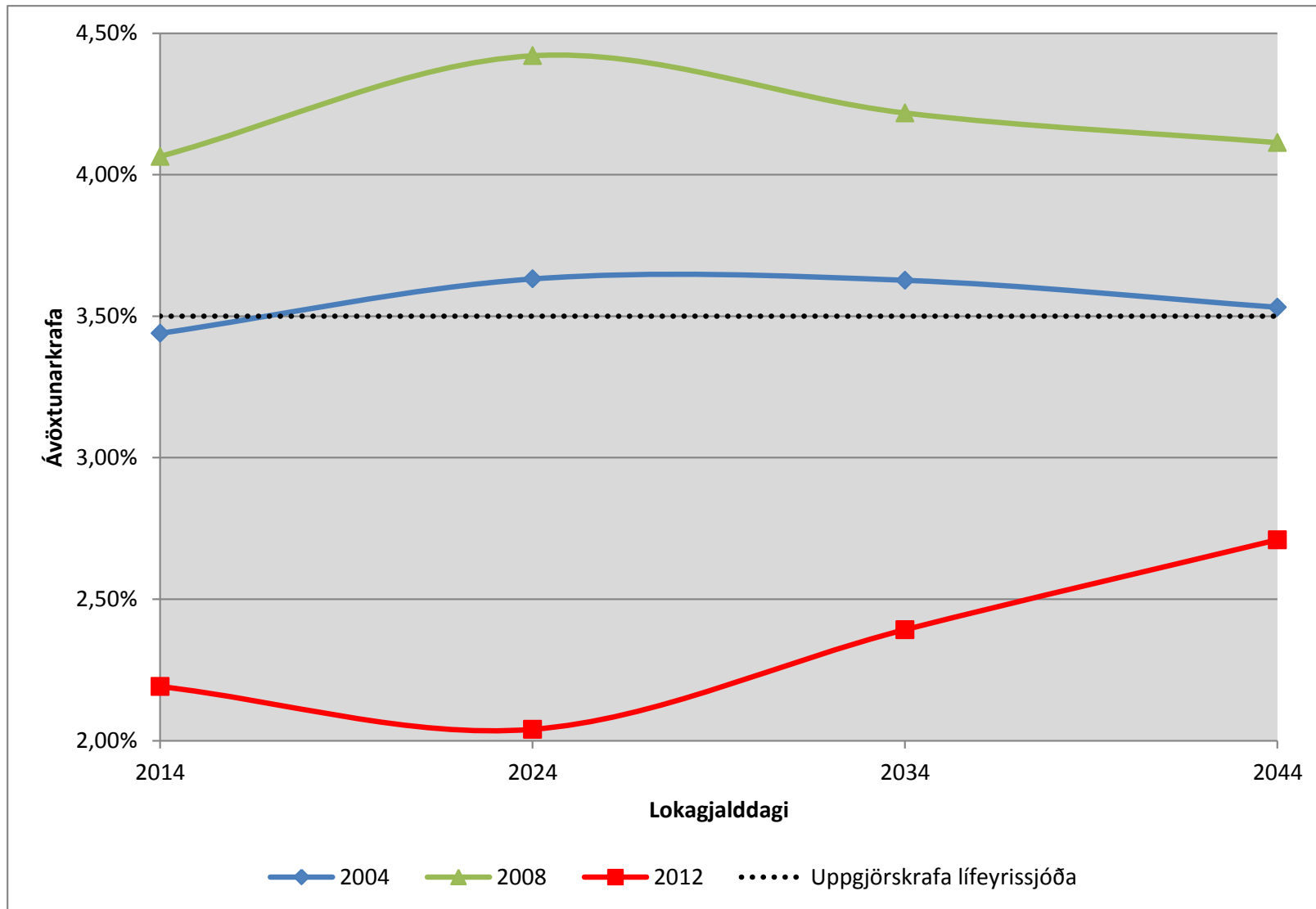


# Ávöxtunarkrafa íbúðabréfa





# Vaxtaróf íbúðabréfa – nokkur dæmi

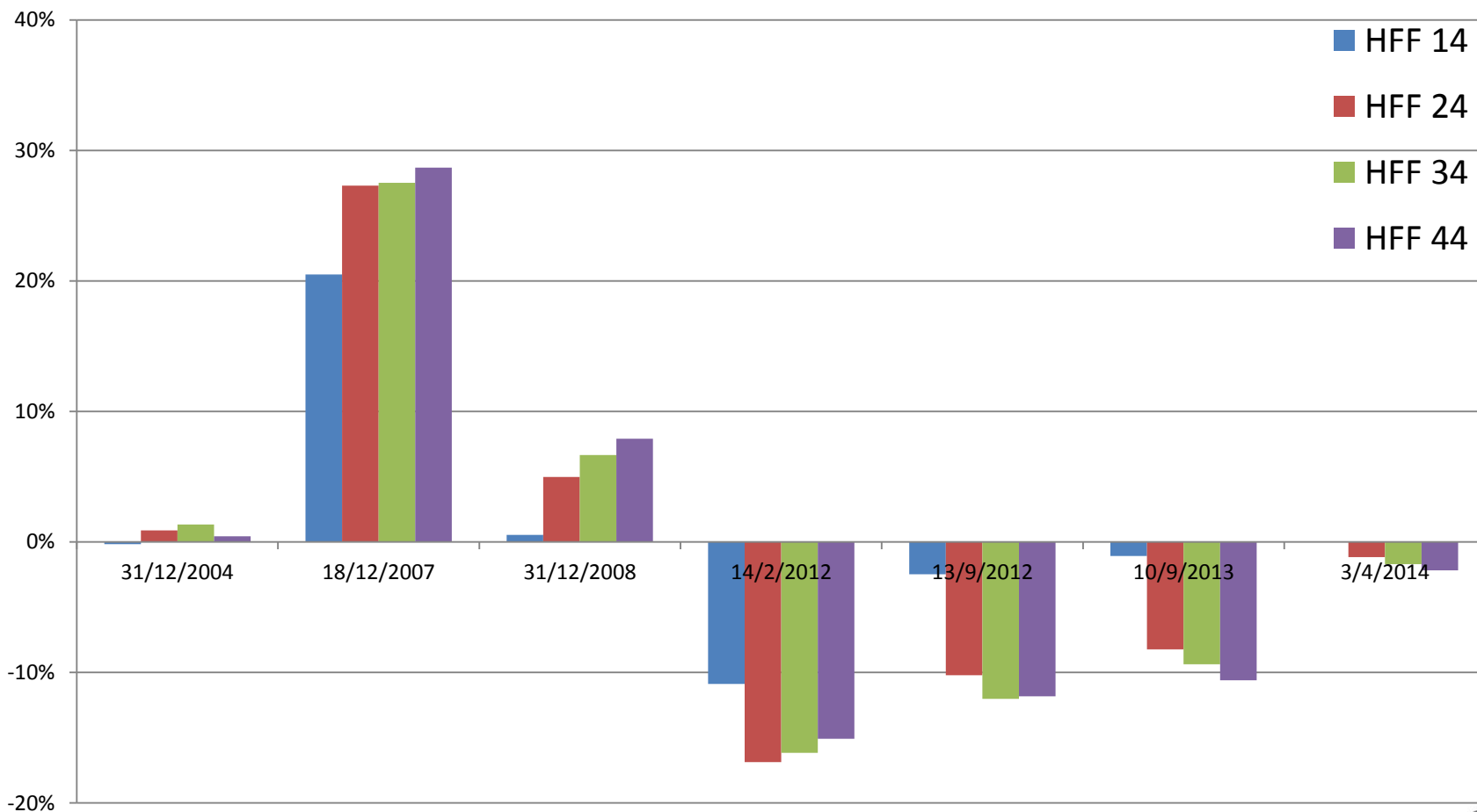




# Tilgáta

- **Ávöxtunarkrafa íbúðabréfa er þannig að sami tryggingafræðilegi hagnaður eða sama tryggingafræðilega tap hlýst af því að kaupa bréf í hverjum flokki íbúðabréfa**
- Forsendan er sú að ef tiltekið íbúðabréf gefur meiri tryggingafræðilegan hagnað (eða minna tap) en hin þá sé það keypt frekar en hin þangað til mismunurinn hverfur
- Gefur nákvæma mynd af lögun vaxtarófsins á hverjum tíma að gefinni ávöxtunarkröfu eins bréfs
- Ætti að hafa áhrif á hreyfingar vaxtarófsins, ef vextir breytast ættu þeir alltaf að breytast meira á stuttum bréfum en löngum

# Tryggingafræðileg afkoma íbúðabréfa á nokkrum mismunandi dagsetningum





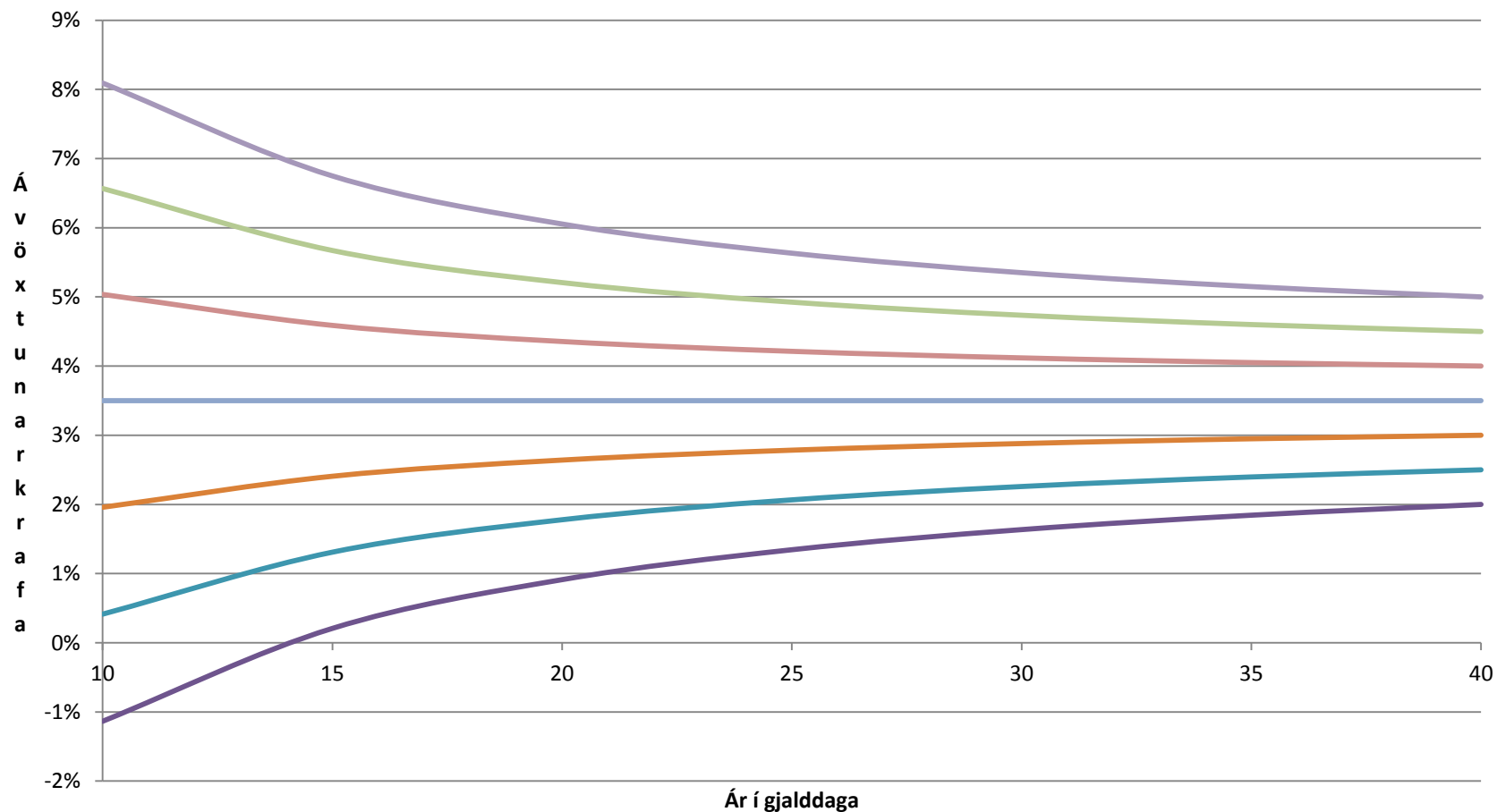
# Líkan fyrir lögun vaxtarófs íbúðabréfa

- Tilgáta: Ávöxtunarkrafa íbúðabréfa er þannig að sami tryggingafræðilegi hagnaður eða tap hlýst af því að kaupa bréf í hverjum flokki íbúðabréfa
- Líkanið: Ávöxtunarkrafa styttri íbúðabréfanna ákvarðast af ávöxtunarkröfu HFF44 þannig að þau gefi sömu tryggingafræðilegu afkomu og HFF44





# Vaxtaróf íbúðabréfa skv. líkaninu





# Prófun á líkaninu

- Líkanið: Ávöxtunarkrafa styttri íbúðabréfanna ákvarðast af ávöxtunarkröfu HFF44 þannig að þau gefi sömu tryggingafræðilegu afkomu og HFF44
- Til að leyfa tilgátuprófun er uppgjörskrafan (3,5%) ekki fest heldur höfð sem stiki í líkaninu –  $\lambda$
- Tilgátan er:  $H_0: \lambda=3,5\%$
- Gögn frá nóvember 2004 til ársloka 2012
- Stikinn  $\lambda$  er metinn með aðferð hámarks sennileika þannig að frávik ávöxtunarkröfu styttri bréfanna frá ávöxtunarkröfu skv. líkaninu sé sem minnstur
  - Ávöxtunarkröfu styttri bréfanna samt varpað í samsvarandi ávöxtunarkröfu HFF 44 svo þær séu sambærilegar



# Niðurstöður

- Niðurstaða:
  - $\lambda=3,67\%$  ef öll bréfin höfð með
  - $\lambda=3,63\%$  ef HFF14 sleppt
  - $R^2$  um 0,8
- En núlltilgátunni hafnað...
- Mikið af gögnum
- Stikinn er þó mjög nálægt uppgjörskröfu lífeyrissjóða
  - Aðrir aðilar á markaðnum
  - Lífeyrissjóðir eiga lítið af HFF14
  - HFF44 almennt besta bréfið fyrir lífeyrissjóði svo umframhagnaður hinna þarf líklega að fara yfir tiltekið mark til að þau verði áhugaverð
  - Undanfarin ár skipta kannski nafnvextir íbúðabréfanna (3,75%) líka máli



# Ályktanir

- Vísbendingar um að tryggingafræðileg uppgjörskrafa lífeyrissjóða hafi áhrif á innbyrðis verðlagningu íbúðabréfa á markaði

## Ályktanir / afleiðingar:

- Uppgjörskrafa lífeyrissjóða hefur áhrif á vaxtarófið
  - Ef t.d. uppgjörskröfunni yrði breytt í 2,5% myndi vaxtarófið líklega fljótlega verða niðurhallandi
- Vísbending um að uppgjörsglur hafi áhrif á fjárfestingaákvarðanir einhverra lífeyrissjóða
- Meðaltími íbúðabréfa ekki réttur mælikvarði á vaxtanæmni og ekki heppilegur til að stýra vaxtaáhættu



# Meðaltími

- (Breyttur/aðlagaður) **meðaltími** (modified duration) skuldabréfs er **næmni verðs** skuldabréfsins fyrir breytingu á ávöxtunarkröfu þess

$$D^* = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dy}$$

- Ef ávöxtunarkrafan breytist um t.d. 10bp (0,1%) hversu mikið breytist verð skuldabréfsins hlutfallslega (í prósentum)?

$$\frac{\Delta P}{P} \approx D^* \cdot 0,1\%$$

- Meðaltíma skuldabréfs með greiðsluflæði  $(t_i, C_i)_{i=1}^N$  má reikna með

$$D^* = \frac{1}{1+y} \sum_{i=1}^N \frac{C_i / (1+y)^{t_i}}{P} t_i$$



# „Ónæmisaðferðin“ – Portfolio Immunization

- Til að verjast vaxtaáhættu í skuldbindingum (skuldum) nægir að fjárfesta í eignasafni með sama **meðaltíma** og skuldbindingarnar
- Fjárfestirinn er þá ónæmur fyrir vaxtabreytingum
  - Ef allir vextir hækka eða lækka t.d. um 10bp breytist virði eigna og skulda jafnt
  - En vextir hækka og lækka almennt ekki jafnt
  - Sagt virka vel því að „hliðrun“ er stærsti þátturinn í hreyfingum vaxtarófsins – almennt yfir 80 - 90%



# Rannsóknir á hreyfingum vaxtarófa

- Fase (1973)
  - Rannsókn á hreyfingum á hollenskum vöxtum frá degi til dags
    - Leit til bæði ríkisskuldabréfa og skuldabréfa banka og fyrirtækja
  - Höfuðásagreining – principal components analysis
  - Niðurstaða: Fyrstu tveir höfuðásarnir útskýra nánast alla dreifni í gögnum
- Litterman & Scheinkman (1991)
  - Þáttagreining – factor analysis
  - 98% hreyfinga vaxtarófs bandarískra ríkisskuldabréfa útskýrast af þremur þáttum
  - „Level-slope-curvature“ – „hliðrun-halli-sveigja“
- Fjölmargar aðrar rannsóknir með svipaðar niðurstöður
  - Barber & Copper (2012) fyrir bandarísk ríkisskuldabréf
  - Nath (2012) Indland, Kapányui (2010) Ungverjaland, ...

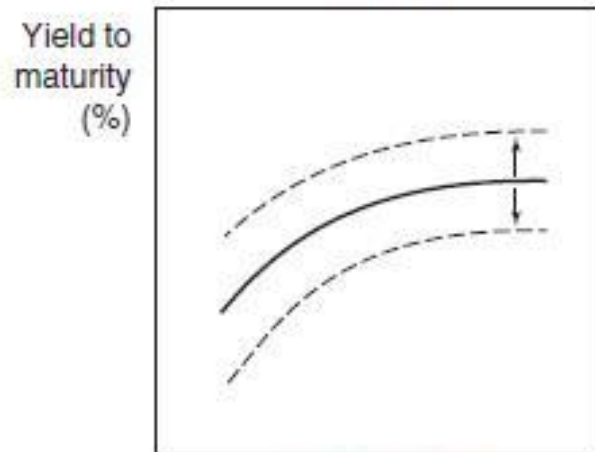


# Hliðrun, halli og sveigja

## EXHIBIT 7.5

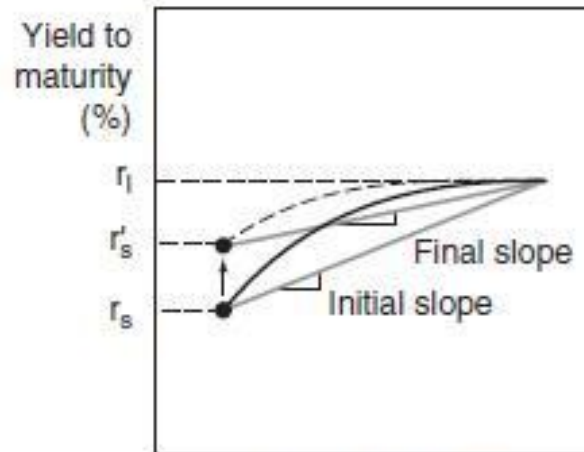
### The Level, Slope, and Curvature of Yield Curves

A. Shifts in the *level* of the yield curve



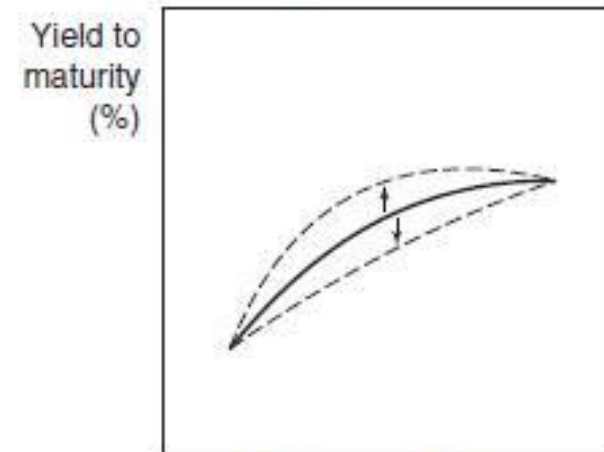
Time to maturity  
(Months & years)

B. Changes in the *slope* of the yield curve



Time to maturity  
(Months & years)

C. Changes in the yield curve's *curvature*



Time to maturity  
(Months & years)

Heimild: McGraw Hill Answers. *Inflation, Yield Curves and Duration*.





# Höfuðásagreining

- Markmið að fækka víddum gagnasafns sem samanstendur af mörgum háðum breytum en viðhalda jafnframt dreifninni sem er til staðar í gagnasafninu
- Gert með því að mynda nýjar breytur sem eru línuleg samantekt af upprunalegu breytunum – og útskýra sem mest af dreifninni
- Eigingildi og eiginvigrar fylgnifylkis (correlation matrix)
- Sá eiginvigur sem samsvarar stærsta eigingildinu skýrir mest, næststærsta eigingildinu næstmest o.s.frv.
- Niðurstöður flestra rannsókna á vaxtarófum ríkisskuldabréfa:
  - Fyrsti eiginvigurinn er ca.  $(1,1,\dots,1)$  og útskýrir  $> 90\%$  - „level“
  - Næsti eiginvigur er með eina breytingu á formerki – „slope“
  - Þriðji eiginvigurinn er með tvær breytingar á formerki – „curvature“
  - Samanlagt útskýra fyrstu þrjár  $> 95\%$

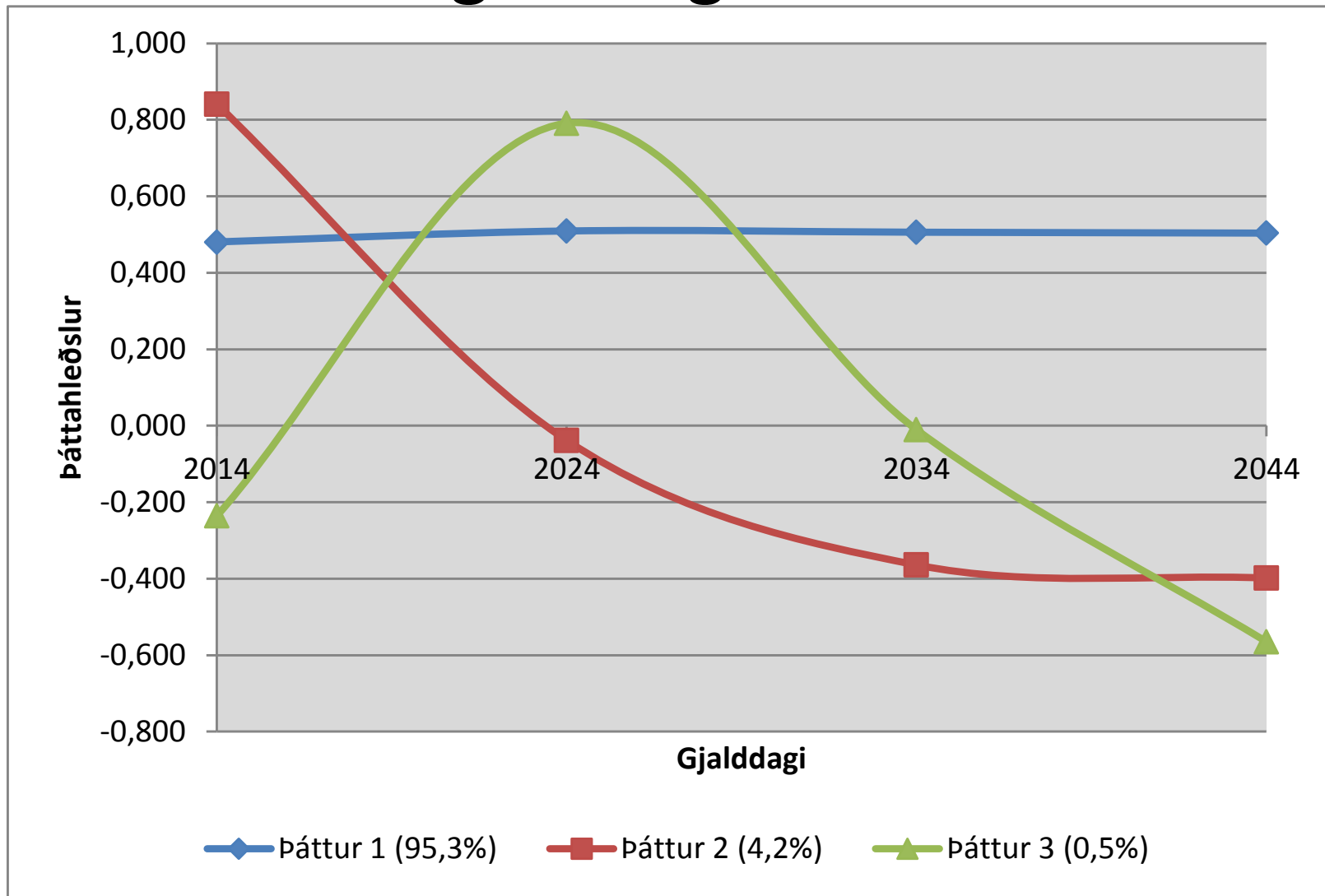


# Höfuðásagreining fyrir íbúðabréf

- Íbúðabréfin aðeins 4 svo ekki merkileg niðurstaða ef 3 þættir útskýra >95% af dreifni
- Áhugavert hvort annað mynstur komi fram en í öðrum vaxtarófum, hvort „halli“ t.d. telji meira og hliðrun minna



# Höfuðásagreining á íbúðabréfum





# Gallar á notkun höfuðásagreiningar til að álykta um hreyfingar vaxtarófs

- Lord & Pelsser (2007):
- “Level-Slope-Curvature – Fact or Artefact?”
- (Applied Mathematical Finance)
- Setning Perron’s (Perron-Frobenius):
  - Ef öll fylgni er jákvæð mun fyrsti þátturinn aldrei hafa formerkjabreytingar
- Niðurstaða Lord & Pessler:
- Hliðrun-halli-sveigja kemur fram ef fylkið er:
  - i. algerlega jákvætt af 3ja stigi
  - ii. andhverfanlegt
  - iii. með strangt jákvæðar yfir- og undir-hornalínur
- Mjög eðlileg skilyrði á fylgnifylki fyrir vaxtaróf – (ii) og (iii) alltaf



# Höfuðásagreining

- Gagnleg aðferð til að minnka vídd gagnasafns í tölfræðilegri greiningu
- Ef nota á ávöxtunarkröfu skuldabréfa sem óháða breytu í tölfræðilíkani þarf annað hvort að
  - velja tiltekin skuldabréf – hvernig á að velja?
  - nota mikinn fjölda – „multicollinearity”
- Höfuðásagreining getur þá verið gagnleg til að taka tillit til áhrifa margra skuldabréfa með fáum breytum



# Hreyfingar íslenska vaxtarófsins

- Hversu vel hefur ónæmisaðferðin virkað á íslenskum verðtryggðum markaði undanfarin ár?
- Er hægt að bæta aðferðina með því að taka tillit til sérkenna íslenska markaðarins?