

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**MODELIRANJE KRIVULJE DONOSNOSTI  
SLOVENSКИH DRŽAVNIH VREDNOSTNIH PAPIRJEV**

Ljubljana, julij 2019

LUČKA ILC

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Lučka Ilc, študentka Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtorica predloženega dela z naslovom Modeliranje krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Alešem Ahčanom

### IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravila samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označila;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 9. 7. 2019

Podpis študentke: \_\_\_\_\_

# Kazalo

Uvod . . . . .	1
<b>1 Državni vrednostni papirji in krivulja donosnosti . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1 Osnovni pojmi obveznic in zakladnih menic . . . . .	4
1.1.1 Postopek vrednotenja . . . . .	5
1.1.2 Vrste donosnosti . . . . .	6
1.1.3 Trajanje in konveksnost . . . . .	9
1.2 Krivulja donosnosti državnih vrednostnih papirjev . . . . .	11
1.3 Informacijska vrednost krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev	11
1.3.1 Značilne oblike krivulje donosnosti . . . . .	12
1.3.2 Teorije krivulje donosnosti . . . . .	13
1.4 Uporaba krivulje donosnosti pri poslovnem odločanju . . . . .	15
1.5 Uporaba krivulje donosnosti pri ekonomski in monetarni analizi . . . . .	17
1.5.1 Napoved gospodarskih gibanj in recesije . . . . .	17
1.5.2 Napoved inflacije . . . . .	18
1.5.3 Napoved deviznih tečajev . . . . .	18
<b>2 Obrestne mere in teoretične krivulje donosnosti . . . . .</b>	<b>18</b>
2.1 Pomen teoretičnih krivulj donosnosti . . . . .	19
2.2 Vrste obrestnih mer in teoretične krivulje donosnosti . . . . .	19
2.2.1 Diskontni faktor in diskontna funkcija . . . . .	19
2.2.2 Promptna obrestna mera in promptna krivulja donosnosti . . . . .	20
2.2.3 Terminalska obrestna mera in terminalska krivulja donosnosti . . . . .	21
2.2.4 Nominalni donos in nominalna krivulja donosnosti . . . . .	23
2.3 Gibanje teoretičnih krivulj donosnosti . . . . .	24
<b>3 Tehnike modeliranja krivulje donosnosti . . . . .</b>	<b>24</b>
3.1 Problematika modeliranja krivulje donosnosti . . . . .	25
3.2 Tehnike modeliranja krivulje donosnosti . . . . .	25
3.2.1 Dinamični modeli krivulje donosnosti . . . . .	25
3.2.2 Statični modeli krivulje donosnosti . . . . .	26
3.3 Modeliranje krivulje donosnosti z uporabo tehnike zlepkov . . . . .	28
3.4 Modeliranje krivulje donosnosti z uporabo parametričnih modelov . . . . .	30
3.4.1 Nelson-Siegel model (1987) . . . . .	31
3.4.2 Svenssonov model (1994) . . . . .	33
3.4.3 Primerjava Nelson-Siegelovega in Svenssonovega modela . . . . .	34
3.5 Primerjava tehnike zlepkov in parametričnih modelov . . . . .	34
3.6 Izbor najustreznejše tehnike modeliranja krivulje donosnosti . . . . .	35
3.6.1 Kriteriji ustreznosti izbranega modela . . . . .	35
3.6.2 Merila ustreznosti izbranega modela . . . . .	37
<b>4 Trg slovenskih državnih vrednostnih papirjev . . . . .</b>	<b>39</b>
4.1 Zadolževanje in upravljanje dolga proračuna Republike Slovenije . . . . .	39
4.2 Slovenski kapitalski in denarni trg . . . . .	41
4.2.1 Primarni trg in načini izdaje vrednostnih papirjev . . . . .	41
4.2.2 Sekundarni trg in trgovanje državnih vrednostnih papirjev . . . . .	42
4.2.3 Tržna kapitalizacija in likvidnost državnih vrednostnih papirjev . . . . .	44

4.3	Ročnostna struktura slovenskih državnih vrednostnih papirjev . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Modeliranje brezakuponske krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev . . . . .</b>	<b>45</b>
5.1	Izbrana metodologija in model . . . . .	45
5.2	Podatki . . . . .	46
5.3	Rezultati . . . . .	47
5.4	Diskusija . . . . .	64
<b>Sklep . . . . .</b>		<b>65</b>
<b>Literatura in viri . . . . .</b>		<b>66</b>
<b>Priloge . . . . .</b>		<b>71</b>

## Kazalo tabel

Tabela 1:	Državne obveznice vključene v krivuljo donosnosti . . . . .	47
Tabela 2:	Parametri Nelson-Siegelovega modela . . . . .	48
Tabela 3:	Zahtevana donosnost na podlagi Nelson-Siegelovega modela (%) . . . . .	61
Tabela 4:	Zahtevana donosnost na podlagi Svernnsonovega modela (%) . . . . .	62
Tabela 5:	Rezultati ocen napak krivulje donosnosti na podlagi Nelson-Siegelovega in Svernnsonovega modela (%) . . . . .	63

## Kazalo slik

Slika 1:	Razlika med promptnimi obrestnimi merami $R(t, T)$ in terminskimi obrestnimi merami $F(t, T, S)$ . . . . .	23
Slika 2:	Kubični zlepci z vozlišči na $\{0, 2, 5, 10, 20\}$ . . . . .	29
Slika 3:	Nelson-Siegelova promptna in terminska krivulja donosnosti pri različnih $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ in $\tau_{\alpha_1}$ . . . . .	33
Slika 4:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 1. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela . . . . .	49
Slika 5:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 1. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela . . . . .	49
Slika 6:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 2. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela . . . . .	50
Slika 7:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 2. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela . . . . .	50
Slika 8:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 3. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela . . . . .	51
Slika 9:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 3. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela . . . . .	51
Slika 10:	Brezakuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 4. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela . . . . .	52

Slika 11:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 4. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	52
Slika 12:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 5. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	53
Slika 13:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 5. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	53
Slika 14:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 6. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	54
Slika 15:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 6. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	54
Slika 16:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 7. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	55
Slika 17:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 7. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	55
Slika 18:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 8. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	56
Slika 19:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 8. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	56
Slika 20:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 9. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	57
Slika 21:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 9. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela .	57
Slika 22:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 10. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	58
Slika 23:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 10. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela	58
Slika 24:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 11. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	59
Slika 25:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 11. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela	59
Slika 26:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 12. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela	60
Slika 27:	Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 12. 2018, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela	60

## Kazalo prilog

Priloga 1:	Predstavitev obveznic, vključenih v krivuljo donosnosti . . . . .	1
Priloga 2:	Dejanski in ocenjeni donosi slovenskih državnih obveznic . . . . .	8

## Seznam kratic

angl. – angleško

**CY** – (angl. Current yield); Tekoča donosnost

**ECB** – (angl. European Central Bank); Evropska centralna banka

**EMU** – Ekonomska in monetarna unija

**EU** – Evropska unija

**HR** – (angl. Hit ratio); Razmerje zadetkov

**MAE** – (angl. Mean average error); Povprečna absolutna napaka

**MF** – Ministrstvo za finance

**MPE** – (angl. Mean percentage error); Povprečna odstotna napaka

**RMSE** – (angl. Root mean square error); Koren povprečne kvadratne napake

**YTC** – (angl. Yield to call); Donosnost do odpoklica

**YTM** – (angl. Yield to maturity); Donosnost do dospetja

## Uvod

Krivulja donosnosti prikazuje gibanje terminske strukture obrestnih mer in predstavlja izhodišče za vrednotenje številnih obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Izbira tehnike in načina modeliranja krivulje donosnosti je odvisna od namena uporabe ocenjenih teoretičnih obrestnih mer. Te se najpogosteje uporabljajo pri upravljanju finančnega premoženja, upravljanju obrestnega tveganja, v podjetniških financah, pri ekonomskih in monetarnih analizah in v finančnem inženiringu. Nepričakovane spremembe obrestnih mer vodijo v nastanek neskladij med pričakovanimi in dejanskimi donosi obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Z razumevanjem modelov napovedovanja obrestnih mer lahko upravljavci premoženja ocenijo učinke prihodnjih sprememb obrestnih mer na vrednost portfelja ter sprejmejo ukrepe, s katerimi bodo ohranili ali povečali vrednost upravljanih sredstev.

Državni vrednostni papirji imajo na finančnem trgu posebno vlogo, saj je za njih značilna neomejena likvidnost in gotovost poplačila dolga imetniku vrednostnega papirja. Krivulja donosnosti, ki je sestavljena iz državnih vrednostnih papirjev, prikazuje terminsko strukturo netveganih obrestnih mer. Na podlagi donosnosti in preostali ročnosti državnih vrednostnih papirjev se oblikujejo različne značilne oblike krivulje donosnosti. Te imajo za oblikovalce makroekonomskih politik pomembno informacijsko vrednost, saj oblika krivulje nosi informacijo o agregiranih pričakovanjih tržnih udeležencev glede razvoja gospodarstva države, pojava recesije, nastanka inflacijskih gibanj, nastanka realnih nihanj proizvodnje, spremembe deviznih tečajih in spremembe drugih pomembnih makroekonomskih dejavnikov. Krivulja donosnosti torej prikazuje trenutni sentiment tržnih udeležencev na izbranem finančnem trgu. Centralne banke pri načrtovanju denarne politike upoštevajo pričakovanja na trgu, saj so njih ukrepi lahko učinkoviti le ob prepoznavanju in preoblikovanju trenutnih tržnih pričakovanj. Krivulja donosnosti se torej ne uporablja zgolj pri ekonomskih analizah obrestno občutljivih finančnih instrumentov, temveč tudi pri načrtovanju ustreznih fiskalnih in denarnih politik.

Krivulja donosnosti je sestavljena iz primerljivih obveznic različnih rezidualnih ročnosti. Za pravilno modeliranje krivulje donosnosti je potreben nabor podatkov o donosnostih primerljivih obveznic različnih zapadlosti. Ker v praksi temu pogoju ni mogoče vedno zadostiti, se pri modeliranju uporabljajo izpeljane teoretične mere donosnosti obveznic. Med teoretične krivulje donosnosti spadajo promptna oziroma brezakuponska, terminska in nominalna krivulja donosnosti. Rezultat modeliranja krivulje donosnosti sta praviloma promptna oziroma brezakuponska in terminska krivulja donosnosti. Začetki razvoja modeliranja krivulje donosnosti segajo v sedemdeseta leta prejšnjega stoletja s prvimi poskusi ocenjevanja krivulje z uporabo enostavnih matematičnih in statističnih tehnik. Pri modeliranju krivulje donosnosti so bile sprva uveljavljene različne tehnike uporabe zlepkov različnih stopenj. Dvajset let kasneje sta Nelson in Siegel (1987) pri modeliranju promptne oziroma brezakuponske krivulje prvič uporabila parametrični model, s katerim sta uveljavila tedaj nov tehnični pristop k modeliranju krivulje donosnosti. Parametrični modeli omogočajo učinkovito modeliranje dovolj fleksibilnih krivulj, ki se dobro prilagajajo značilnim oblikam krivulje donosnosti. Raziskovalci so v želji po izboljšanju nekaterih lastnosti prvotnega modela razvili več razširjenih

modelov, ki se med seboj razlikujejo predvsem po številu in vrsti uporabljenih parametrov. Omenjene variacije prvotnega parametričnega modela se danes razvrščajo v t. i. razred modelov oziroma krivulj Nelson in Siegel. To velja tudi za Svenssonov model, ki je v primerjavi z izvirnim modelom razširjen za dodaten parameter. Zaradi enostavnosti, prilagodljivosti, relativne natančnosti in teoretične smiselnosti rezultatov je uporaba modelov tega razreda še danes zelo razširjena. Večina centralnih bank Evrosistema za izračun brezakuponske krivulje donosnosti uporablja parametrične modele, bodisi Nelson-Siegelov ali Svenssonov model. Evropska centralna banka (v nadaljevanju ECB) pri izračunu brezakuponske krivulje donosnosti uporablja Svenssonov model.

V začetku devetdesetih let se je Republika Slovenija začela zadolževati na finančnem trgu, s katerim je financirala primanjkljaj državnega proračuna. Republika Slovenija se tudi danes zadolžuje s kratkoročnimi in dolgoročnimi dolžniškimi vrednostnimi papirji in v manjši meri z nekaterimi drugimi instrumenti, kot so na primer bančne garancije, poročstva in drugi dolgoročni finančni instrumenti. V imenu Republike Slovenije obveznice in zakladne menice izdaja Ministrstvo za finance (v nadaljevanju MF), in sicer za namen financiranja potreb proračuna in upravljanja z javnim dolgom. Na donosnost državnih obveznic vpliva več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejša različna tržno prepoznana tveganja, ročnost obveznice, pričakovana inflacija, pričakovana gospodarska rast, obrestne mere in donosnost alternativnih naložb na finančnem trgu. S pomočjo krivulje donosnosti državna zakladnica spremlja zahtevano donosnost na državne obveznice različnih ročnosti in določa terminski načrt prihodnjih izdaj državnih vrednostnih papirjev. Država bo praviloma izdala vrednostne papirje posameznih ročnosti glede na predviden terminski načrt, ki ga pripravi s pomočjo analize krivulje donosnosti. Izbor instrumentov financiranja države bo posredno vplival na oblikovanje krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev. Obseg ponudbe državnih obveznic, velikosti posameznih izdaj, časovna razporeditev izdaj in struktura obveznic so najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na oblikovanje krivulje donosnosti. Odločitev o načinu in ročnosti izdaje posameznega državnega vrednostnega papirja bo državna zakladnica sprejela glede na razmere na trgu. Novoizdana obveznica bo praviloma nadomestila dospelobno obveznico, ki je predhodno predstavljala posamezno točko v krivulji donosnosti. Pri modeliranju promptne oziroma brezakuponske krivulje donosnosti slovenskih evrskih obveznic MF uporablja parametrični Svenssonov model.

Cilj magistrskega dela je podati empirično primerjavo in ustreznost obstoječih parametričnih modelov za modeliranje brezakuponske krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Magistrsko delo je sestavljeno iz pet tematsko zaključenih poglavij. V prvih štirih poglavjih so predstavljena osnovna teoretična izhodišča magistrskega dela, v zadnjem, petem poglavju je predstavljen empirični del. Prvo poglavje opredeljuje najpomembnejše lastnosti državnih vrednostnih papirjev in krivulje donosnosti. V poglavju so predstavljeni osnovni pojmi obveznic in zakladne menice, vidik informacijske vrednosti krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev in njena uporaba za namen poslovnega odločanja in za namen ekonomskih ter monetarnih analiz. V drugem poglavju so predstavljene različne vrste obrestnih mer in teoretične krivulje donosnosti. Predstavljeni so izračuni diskontnega faktorja, promptne obrestne mere, terminske obrestne mere in nominalnega donosa. Izpeljane obrestne mere so pomembni gradniki krivulj donosnosti in so predpogoj izvedbo modeliranja. V tretjem poglavju



so predstavljene tehnike modeliranja brezakuponske krivulje donosnosti. Modeliranje krivulje je mogoče z uporabo dinamičnih in statičnih modelov. Empirični del naloge temelji na uporabi statičnih modelov. V nadaljevanju poglavja sta predstavljena dva ključna pristopa statičnega modeliranja krivulje. Najprej je obravnavana tehnika uporabe zlepkov, zatem tehnika parametričnih modelov. Ker obstaja več različnih variacij modelov posameznega razreda, se delo osredotoča zgolj na dva parametrična modela: na Nelson-Sieglov model (1987) in Svennsonov model (1994). Poglavje zaokrožuje vprašanje kriterijev in meril za izbor najprimernejše tehnike modeliranja krivulje donosnosti. Pojasnjeni so različni kriteriji in merila, ki omogočajo primerjave rezultatov modeliranja. Na podlagi navedenih kriterijev so v empiričnem delu ovrednoteni rezultati modeliranja. V četrtem poglavju je predstavljen razvoj in osnovne značilnosti trga slovenskih državnih vrednostnih papirjih. V poglavju so navedene osnovne značilnosti slovenskega trga državnih vrednostnih papirjev. Peto poglavje podaja metodologijo, izbran nabor podatkov, rezultate in diskusijo empiričnega dela naloge. Pri modeliranju brezakuponske krivulje donosnosti slovenskih državnih papirjev sta uporabljena parametrična modela Nelson-Siegel in Svensson. Namen poglavja je na podlagi predhodno opredeljenih objektivnih kriterijev in meril določiti najprimernejšo tehniko modeliranja krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. V sklepnem poglavju so podane končne ugotovitve naloge glede modelov ocenjevanja brezakuponske krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev.

## 1 Državni vrednostni papirji in krivulja donosnosti

Za razumevanje različnih pristopov modeliranja krivulje donosnosti je potrebno predhodno poznavanje osnovnih značilnosti državnih vrednostnih papirjev in krivulje donosnosti. Obveznica in zakladna menica sta osnovna dolžniška finančna instrumenta, s katerima se države zadolžujejo na finančnem trgu. Ker se z obveznicam in zakladnimi menicami trguje na sekundarnem trgu, se cena in donosnost teh instrumentov v času do dospelja spreminja. Višina obrestnih mer na trgu vpliva na cene in donosnost državnih vrednostnih papirjev. Obveznice in zakladne menice so lahko različno cenovno občutljive na spremembe obrestnih mer. Cenovno občutljivost obveznice merita trajanje in konveksnost. Poleg obrestnih mer lahko na ponudbo ali povpraševanje po obveznicah in na ponudbo ali povpraševanje po zakladnih menic vplivajo nekateri drugi dejavniki finančnega trga. Spremembe na obvezniškem in denarnem trgu se neposredno odražajo v spremenjeni obliki krivulje donosnosti. V preteklosti so bile prepoznane štiri značilne oblike krivulje donosnosti, in sicer naraščajoča, padajoča, vodoravna in izbočena. Oblika krivulje donosnosti praviloma z visoko stopnjo zanesljivosti napoveduje prihodnjo realno ekonomsko aktivnost gospodarstva. Razloge za nastanek različnih oblik krivulj donosnosti pojasnjuje več teorij, med katerimi so najpomembnejše teorija pričakovanj, teorija likvidnostnih preferenc, teorija segmentacije trga in teorija preferenčnega habitata. Krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev torej prikazujejo agregirana pričakovanja tržnih udeležencev glede prihodnjih gospodarskih obetov držav, kar omogoča izvedbo monetarne analize. Na ravni finančnih institucij lahko krivulja donosnosti vpliva na sprejemanje nekaterih pomembnih poslovnih odločitev, predvsem z vidika upravljanja sredstev in obveznosti, spreminjanja ročnosti portfelja vrednostnih papirjev ter vrednotenja obrestno občutljivih finančnih instrumentov in izvedenih finančnih instrumentov.

## 1.1 Osnovni pojmi obveznic in zakladnih menic

Obveznica je dolžniški finančni instrument kapitalskega trga z značilnimi fiksnimi izplačili in znanimi prihodnjimi denarnimi tokovi ter predstavlja način zadolževanja na finančnem trgu. Vlagatelji izdajateljem obveznic posodijo denar za dogovorjen čas in dogovorjene obresti. Obveza izdajateljev obveznic je, da bodo imetnikom obveznic v sporazumnem času poplačali glavnico in dodatne obresti. Obresti obveznic se praviloma izplačajo v obliki periodičnih kuponskih izplačil, ki se poravnajo pred zapadlostjo obveznic, ob zapadlosti pa izdajatelj povrne imetniku še izposojeno glavnico. Obveznica je finančni instrument, zato se z njo lahko trguje na sekundarnem trgu. Izdajatelji izdajajo obveznice, kadar želijo zbrati večjo količino denarnih sredstev daljših ročnosti. Obvezniški trgi povezujejo izdajatelje, ki imajo potrebe po dolgoročnem financiranju, z vlagatelji, ki so pripravljene sredstva vložiti v dolgoročno obrestovane vrednostne papirje. Ustrezna infrastruktura in regulativni sistem sta ključna pri zagotavljanju ustreznega podpornega okolja, ki omogoča izvajanje transakcij med različnimi deležniki finančnega trga. Kljub pojavu številnih novih finančnih instrumentov s fiksnim donosom ostaja trg obveznic v evroobmočju daleč največji in najpomembnejši. Obvezniški trgi imajo pomembno vlogo pri razvoju lokalnega in svetovnega gospodarstva, saj učinkovit in razvit trg državnih vrednostnih papirjev zagotavlja pomembne koristi za številne udeležence finančnega trga. Učinkovit trg državnih vrednostnih papirjev je nizko fragmentiran in ima izpostavljeno zanesljivo ter varno tržno infrastrukturo, ki omogoča trgovanje z nizkimi transakcijskimi stroški. Obveznice so raznoliki dolžniški finančni instrumenti, zato jih je mogoče razvrstiti na podlagi več kriterijev, kot so čas do dospelja, vrsta izdajatelja, način izplačevanja obresti in valuta denominacije (WB & IMF, 2001, str. 2; Choudhry, 2004, str. 10).

Dolžniški finančni instrumenti se glede na čas do dospelja delijo na instrumente denarnega trga ali kapitalskega trga. Med kratkoročne dolžniške instrumente denarnega trga se uvrščajo zakladne menice in komercialni zapisi. Zakladne menice so kratkoročni dolžniški instrumenti denarnega trga, pri katerih kot izdajatelj nastopa država. Za razliko od zakladnih menic je izdajatelj komercialnih zapisov gospodarska družba. Dolgoročni vrednostni papirji so instrumenti kapitalskega trga. Zanje je značilna dospelost nad enim letom. Najznačilnejši dolžniški instrument kapitalskega trga je obveznica. Glede na čas do dospelja se obveznice razvrščajo v tri skupine, in sicer na kratkoročne obveznice (čas do dospelja od enega do petih let), srednjeročne obveznice (čas do dospelja od petih do dvajsetih let) in dolgoročne obveznice (čas do dospelja od dvajsetih do tridesetih let).

Obveznice lahko izdajo različni ekonomski subjekti. Države izdajajo državne obveznice, lokalne oblasti izdajajo občinske obveznice, banke izdajajo bančne obveznice, podjetja izdajajo podjetniške obveznice ipd. Glede na dinamiko oziroma način izplačevanja obresti ali kuponov obveznic se te delijo na obveznice s fiksnim kuponom, na obveznice s spremenljivim kuponom in na brezkuponske obveznice. Obveznice s fiksnim kuponom omogočajo fiksno izplačilo obresti. Pri obveznicah s spremenljivim kuponom je vrednost izplačila obresti spremenljiva in je lahko vezana na vrednost referenčnega indeksa ali na poslovni rezultat izdajatelja. Posebna vrsta obveznic so brezkuponske obveznice, ki ne izplačujejo kuponov. Donosnost brezkuponske obveznice se določa glede na višino

nakupnega diskonta. Glede na valuto denominacije obveznice se te delijo na domače obveznice, na tuje obveznice in na evroobveznice. Domače obveznice so denominirane v domači valuti, izdajatelj domače obveznice pa je vedno domači rezident ali država. Tuje obveznice so prav tako denominirane v domači valuti, izdajatelj tuje obveznice pa je nerezident ali tuja država. Evroobveznice so najbolj prilagodljiva vrsta obveznice, saj se izdajajo preko nacionalnih meja ter v poljubni valuti, izdajatelj pa tudi ni omejen glede svojega rezidentstva. Glede na ocene kreditnega tveganja se obveznice delijo na netvegane in tvegane. Kreditno tveganje obveznice se določa v obliki bonitetne ocene izdajateljev obveznic. Ocene kreditnega tveganja izdajajo bonitetne hiše, kot so Standard & Poor's, Moody's in Fitch. Nižja ko je bonitetna ocena izdajatelja, večje je tveganje, da izdajatelj ne bo izpolnil svojih obveznosti do imetnika obveznice. Državni vrednostni papirji nudijo praviloma največjo varnost izplačila obresti in vračila dolga ob dospelosti. Država je zaradi obveznosti, ki jih nalaga svojim davčnim zavezancem, praviloma neomejeno likvidna. Države izdajajo dolžniške vrednostne papirje na domačih in tujih finančnih trgih z namenom financiranja proračunskega primanjkljaja, investicij ali refinanciranja dela javnega dolga. Zaradi nizkega kreditnega tveganja in visoke likvidnosti trga državnih vrednostnih papirjev lahko vlagatelji obveznice in zakladne menice obravnavajo tudi kot substitut denarju. V splošnem, vendar ne praviloma, bo donos na državne obveznice določal najnižji možen donos na finančnem trgu.

### 1.1.1 Postopek vrednotenja

Vrednotenje je postopek določanja poštene vrednosti finančnega sredstva, katere namen je zagotavljanje primerljivosti finančnih sredstev z njihovimi tržnimi cenami. Z vrednotenjem je možno ugotoviti, ali je vrednostni papir na finančnem trgu precenjen ali podcenjen. Z obveznicami se trguje na sekundarnem trgu, kar pomeni, da je cena obveznice odvisna od spremembe ponudbe ali povpraševanja po njej. Na razvitih in dobro delujočih trgih kapitala, kjer prihaja do majhne informacijske asimetrije, sta poštna in tržna vrednost obveznice vedno sorazmeroma blizu. Vrednost obveznice je enaka sedanji vrednosti denarnih tokov, ki jih obveznica prinaša v prihodnosti. Za določanje sedanjih vrednosti obveznic je potrebno predhodno poznavanje prihodnjih denarnih tokov, razporeditve denarnih tokov v času in poznavanje diskontne stopnje, ki omogoča preračun prihodnjih denarnih tokov obveznice na sedanjo vrednost (Fabozzi & Choudhry, 2004, str. 41; Saunders, 2000, str. 153).

Vrednost obveznice se določa v treh zaporednih korakih. Najprej se ocenjuje vrednost in razporeditev pričakovanih prihodnjih denarnih tokov obveznice. Temu sledi določanje ustrezne diskontne stopnje, ki mora odražati trenutne tržne obrestne mere in upoštevati potencialna tveganja, ki jih nosi obveznica. Po določitvi denarnih tokov in diskontne stopnje sledi diskontiranje pričakovanih prihodnjih denarnih tokov. Vrednost obveznice se določa z uporabo formule za izračun sedanje vrednosti obveznice (Martellini, Priaulet & Priaulet, 2003, str. 41). Cena obveznice  $P_0$  je enaka:

$$P_0 = \sum_{t=1}^n \frac{I}{(1 + k_b)^t} + \frac{M}{(1 + k_b)^n}, \quad (1)$$

kjer je  $I$  v obdobju prejet denarni znesek obresti,  $M$  vrednost obveznice ob dospelosti ali nominalna vrednost obveznice,  $n$  število obdobj, za katera se prejema obresti, in

$k_b$  diskontna stopnja, ki predstavlja zahtevano stopnjo donosa na trgu. Med vrednostjo, donosnostjo in dospeljem obveznice obstaja več algebričnih povezav. Cena obveznice  $P_0$  in zahtevana donosnost  $(1 + k_b)$  in cena obveznice  $P_0$  ter njen čas do dospelja  $n$  se gibljeta obratno sorazmerno. Pri spremembi zahtevane donosnosti  $(1 + k_b)$  se bo cena obveznice z daljšim časom do dospelja spremenila bolj kot vrednost obveznice s krajšim časom do dospelja. Tveganje spremembe obrestne mere bo pri obveznicah z daljšim časom do dospelja večje kot pri obveznicah s krajšim časom do dospelja. Cena obveznice  $P_0$  in njena nominalna obrestna mera se gibljeta obratno sorazmerno, kar pomeni, da se bo spremenjena zahtevana donosnost bolj odrazila na vrednosti obveznice z nižjo obrestno mero kot na vrednost obveznice z višjo obrestno mero.

Tržna cena obveznic je podana na dva načina, ki se razlikujeta glede na upoštevanje že natečenih obresti. "Umazana" cena (angl. dirty price) je cena obveznice, v kateri so vključeni prihodki z naslova natečenih obresti za zadnje kuponsko izplačilo. Cena, ki izključuje natečene obresti, je znana kot "čista" cena (angl. clean price). Sedanja vrednost obveznice mora biti vedno enaka "umazani" ceni obveznice, ki je enaka vsoti seštevka natečenih obresti "čiste" cene obveznice. V praksi se pri trgovanju uporabljajo čiste cene obveznic. Pri vrednotenju obveznic velja pravilo, da je obveznica z daljšim časom do dospelja bolj občutljiva na spremembo tržne obrestne mere, kar vpliva na diskontne stopnje in obratno. Cena obveznice je vedno podana z odstotnim odstopanjem od njene nominalne vrednosti ob izdaji. Obveza izdajatelja obveznice je, da bo imetniku izplačal nominalni dolg ob dospelju, ta se s časom do dospelja ne bo spreminjal. Stopnja donosa obveznice je lahko drugačna, če se cena obveznice razlikuje od njene nominalne vrednosti. Ob izdaji je cena obveznice vedno enaka njeni nominalni vrednosti, saj je stopnja donosa obveznice ob izdaji praviloma enaka stopnji donosa, ki ga zahteva trg. Ko je cena obveznice manjša od njene nominalne vrednosti ob izdaji, to pomeni, da je stopnja donosa obveznice manjša od stopnje donosa, ki ga zahteva trg. Obveznica se bo prodajala z diskontom. Če je cena obveznice višja, kot je njena nominalna vrednost ob izdaji, to pomeni, da je stopnja donosa obveznice večja od stopnje donosa, ki ga zahteva trg. Obveznica se bo prodajala s premijo (Fabozzi & Choudhry, 2004, str. 48; Petitt, Pinto, Pirie & Kopprasch, 2015, str. 105). Ob izdaji obveznice je njena obrestna mera določena blizu zahtevane tržne stopnje donosnosti.

### 1.1.2 Vrste donosnosti

Donosnost je merilo potencialnih prejemkov imetnikov obveznice. Kupec ob nakupu obveznice pridobi pravico do vnaprej določenih nespremenljivih obresti. Cene obveznic se znižajo, ko se povpraševanje po njih zmanjša, in obratno, cene se zvišajo, ko se povpraševanje po njih poveča. Cena obveznice je obratno sorazmerna s stopnjo donosa oziroma donosnostjo obveznice. Donosnost obveznice se bo ob povečanju cene zmanjšala in obratno. Zveza med ceno obveznice in obrestno stopnjo je enaka:

$$P_0 = \frac{R}{i}, \quad (2)$$

kjer je  $P_0$  cena obveznice,  $R$  znesek periodično izplačanih obresti in  $i$  donosnost oziroma stopnja donosa obveznice do dospelja. Obratno sorazmerno gibanje cene in donosnosti izhaja iz dejstva, da je donosnost pri nominalni vrednosti obveznice fiksirana. Tržna

cena obveznice se bo s časom do dospelja vedno bolj približevala njeni nominalni vrednosti. Če se diskontna stopnja obveznice skozi čas ne spreminja, se cena obveznice lahko giblje v tri smeri. Cena obveznice se lahko sčasoma zmanjša, če se obveznica prodaja s premijo, ali poveča, če se obveznica prodaja z diskontom. Cena obveznice lahko ostane tudi nespremenjena, če se obveznica prodaja pri nominalni vrednosti.

Na obvezniškem trgu obstajajo različne mere donosnosti obveznic, ki se razlikujejo glede na različne predpostavke, vključene v izračun donosnosti. Pri podajanju omenjenih mer je potrebno razlikovanje med donosnostjo in donosom obveznice. Donosnost ali stopnja donosa je vedno izražena v odstotkih, medtem ko je donos izražen v številu denarnih enot, ki jih vlagatelj prejme v času do dospelosti naložbe. Vlagatelje zanima realen donos obveznice. V precejšnji meri bo donosnost obveznice odvisna od vlagateljeve stopnje naklonjenosti tveganju. Nekateri vlagatelji bodo pripravljene prevzeti večje tveganje za ustrezno višji donos. Drugi vlagatelji z nižjo stopnjo naklonjenosti tveganju pa bodo vlagali svoja sredstva v le najvarnejše naložbe. Trgovci z obveznicami na trgu navajajo različne mere donosnosti obveznic. Med najpomembnejše spadajo tekoča donosnost, donosnost do dospelja in donosnost do odpoklica.

Tekoča donosnost (angl. current yield, v nadaljevanju  $CY$ ) je mera donosnosti, ki predstavlja razmerje med nominalno stopnjo donosa oziroma nominalno obrestno mero in nakupno ceno obveznice. Nakup obveznice z diskontom bo povečal tekočo donosnost obveznice, nakup obveznice s premijo pa bo zmanjšal tekočo donosnost obveznice.  $CY$  se izračuna z uporabo naslednje enačbe:

$$CY = \frac{i_n}{P_b}, \quad (3)$$

kjer je  $i_n$  nominalna stopnja donosa oziroma nominalna obrestna mera in  $P_b$  nakupna cena obveznice.  $CY$  se najbolj približa vrednosti realnega donosa v primerih, ko je tržna cena obveznic blizu njene nominalne vrednosti. Tekoča donosnost bo predstavljala slab približek ocene prave donosnosti obveznice, kadar se bo cena obveznice bistveno razlikovala od njene nominalne vrednosti. Ne glede na zanesljivost ocene pa velja, da sprememba tekoče donosnosti vedno pravilno nakaže smer spremembe prave donosnosti obveznice.

Donosnost do dospelja (angl. yield to maturity, v nadaljevanju  $YTM$ ) je najbolj znano merilo donosnosti, ki vlagateljem omogoča medsebojno primerjavo obveznic z različnimi dospelji in različnimi nominalnimi stopnjami donosa oziroma nominalnimi obrestnimi merami.  $YTM$  je enaka diskontni stopnji, ki izenači sedanjo vrednost pričakovanih denarnih tokov in nominalno vrednost obveznice s trenutno ceno obveznice na trgu. Pri izračunu se predpostavlja, da bodo vlagatelji zadržali obveznico do dospelja in da se bodo vsi izplačani denarni tokovi takoj reinvestirali po obrestni meri, ki je enaka stopnji  $YTM$ . Zaradi zadnje predpostavke omenjena mera ne more natančno izmeriti prave donosnosti obveznice. Prava donosnost obveznice je znana šele ob dospelju obveznice, saj šele takrat poznamo vse obrestne mere, po katerih so se izplačane obresti obveznic ponovno reinvestirale. Večje kot so obresti od obresti, večja je verjetnost, da bo pri izračunu  $YTM$  prišlo do napake.  $YTM$  se izračuna z uporabo naslednje enačbe:

$$P_0 = \sum_{t=1}^n \frac{I}{(1 + YTM)^t} + \frac{M}{(1 + YTM)^n}, \quad (4)$$

kjer je  $P_0$  cena obveznice na trgu,  $I$  denarni znesek obresti prejet v obdobju,  $M$  vrednost obveznice ob dospelju ali nominalna vrednost obveznice in  $n$  število obdobji do dospelja.

Donosnost do odpoklica (angl. yield to call, v nadaljevanju YTC) je mera donosnosti obveznice, pri kateri se upošteva pravica izdajatelja, da ta odpokliče obveznico po vnaprej določeni ceni pred njenim dospeljem. Na ta način se bo izdajatelj zavaroval pred plačevanjem previsokih obresti, saj bo to pravico uporabil takrat, ko bodo tržne obrestne mere znatno nižje od nominalne obrestne mere obveznic ob njihovi izdaji. V tem primeru bo izdajatelj z novo emisijo obveznic z nižjo nominalno obrestno mero zamenjal dražji dolg za cenejšega. YTC se izračuna z uporabo naslednje enačbe:

$$P_0 = \sum_{t=1}^n \frac{I}{(1 + YTC)^t} + \frac{C}{(1 + YTC)^n}, \quad (5)$$

kjer je  $P_0$  cena obveznice na trgu,  $I$  denarni znesek obresti, prejet v obdobju,  $C$  vrednost obveznice ob odpoklicu in  $n$  število obdobji do odpoklica.

Na vrednost in donosnost obveznic vpliva več makroekonomskih dejavnikov, kot so pričakovana stopnja inflacije, pričakovana gospodarska gibanja, sprememba deviznih tečajev, sprememba denarne in fiskalne politike, spremembe kreditnega tveganja in drugih dejavnikov, ki vplivajo na ponudbo in povpraševanje po obveznicah.

Na spremembo povpraševanja po obveznicah vplivajo naslednji štirje dejavniki: sprememba družbenega bogastva, spremenjen pričakovani donos obveznic v primerjavi s pričakovanimi donosi alternarnativnih naložb, spremenjena raven tveganja obveznic v primerjavi s tveganjem alternarnativnih naložb in spremenjena likvidnost obveznic v primerjavi z likvidnostjo alternarnativnih naložb. Pri napredovanju poslovnega cikla in naraščajočega družbenega bogastva se povpraševanje po obveznicah poveča, zato se krivulja povpraševanja premakne v desno. V recesiji, ko se realni dohodek in bogastvo zmanjšata, se tudi povpraševanje po obveznicah posledično zmanjša, krivulja povpraševanja se bo premaknila v levo. Dvig obrestnih mer bo znižal pričakovane donose na dolgoročne obveznice, kar bo zmanjšalo povpraševanje po obveznicah, krivulja povpraševanja se bo pomaknila v levo. Nizke obrestne mere bodo povečale povpraševanje po dolgoročnih obveznicah, kar bo premaknilo krivuljo povpraševanja v desno. Če bodo cene na trgu obveznic postale volatilne, se bo tveganje, povezano z obveznicami, povečalo. Povečanje tveganosti obveznic zmanjšuje povpraševanje po obveznicah, zato se bo krivulja povpraševanja premaknila v levo. Povečanje volatilitnosti cen na drugem delu finančnega trga, kot je na primer povečanje volatilitnosti na delniških trgih, bo povzročilo, da bodo postale obveznice vlagateljem zanimivejše. Povečanje tveganosti na drugih delih finančnega trga povečuje povpraševanje po obveznicah, krivulja povpraševanja po obveznicah se pomakne v desno. Povečana likvidnost obveznic zvišuje povpraševanje po obveznicah, zato se bo krivulja povpraševanja po obveznicah pomaknila v desno. Povečana likvidnosti drugih, obveznicam alternativnih sredstev, znižuje

povpraševanje po obveznicah, krivulja povpraševanja po obveznicah se bo pomaknila v levo. Na spremembo ponudbe po obveznicah vplivajo trije dejavniki: sprememba realne ekonomske aktivnosti, sprememba inflacije in fiskalna politika držav. Pri napredovanju poslovnega cikla se ponudba obveznic poveča, zato se krivulja ponudbe pomakne v desno. Podobno se bo v času recesije, ko bo na trgu veliko manj donosnih naložbenih priložnosti, ponudba obveznic zmanjšala, krivulja ponudbe se bo premaknila v levo. Povečanje pričakovane inflacije povzroči povečanje ponudbe obveznic in premik krivulje ponudbe v desno. Nasprotno zmanjšanje pričakovane inflacije povzroči zmanjšanje ponudbe obveznic, krivulja ponudbe se bo premaknila v levo. Zvišanje državnega primanjkljaja poveča ponudbo obveznic, kar povzroči premik krivulje ponudbe na desno. Nasprotno pa presežki državnega proračuna zmanjšajo ponudbo obveznic in povzročijo premik krivulje ponudbe v levo (Mishkin & Eakins, 2018, str. 118–121). Pričakovanja glede rasti inflacije se bodo odrazila v povišanju obrestnih mer. Zvezo med inflacijo in obrestnimi merami podaja Fisherjeva enačba.

Zahtevana stopnja donosnosti na trgu je odvisna tudi od pričakovane stopnje inflacije. Vlagatelji bodo svoje naložbene odločitve prilagajali pričakovani inflaciji, in sicer tako, da bodo ravnali v skladu s pričakovanji trga glede prihodnjega gibanja obrestnih mer. Dolgoročna obrestna mera naj bi vključevala tudi pribitek za pričakovano inflacijo. Nominalna obrestna mera je torej sestavljena iz realne obrestne mere in pričakovane stopnje inflacije. Sprememba pričakovane inflacije lahko vpliva na rast ali na padec nominalnih obrestnih mer. Za ohranitev nizkih nominalnih obrestnih mer mora ostati inflacija nizka.

### 1.1.3 Trajanje in konveksnost

Trajanje (angl. duration) in konveksnost (angl. convexity) merita občutljivost cen finančnih sredstev na spremembo obrestnih mer in se običajno uporabljata pri ocenjevanju obrestne občutljivosti finančnih instrumentov s fiksnim donosom in izvedenih finančnih instrumentov. Trajanje in konveksnost podajata dodatno informacijo glede ocenjene ekonomske vrednosti portfelja finančnih sredstev. Ekonomska vrednost portfelja je opredeljena kot razlika med sedanjo tržno vrednost sredstev in obveznosti vrednostnih papirjev, ki so vključeni v portfelj (Fabozzi & Choudhry, 2004, str. 90; Petitt, Pinto, Pirie & Kopprasch, 2015, str. 567; Smith, 2011, str. 107).

Trajanje in konveksnost sta pomembni meri pri analizi učinkov spremembe obrestnih mer na portfelje, ki so pretežno sestavljeni iz obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Vrednost obveznice oziroma drugih vrednostnih papirjev s fiksnim donosom se določi z vsoto denarnih tokov, ki so diskontirani z izhodiščno stopnjo donosa oziroma obrestno mero obveznice ob izdaji. Zahtevana stopnja donosa ali zahtevana obrestna mera se lahko v času trajanja obveznice spremeni, kar se odrazi tudi v tržnih cenah obveznice. Imetnika obveznice zanima, v kolikšnem času se mu bo povrnila naložba v obveznico. Trajanje podaja čas, v katerem se bo vlagatelju povrnila začetna naložba obveznice. Daljše ko je trajanje, večja je verjetnost, da se bo ob povečanju obrestnih mer cena obveznice znižala. Trajanje je torej pomembna mera pri upravljanju obvezniškega portfelja, saj predstavlja način merjenja obrestnega tveganja obveznic. Z novimi informacijami o prihodnjih obrestnih merah lahko upravitelji premoženja pri-

lagajajo svojo sestavo obvezniškega portfelja. To počnejo tako, da uskladijo trajanje portfelja s pričakovanimi obrestnimi merami. Ob brezkuponskih obveznicah je trajanje vedno enako času do zapadlosti obveznice, medtem pa je trajanje pri kuponskih obveznicah zaradi učinka reinvestiranja že izplačanih denarnih tokov praviloma vedno krajše od časa do dospelosti obveznice. Trajanje izhaja iz "umazane" cene obveznice tj. cene, ki je odvisna od zneska že izplačanih kuponov in višine glavnice ob dospelosti. Če se obrestne mere na trgu kapitala povečajo nad krivuljo donosnosti, bo vrednost glavnice in obresti upadla, cena obveznice se bo znižala. Toda ker se bodo medtem že izplačane obresti reinvestirale po višjih obrestnih merah, bo to lahko več kot nadomestilo nastalo izgubo obveznice. Če se obrestne mere znižajo, je učinek ravno nasproten, saj se bo cena obveznice povečala, vendar pa bo zaradi nižjih obrestnih mer v času reinvestiranja lahko skupni učinek naložbe slabši. Trajanje se lahko uporabi tudi kot merilo naložbenega tveganja za obveznice. Izračun trajanja je podan z različnimi merami, najpogosteje pa se uporabljajo Macaulayevo trajanje, modificirano trajanje in efektivno trajanje. Izbira vrste trajanja je odvisna od izbrane vrste naložbe in orodij za izračun trajanja. Mere trajanja se delijo na dve skupini, in sicer na prve, ki temeljijo na spremembah v donosu do zapadlosti obveznice (angl. yield duration), in na druge, ki temeljijo na spremembi referenčne krivulje donosnosti (angl. curve duration). V prvo skupino razvrščamo Macaulayevo in modificirano trajanje, v drugo skupino pa efektivno trajanje (Petitt, Pinto, Pirie & Kopprasch, 2015, str. 162).

Konveksnost meri spremembo cene, ki je ni mogoče pojasniti z modificiranim trajanjem. Izraz konveksnost je nekoliko neustrezen, saj se izraz praviloma uporablja za opis ukrivljenosti krivulje v geometriji. V financah je konveksnost merilo občutljivosti cene obveznice na spremembo donosa do dospelosti obveznice. Razmerje med ceno in donosom do dospelosti obveznice grafično prikazuje konveksna krivulja. Do odstopanj pri ocenah spremenjene cene obveznice prihaja, ker modificirano trajanje predpostavlja linearno zvezo med ceno in donosom do dospelosti obveznice, ki pa je v resnici konveksna. Kljub temu da pri manjših spremembah donosa modificirano trajanje relativno dobro ocenjuje spremenjene cene obveznice, pa to pri večjih spremembah donosa ne drži več. Ob večjih spremembah je z modificiranim trajanjem ocenjena spremenjena cena obveznice vedno podcenjena glede na dejansko spremenjeno ceno obveznice (Fabozzi & Choudhry, 2004, str. 132).

Obveznice imajo lahko različno konveksnost. Za enako zmanjšanje donosa do dospelosti bodo bolj konveksne obveznice bolj zvišale oceno spremenjene cene obveznice kot obveznice z manjšo konveksnostjo. In obratno bodo za enako povečanje donosa do dospelosti bolj konveksne obveznice bolj znižale oceno spremenjene cene obveznice kot obveznice z manjšo konveksnostjo. Zaradi te lastnosti bodo bolj konveksne obveznice na trgu bolj zaželeni. To bo vodilo do povečanega povpraševanja po bolj konveksnih obveznicah. Vlagatelji bodo za obveznice z visoko konveksnostjo plačali višjo ceno oziroma dodatno premijo, kar bo vodilo do nekaterih pristranskosti pri obveznicah. Diferenciacija obveznic glede na konveksnost torej vodi do zmanjšanja zahtevane stopnje donosa za bolj konveksne obveznice. Na konveksnost vplivajo dospelost, višina denarnih tokov in zahtevana donosnost obveznice. Daljša dospelost, manjši denarni tokovi in manjša zahtevana donosnost bodo povečevale konveksnost obveznice.



## 1.2 Krivulja donosnosti državnih vrednostnih papirjev

Krivulja donosnosti ali krivulja terminske strukture obrestnih mer je grafični prikaz donosnosti primerljivih obveznic z različnimi ročnostmi. Analiza terminske strukture obrestnih mer kaže, da obveznice izdajateljev z isto stopnjo bonitete, toda z različnim časom do dospelosti, oblikujejo različne značilne oblike krivulje stopnje donosa oziroma donosnosti. Ker so ob daljših dospelostih obveznice bolj tvegane, bodo posledično vlagatelji pričakovali dodatno premijo za tveganje oziroma višji donos. Analiza krivulje donosnosti in njihovega gibanja v času je pomembna z več vidikov, in sicer ne samo z vidika ekonomske politike, ampak tudi z vidika finančne analize (Smith, 2011, str. 83; Grum, 2007, str. 23). Vlagatelji pri analizi finančnih gibanj pogosto uporabljajo krivuljo donosnosti državnih obveznic, saj te vsebujejo informacijo o prihodnjem gibanju obrestnih mer, ki vplivajo na realno ekonomsko aktivnost in pričakovana gospodarska gibanja izbrane države.

Pri prikazu krivulje donosnosti je najpogosteje uporabljena mera donosnosti, donosnost do dospelosti. Krivulja donosnosti donosa do dospelosti (angl. yield to maturity yield curve) prikazuje razmerje med donosnostjo in časom do dospelosti obveznic enakega izdajatelja, enakega kreditnega tveganja in enake stopnje likvidnosti na obvezniškem trgu. Krivulja donosnosti donosa do dospelosti prikazuje na abscisni osi čas do dospelosti obveznic in na ordinatni osi donos do dospelosti obveznic. Razmerje med donosnostjo in časom do dospelosti se lahko precej razlikuje, kar povzroči nastanek različnih značilnih oblik krivulj donosnosti. Oblika krivulje donosnosti odraža agregirana pričakovanja tržnih udeležencev glede prihodnje pričakovane inflacije, pričakovanih realnih obrestnih mer in zaznanih tveganj na finančnem trgu. Ker oblikovalce denarne in fiskalne politike zanimajo pričakovanja trga glede denarne politike, nadaljnje gospodarske aktivnosti ter inflacije v kratkem, srednjeročnem in dolgoročnem obdobju, je krivulja donosnosti ustrezno orodje, na podlagi katerega se oblikuje prihodnja denarna in fiskalna politika držav. V poslovnem svetu se krivulja donosnosti uporablja za finančne analize, kot je določanje pričakovanih donosov kuponskih obveznic. Za določanje teoretičnih cen kuponskih obveznic, diskontiranja prihodnjih denarnih tokov, upravljanja z obrestnim tveganjem se uporabljajo nekatere druge ocene, ki izhajajo iz teoretično izpeljane krivulje donosnosti (Nyman-Andersen, 2018, str. 4–10).

## 1.3 Informacijska vrednost krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev

Krivulja donosnosti torej omogoča vpogled v agregirana pričakovanja glede gibanja nekaterih najpomembnejših makroekonomskih dejavnikov na finančnem trgu. Vidik informacijske vrednosti krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev je bil v preteklosti temeljito obravnavan. Glede krivulje donosnosti je bilo opravljenih več empiričnih raziskav, ki so v splošnem uspele dokazati, da obstaja med nagibom krivulje donosnosti in nekaterimi makroekonomskimi dejavniki zelo značilne statistične povezave. Interpretacija krivulje donosnosti omogoča napovedi prihodnjih gospodarskih gibanj, nastanka nove recesije, prihodnjih inflacijskih gibanj, pričakovanih realnih nihanj proizvodnje, pričakovanega gibanja deviznih tečajev in drugih pomembnih makroekonomskih dejavnikov.

### 1.3.1 Značilne oblike krivulje donosnosti

Različne krivulje donosnosti se oblikujejo kot posledica pričakovanih vlagateljev glede prihodnjega razvoja gospodarstva. Krajši del krivulje donosnosti prikazuje pričakovane kratkoročne obrestne mere, daljši del krivulje prikazuje pričakovane dolgoročne obrestne mere. Krivulja donosnosti posredno meri sentiment tržnih udeležencev glede prihodnjega razvoja finančnega trga. Spremembe v oblikah krivulje donosnosti so se v preteklosti večkrat izkazale za značilen indikator pojava ekonomske stagnacije oziroma kontrakcije ter – ob napredovanju ekonomskega cikla – pojava nove recesije. Krivulja donosnosti se lahko pojavi v različnih oblikah: normalna, naraščajoča, padajoča, vodoravna in izbočena.

Normalna krivulja donosnosti ima pozitiven naklon in je tudi najpogostejša oblika krivulje. Pri normalni krivulji donosnosti imajo kratkoročne obveznice nižjo donosnost, medtem ko imajo dolgoročne obveznice višjo donosnost. Normalna krivulja donosnosti, ki je sestavljena iz državnih vrednostnih papirjev, nakazuje, da vlagatelji pričakujejo razvoj gospodarstva z normalno stopnjo rasti, brez večjih sprememb glede pričakovane inflacije in razpoložljivega kapitala na trgu. Normalna krivulja donosnosti se bo izoblikovala pri sorazmerno zdravih in rastočih gospodarstvih. Naraščajoča krivulja ima v primerjavi z normalno krivuljo strmejši naklon krivulje, kar pomeni, da se pričakovana dolgoročna donosnost povečuje hitreje kot kratkoročna donosnost. Do pojava naraščajoče krivulje donosnosti pride, ko finančni trgi pričakujejo pospešen razvoj gospodarstva. Ob predhodni recesiji bo naraščajoča krivulja donosnosti prikazovala pričakovano ekonomsko okrevanje. Naraščajoča krivulja se torej značilno pojavi po končani recesiji ter nakazuje začetek nove ekonomske ekspanzije.

Padajoča ali inverzna krivulja donosnosti ima negativen naklon. Pri padajoči krivulji postane dolgoročna donosnost manjša od kratkoročne donosnosti. Vlagatelji bodo v svojih portfeljih zaradi pričakovanega padca obrestnih mer zadržali dolgoročne obveznice. Donosnost dolgoročnih obveznic se bo posledično znižala. Povpraševanje po kratkoročnih obveznicah pa se bo zmanjšalo. Padajoča oblika krivulje donosnosti nakazuje na pričakovan padec prihodnjih obrestnih mer, ohlajanje gospodarstva in upočasnitev ekonomske rasti. Običajno se padajoča krivulja donosnosti pogosteje pojavi na obvezniških trgih držav v razvoju. Vodoravna krivulja donosnosti nastane, ko postanejo kratkoročne in dolgoročne donosnosti enake oziroma postanejo razlike v donosnostih med obveznicami različnih ročnosti zanemarljive. Vodoravna krivulja donosnosti praviloma nakazuje, da je gospodarstvo na točki preloma. V prihodnje bo pričakovan razvoj gospodarstva šel ali v smeri gospodarskega ohlajanja oziroma recesije ali v smeri gospodarskega okrevanja.

Med izbočene krivulje pa uvrščamo tiste krivulje donosnosti, ki jih ni mogoče uvrstiti v nobeno izmed obravnavanih oblik. Izboklina na krivulji se lahko pojavi na različnem spektru ročnosti, vendar običajno na kratkoročnejšem delu. Izbokline na krivulji donosnosti običajno nakazujejo na postopno ohlajanje gospodarstva.

Na vsakem segmentu trga obveznic se bodo pojavile različne značilne oblike krivulje donosnosti. Za krivulje donosnosti sestavljene iz državnih vrednostnih papirjev

je značilno, da bo ta vedno nekoliko zamaknjena navzdol, saj so državni vrednostni papirji manj tvegani v primerjavi z drugimi vrednostnimi papirji na finančnem trgu. Oblika krivulje donosnosti neposredno odraža tržna gibanja oziroma spremembe na obvezniškem trgu. Te bodo vplivale na raven, naklon in ukrivljenost krivulje donosnosti. Obstaja več vzrokov za nastanek različnih oblik krivulje donosnosti. Teorije krivulje donosnosti se ukvarjajo s pojasnjevanjem nastanka značilnih oblik krivulje.

### 1.3.2 Teorije krivulje donosnosti

Teorije krivulje donosnosti poskušajo pojasniti razloge za spreminjanje obrestnih mer skozi čas. Na obliko krivulje donosnosti vplivajo naslednja opažanja na obvezniškem trgu: obrestne mere za različne zapadlosti se spreminjajo soodvisno, volatilitnost donosov kratkoročnih obveznic je večja v primerjavi z volatilitnostjo donosov dolgoročnih obveznic in donosnost dolgoročnih obveznic je večja od donosnosti kratkoročnih obveznic. Z upoštevanjem različnih predpostavk se je izobikovalo več teorij, ki pojasnjujejo razloge za nastanek značilnih oblik krivulj donosnosti. Najpomembnejše teorije krivulje donosnosti so: teorija pričakovanj, teorije likvidnostne preference, teorija segmentiranih trgov in teorija preferenčnega habitata.

Teorija pričakovanj (angl. expectations theory) predpostavlja, da vlagatelji ne razlikujejo med obveznicami različnega dospelja. Obrestna mera na dolgoročne obveznice bo enaka povprečju kratkoročnih obrestnih mer, ki jih vlagatelji pričakujejo za čas trajanja obveznice. Pri nizkih kratkoročnih obrestnih merah bo nastala naraščajoča krivulja donosnosti in obratno bo pri visokih kratkoročnih obrestnih merah nastala padajoča krivulja donosnosti. Ker so obveznice med seboj popolni substituti, imajo obveznice različnih dospelosti enak pričakovan donos. V skladu s teorijo pričakovanj vsi vlagatelji stremijo k maksimiziranju donosnosti, so nevtralni do tveganja in imajo enaka pričakovanja. Ko postane dolgoročna obrestna mera višja od kratkoročne obrestne mere, bo to povzročilo zvišanje povprečne kratkoročne obrestne mere. Teorija pričakovanj je bila večkrat empirično preverjena, rezultati pa so potrdili obstoj zveze med kratkoročnimi in dolgoročnimi obrestnimi merami. Ugotovili so, da je gibanje dolgoročnih obrestnih mer mogoče pojasniti s kratkoročnimi obrestnimi merami. V skladu s teorijo pričakovanj bo ob pričakovanem zvišanju prihodnjih obrestnih mer krivulja donosnosti postala naraščajoča. Dolgoročne obrestne mere bodo postale v primerjavi s kratkoročnimi obrestnimi merami višje. Horizontalna oblika krivulje donosnosti bo nastopila le v primeru, ko vlagatelji ne pričakujejo sprememb obrestnih mer. Ob pričakovanem znižanju prihodnjih obrestnih mer bo krivulja donosnosti postala padajoča. Dolgoročne obrestne mere bodo postale v primerjavi s kratkoročnimi obrestnimi merami nižje. Pri grbavi obliki krivulje donosnosti bodo vlagatelji sprva pričakovali rast, za tem pa padec prihodnjih obrestnih mer. Teorija pričakovanj uspešno pojasnjuje nekatera značilna gibanja obrestnih mer, ne uspe pa pojasniti, zakaj je krivulja donosnosti praviloma naraščajoče oblike.

Teorija likvidnostne preference (angl. liquidity premium theory) dopolnjuje teorijo pričakovanj v predpostavki, da vlagatelji pri svojih odločitvah poleg stopnje donosa upoštevajo tudi tveganja, ki so jim potencialno izpostavljeni. Obveznice z daljšim rokom dospelja so v primerjavi z obveznicami krajšega dospelja izpostavljene večji spre-

menljivosti vrednosti, kar lahko vpliva na njihovo donosnost. Naložbe v dolgoročne obveznice postanejo z vidika vlagatelja bolj tvegane od naložb v kratkoročne obveznice. Izdajatelji obveznic morajo, da bi vzpodbudili vlagatelje k nakupu dolgoročnih obveznic, ponuditi dodatno premijo za tveganje. Teorija pričakovanj predpostavlja, da vlagatelji ne razlikujejo med različnimi ročnostmi obveznic. Vlagatelji dajejo prednost večji likvidnosti in manjšemu tveganju. Za obveznice daljših ročnosti vlagatelji pričakujejo dodatno premijo. Na ta način bo višja stopnja donosa služila kot nadomestilo za večje tveganje, kar bo spodbudilo vlagatelje, da svoja sredstva vložijo tudi v obveznice z daljšim rokom dospelja. Krivulja donosnosti bo vodoravna, ko bodo pričakovane obrestne mere ostale v prihodnosti enake. K pričakovanjem vlagateljev glede stopnje donosa je torej potrebno prišteti tudi zahtevano premijo za likvidnost. Daljši ko bo rok do dospelja, večja bo pričakovana stopnja donosa. Ključni prispevek teorije likvidnostne preference je, da ugotavlja obstoj vpliva tveganja na obliko krivulje donosnosti. Vlagatelji se pri nakupu obveznic odzivajo tako na donosnost kot tudi tveganje. Krivulja donosnosti bo praviloma vedno naraščajoča.

Teorija segmentiranega trga (angl. segmented markets theory) temelji na predpostavki, da je obvezniški trg mogoče razdeliti na več segmentov različnih vlagateljev, ki preferirajo različne ročnosti obveznic. Trg obveznic je posledično razdeljen v različne segmente. Na vsakem trgu delujejo izdajatelji in vlagatelji, ki so aktivni samo na določenem segmentu trga oziroma delu krivulje, kar vpliva na ponudbo in povpraševanje po obveznicah posameznega segmenta. Vsaka skupina vlagateljev se bo zaradi svojih preferenc po virih financiranja specializirala za posamezen segment obveznic. Komerzialne banke bodo dale prednost likvidnosti, zato bodo sredstva vlagale v kratkoročne obveznice. Nasprotno bodo zavarovalnice zaradi bolj trajnih lastnih virov financiranja sredstva vlagale v dolgoročne obveznice in bodo tako ustvarile višje donose. Za razliko od teorije pričakovanj in teorije likvidnostne preference teorija segmentiranega trga predpostavlja, da so naložbene preference vlagateljev tiste, ki odločilno vplivajo na obliko krivulje donosnosti. Krivulja donosnosti se torej oblikuje kot funkcija ponudbe in povpraševanja po obveznicah različnih ročnosti. Raven obrestnih mer za kratkoročne in dolgoročne obveznice je določena neodvisno, in sicer na osnovi ponudbe in povpraševanja na posameznem segmentu obvezniškega trga.

Teorija preferenčnega habitata (angl. preferred habitat theory) je deloma podobna teoriji segmentiranih trgov. Obe teoriji prepoznavata preference vlagateljev po različnih ročnostih obveznic. Teoriji se razlikujeta v pojasnjevanju vzrokov za nastanek razlik v stopnji donosa obveznic različnih ročnostih. Ob predpostavki, da arbitražna na trgu ne obstaja sledi, da sta ponudba in povpraševanje glavna vzroka za nastanek gibanj obrestnih mer. Izhodišče teorije preferenčnega habitata je, da so dolgoročne obrestne mere obveznic določene na podlagi povprečnih vrednosti pričakovanih kratkoročnih obrestnih mer, ki so povečane za dodatno premijo. Dodatna premija se oblikuje na podlagi ponudbe in povpraševanja po obveznicah različnih ročnosti.

Teorija pričakovanj torej pojasnjuje, da oblika krivulje donosnosti odraža pričakovanja vlagateljev glede višine prihodnjih obrestnih mer. Izhodišče teorije pričakovanj je, da vlagatelji ne razlikujejo med različnimi ročnostmi obveznic. Teorija likvidnostne premije predpostavlja, da so naložbe v dolgoročne obveznice bolj tvegane. Zaradi

likvidnostnega tveganja vlagatelji pri obveznicah daljših ročnosti pričakujejo večjo donosnost oziroma dodatno premijo za prevzeto likvidnostno tveganje. Stopnja donosa na obveznice različnih ročnosti se razlikuje, kar vpliva na končno obliko krivulje donosnosti. Teorija segmentiranih trgov pojasnjuje vzroke za nastanek oblike krivulje donosnosti z upoštevanjem različnih segmentov trga. Teorija preferenčnega habitata sovpada s teorijo segmentiranih trgov in predpostavlja, da imajo vlagatelji različne preference po ročnosti obveznic in so pripravljene kupiti obveznice drugačnih ročnosti le ob dodatni likvidnostni premiji. Teoriji preferenčnega habitata in likvidnostne premije najbolje pojasnjujeta nastanek različnih oblik krivulj donosnosti. Denarna politika vpliva na obliko krivulje donosnosti, saj na finančnem trgu ustvarja šoke, ki vplivajo na pričakovanja tržnih udeležencev in povzročajo spremembe oblike krivulje.

#### **1.4 Uporaba krivulje donosnosti pri poslovnem odločanju**

Uporabo krivulje donosnosti je mogoče prenesti na številna področja v financah. Sprejemanje nekaterih poslovnih odločitev temelji na informacijah, ki izhajajo iz krivulje donosnosti. Krivulja donosnosti meri trenutni sentiment udeležencev finančnega trga in omogoča vpogled v pričakovanja glede prihodnjega razvoja finančnega trga. Krivulja donosnosti se primarno uporablja za napovedovanje obrestnih mer. Podrobnejše spremljanje razvoja krivulje donosnosti vodi v pridobitev pomembnih informacij, ki vplivajo na sprejemanje nekaterih poslovnih odločitev. V nadaljevanju so predstavljeni naslednji nameni uporabe krivulje donosnosti: upravljanje sredstev finančnih posrednikov, odkrivanje precenjenih in podcenjenih vrednostnih papirjev, spreminjanje ročnosti portfelja vrednostnih papirjev in izkoriščanje naklona krivulje donosnosti.

Finančne institucije, zlasti poslovne banke in hranilnice, se pri upravljanju sredstev lahko upirajo na informacije, ki izhajajo iz krivulje donosnosti. Krivulja donosnosti je koristno orodje pri odločitvah o upravljanju s pasivo in aktivo finančnih institucij, saj omogoča predvidevanja obrestnih mer. V aktivah poslovnih bank in aktivah hranilnic praviloma prevladujejo kratkoročni viri sredstev, kot so vpogledne vloge ali kratkoročni depoziti. Velik del teh sredstev banke vežejo za daljša obdobja. Ob naraščajoči krivulji donosnosti finančne institucije izkoriščajo razlike med obrestnimi merami različnih ročnosti. Bolj ko je krivulja donosnosti nagnjena navzgor, večji je razpon med izposojenimi kratkoročnimi in posojenimi dolgoročnimi obrestnimi merami. Večji razpon pomeni večji prihodek za finančno institucijo. Ob vodoravni ali padajoči krivulji donosnosti finančna institucija spremeni svojo strukturo virov sredstev. Vodoravna ali padajoča krivulja donosnosti zmanjšuje zaslužke finančnih posrednikov in zahteva spremembo strategije upravljanja portfelja. Finančne institucije, ki želijo ohraniti obstoječe ugodne vire sredstev, to dosežejo s sklepanjem dolgoročnejših vlog vlagateljev in drugih strank, ki v instituciji hranijo denarna sredstva. Finančne institucije v teh primerih spodbujajo posojilojemalce, da sklepajo dolgoročnejša posojila po fiksnih obrestnih merah.

Vlagatelji lahko krivuljo donosnosti uporabijo za merjenje precenjenosti ali podcenjenosti izbranega vrednostnega papirja. V ravnovesju, ko bo vrednost papirja ocenjena po pošteni vrednosti, bi se morali donosi opazovanega vrednostnega papirja nahajati na krivulji donosnosti vrednostnih papirjev primerljivega tveganja in enake zapadlosti.

Na učinkovitem trgu bodo vsa odstopanja vrednostnih papirjev od krivulje donosnosti kratkoročna. Vlagatelji morajo, ko zaznajo vrednostni papir, katerega donosnost je začasno nad krivuljo ali pod njo, ukrepati hitro. Če se donosnost vrednostnega papirja nahaja višje od krivulje donosnosti vrednostnih papirjev primerljivega tveganja in enake zapadlosti, to nakazuje, da je vrednostni papir začasno podcenjen glede na druge primerljive vrednostne papirje. Ob ostalih nespremenjenih dejavnikih to za vlagatelje predstavlja signal za nakup, kar bodo racionalni vlagatelji tudi izkoristili. Čez čas se bo cena kupljenega vrednostnega papirja zvišala, donosnost pa se bo spustila proti krivulji donosnosti. To velja tudi v nasprotnem primeru. Če je donosnost vrednostnega papirja pod krivuljo donosnosti vrednostnih papirjev s primerljivim tveganjem in enake zapadlosti, to pomeni, da je vrednostni papir začasno precenjen. Vlagatelji, ki zadržujejo trenutno precenjene vrednostne papirje, jih bodo začeli prodajati, kar bo znižalo njihovo ceno in vrnilo donosnost vrednostnega papirja nazaj na krivuljo donosnosti.

Krivulja donosnosti prikazuje razmerje med donosnostjo in zapadlostjo vrednostnega papirja v nekem trenutku. Če vlagatelj želi spremeniti ročnost lastnega portfelja vrednostnih papirjev, ga zanima, v kolikšni meri bo to vplivalo na njegov donos. S pomočjo krivulje donosnosti oceni, v kolikšni meri bo njegov donos spremenjen glede na povprečno zapadlost drugih vrednostnih papirjev. Z naraščajočo krivuljo donosnosti lahko vlagatelj poveča svoj pričakovani letni donos portfelja, s tem ko poveča povprečne zapadlosti vrednostnih papirjev v portfelju. Cene dolgoročnejsih obveznic so bolj volatilne, kar ustvarja večje tveganje za nastanek izgub. Dolgoročni vrednostni papirji so v primerjavi s kratkoročnimi vrednostnimi papirji tudi manj likvidni. Vlagatelj torej tehta med dodatnim donosom, ki bi ga prejel s podaljšanjem ročnosti svojega portfelja glede na dodano ceno ter povečanemu tveganju, ki mu je posledično dodatno izpostavljen. Krivulja donosnosti lahko spremeni naklon, tako da ta postane padajoča ali vodoravne oblike. V tem primeru postane donosnost na vrednostne papirje daljših ročnosti enaka tistim s krajšimi ročnostmi. Vlagatelj bo ugotovil, da je donos za vsako dodatno podaljšano obdobje čedalje manjši oziroma se ne bo razlikoval od predhodnega obdobja. V neki točki vzdolž krivulje donosnosti bo vlagatelj ugotovil, da podaljševanje ročnosti portfelja ne prinaša dodatnih koristi.

Nekateri aktivni vlagatelji, zlasti trgovci z državnimi vrednostnimi papirji, izkoriščajo naklon krivulje donosnosti za ustvarjanje dodatnih prihodkov. Če je krivulja pozitivno nagnjena, z naklonom, ki je dovolj strm, da kompenzira transakcijske stroške nakupa in prodaje vrednostnih papirjev, lahko vlagatelj profitira s pravočasno zamenjavo vrednostnih papirjev različnih ročnosti. Trgovec, ki bo kupil vrednostne papirje pred njihovo zapadlostjo, jih nato zadržal za neko obdobje in jih nato prodal še pred njihovo zapadlostjo, bo ob normalni ali naraščajoči krivulji donosnosti profitiral v obliki izplačanega kupona in kapitalskega donosa vrednostnega papirja. Izkoriščanje naklona krivulje donosnosti je lahko tudi tvegano, saj krivulja donosnosti nenehno spreminja svojo obliko. Če krivulja postane bolj vodoravna ali postane celo padajoča, se potencialni dobiček lahko spremeni v realizirano izgubo. Pri uporabi krivulje donosnosti za namen izkoriščanja naklona je pomembno, da pri naložbenih odločitvah vlagatelji upoštevajo pretekle izkušnje ter temeljito presodijo o verjetnih prihodnjih spremembah in gibanjih na obvezniškem trgu.

## 1.5 Uporaba krivulje donosnosti pri ekonomski in monetarni analizi

Krivulja donosnosti je pomemben indikator denarne politike. Dolgoročne obrestne mere naj bi se spreminjale skladno z dolgoročnimi inflacijskimi pričakovanji. Pribitek na dolgoročne in kratkoročne obrestne mere nakazuje na ekspanzivnost oziroma restriktivnost denarne politike. Krivulja donosnosti je torej pomembno orodje, saj omogoča napovedovanje gibanj nekaterih glavnih makroekonomskih dejavnikov. Empirične raziskave so pokazale, da med nagibom krivulje donosnosti in makroekonomskimi dejavniki obstajajo statistično značilne povezave. Krivulja donosnosti omogoča interpretacije glede prihodnjih gospodarskih gibanj, recesiji, inflacijskih gibanj, realnih nihanj proizvodnje, gibanja na deviznih tečajev ter drugih makroekonomskih dejavnikov. V nadaljevanju so predstavljeni nekateri najpomembnejši ekonomski indikatorji, ki jih je mogoče interpretirati iz krivulje donosnosti.

### 1.5.1 Napoved gospodarskih gibanj in recesije

Naraščajoče obrestne mere so povezane s pojavom gospodarske ekspanzije in obratno, padajoče obrestne mere so povezane s pojavom gospodarske stagnacije ali kontrakcije. Večina raziskav ugotavlja, da je med naborom različnih ekonomskih spremenljivk sprememba obrestne mere tista, ki je najbolj značilno povezana s spremembami v ekonomskem ali gospodarskem ciklu. Ko krivulja donosnosti postane položne ali padajoče oblike, je v prihodnosti pričakovati padeč kratkoročnih obrestnih mer. Kessel (1965, str. 59) in Fama (1986, str. 175) potrjujeta obstoj zveze med spremembami obrestnih mer in stanjem gospodarskega cikla. Do padca obrestnih mer običajno pride zaradi pričakovanega prihodnjega ohlajanja gospodarstva. Estrella in Hardouvelis (1991, str. 555) sta ugotovila, da razlika v terminski obrestni meri napoveduje nastanek recesije bolj zanesljivo, kot katere koli druge finančne in makroekonomske spremenljivke. Uspela sta dokazati, da padajoča krivulja donosnosti predstavlja zanesljiv indikator nastanka prihodnje recesije. Negativni naklon krivulje donosnosti značilno napoveduje nizko prihodnjo rast gospodarstva in kaže na visoko verjetnost pojava recesije (Rudebusch & Williams, 2009, str. 492). Estrella in Mishkin (1998, str. 55) ugotavljata, da gibanja cen delnic uspešno napovedujejo kratkoročni razvoj gospodarstva, medtem ko za napovedi, ki so daljše od četrletja, velja, da je z uporabo krivulje donosnosti mogoče pridobiti precej zanesljive napovedi srednjeročnega razvoja gospodarstva. Večja ko bo razlika med kratkoročno in dolgoročno obrestne mero, bolj zanesljiv je nastanek recesije.

Spreminjanje obrestne mere pozorno spremljajo oblikovalci denarne politike. Centralne banke želijo preprečiti oziroma omejiti učinek recesije na realno gospodarstvo (Rudebusch, Sack & Swanson, 2007, str. 262). Vodoravna ali padajoča oblika krivulje donosnosti predstavlja signal za ukrepanje centralnih bank. Centralna banka lahko z instrumenti denarne politike vpliva na kratkoročne obrestne mere in tako poskuša spodbuditi okrevanje gospodarstva. Na dolgoročne obrestne mere centralna banka ne more vplivati, saj se te gibljejo v skladu z dolgoročnimi inflacijskimi pričakovanji, pribitek na dolgoročne in kratkoročne obrestne mere pa lahko nakazuje na ekspanzivnost oziroma restriktivnost denarne politike. Višina dolgoročnih realnih obrestnih mer se oblikuje na trgu, in sicer na podlagi inflacijskih pričakovanj in pričakovanj o prihodnji realni gospodarski aktivnosti.

### 1.5.2 Napoved inflacije

Inflacijska pričakovanja vplivajo na potrošniške in investicijske odločitve, kar posredno vpliva tudi na višino obrestnih mer (Ehling, Galloway, Heyerdahl-Larsen & Illeditsch, 2018, str. 459). Centralne banke pozorno spremljajo pričakovano stopnjo inflacije, saj ima ta lahko vpliv na prihodnje ravni cen v gospodarstvu. Mishkin (1990, str. 77) je na podlagi analize krivulje donosnosti ugotovil, da termimska struktura obrestnih mer za ročnosti od devetih mesecev do enega leta vključuje informacije glede prihodnje inflacije, medtem ko pri obrestnih merah krajših ročnosti tega ni uspel dokazati. Fama (1990, str. 59) je potrdil, da krivulja donosnosti na daljšem delu ročnosti obrestnih mer nosi informacije o prihodnjih inflacijskih pričakovanj. Browne in Manasse (1989, str. 21–22) sta ugotovila, da zveze med obrestnimi merami in inflacije ni mogoče potrditi ne na kratkoročnem ne na dolgoročnem segmentu krivulje donosnosti. Povezava med kratkoročnimi obrestnimi merami in prihodnjo inflacijo torej ni enoznačna in neposredna. Krivulja donosnosti prikazuje pričakovanja glede časovnega razvoja obrestnih mer. Napovedovanje prihodnjih sprememb inflacije je možno le, če krivulja donosnosti najprej pravilno in značilno napove spremembe prihodnjih obrestnih mer, ki so posledica zgolj inflacijskih pričakovanj.

### 1.5.3 Napoved deviznih tečajev

Primerjava različnih krivulj donosnosti državnih vrednostnih papirjev omogoča napovedovanje prihodnjega menjalnega tečaja valute države. Razlike med krivuljami donosnosti med državama se lahko uporabijo za napoved relativne vrednosti njihovih deviz, saj je menjalni tečaj povezan s pričakovanji glede prihodnje gospodarske aktivnosti države (Chen & Tsang, 2013, str. 185–187). Inci in Lu (2004, str. 1595) sta analizirala spreminjanje termimske strukture obrestnih mer in deviznih tečajev na primeru držav z razvitim finančnim trgom. Ugotovila sta, da zgolj na podlagi termimske strukture obrestnih mer ni mogoče zadovoljivo pojasniti spremembe deviznih tečajev. Krivuljo donosnosti se lahko uporabi za grobo oceno termimskih deviznih tečajev v primerih, ko domači devizni trg ne sklepa termimskih pogodb. V skladu s teoremom pokrite obrestne paritete je termimski tečaj enak produktu promptnega tečaja in razmerja med obrestnimi merami dveh valut. Poznavanje menjalnega tečaja je koristno pri napovedovanju zunanje trgovine. Zlasti pri uvozno in izvozno usmerjenih državah bi napoved prihodnjega deviznega tečaja pomenila dodatno informacijo o razvoju gospodarstva.

## 2 Obrestne mere in teoretične krivulje donosnosti

Na finančnem trgu obstaja več različnih krivulj donosnosti. Krivulje donosnosti se razvrščajo med opazovane in teoretične krivulje donosnosti. Opazovana krivulja je sestavljena iz trenutnih tržnih stopenj donosov obveznic, zato te niso primerne za podajanje termimske primerljivih obrestnih mer. Mere donosnosti, ki so vključene v opazovano krivuljo donosnosti, ne upoštevajo koncepta časovne vrednosti denarja. Za predstavitev termimske strukture obrestnih mer se zato uporabljajo teoretične krivulje donosnosti, ki so sestavljene iz izpeljanih tržnih stopenj donosov obveznic. Iz tržne donosnosti se s t. i. bootstrap tehniko izračunajo teoretične obrestne mere, te se nato uporabijo pri modeliranju teoretičnih krivulj donosnosti. S teoretičnimi krivuljami



je mogoče pridobiti zanesljive rezultate, ki upoštevajo časovno vrednost denarja. Teoretične krivulje donosnosti omogočajo, da za vsako točko v času razpolagamo z obrestno mero, s katero je mogoče preračunati denarne tokove drugih vrednostnih papirjev. Za oblikovanje teoretičnih krivulj donosnosti je potrebno predhodno poznavanje izpeljanih teoretičnih obrestnih mer. Glede na vrsto izpeljane teoretične obrestne mere je mogoče modeliranje promptne, terminske ali nominalne teoretične krivulja donosnosti.

## **2.1 Pomen teoretičnih krivulj donosnosti**

Uporaba teoretičnih krivulj odpravlja nekatere pomanjkljivosti opazovanih krivulj. Pri konstrukciji opazovane krivulje (najpogosteje krivulje donosnosti donosa do dospelja) se predpostavlja reinvestiranje denarnih tokov kuponskih izplačil po enaki obrestni meri za ves čas trajanja obveznice. Omenjena predpostavka ne odraža realnega stanja na finančnem trgu, saj se tržne obrestne mere v času do zapadlosti obveznice praviloma ves čas spreminjajo. Na donosnost kuponskih obveznic dodatno vplivajo tudi različne lastnosti obveznic, zato se te med seboj le redko povsem primerljive. Teoretične krivulje odpravljajo omenjene pomanjkljivosti. Pri modeliranju teoretične krivulje donosnosti se uporabljajo preračunane teoretične stopnje donosa oziroma teoretične obrestne mere obveznic različnih zapadlosti. Pri preračunu teoretičnih obrestnih mer je upoštevan koncept časovne vrednosti denarja, s čimer se s konstrukcijo teoretičnih krivulj donosnosti zagotovi časovna primerljivost obrestnih mer.

## **2.2 Vrste obrestnih mer in teoretične krivulje donosnosti**

Teoretične krivulje donosnosti temeljijo na štirih različnih elementih: diskontnemu faktorju, promptni ali brezkuponski obrestni meri, terminski obrestni meri in nominalnih donosih. Poznavanje enega od navedenih elementov omogoča preračun preostalih treh. Med teoretičnimi obrestnimi merami in teoretičnimi krivuljami donosnosti obstajajo algebrične povezave, ki omogočajo vsebinsko enakovredne ocene terminske strukture obrestnih mer. Promptna obrestna mera diskontira denarne tokove na današnji dan, medtem ko terminska obrestna mera diskontira denarne tokove na poljuben dan v prihodnosti. Po izračunu izbrane teoretične obrestne mere sledi modeliranje teoretičnih krivulj donosnosti. Nekateri modeli temeljijo na oceni diskontne funkcije za različne ročnosti, drugi temeljijo na funkciji terminskih obrestnih mer, tretji pa na funkciji brezkuponskih donosnosti do dospelja. Preostale funkcije krivulje donosnosti je mogoče izpeljati iz osnovne funkcije. Funkcijske povezave med osnovnimi elementi časovne strukture obrestnih mer so pomembne, saj se različni modeli oziroma tehnike ocenjevanja terminske strukture obrestnih mer med seboj razlikujejo tudi po tem, katero od navedenih funkcij upoštevajo kot osnovo za ocenitev terminske strukture obrestnih mer (Bolder, 2015, str. 117; Fabozzi, 2002, str. 160; Grum, 2007, str. 6).

### **2.2.1 Diskontni faktor in diskontna funkcija**

Diskontni faktor (angl. discount factor) pretvori diskontirane prihodnje denarne tokove na sedanjo vrednost. Faktor odraža spremembo vrednosti denarja v času. Diskontne faktorje je možno določiti iz donosov na izbrane brezkuponske obveznice in obratno. Diskontni faktorji so prikazani v obliki neprekinjene diskontne funkcije.

Diskontna funkcija (angl. discount function) prikazuje ceno več brezkuponskih obveznic v razmerju do njihovega časa do dospelja. Diskontna funkcija  $d(t, T)$  predstavlja ceno brezkuponske obveznice v času  $t$ , z zapadlostjo  $T$ . V času  $t = 0$  ima diskontna funkcija vrednost 1. Diskontna funkcija je vedno padajoča, saj so obrestne mere praviloma vedno pozitivne. Funkcija nikoli ne doseže točke nič, saj je denarni tok vedno vreden več kot nič. Kuponsko obveznico je mogoče obravnavati tudi kot portfelj brezkuponskih obveznic, kjer vsak kupon predstavlja eno brezkuponsko obveznico. Donosnosti kuponov so torej sestavljene iz donosnosti brezkuponskih obveznic, katerih preostala ročnost sovpada z ročnostjo posameznega kupona kuponske obveznice. Diskontna funkcija omogoča izračun pripadajoče brezkuponske donosnosti za vsako kuponsko obveznico. Uporaba diskontnih faktorjev oziroma obrestnih mer brezkuponskih obveznic za različne ročnosti je zelo razširjena. Obveznice, vrednotene z netveganim diskontnim faktorjem, v ceni ne vključujejo premije za likvidnostno in kreditno tveganje. V večini držav z razvitimi finančnimi trgi obstajajo brezkuponski dolžniški finančni instrumenti le za ročnost do enega leta, in sicer v obliki zakladnih menic. Diskontnih faktorjev ni mogoče neposredno opazovati na trgu. Zaradi pomanjkanja brezkuponskih obveznic so se v teoriji razvile številne numerične tehnike ocenitve donosnosti oziroma teoretičnih cen brezkuponskih obveznic na osnovi kuponov državnih obveznic (Grum, 2007, str. 22; Bolder, 2015, str. 117).

### 2.2.2 Promptna obrestna mera in promptna krivulja donosnosti

Trenutna ali promptna obrestna mera (ang. *spot rate*) je trenutna obrestna mera za brezkuponsko obveznico različnih ročnosti. Promptna obrestna mera je trenutna pogodbeno obrestna mera v času  $t = 0$  za obdobje od 0 do  $T$ . Pri modeliranju promptne krivulje donosnosti je potrebno zagotavljanje vrednosti promptnih obrestnih mer različnih zapadlosti. Na trgu izdajatelji praviloma ne ponujajo enakih obveznic različnih ročnosti, zato so promptne obrestne mere običajno preračunane iz kuponov obveznic. Obveznice se vrednotijo z uporabo promptne obrestne mere ali obrestne mere iz donosa do zapadlosti. Pomembna razlika med omenjenima pristopoma je, da je promptna obrestna mera različna med posameznimi obdobji izplačil kuponov, medtem ko je obrestna mera, ki izhaja iz donosa do zapadlosti, ves čas enaka. Promptna obrestna mera bo natančneje merila dejansko tržno vrednost obveznice, saj prihaja v času trajanja obveznice do nihanja tržnih obrestnih mer. Teoretične promptne obrestne mere se oblikujejo iz donosnosti za državne vrednostne papirje in se uporabljajo za vrednotenje denarnih tokov drugih obrestno občutljivih finančnih instrumentov.

Cena brezkuponske obveznice v času  $t$ , ki dospe v času  $T$ , je označena s  $P(t, T)$ . Promptna obrestna mera  $R(t, T)$  v času  $t$  za zapadlost obveznice v času  $T$  je enaka donosu brezkuponske obveznice. Izračun  $P(t, T)$  in  $R(t, T)$  je možen z uporabo naslednjih dveh enačb (Cairns, 2004, str. 4):

$$P(t, T) = \exp [-(T - t)R(t, T)] \quad (6)$$

$$R(t, T) = -\frac{\log P(t, T)}{T - t} . \quad (7)$$

Če v času  $t$  investiramo 1 EUR v brezkuponsko obveznico za obdobje  $T-t$ , potem se bo 1 EUR obrestoval s povprečno vrednost promptne obrestne mere  $R(t, T)$ . Promptno obrestno mero  $R(t, T)$  je mogoče obravnavati tudi kot trenutno netvegano obrestno mero  $r(t, T)$  za obdobje od  $t$  do  $T$ , za katero velja (Cairns, 2004, str. 6):

$$r(t) = \lim_{T \rightarrow t} R(t, T) = R(t, t) = f(t, t) . \quad (8)$$

Promptna krivulja donosnosti (angl. spot yield curve, zero-coupon yield curve, zero curve) prikazuje trenutne promptne obrestne mere, ki se uporabljajo za diskontiranje prihodnjih denarnih tokov. Promptna krivulja je sestavljena iz promptnih obrestnih mer, ki izhajajo iz donosov do zapadlosti brezkuponskih obveznic različnih dospelosti. Promptna brezkuponska krivulja donosnosti se običajno uporablja pri prikazu obrestnih mer za državne vrednostne papirje. Donosnost državnih vrednostnih papirjev predstavlja spodnjo mejo pričakovane stopnje donosa za naložbe na finančnem trgu. Ker pride pri brezkuponski obveznici v celotnem času trajanja vedno le do enega denarnega toka, je izračun obrestne mere iz diskontirane cene (ki je obenem tudi njegova sedanja vrednost) razmeroma preprost. Promptno obrestno mero je mogoče izpeljati iz drugih teoretičnih krivulj, kot sta na primer termimska ali nominalna krivulja donosnosti. Prednost promptne brezkuponske krivulje je, da vlagateljem pri izračunu donosov iz naslova reinvestiranja vmesnih kuponskih izplačil obveznice ni potrebno upoštevati ves čas enakega obrestovalnega faktorja.

### 2.2.3 Termimska obrestna mera in termimska krivulja donosnosti

Prihodnja ali termimska obrestna mera (angl. forward rate) je danes dogovorjena obrestna mera, po kateri se bo naložba obrestovala v dogovorjenem času v prihodnosti. V splošnem je termimska obrestna mera enaka obrestni meri na naložbo med dvema obdobjema v prihodnosti. Termimska obrestna mera je torej v času  $t = 0$  dogovorjena obrestna mera, ki bo stopila v veljavo v času  $T$  in bo zapadla v času  $S$ . Termimske obrestne mere je mogoče izpeljati iz promptnih obrestnih mer oziroma brezkuponskih donosnosti ob predpostavki, da te izenačujejo donose dolgoročnejših naložb z donosi nabora kratkoročnih naložb. Tako izpeljane teoretične termimske obrestne mere bodo neposredno odražale pričakovanja trga o prihodnjem gibanju tekočih obrestnih mer.

Termimske obrestne mere se določajo na termimskem trgu. Vrednosti termimskih obrestnih mer se morajo ujemati z implicitnimi termimskimi obrestnimi merami, saj bi v nasprotnem primeru na trgu obstajala arbitražna. Ker se na termimskem trgu oblikujejo termimske obrestne mere le za omejen spekter ročnosti, se s pomočjo funkcije implicitnih termimskih obrestnih mer določajo termimske obrestne mere daljših ročnosti. Termimske obrestne mere se v finančni analizi uporabljajo za vrednotenje finančnih instrumentov in odkrivanje arbitražnih priložnosti. Termimske obrestne mere so zanimive, saj je iz njih mogoče izluščiti informacije o pričakovanem prihodnjem gibanju tekočih obrestnih mer oziroma brezkuponskih donosnosti do dospelja.

V skladu s teorijo pričakovanj se prihodnje obrestne mere oblikujejo na podlagi trenutnih promptnih obrestnih merah. Za termimsko obrestno mero  $F(t, T, S)$  v času  $t$ , ki velja med časom  $T$  in  $S$  ( $t < T < S$ ), velja (Cairns, 2004, str. 5):

$$F(t, T, S) = \frac{1}{S - T} \log \frac{P(t, T)}{P(t, S)}. \quad (9)$$

V terminskih pogodbah je v času  $t$  dogovorjeno, da bo v času  $T$  vložen 1 EUR, ki se bo obrestoval po stopnji donosa  $e^{(S-T)F(t,T,S)}$ . Naložba bo obrestovana do časa  $S$ . V času  $t$  torej vlagatelj vnaprej fiksira obrestno mero za naložbo, ki se bo obrestovala med časoma  $T$  in  $S$ , po stopnji donosa  $e^{(S-T)F(t,T,S)}$ . Enačba  $F(t, T, S)$ , velja le pri predpostavki, da arbitraža na trgu ne obstaja. Če je datum izvršitve  $T$  za terminsko pogodbo enak  $t$ , potem sta terminska in promptna obrestna mera enaki,  $F(t, t, S) = R(t, S)$ .  $F(t, T, S)$  prav tako omogočajo vrednotenje obrestno občutljivih instrumentov, vendar pa je postopek z uporabo promptnih obrestnih mer  $R(t, T)$  običajno manj zapleten in hitrejši, zato je tudi v praksi pogostejše v uporabi.

Terminska krivulja donosnosti (angl. forward yield curve) je sestavljena iz terminskih obrestnih mer različnih ročnosti, ki predstavljajo obrestne mere, po katerih se bodo obrestovale naložbe v izbranem časovnem obdobju v prihodnosti. Terminske obrestne mere, ki so vključene v terminski krivulji donosnosti, se običajno določajo na podlagi izračunov o promptnih obrestnih merah, pri izračunu katerih obvelja predpostavka o neobstoju arbitraže na trgu.

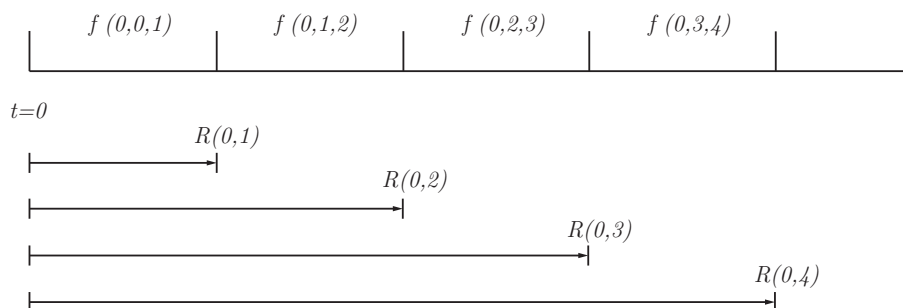
Poseben primer terminskih obrestnih mer predstavlja tako imenovana takojšnja terminska obrestna mera (angl. instantaneous forward rate). Opredeljena je kot terminska obrestna mera za neskončno kratko časovno obdobje oziroma terminska obrestna mera, ko se (prihodnji) investicijski horizont približuje ničli. Algebrično je opredeljena kot limita terminske obrestne mere, ko se ročnost terminske pogodbe približuje nič oziroma se  $T$  približuje  $S$ . To zvezo lahko zapišemo tudi kot (Grum, 2007, str. 14–15; Martellini, Priaulet & Priaulet, 2003, str. 54):

$$f(t, T, S)_{inst} = \lim_{T \rightarrow S} f(t, T, S). \quad (10)$$

Takojšnja terminska obrestna mera je zgolj teoretični konstrukt, ki je v praksi najbolj podobna terminski obrestni meri dnevnega denarnega trga oziroma terminski obrestni meri preko noči. Takojšnja terminska obrestna mera je pomembna tudi zato, ker se lahko na njeni osnovi izpelje terminsko obrestno mero za poljubno ročnost, ki je definirana kot povprečje takojšnjih terminskih obrestnih mer v obdobju veljavnosti terminske obrestne mere. Takojšnjo terminsko obrestno mero  $f(t, T, S)_{inst}$  je mogoče opredeli kot mejno povečanje celotnega donosa prihodnje investicije zaradi neskončno majhnega povečanja horizonta investiranja. Med takojšnjo terminsko obrestno mero in brezkuponsko donosnostjo do dospelja obstaja povezava. Z odvajanjem zvezne brezkuponske krivulje donosnosti do dospelja se izpelje takojšnja terminska obrestna mera.

Krivulja takojšnje terminske obrestne mere (angl. instantaneous forward rate curve) leži nad krivuljo brezkuponske donosnosti do dospelja, ko ima krivulja brezkuponske donosnosti do dospelja pozitiven naklon oziroma kadar narašča. Velja tudi obratno, in sicer krivulja takojšnje terminske obrestne mere leži pod krivuljo brezkuponske donosnosti do dospelja, ko ima krivulja brezkuponske donosnosti do dospelja negativen naklon oziroma kadar pada (Grum, 2007, str. 14–15).

Slika 1: Razlika med promptnimi obrestnimi merami  $R(t, T)$  in terminskimi obrestnimi merami  $F(t, T, S)$



Vir: Lastno delo.

Na sliki 1 je podan grafični prikaz razlike med promptnimi in terminskimi obrestnimi merami. Promptne obrestne mere  $R(t, T)$  so določene v času  $t = 0$  in trajajo med  $t$  in časom do dospelosti  $T$ . Promptne obrestne mere so na sliki prikazane v obliki intervalov  $R(0, 1)$ ,  $R(0, 2)$ ,  $R(0, 3)$  ali  $R(0, 4)$ . Terminalske obrestne mere  $F(t, T, S)$  so dogovorjene v  $t = 0$  in veljajo med časoma  $T$  in  $S$ . Terminalske obrestne mere so na sliki prikazane v obliki intervalov  $F(0, 0, 1)$ ,  $F(0, 1, 2)$ ,  $F(0, 2, 3)$  in  $F(0, 3, 4)$ . Promptna in terminalska obrestna mera sta v prvem obdobju enaki, torej velja  $R(0, 1) = F(0, 0, 1)$ .

## 2.2.4 Nominalni donos in nominalna krivulja donosnosti

Nominalni donos (angl. par yield) je enak kuponski obrestni meri, pri kateri je cena obveznice enaka njeni nominalni vrednosti. Nominalna donosnost  $\rho(t, T)$  določa, da je obrestna mera na kupon enaka  $100\rho(t, T)$ . Pri tej obrestni meri se preračuna cena novih obveznic (izdanih v času  $t$  in z zapadlostjo v času  $T$ ) in je enaka nominalni vrednosti obveznice. Nominalni donos do zapadlosti obveznice v času  $T$  (s kuponi, ki se izplačajo letno,  $\Delta t = 1$ ) se izračuna z uporabo naslednje formule (za  $T = t + 1, t + 2 \dots$ ) (Cairns, 2004, str. 4):

$$100 = 100\rho(t, T) \sum_{s=t+1}^T P(t, s) + 100P(t, T) . \quad (11)$$

Pri kuponski obrestni meri  $\rho(t, T)$  bo na dan dospelosti  $T$  cena kuponske obveznice enaka 100.  $\rho(t, T)$  je enak:

$$\rho(t, T) = \frac{1 - P(t, T)}{\sum_{s=t+1}^T P(t, s)} . \quad (12)$$

Nominalna krivulja donosa (angl. par yield curve) odraža hipotetične donose oziroma obrestne mere, ki bi jih imele obveznice, če bi bile ovrednotene po nominalni vrednosti. Nominalno krivuljo donosnosti običajno uporabljajo institucionalni vlagatelji, ki kupujejo obveznice na primarnem obvezniškem trgu. Nominalna donosnost je enaka kuponski obrestni meri za obveznice, ki so trenutno ovrednotene po svoji nominalni vrednosti ali blizu nje. Vlagatelji, ki sodelujejo na primarnem trgu, bodo nominalno krivuljo donosa uporabili za določitev pričakovanega donosa za novo izdane obveznice.

### 2.3 Gibanje teoretičnih krivulj donosnosti

Med krivuljami  $P(t, T)$ ,  $f(t, T)$ ,  $R(t, T)$ ,  $\rho(t, T)$  obstajajo algebrične povezave. Ob neprekinjenem izplačevanju kuponov bo pri izbranem  $t$  posamezna znana krivulja določala obliko preostalih treh. Zvezo med krivuljami opisuje enačba (Cairns, 2004, str. 5; Choudhry, 2004, str. 89):

$$P(t, T) = \exp[-R(t, T)(T - t)] = \exp\left[-\int_t^T f(t, s)ds\right]. \quad (13)$$

Promptni tečaj je enak aritmetičnemu povprečju terminske obrestne mere, nominalni donos pa je enak tehtanemu povprečju promptnih tečajev. Pri naraščajoči promptni krivulji bo terminska krivulja ležala nad promptno krivuljo, pri padajoči promptni krivulji pa bo terminska krivulja ležala pod promptno krivuljo. Promptna krivulja bo vedno ležala nad nominalno krivuljo. Če je promptna krivulja obrnjena navzdol, se razpored krivulj obrne. Vse krivulje so enake le, če je promptna krivulja vodoravne oblike. Krivulji promptne in nominalne obrestne mere sta monotono naraščajoči, medtem ko terminska krivulja donosnosti sprva narašča, nato pa postane zaradi izravnavanja nominalne krivulje inverzna.

V nadaljevanju magistrskega dela je pri pojmovanju krivulje donosnosti ta vedno opredeljena kot promptna oziroma brezakuponska krivulja donosnosti, ki je sestavljena iz promptnih obrestnih mer, izračunanih iz netveganih državnih vrednostnih papirjev.

### 3 Tehnike modeliranja krivulje donosnosti

Krivulja donosnosti prikazuje gibanje terminske strukture obrestnih mer. Različni pristopi in tehnike modeliranja krivulje donosnosti omogočajo različne rezultate oziroma ocene prihodnjih obrestnih mer. Namen modeliranja brezakuponske krivulje donosnosti je oblikovati terminsko strukturo obrestnih mer državnih vrednostnih papirjev, ki bo omogočila zanesljivo vrednotenje obrestno občutljivih vrednostnih papirjev. Ocenjene teoretične vrednosti obrestnih mer vplivajo na vrednotenje denarnih tokov, zato imajo odstopanja v ocenah različnih modelov dejanske posledice na vrednotenja vrednostnih papirjev. Izbira ustreznega načina modeliranja krivulje donosnosti promptnih obrestnih mer zato ni samoumevna.

Razvoj modelov ocene krivulje donosnosti oziroma ocene terminske strukture obrestnih mer se je začel v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. V splošnem se modeli terminske strukture obrestnih mer razvrščajo na statične in dinamične. Statični modeli oblikujejo krivuljo donosnosti z uporabo matematično-statističnih pristopov. Cilj statičnih modelov je določiti krivuljo terminske strukture obrestnih mer, ki se čim bolj prilagaja dejanskim opazovanim vrednostim donosnosti na trgu. V praksi se ločita dve skupini tehnik ocenjevanja statične krivulje donosnosti, tehnike zlepkov in parametrični modeli. Prvi parametrični model sta razvila ekonomista Nelson in Siegel (1987). Prepričljivost prvih rezultatov Nelson-Siegelovega modela je vodila v razvoj nekaterih drugih razširjenih parametričnih modelov. Svensson (1994) je zato v želji po izboljšanju prvotnega modela razvil nov model, Svenssonov model.

### 3.1 Problematika modeliranja krivulje donosnosti

Na spremembe obrestnih mer lahko vpliva več medsebojno neodvisnih dejavnikov. Zaradi nelinearne in dinamične narave gibanja obrestnih mer je napovedovanje terminske strukture obrestnih mer pogosto nezanesljivo. Poznavanje prihodnjih obrestnih mer je pomembno zlasti zaradi merjenja in upravljanja izpostavljenosti portfelja, sestavljenega iz obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Zanesljive napovedi terminske strukture obrestnih mer omogočajo pravilno identifikacijo donosnih naložb na trgu. Modeli napovedovanja terminske strukture obrestnih mer so še danes predmet številnih raziskav. Z razvojem naprednih statističnih orodij bodo v prihodnje novi modeli ocenjevanja terminske strukture obrestnih mer najverjetneje omogočili še večjo zanesljivost pri napovedovanju gibanja prihodnjih obrestnih mer.

### 3.2 Tehnike modeliranja krivulje donosnosti

Modeli za oblikovanje terminske strukture obrestnih mer se delijo na statične modele (angl. static term structure model) in dinamične modele (angl. dynamic term structure model). Dinamični modeli oblikovanja krivulje donosnosti temeljijo na različnih teoretičnih predpostavkah, ki implicirajo točno določeno obliko krivulje donosnosti. Omenjeni modeli predpostavljajo, da določena spremenljivka stanja, najpogosteje kratkoročna netvegana obrestna mera, sledi stohastičnemu procesu, ki po predpostavki o neprisotnosti arbitraže na učinkovitem trgu kapitala vpliva na obliko celotne krivulje donosnosti. Za razliko od teoretičnih modelov poskušajo statični modeli oceniti parametre modela terminske strukture obrestnih mer, ki se čim bolj prilagajata dejanskim opazovanim vrednostim donosnosti, terminskih obrestnih mer in diskontnih faktorjev, ne da bi pri tem upoštevali ekonomska teoretična izhodišča. Statični in dinamični modeli se torej razlikujejo na osnovi vključevanja izbranih dinamičnih komponent obrestnih mer. Pri uporabi statičnih modelov je potrebno krivuljo donosnosti ponovno rekonstruirati na vsak nov dan trgovanja in v model vključiti nove ažurirane podatke o obrestnih merah na finančnem trgu. Statični modeli ocenjujejo krivuljo donosnosti oziroma terminsko strukturo obrestnih mer na način, da so odstopanja ocenjenih vrednosti obrestnih mer v primerjavi z dejanskimi obrestnimi merami na finančnem trgu minimalna. Uporaba statičnih modelov je v primerjavi z dinamičnimi modeli računsko manj zahtevna. Dinamični modeli se v praksi pogosto dopolnjujejo s statičnimi modeli. Krivulja donosnosti dinamičnega modela postane enaka krivulji donosnosti statičnega modela, ko dinamična komponenta obrestnih mer ne obstaja oziroma je zanemarljiva (Bolder, 2015, str. 151; Fabozzi, 2002, str. 97; Grum, 2007, str. 24).

#### 3.2.1 Dinamični modeli krivulje donosnosti

Pri obrestno občutljivih finančnih instrumentih so prihodnja izplačila pogojena s spremembami obrestnih mer. Dinamični modeli so analitična orodja, ki omogočajo obvladovanje negotovosti zaradi spremenjenih denarnih tokov, ki nastanejo zaradi nepričakovanih gibanj obrestnih mer. Dinamični modeli temeljijo na teoriji pričakovanj, ki predpostavlja, da kratkoročne obrestne mere vplivajo na gibanja obrestnih mer preostalih ročnosti. Dolgoročne obrestne mere se določajo s poznavanjem sedanjih in prihodnjih kratkoročnih obrestnih mer. Za dinamične modele terminske strukture obrestnih

mer se je uveljavilo drugačno poimenovanje, in sicer, da gre za t. i. modele kratkoročnih obrestnih mer (angl. short-rate model). Dinamični modeli z napovedjo razvoja kratkoročnih obrestnih mer pojasnjujejo razvoj dolgoročne obrestne mere.

Dinamični modeli se delijo glede na število spremenljivk, ki določajo gibanje terminske strukture obrestnih mer. Modeli, ki pri določanju prihodnjega gibanja obrestnih mer uporabljajo eno spremenljivko, se imenujejo enofaktorski modeli. Enofaktorski modeli predvidevajo, da je celotno terminsko strukturo obrestnih mer mogoče rekonstruirati z uporabo kratkoročne obrestne mere. Znotraj skupine enofaktorskih modelov poznamo modele, ki definirajo kratkoročno obrestno mero kot slučajno ali stohastično spremenljivko. Spreminjanje obrestne mere skozi čas prikazujejo z razdelitvijo časa v diskretne intervale ali kot zvezno spremenljivko. Modeli, ki pri določanju prihodnjega gibanje terminske strukture obrestnih mer uporabljajo več spremenljivk, se imenujejo večfaktorski modeli. Večfaktorski modeli poleg kratkoročne obrestne mere v model vključujejo še druge dejavnike. Nekateri avtorji so v svoje večfaktorske modele vključili inflacijo, dolgoročno obrestno mero, volatilitnost kratkoročnih obrestnih mer ipd. Terminska struktura obrestnih mer lahko pri modeliranju služi kot izhodni ali vhodni podatek modela. Na podlagi tega razlikujemo ravnotežne in nearbitražne modele.

Ravnotežni modeli (angl. equilibrium model) so parametrični dinamični modeli, ki pojasnjujejo vpliv ekonomskih spremenljivk oziroma parametrov na krivuljo terminske strukture obrestnih mer. Rezultat oziroma izhodni podatek ravnotežnih modelov je terminska struktura obrestnih mer. Najbolj znani ravnotežni modeli so Vasičkov model, Vasiček (1977), Rendleman-Bartterjev model, Rendleman in Bartter (1980) in Cox-Ingersoll-Rossov model, Cox, Ingersoll in Ross (1985). Vsi navedeni modeli so enofaktorski in opisujejo razvoj kratkoročne obrestne mere, ki je stohastični proces s časovno neodvisnimi parametri. Modeli ravnotežja niso zasnovani, da bi natančno ustrezali sedanji krivulji terminske strukture obrestnih mer. Rezultati modelov zato ne zagotavljajo natančnega izračuna, saj izbrani parametri vodijo v oblikovanje približka trenutne terminske strukture. Odstopanja lahko nastanejo tudi zaradi predpostavljene konstantne izbranih parametrov. Uporabnost ravnotežnih modelov je zaradi visokih ostopanj glede na prave vrednosti obrestnih mer zelo omejena. Nearbitražni modeli (angl. no-arbitrage model) so oblikovani tako, da se terminska struktura v modelu ujema s trenutno terminsko strukturo obrestnih mer. Pri nearbitražnem modelu je terminska struktura obrestnih mer vhodni podatek. Modeli te skupine opisujejo razvoj kratkoročnih obrestnih mer kot stohastični proces s časovno odvisnimi parametri. Med najbolj znane nearbitražne modele spadata Ho-Leejev model, Ho in Lee (1986) in Heath-Jarrow-Mortonov model, Heath, Jarrow in Morton (1992). Ker modeli ustrezajo opazovani krivulji terminske strukture obrestnih mer, se pogosto uporabljajo pri vrednotenju izvedenih finančnih instrumentov.

### 3.2.2 Statični modeli krivulje donosnosti

Namen statičnih modelov je ocena brezkuponske krivulje donosnosti (ali terminske krivulje donosnosti), ki grafično povezuje trenutne donose na trgu na način, da ta upošteva predhodno opredeljene kriterije. Pri statičnih modelih gre za matematično-statistični pristop k modeliranju krivulje donosnosti. Ocena brezkuponske krivulje donosnosti



temelji na algebrični zvezi med promptnimi tečaji, terminskimi tečaji in diskontnimi faktorji. Cilj statičnega modeliranja krivulje donosnosti ocenitev terminske strukture obrestnih mer, ki bi bila dovolj fleksibilna, da bi se bila sposobna dovolj dobro prilagajati različnim oblikam krivulje. Ocenjena funkcija brezakuponske krivulje donosnosti mora biti dovolj gladka, da omogoča ekonomsko smiselno interpretacijo terminskih obrestnih mer. Funkcijske oblike, ki so pridobljene na osnovi dinamičnih modelov, ne izpolnjujejo teh kriterijev (Choudhry, 2010, str. 83; Grum, 2007, str. 30).

Z iskanjem najprimernejšega modela za podajanje terminske strukture obrestnih mer oziroma modeliranjem krivulje donosnosti se je ukvarjalo več raziskovalcev. Avtor prvih študij o krivulji donosa je Durand (1942). Durand je v svojem prispevku razširil obstoječa spoznanja o strukturi obrestnih mer, ki je bila tedaj v večji meri omejena le na donose obveznic daljših ročnosti. Šele v sedemdesetih letih so raziskovalci namenili več pozornosti modeliranju terminske strukture obrestnih mer in posledično razvili več različnih teorij. Pomemben prispevek k modeliranju krivulje terminske strukture obrestnih mer je podal McCulloch (1971), ki je sprva predlagal uporabo kvadratnih segmentiranih polinomskih funkcij ali kvadratnih zlepkov za ocenitev diskontne funkcije, parametri bi bili ocenjeni s pomočjo tehnike regresijskih zlepkov. Kasneje je McCulloch (1975) dopolnil svoj prvotni prispevek in namesto kvadratnih predlagal uporabo kubičnih segmentiranih polinomskih funkcij ali kubičnih zlepkov za ocenitev diskontne funkcije. Kasnejši raziskovalci so ugotovili, da tako oblikovana krivulja donosnosti pri daljših dospeljih ne daje pričakovanih in ekonomsko smiselnih rezultatov. Drugi raziskovalci, ki so se ukvarjali s prilagajanjem krivulje z uporabo različnih tehnik zlepkov, so bili še Cohen, Kramer in Waugh (1966), Fisher (1966), Echols in Elliot (1976), Dobson (1978), Heller in Khan (1979) ter Chambers, Carleton in Waldman (1984). Vasiček in Fong (1982) sta ugotovila, da kvadratni in kubični zlepki, kot jih predlaga McCulloch, povzročijo nekatere nezaželene asimptotične lastnosti. Vasiček in Fong sta zato predlagala novo metodo, uporabo eksponentnih segmentiranih funkcij za ocenitev diskontne funkcije. V model je vključena asimptota za vrednost funkcije terminskih obrestnih mer. Ob primerjavi obeh metod uporabe zlepkov je Shea (1984) ugotovil, da imajo eksponentni zlepki enake pomanjkljivosti kot polinomski zlepki. Nelson in Siegel (1987) sta nato predlagala ocenitev funkcije terminske strukture obrestnih mer z relativno enostavno funkcijsko obliko. Model je izpeljan kot rešitev diferencialne enačbe. Predlagan model je predstavljal pomemben odmik od obstoječih metod modeliranja krivulje donosa. Nelson in Siegel veljata za utemeljitelja parametričnih modelov. Modeli razreda Nelson in Siegel vsebujejo v svojih funkcijah različno število parametrov. Parametri so določeni z uporabo metode najmanjših kvadratov. Izvornemu parametričnemu modelu so sledile številne njegove razširitve. Avtor najbolj znane razširitve Nelson-Siegelovega modela je Svensson (1994). Izvornemu modelu je Svensson dodal nov parameter, s katerim je vključil dodaten grb v krivulji terminske strukture obrestnih mer, s čimer je izboljšal nekatere lastnosti prvotnega modela. Diebold in Li (2006) sta predlagala uporabo razširjenega dinamičnega modela razreda Nelson in Siegel. V praksi se ločita dve skupini tehnik ocenjevanja statične krivulje donosnosti, tehnika zlepkov in parametrični modeli.

V začetku razvoja tehnik modeliranja krivulje donosnosti so prevladovale tehnike zlepkov. Njihova uporaba je dopuščala številne možnosti upoštevanja zelo različnih funk-

cijskih oblik. Po začetni uporabi polinomskih in eksponentnih zlepkov je v devetdesetih letih postala zelo razširjena uporaba B-zlepkov. V zadnjem obdobju poskušajo avtorji pri ocenitvi krivulje donosnosti kombinirati tehniko zlepkov z ravnotežnimi modeli, ki definirajo obliko segmentiranih funkcij oziroma zlepkov. Obstaja torej veliko različnih možnosti. Izbira specifične metode modeliranja krivulje donosnosti je odvisna od namena uporabe tako ocenjene krivulje donosnosti. Pri tem pa igra zlasti pomembno vlogo “trade off” med kakovostjo prilagajanja ocenjene krivulje donosnosti k dejanskim opazovanjem in gladkostjo krivulje. Obstaja veliko število različnih statističnih tehnik ocenitve krivulje donosnosti. Glavni razlog za to je mogoče iskati v dejstvu, da imajo tehnike aproksimacije teoretičnih cen brezakuponskih obveznic iz kuponskih obveznic v ozadju skromno ekonomsko teoretično osnovo (Grum, 2007, str. 32–35).

### 3.3 Modeliranje krivulje donosnosti z uporabo tehnike zlepkov

Zlepek (angl. spline) je segmentirana polinomska funkcija. Sestavljen je iz posameznih polinomov, ki so združeni na izbranih točkah krivulje, ki se imenujejo točke vozlov. Zlepek je torej sestavljena krivulja iz polinomov različnih stopenj. Polinome uporabljamo, ko je potrebno na ozkem intervalu aproksimirati gladko funkcijo. Ob širših intervalih je potrebno za aproksimacijo gladke funkcije uporabiti polinome višjih stopenj, ki omogočijo, da se krivulja čim bolj prilaga opazovanim vrednostim na celotnem intervalu. Tehnika zlepkov je splošno uporabna za aproksimacijo funkcij, mogoče pa jo je uporabiti tudi na področju ocenjevanja krivulje donosnosti. Bistvena značilnost modelov zlepkov je, da celotno krivuljo donosnosti po ročnosti razdelijo na podintervale in ocenijo parametre izbrane oblike segmentiranih funkcij oziroma zlepkov na posameznem podintervalu s ciljem doseganja čim boljšega prilagajanja funkcije dejanskim opazovanjem. Splošni zapis zleпка je (Cairns, 2004, str. 234; Grum, 2007, str. 36; James & Webber, 2000, str. 434–437):

$$p_j(x) = \sum_{i=1}^k (x - s_j)^{k-i} a_{ji} , \quad (14)$$

kjer je  $k$  stopnja segmentirane polinomske funkcije (za kubično polinomsko funkcijo je stopnja enaka 4),  $s_j$  je zaporedje vozlišča,  $L$  število podintervalov, pri čemer je  $L = K - 1$ , kjer je  $K$  število vozlišč in  $a_{ji}$  enako  $i$  koeficientov  $j$ -te segmentirane polinomske funkcije. Enačba velja ob pogoju, da je  $j = 1, \dots, L : x \in [s_j, s_{j+1}]$ .

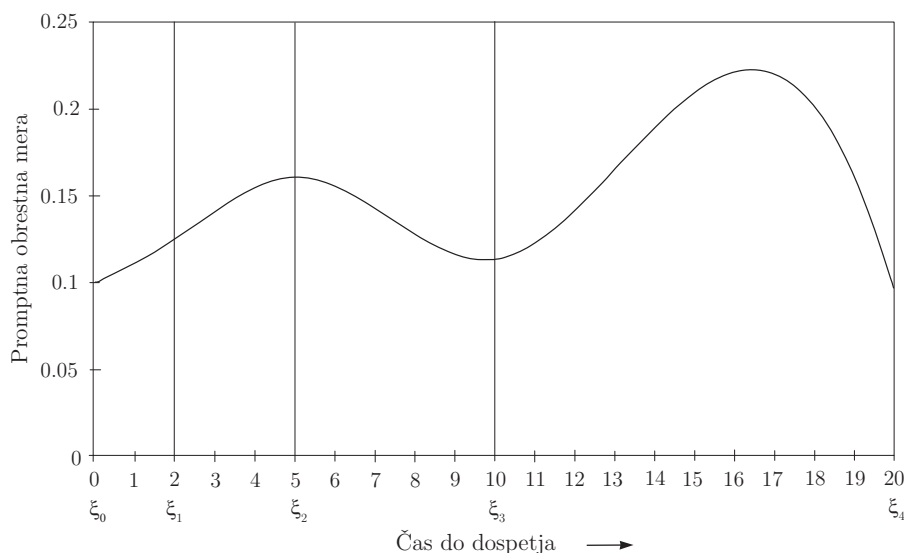
Pri uporabi modelov zlepkov velja, da je graf krivulje donosnosti sestavljen iz polinomov in ne iz ene same funkcije, ki bi se prilagajala obrestnim meram v celotnem razponu trajanja. Metode zlepkov oblikujejo krivuljo donosnosti s sestavljanjem funkcije v obliki delnih polinomov. Posamezni segmenti krivulje se povezujejo na točkah vozlov. V zaprtem intervalu se funkcijo aproksimira z izbiro poljubnega polinoma, ki predstavlja del gladke funkcije krivulje donosnosti. Praviloma se z večanjem redov polinoma povečuje prilagajanje krivulje z opazovanimi podatki. Težava polinomov višjega reda je, da ti pogosto ne omogočajo dovolj glajenih funkcij, kar predstavlja omejitev pri oblikovanju krivulje donosnosti. Zlepki, ki se uporabljajo za oblikovanje krivulje donosnosti, so v splošnem zasnovani na polinomih nižjega reda, večinoma se uporabljajo kvadratni ali kubični polinomi. Ob glajenju zlepkov število vključenih polinomov ni

vnaprej določeno. Pri oblikovanju krivulje donosnosti se običajno prične z uporabo modelov z večjim številom polinomov. Večje število vozlišč zagotavlja primerno ukri-  
vljenost krivulje. Vozli opredeljujejo skrajne meje intervala, ki so postavljene na me-  
stih, kjer je število podatkov najbolj strnjeno. Optimalno število vozlišč se določi z  
zmanjšanjem razmerja med zglajenostjo in številom polinomov. Naveden pristop upo-  
rabe modelov zlepkov zmanjšuje prisotnost polinomov, ki ne prispevajo k izboljšanju  
ustreznosti modela. Ocenjene krivulje modelov zlepkov se praviloma dobro približajo  
podatkom in pri tem ostanejo neprekinjene in gladke (BIS, 2005, str. 9).

Kljub omenjenim prednostim pa uporaba polinomskih funkcij ne rešuje problema ne-  
enakomerne razporeditve opazovanj. Na kratkoročnem segmentu je število opazovanj  
praviloma veliko, na dolgoročnem segmentu pa je število opazovanj praviloma majhno.  
Tehnika modeliranja krivulje z uporabo zlepkov predlaga razdelitev celotnega intervala  
ročnosti na več podintervalov in ocenitev parametrov zlepkov na podintervalih. Na  
takšen način je še vedno mogoče doseči relativno dobro prilagajanje ocenjene funkcije  
termske strukture obrestnih mer z dejanskimi opazovanimi vrednostmi.

Pri ocenitvi termske strukture obrestnih mer se večinoma uporabljajo kubični zlepki.  
Kubični zlepek je opredeljen kot segmentirani kubični polinom, pri čemer so posame-  
zni kubični polinomi združeni v vozliščih. Zlepke je pri ocenjevanju krivulje donosnosti  
prvi uporabil McCulloch (1971 in 1975), in sicer je najprej uporabil kvadratne zlepke,  
kasneje tudi kubične zlepke. Metoda kubičnih zlepkov z vozli razdeli obravnavano  
krivuljo donosnosti na več intervalov. Kubični polinomi se uporabijo tako, da se pri-  
lagajajo obrestnim meram v posameznih odsekih oziroma intervalih. Okrog izbranih  
točk vozlov morajo biti funkcije neprekinjene, kar se doseže tako, da se na vsaki točki  
vozla ujema naklon krivulje iz obeh intervalov.

*Slika 2: Kubični zlepki z vozlišči na  $\{0, 2, 5, 10, 20\}$*



*Prirejeno po James & Webber (2000).*

S slike 2 je razvidna krivulja donosnosti, ki je oblikovana z metodo kubičnih zlepkov. Vertikalne črte označujejo točke vozlišč. Na vsakem intervalu (med vozlišči) je

s kubičnim polinomom opredeljen del krivulje donosnosti. Na ta način je z uporabo zlepkov možno oblikovati več različnih oblik krivulje. Krivulja mora na vsakem intervalu vsebovati vsaj eno grbo in eno kotanjo.

Na splošno je izbira modelov zlepkov odvisna od namenov uporabe krivulje donosnosti. Prednost tehnik zlepkov je njihova visoka fleksibilnost pri aproksimaciji kompleksnih oblik funkcije terminske strukture obrestnih mer. Zaradi velike fleksibilnosti metode zlepkov lahko aproksimacija vodi do nesmiselnih oblik krivulje donosnosti. Pomanjkljivost metode kubičnih zlepkov je tudi prevelika občutljivost funkcije na izbrane lokacije vozlišč. Različno izbrane točke vozlišč namreč močno vplivajo na končno obliko krivulje. Izbira števila in postavitev vozlišč ni samoumevna. Druga pomanjkljivost kubičnih zlepkov je, da prihaja v delu krivulje z daljšo dospelostjo do preveč ukrivljenih oblik krivulje, kot bi se sicer pričakovalo v tem delu krivulje. Zaradi prevelike občutljivosti metode zlepkov na spremembe omenjenih parametrov modeliranja so bile predlagane nekatere tehnike glajenja zlepkov. Običajno je uporaba tehnik glajenja pomenila razširitev modela z uporabo dodatnega samostojnega parametra, ki omejuje stopnjo ukrivljenosti krivulje. Tehnike glajenja poskušajo izboljšati oceno krivulje donosnosti. Razlike med metodami tehnik glajenja se pojavljajo v obsegu in načinu uporabljenega glajenja. Ena izmed pomanjkljivosti tehnik zlepkov je, da ocenjeni model ni mogoče uporabiti za ekstrapolacijo oziroma za ocenitev terminskih struktur obrestnih mer za ročnosti, ki presegajo ročnost zadnjega dolžniškega instrumenta, vključenega v analizo (BIS, 2005, str. 9; Grum, 2007, str. 93).

### 3.4 Modeliranje krivulje donosnosti z uporabo parametričnih modelov

Parametrični modeli (angl. parametric models) so poenostavljeni modeli krivulje donosnosti, ki temeljijo na parametrizaciji poljubne oblike funkcije krivulje. Za krivulje, ki nastanejo z uporabo parametričnih modelov, je značilno, da poskušajo terminsko strukturo obrestnih mer modelirati kot linearno kombinacijo izbranih osnovnih funkcij, ki niso segmentirane in so tako definirane na celotnem intervalu ročnosti ocenjevanja. Algebrično je model podan kot izpeljana rešitev diferencialne enačbe druge stopnje z enakima realnima rešitvama. Parametrični modeli omogočajo oblikovanje relativno fleksibilnih krivulj, ki se dobro prilagajajo značilnim oblikam krivulje donosnosti (grbasta, monotona in v obliki črke S). Parametri parametričnih modelov so običajno ocenjeni na podlagi minimizacije kvadratov odklonov teoretičnih cen obveznic ali njihovih donosnosti od dejansko opazovanih vrednosti teh spremenljivk. Obstaja več različic parametričnih modelov, ki se med seboj najpogosteje razlikujejo po številu vključenih parametrov. Krivulja terminske strukture je gladka in se z naraščanjem ročnosti približuje asimptoti, kar omogoča možnost ekstrapolacije ocen za ročnosti, ki so daljše od najdaljše ročnosti dolžniškega finančnega instrumenta, vključenega v model (Grum, 2007, str. 71–76; James & Webber, 2000, str. 444). Zaradi enostavnosti, prilagodljivosti, relativne natančnosti in teoretične smiselnosti rezultatov je uporaba modelov tega razreda zelo razširjena. Pomanjkljivost parametričnih modelov je, da v primeru pojava kompleksnejših oblik krivulj donosnosti ne omogoča zadostne fleksibilnosti krivulje.

V praksi se najpogosteje uporabljata modela, ki sta ju razvila Nelson in Siegel (1987) in Svensson (1994). Prvi parametrični model sta razvila ekonomista Nelson in Siegel

(1987). S predlaganim pristopom sta na podatkih o ameriških državnih vrednostnih papirjev ocenila krivuljo donosnosti. Osnovna ideja parametričnega modela je v poenostavljeni ocenitvi terminske strukture obrestnih mer na osnovi relativno enostavne funkcijske oblike. Prepričljive prvotne ocene so vodile v razvoj nekaterih drugih modelov tega razreda. Več raziskovalcev je z dodajanjem novih parametrov poskusilo izboljšati nekatere pomanjkljivosti prvotnega modela. Ker model Nelson-Siegel v nekaterih primerih ne omogoča primerne fleksibilnosti oblik krivulje, je v želji po dodatni fleksibilnosti Svensson (1994) razvil nov model. Nov model je v primerjavi z izvirnikom razširjen za dodatni parameter. Svenssonov model se zato imenuje tudi razširjeni Nelson-Siegel model. Zaradi relativno nizke računske zahtevnosti tehnik modeliranja, ter dobrih, tj. fleksibilnih ocen krivulje, je uporaba parametričnih modelov tudi danes splošno razširjena in sprejeta.

### 3.4.1 Nelson-Siegel model (1987)

Nelson in Siegel (1987) sta ugotovila, da je mogoče množico funkcijskih oblik krivulje donosnosti oziroma terminske strukture obrestnih mer, ki imajo željene lastnosti, dobiti kot rešitev linearne diferencialne enačbe drugega reda z enakima realnima rešitvama  $f(m) = \alpha_1 f(m-1) + \alpha_2 f(m-1) + \alpha_0$ , z ovrednotenjem  $f(m)$  za  $m = 1, 2, 3 \dots$  in ob upoštevanju začetnih vrednosti  $f(0)$  in  $f(-1)$ . Dinamično gibanje funkcije takojšnje terminske obrestne mere  $f(m)$  je odvisno od vrednosti parametrov  $\alpha_1$  in  $\alpha_2$ , in sicer preko karakteristične enačbe  $1 - \alpha_1 x - \alpha_2 x^2 = 0$ , medtem ko  $\alpha_0 \setminus 1 - \alpha_1 - \alpha_2$  predstavlja asimptoto funkcije. Rešitev problema predstavlja enačba modela, ki podaja obliko krivulje takojšnje terminske obrestne mere,  $f_{t,m}$  kot (Nelson & Siegel, 1987, str. 475–478; Grum, 2007, str. 76; BIS, 2005, str. 9):

$$f_{t,m} = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(\frac{-m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \exp\frac{m}{\tau_2} \left(\frac{-m}{\tau_1}\right), \quad (15)$$

kjer je  $m$  čas do dospelosti,  $t$  sedanji čas in  $\beta_{(t,0)}$ ,  $\beta_{(t,1)}$ ,  $\beta_{(t,2)}$  in  $\tau_{(t,1)}$  štirje parametri funkcije. V enačbi sta  $\tau_1$  in  $\tau_2$  pozitivni konstanti, katerih vrednost je določena z  $\alpha_1$  in  $\alpha_2$ . Vrednost parametrov  $\tau_1$  in  $\tau_2$  pove, po kakšni stopnji se vrednost  $\exp\left(\frac{-m}{\tau_1}\right)$  približuje ničli. S povečanjem preostale ročnosti  $m$  se vrednost obeh eksponentnih členov približuje ničli, zato se funkcija takojšnje terminske obrestne mere približuje k asimptoti, katere vrednost predstavlja  $\beta_2$ . Zaradi predpostavke teorije pričakovanj model konvergira k asimptoti, katere vrednost prikazuje konstanta modela. Brezkuponsko krivuljo donosnosti je mogoče izpeljati z integretranjem krivulje takojšnje terminske obrestne mere. Funkcija promptne krivulje donosnosti  $s_m$  tako dobi naslednjo obliko:

$$s_m = \beta_0 + \beta_1 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} + \beta_2 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right], \quad (16)$$

kar je enako,

$$s_m = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau_1}{m} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right). \quad (17)$$

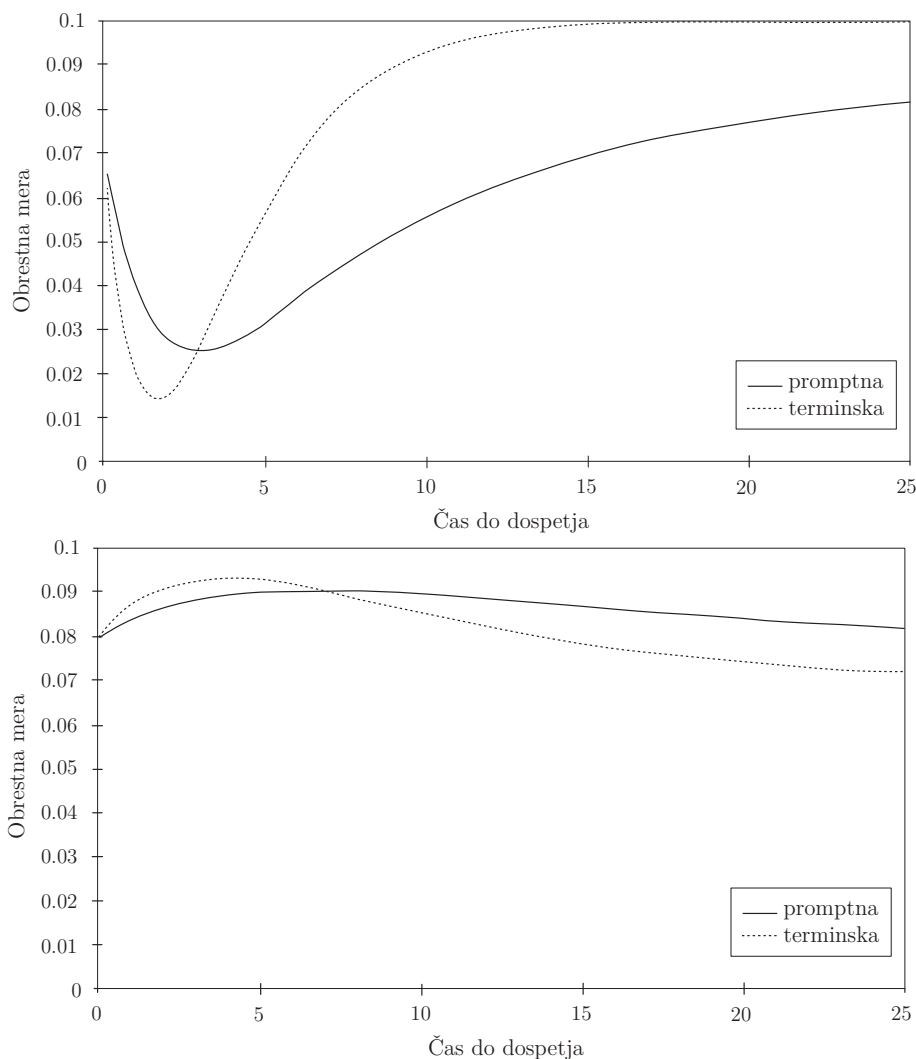
Velja, da je  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(t, m) = \beta_0$  in  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(t, m) = \beta_0 + \beta_1$ . Pri daljšem trajanju se promptne in terminske obrestne mere asimptotično približujejo vrednosti  $\beta_0$ , ki je vedno pozitivna in predstavlja asimptoto funkcije brezkuponske donosnosti do dospelja in promptno obrestno mero. Pri visokih vrednostih  $m$  je to mogoče interpretirati kot dolgoročno obrestno mero. Vsota parametrov ( $\beta_0 + \beta_1$ ) je vedno pozitivna in predstavlja začetno vrednost funkcije ( $f(0) = (\beta_0 + \beta_1)$ ), ki jo je mogoče interpretirati kot takojšnjo tekočo obrestno mero. Vrednost parametra  $\beta_1$  je naklon terminske krivulje in predstavlja razliko med dolgoročnimi in kratkoročnimi terminskimi obrestnimi merami. Preostala dva parametra  $\beta_2$  in  $\tau_{u_1}$  določata velikost in položaj grba na krivulji. Vrednost parametra  $\beta_2$  določa velikost in smer grbe ali kotanje. Velikost je določena z absolutno vrednostjo parametra, smer pa s predznakom. Če parameter  $\beta_2$  zavzame negativno vrednost, zavzame krivulja donosnosti obliko črke U oziroma kotanje, če ima parameter pozitiven predznak, ima krivulja donosnosti obliko grbe. Vrednost parametra  $\tau_{u_1}$  mora biti pozitivna in predstavlja pozicijo grbe oziroma kotanje na krivulji donosnosti. Parameter  $\tau_{u_1}$  predstavlja tudi časovno konstanto. S spreminjanjem parametra se funkcija lahko premika, torej krči oziroma razteza v horizontalni smeri.

Nelson in Siegel (1985, str. 13) sta ugotovila, da znaša optimalna vrednost parametra  $\tau_{u_1}$  okrog 50, saj toliko znaša mediana porazdelitve optimalne vrednosti parametra. Parametri funkcije krivulje donosnosti, ki jih je potrebno oceniti, so  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  in  $\tau_{u_1}$ . Njihova ocenitev je enostavna, saj je model linearen v  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  za poljubno vrednost parametra  $\tau_1$ . Nelson-Siegelov model je sestavljen iz treh delov, ki jih je mogoče ekonomsko interpretirati. Model Nelson-Siegel je sestavljen iz treh funkcij, in sicer (Grum, 2007, str. 78; Hladíková & Radová, 2012, str. 39):

1. konstante  $\beta_0$ , ki predstavlja asimptoto funkcije krivulje donosnosti;
2. eksponentnega člena  $\beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)$ , ki v odvisnosti od predznaka parametra  $\beta_1$  z naraščanjem ročnosti monotono narašča (negativni predznak) oziroma pada (pozitivni predznak) proti ničli in vpliva na kratkoročne terminske obrestne mere;
3. tretjega člena  $\beta_2 \exp\frac{m}{\tau_2}\left(-\frac{m}{\tau_1}\right)$ , ki v odvisnosti od predznaka parametra  $\beta_2$  omogoča, da krivulja donosnosti zavzame grbasto obliko (pozitiven predznak) oziroma obliko kotanje (negativni predznak) in ima vpliv predvsem na srednjeročne terminske obrestne mere.

Model Nelson-Siegel omogoča relativno dobro fleksibilnost ocenjene funkcije. Krivulje razreda Nelson-Siegel se uporabljajo za ocenitev širokega spektra kompleksnih funkcijskih oblik, ki zajemajo krivulje naslednjih splošnih oblik: naraščajoče krivulje, padajoče krivulje ter krivulje v obliki črke S. Pri pogoju  $|\beta_1| \geq |\beta_2|$  se oblikujejo značilne naraščajoče ali padajoče krivulje donosnosti. Konveksnost oziroma konkavnost krivulje določata predznaka parametrov  $\beta_1$  in  $\beta_2$ . Pri pogoju  $|\beta_1| < |\beta_2|$  nastanejo krivulje značilne S oblike z grbo ali kotanjo. Pri pozitivnih vrednostih  $\beta_2$  se na krivulji oblikuje grba oziroma pri negativnih vrednostih  $\beta_2$  se na krivulji oblikuje kotanja. Modeli razreda Nelson in Siegel lahko ustvarijo krivulje le z enim prevojem. V nadaljevanju sta prikazani dve Nelson-Siegelovi krivulji z različnimi parametri  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  in  $\tau_{u_1}$ .

Slika 3: Nelson-Siegelova promptna in terminska krivulja donosnosti pri različnih  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  in  $\tau_1$



Prirejeno po James & Webber (2000).

Slika 3 predstavlja krivuljo donosnosti naraščajoče oblike, ki je opredeljena s parametri  $\beta_0 = 0,1$ ,  $\beta_1 = -0,03$ ,  $\beta_2 = -0,1$  in  $\tau_1 = 0,5$  in krivuljo donosnosti z grbo nad  $\beta_0$ , ki je opredeljena s parametri  $\beta_0 = 0,7$ ,  $\beta_1 = 0,01$ ,  $\beta_2 = 0,2$  in  $\tau_1 = 0,5$ . Obe obliki krivulje donosnosti nastaneta z uporabo istega modela, kar dokazuje, da Nelson-Siegelov model omogoča precejšno fleksibilnost pri modeliranju različnih oblik krivulje.

### 3.4.2 Svenssonov model (1994)

Svensson (1994) je razširil Nelson-Siegelov model tako, da je vključil dodatni parameter, ki omogoča, da ima krivulja donosnosti dodatni prevoj. Večja natančnost naj bi se dosegla z vpeljavo novega parametra  $\beta_3$  ter  $\tau_2$ , ki krivulji omogočata možnost dodatnega grba. Parametri Svenssonovega modela imajo enak vsebinski pomen kot parametri Nelson-Siegelovega modela. Dodatna parametra  $\beta_3$  in  $\tau_2$  imata enake značilnosti kot  $\beta_2$  ter  $\tau_1$ . Modeliranje krivulje donosnosti z uporabo Svenssonovega modela je ne-

koliko bolj zahtevno, saj je pred modeliranjem krivulje potrebno določiti še vrednost dodatnega parametra  $\beta_3$  in  $\tau_2$ . Uporaba Svenssonovega modela je smiselna predvsem ob večjih negotovostih na finančnem trgu. Svenssonova krivulja takojšnje terminske obrestne mere,  $f_{t,m}$  je opredeljena kot (Svensson, 1994, 6-7; BIS, 2005, str. 9; James & Webber, 2000, str. 444):

$$f_m = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(\frac{-m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \exp\frac{m}{\tau_1} \left(\frac{-m}{\tau_1}\right) + \beta_3 \exp\frac{m}{\tau_2} \left(\frac{-m}{\tau_2}\right), \quad (18)$$

kjer imata parametra  $\beta_3$  in  $\tau_2$  enake lastnosti kot  $\beta_2$  in  $\tau_1$ . Za izpeljavo promptne krivulje donosa integriramo krivuljo takojšnje terminske obrestne mere. Funkcija promptne krivulje donosnosti  $s_m$  je opredeljena kot:

$$\begin{aligned} s_m = \beta_0 + \beta_1 & \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{-m}{\tau_1}\right)^{-1} \\ & + \beta_2 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \\ & + \beta_3 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_2}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

### 3.4.3 Primerjava Nelson-Siegelovega in Svenssonovega modela

Pretekle raziskave so pokazale, da Svenssonov model v večini primerov bistveno ne izboljša rezultate Nelson-Siegelovega modela. Model Nelson-Siegel naj bi izkazoval boljše ocene v primerih, ko na trgu prihaja do pomanjkanja vrednostnih papirjev na kratkoročnem segmentu krivulje donosnosti. Uporaba Svenssonovega modela naj bi bila bolj primerna v razmerah večjih negotovosti na finančnem trgu. Raziskovalci so na primeru podatkov držav z manj razvitim in manj likvidnim finančnim trgom preučevali rezultate različnih tehnik modeliranja krivulje donosnosti. Grum (2007) je dokazal, da daje na primeru slovenskega finančnega trga model Nelson-Siegel boljše ocene kot Svenssonov model. Raziskovalci, ki so se ukvarjali s primerjalno analizo modelov krivulje donosnosti za države s podobno razvitim finančnim trgom, so Smirnov in Zakharov (2003) za ruski finančni trg, Marciniak (2006) za poljski finančni trg, Drenovak in Urošević (2010) za srbski finančni trg, ter Aljinović, Marasović in Škrabić (2009) in Zoričić in Badurina (2013) za hrvaški finančni trg. Omenjeni avtorji so na primeru podatkov o državnih obveznicah na manj razvitih finančnih trgih v večini primerov dokazali, da je model Nelson-Siegel bolj zanesljiv kot Svenssonov model. Nazadnje je Nymand-Andersen (2018) dokazal, da so pri modeliranju krivulje donosnosti v splošnem rezultati Svenssonovega modela boljši od rezultatov modela Nelson-Siegel.

### 3.5 Primerjava tehnike zlepkov in parametričnih modelov

Modeli zlepkov omogočajo relativno zanesljive ocene vrednotenja finančnih instrumentov, saj se pri teh modelih funkcije dobro prilagajajo podatkom. Funkcije parametričnih modelov se praviloma slabše prilagajajo podatkom. Razlog za to je predpostavka o asimptotičnem konvergiranju vrednostim dolgoročnih obrestnih mer. Prednost parametričnih modelov je, da funkcije omogočajo dober prikaz agregiranih tržnih



pričakovani razvoj prihodnjih obrestnih mer. Ugotovljeno je bilo, da so napake pri določitvi cen obveznic na osnovi Nelson in Siegel modela približno od 2,5- do 3-krat večje, kot so te v primeru uporabe tehnik glajenja zlepk. Pri monetarnih analizah se običajno uporabljajo parametrični modeli, medtem ko se pri finančnih analizah oziroma vrednotenju finančnih instrumentov običajno uporabljajo modeli zlepkov. Tehnike zlepkov in parametrični modeli se med seboj razlikujejo v dveh bistvenih dejavnikih, v uporabljeni osnovni obliki funkcije krivulje donosnosti ter v obliki ciljne funkcije, katere vrednost služi kot optimizacijski kriterij za določitev vrednosti parametrov ocenjene terminske strukture obrestnih mer. Različni modeli izhajajo iz različnih osnovnih elementov dolžniškega trga, in sicer cen brezkuponskih dolžniških vrednostnih papirjev (diskontnih faktorjev), donosnosti v dospetju brezkuponskih obveznic ali pa takojšnjih terminskih obrestnih mer (Grum, 2007, str. 35).

Najpogosteje uporabljeni modeli za ocenjevanje brezkuponske krivulje donosa spadajo v razred parametričnih modelov, ki jim nato sledijo modeli zlepkov. Centralne banke večine evropskih držav (Belgije, Finske, Francije, Nemčije, Italije, Norveške, Španije in Švice) uporabljajo Nelson-Siegelov model ali Svenssonov model (BIS, 2005, str. 11). ECB pri izračunu brezkuponske krivulje donosnosti uporablja Svenssonov model. Ker mora krivulja donosnosti vključevati obveznice enakega kreditnega tveganja, ECB na podlagi izbranega nabora obveznic držav evroobmočja izračunava dve ločeni krivulji donosnosti. V prvem naboru so vključene obveznice najboljših bonitet. V drugi nabor so vključene obveznice držav evroobmočja, ki imajo obveznice denominirane v evrih.

### **3.6 Izbor najustreznejše tehnike modeliranja krivulje donosnosti**

Zaradi različnih namenov uporabe krivulje donosnosti izbira najprimernejšega modela oblikovanja krivulje ni samoumevna, saj absolutno pravilnega načina ocenjevanja krivulje donosnosti ni. Izbira tehnike za ocenitev krivulje donosnosti je odvisna od namena uporabe ocenjenih obrestnih mer. Pri izboru najprimernejše tehnike je potrebno predhodno opredeliti primerjalne kriterije. Najpomembnejši kriteriji za ocenjevanje izbora tehnike modeliranja krivulje donosnosti so fleksibilnost oziroma prilagajanje, gladkost in stabilnost oziroma robustnost. Pri vseh obravnavanih tehnikah je prisoten "trade off" med kakovostjo prilagajanja ocenjene krivulje donosnosti dejanskim opazovanjem in gladkostjo krivulje. V praksi se najpogosteje upošteva kriterij prilagajanja oziroma fleksibilnosti. Kriterij prilagajanja je mogoče kvantitativno izraziti z uporabo korena povprečne kvadratne napake, povprečne absolutne napake, povprečne odstotne napake in merila razmerja zadetkov.

#### **3.6.1 Kriteriji ustreznosti izbranega modela**

Pri izbiri modelov je potrebno upoštevati kriterije, ki ocenjujejo ustreznost dobljenih rezultatov oziroma funkcijskih oblik. Ustreznosti modelov testiramo na podlagi enakih kriterijev in objektivnih meril, ki opredeljujejo glavne značilnosti krivulj. Na podlagi kriterijev se torej primerjajo različne ocene krivulj donosnosti. Najpomembnejši kriteriji so: fleksibilnost oziroma prilagajanje (angl. flexibility, goodness-of-fit criteria), gladkost (angl. smoothness criteria) in stabilnost oziroma robustnost (angl. robustness criteria). Na podlagi navedenih meril ocenjujemo, kako dobro modeli zaje-

majo osnovne oblike terminskih struktur obrestnih mer in se hkrati približajo pravim vrednostim na trgu. Izbira modela bo odvisna od zahtev uporabnika, saj je pri izbiri tehnike modeliranja vedno prisoten kompromis med enostavnostjo in natančnostjo tehnike modeliranja krivulje (Choudhry, 2004, str. 136; James & Webber, 2000, str. 447; Nymand-Andersen, 2018, str. 38).

Kriterij fleksibilnosti ali prilagajanja ocenjuje stopnjo prilagajanja krivulje z dejanskimi donosi obveznic na trgu. Prilagajanje krivulje z dejanskimi donosi je še posebej pomembno, ko se vrednosti obrestnih mer, ki izhajajo iz krivulje donosnosti, uporabljajo za določanje cen finančnih instrumentov. Krivulja z visoko stopnjo prilagajanja omogoča visoko natančnost ocene cen finančnih instrumentov. Izdajatelji ali vlagatelji obveznic lahko z uporabo krivulje z visoko stopnjo prilagajanja določajo optimalno ročnost obveznic. Krivulja z visoko stopnjo prilagajanja ponuja možnost izkoriščanja arbitraže na trgu. Če se na določenem tržnem segmentu pojavi lokalni minimum ali maksimum, pomeni, da trenutni donos odstopa glede na pričakovan "pošten" donos. V tem primeru je mogoče kupiti ali prodati (izdati) obveznico pod ugodnejšimi pogoji in tako ustvariti dodatni dobiček. Krivulje modelov zlepkov se v primerjavi s krivuljami parametričnih modelov bolje prilagajajo podatkom o dejanskih donosih na finančnem trgu (Marciniak, 2006, str. 54; Nymand-Andersen, 2018, str. 38).

Gladkost je pomemben kriterij modeliranja krivulje donosnosti, saj ocenjuje stopnjo gladkosti funkcijskih oblik krivulje donosnosti. Krivulje donosnosti z visoko gladkostjo se najpogosteje uporabljajo za napovedovanje prihodnjih gibanj inflacije, obrestnih mer ali gospodarskih obetov. Visoka gladkost krivulje znižuje možnost identifikacije napačno vrednotenih finančnih instrumentov na trgu. Pri določanju cen finančnih instrumentov je torej prilagajanje krivulje bolj pomembno kot gladkost krivulje. Kriterij gladkosti je še posebej pomemben pri krivuljah donosnosti, ki se oblikujejo iz promptnih obrestnih mer. Kriterij gladkosti krivulje bo pomemben pri krivuljah donosnosti, ki se uporabljajo za monetarno analizo (Marciniak, 2006, str. 54).

Stabilnost krivulje je mogoče opredeliti s štirimi lastnostmi modelov krivulj donosnosti: robustnost modela do odstopanj podatkov, robustnost modela do sprememb v naboru podatkov, neenotnost ocen in numerična stabilnost. Robustnost modela do odstopanj podatkov modela ocenjuje občutljivost krivulje na visoka odstopanja v podatkih o vrednotenih vrednostnih papirjev na finančnem trgu. Robustnost modela do odstopanj podatkov je povezana z gladkostjo krivulje. Visoka robustnost modela do odstopanj podatkov je še posebej pomembna v primerih nelikvidnih trgov z majhnim številom različnih izdaj obveznic. Morebitna odstopanja je mogoče deloma odpraviti z ustreznim predhodnim filtriranjem nabora podatkov. Robustnosti modela do sprememb v naboru podatkov ocenjuje togost krivulje. Spreminjanje, odstranjevanje ali dodajanje novih vrednostnih papirjev v nabor podatkov ne sme imeti prevelikega ali nesorazmernega vpliva na krivuljo donosnosti. Kriterij robustnosti je še posebej pomemben, če se model uporablja za določanje cen novih izdaj obveznic ali ko model opisuje gibanja na majhnem obvezniškem trgu, kjer bi zapadlost ali nova izdaja obveznice pomembno vplivala na skupno velikost trga. Za zagotavljanje primerne robustnosti modela se pri modeliranju pogosto uporablja metoda najmanjših kvadratov. Problem neenotnosti ocen se navezuje na modele, pri katerih lahko večkratno ponavljanje izračunov pov-

zroči naključno spreminjanje rezultatov, kar zmanjšuje njihovo verodostojnost in ovira nadaljnjo analizo. Nizka numerična stabilnost je pomanjkljivost, ki je značilna za modele z visoko korelacijo osnovnih funkcij (Nymand-Andersen, 2018, str. 38).

Določanje stopnje prilagajanja, gladkosti in stabilnosti krivulje donosnosti je odvisno od namena uporabe krivulje. Absolutno izpolnjevanje posameznega kriterija se vedno izključuje z absolutnim izpolnjevanjem preostalih dveh kriterijev. Visoko prilagajanje vodi do zmanjšanja gladkosti in stabilnosti in obratno. Vsak obravnavan kriterij ima svoje prednosti in slabosti. Z izbiro modela se določi, kateremu kriteriju se bo pri modeliranju dalo prednost. V praksi se najpogosteje upošteva kriterij prilagajanja.

### 3.6.2 Merila ustreznosti izbranega modela

Tehnike modeliranja krivulje donosnosti se običajno primerjajo glede na kriterij prilagajanja krivulje. Poleg kriterija prilagajanja je pri primerjanju potrebno upoštevati tudi gladkost in stabilnost krivulje. Kriterij prilagajanja omogoča objektivno primerjavo različnih tehnik modeliranja, saj se kriterij ocenjuje kvantitativno, in sicer z merami: koren povprečne kvadratne napake, povprečna absolutna napaka in povprečna odstotna napaka. Majhna napaka med teoretično ceno  $\hat{P}$  in dejansko ceno  $P$  obveznice bo zagotovila visoko stopnjo prilagajanja krivulje. Napake je mogoče meriti tudi med teoretičnimi donosi do dospelja  $\widehat{YTM}$  in dejanskim donosom do dospelja obveznice  $YTM$ .

Koren povprečne kvadratne napake (angl. root mean square error, v nadaljevanju  $RMSE$ ) in povprečna absolutna napaka (angl. mean average error, v nadaljevanju  $MAE$ ) merita povprečje absolutnih napak v ocenah cene ali donosa do dospelja. Meri se razlikujeta po tem, da se pri izračunu  $MAE$  vsem napakam pripiše enako utež, medtem ko se pri  $RMSE$  večjim napakam pripiše večjo utež. Meri torej drugače obravnavata učinek ekstremnih vrednosti na ocene napak.  $RMSE_P$  za cene obveznic oziroma  $RMSE_{YTM}$  za donose do dospelja obveznic se izračunata z uporabo naslednjih enačb (Hladíková & Radová, 2012, str. 44):

$$RMSE_P = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(\hat{P}_j - P_j)^2}{N}} \quad (20.1)$$

$$RMSE_{YTM} = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(\widehat{YTM}_j - YTM_j)^2}{N}}. \quad (20.2)$$

$MAE_P$  za cene obveznic oziroma  $MAE_{YTM}$  za donose do dospelja obveznic se izračunata z uporabo naslednjih enačb (Hladíková & Radová, 2012, str. 44):

$$MAE_P = \sum_{j=1}^N \frac{|\hat{P}_j - P_j|}{N} \quad (21.1)$$

$$MAE_{YTM} = \sum_{j=1}^N \frac{|\widehat{YTM}_j - YTM_j|}{N}, \quad (21.2)$$

kjer je  $\hat{P}$  teoretična cena in  $P$  dejanska cena obveznice oziroma  $\widehat{YTM}$  teoretični donos do dospelja in  $YTM$  dejanski donos do dospelja obveznice ter  $N$  število opazovanj.

Povprečna odstotna napaka (angl. mean percentage error, v nadaljevanju MPE) je povprečje odstotnih napak, pri katerih se teoretična cena  $\hat{P}$  oziroma teoretični donosi do dospelja  $\widehat{YTM}$  razlikujejo od dejanske cene  $P$  obveznice oziroma dejanskim donosom do dospelja obveznice  $YTM$ . Mera  $MPE$  za cene oziroma donosnosti do dospelja se izračuna z uporabo naslednjih enačb (Hladíková & Radová, 2012, str. 44):

$$MPE_P = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{(\hat{P}_j - P_j)}{P_j} \quad (22.1)$$

$$MPE_{YTM} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{(\widehat{YTM}_j - YTM_j)}{YTM_j}. \quad (22.2)$$

Obveznica bo pravilno ovrednotena, ko bo njena teoretična cena oziroma njen teoretični donos do dospelja znotraj razpona ponudbe in povpraševanjem za njeno dejansko ceno oziroma za njen dejanski donos do dospelja za izbrani dan vrednotenja. Grum (2007, str. 101) ugotavlja, da je s pomočjo ocenjene diskontne funkcije opredeljena teoretična vrednost obveznic lahko nižja ali višja od tržne cene, na podlagi česar bi lahko sklepali, da je mogoče s trgovalno strategijo, ki zahteva prodajo precenjenih in nakup podcenjenih obveznic, doseči arbitražni dobiček. Dejansko to ni tako, saj je aplicirana diskontna vrednost odvisna od predpostavljene parametrične oblike in tudi drugih obveznic vključenih v ocenitev. Z uporabo drugačne funkcijske oblike in/ali uporabo drugih obveznic pri ocenitvi njenih parametrov bi bili lahko zaključki o precenjenosti oziroma podcenjenosti posamezne obveznice povsem drugačni.

Ustreznost izbranega modela se meri z uporabo razmerja zadetkov (angl. hit ratio, v nadaljevanju HR). Razmerje zadetkov prikazuje razmerje med pravilno ovrednotenimi obveznicami in vsemi obveznicami v naboru ocenjevanja.  $HR$  se izračuna kot (Hladíková & Radová, 2012, str. 44):

$$HR_P = \frac{\text{card}(\hat{P}_j, P_j^O \leq \hat{P}_j \leq P_j^B)}{N} \quad (23.1)$$

$$HR_{YTM} = \frac{\text{card}(\widehat{YTM}_j, YTM_j^O \leq \widehat{YTM}_j \leq YTM_j^B)}{N}, \quad (23.2)$$

kjer je  $\hat{P}_j$  teoretična cena,  $P_j^O$  ponujena cena,  $P_j^B$  povpraševana cena,  $\text{card}(\hat{P}_j, P_j^O \leq \hat{P}_j \leq P_j^B)$  kardinalno število množice ovrednotenih cen obveznic, ki se nahajajo znotraj razpona ponujene in povpraševane cene obveznic. Oziroma kjer je  $\widehat{YTM}_j$  teoretičen donos do dospelja,  $YTM_j^O$  ponujen donos do dospelja,  $YTM_j^B$  povpraševan donos do dospelja,  $\text{card}(\widehat{YTM}_j, YTM_j^O \leq \widehat{YTM}_j \leq YTM_j^B)$  kardinalno število množice ovrednotenih donosov do dospelja, ki se nahajajo znotraj razpona ponujenega in povpraševanega donosa do dospelja obveznic in kjer je  $N$  število vseh opazovanj.

## 4 Trg slovenskih državnih vrednostnih papirjev

Države se na finančnih trgih zadolžujejo z izdajanjem dolžniških kratkoročnih in dolgoročnih vrednostnih papirjev. Trg državnih obveznic predstavlja temelj domačega dolžniškega trga, saj praviloma obsega pomemben del finančnega trga. Država se na nacionalnem finančnem trgu pogosto pojavlja kot največji posojilojemalec. Glede na ročnost vrednostnih papirjev državne vrednostne papirje ločimo na zakladne menice in obveznice. Značilnosti državnih vrednostnih papirjev je, da predstavljajo varno naložbo z nizkim kreditnim tveganjem in posledično nizko donosnostjo. Običajno se državni vrednostni papirji izdajajo na širokem segmentu standardiziranih ročnosti. Kreditno tveganje je odvisno od bonitete države izdajateljice, vendar praviloma velja, da noben rezident države ne more imeti nižjega kreditnega tveganja od države. Republika Slovenija se z izdajanjem vrednostnih papirjev zadolžuje s kratkoročnimi in dolgoročnimi dolžniškimi vrednostnimi papirji in dolgoročnimi posojili.

Slovenija ima glede na primerljivo razvite države slabo razvit trg kapitala. Slednji se je po izbruhu finančne krize še dodatno močno skrčil in še vedno nima pomembnejše vloge pri financiranju gospodarstva. Slovenska podjetja se tradicionalno financirajo z bančnimi posojili in le redko z izdajanjem vrednostnih papirjev na trgu kapitala. Nerazvit trg dolžniškega kapitala povzroča alokacijsko neučinkovitost institucionalnim ali drugim investitorjem in hkrati draži zadolževanje države. Ključni problem slovenskega obvezniškega trga je njegova nelikvidnost. Po mnenju Simonetija (2011, str. 67) je glede na relativno dobro razvitost domačega bančnega sektorja kapitalski trg v velikem razvojnem zaostanku, kar dela slovenski finančni sistem izrazito neuravnoteženega. Trg dolžniškega kapitala je v Sloveniji še vedno relativno slabo razvit, se pa pospešeno razvija tako v smislu povečanja globine kot likvidnosti. Razvit trg državnih vrednostnih papirjev zagotavlja številne pozitivne eksternalije za finančni sistem države in za celotno gospodarstvo.

V poglavju je predstavljeno zadolževanje in upravljanje dolga Republike Slovenije ter osnovne lastnosti in posebnosti slovenskega primarnega in sekundarnega trga državnih vrednostnih papirjev. Izbor instrumentov financiranja države vpliva na oblikovanje krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev, zato so v poglavju predstavljene najpomembnejše značilnosti obveznic Republike Slovenije.

### 4.1 Zadolževanje in upravljanje dolga proračuna Republike Slovenije

Zadolževanje in upravljanje javnega dolga je ena izmed temeljnih nalog države, s katero izvaja fiskalno politiko. Država ima kot upravljavec državnega dolga velik vpliv na domači in delno tudi na mednarodni finančni trg. Funkcija upravljanja javnega dolga države je predvsem v stabilizaciji in razvoju domačega finančnega trga ter v obvladovanju stroškov in tveganja, povezanega s financiranjem javnega dolga. Javni dolg se v primerjavi z zasebnim dolgom razlikuje v tem, da se pri odločitvah o javnem dolgu upošteva splošni vidik razvoja finančnega trga in ne izključno zgolj stroškovni vidik. Pri upravljanju javnega dolga oziroma določanju obsega in izvedbe zadolževanja države je potreben nabor ustreznih instrumentov financiranja, ki omogočajo uravnavanje cikličnih nihanj v gospodarstvu. Vloga fiskalne politike torej je, da skupaj z

denarno politiko zagotavlja makroekonomsko stabilnost države. V praksi se je izkazalo, da države pri zadolževanju in upravljanju javnega dolga primarno zasledujejo cilj zmanjševanja stroškov in zmanjševanja tveganja, povezanega s stroški zadolževanja, in šele nato cilj razvoja domačega finančnega trga. Funkcija upravljanja javnega dolga zahteva usklajevanje več dejavnikov, kot so organizacija upravljanja javnega dolga, struktura ročnosti javnega dolga, valutna struktura javnega dolga, lastniška struktura javnega dolga ter način izdaje in trgovanja državnih vrednostnih papirjev za namen financiranja javnega dolga. Države se praviloma zadolžujejo na finančnem trgu, kar jim omogoča fleksibilnejše in tržno usmerjeno upravljanje javnega dolga. Na zadolževanje in upravljanje z dolgom državnega proračuna vplivajo pogoji finančnega trga, kreditno tveganje države, kakovost makroekonomskih politik države in institucionalne zmožnosti izvrševanja reform.

Struktura ročnosti državnih vrednostnih papirjev je eden od bistvenih parametrov upravljanja javnega dolga. Ob normalni ali naraščajoči krivulji donosnosti je kratkoročno zadolževanje države najcenejše, vendar je lahko zgolj poudarjanje kratkoročnih stroškov z vidika procesa upravljanja javnega dolga napačno. V skladu s teorijo pričakovanj je dolgoročna obrestna mera enaka pričakovani povprečni obrestni meri kratkoročnega obdobja. Če se predpostavlja še teorija preferenčnega habitata, postane dolgoročna obrestna mera v normalnih pogojih zaradi zahtevane premije za ročnost višja od kratkoročne obrestne mere. Ozko gledano bi bila lahko optimalna strategija zadolževanja in upravljanja dolga izključno kratkoročno zadolževanje. Pri upravljanju dolga poleg stroškov zadolževanja predstavlja pomemben dejavnik tudi vidik zmanjševanja tveganja zadolževanja. Kratkoročno zadolževanje predstavlja za državo večje tveganje refinanciranja. In navsezadnje, večkratno (re)financiranje za državo pomeni tudi večjo efektivno obrestno mero, saj organizacija novih izdaj povzroča dodatne stroške (Dolenc, 2006, str. 41–42; Zadavec, 2004, str. 64–67).

V imenu Republike Slovenije izvaja zadolževanje in upravljanje javnega dolga MF. Republika Slovenija se na finančnih trgih zadolžuje z izdajanjem obveznic in zakladnih menic. Za doseganje preostalih ciljev se lahko Republika Slovenija v manjšem obsegu zadolžuje tudi z uporabo drugih dolgoročnih instrumentov financiranja. Osnovno načelo zadolževanja in upravljanja z dolgom državnega proračuna Republike Slovenije je uskladitev dolgoročno čim nižjega stroška zadolževanja s strukturo ročnosti državnega dolga, ki zagotavlja primerno raven tveganja refinanciranja dolga ter valutno in obrestno strukturo državnega dolga, ki zagotavlja čim manjšo izpostavljenost tečajnim, obrestnim in drugim tveganjem. Struktura instrumentov zadolževanja, razmerje med kratkoročnim in dolgoročnim financiranjem in dinamika zadolževanja se v programu financiranja praviloma načrtuje na podlagi strateških ciljev in načel zadolževanja za proračun Republike Slovenije in ocenjene dinamike proračunskih denarnih tokov. Vse izdaje državnih vrednostnih papirjev morajo biti pregledne in predvidljive. Republika Slovenija se zadolžuje na podlagi Programa financiranja državnega proračuna Republike Slovenije, kjer določi obseg in izvedbo zadolževanja Republike Slovenije za tekoče leto. Odločitve o načinu izdaje ter ročnosti posameznega državnega vrednostnega papirja se sprejme glede na razmere na trgu. Informacija o cenah dolžniških državnih vrednostnih papirjev, ki se oblikuje na aktivnem sekundarnem trgu, pomembno vpliva na odločitve o načinu izvedbe novega zadolževanja države. Republika Slovenija pri

upravljanju državnega dolga zasleduje tudi nekatere strateške cilje, s katerimi želi zagotoviti pravočasnost financiranja oziroma izvrševanja državnega proračuna. Strateški cilji so: minimiziranje dolgoročnih stroškov financiranja s sprejemljivim tveganjem refinanciranja in sprejemljivim valutnim, obrestnim tveganjem in drugimi tržnimi tveganji, izvedbo transakcij z uporabo tržnih metod, širitev investicijskega zaledja, zagotovitev stalnega in zanesljivega dostopa do virov financiranja, povečanje likvidnosti državnih vrednostnih papirjev ter razvoj sekundarnega trga državnih vrednostnih papirjev (MF, 2018, str. 1).

Na nastanek in gibanje dolga državnega proračuna Republike Slovenije je v obdobju od nastanka samostojne države Slovenije vplivalo več dejavnikov, in sicer prevzemi dela dolga bivše federativne republike v procesu sukcesije po njenem razpadu in prevzemi dolga pravnih subjektov, program sanacije bančnega in realnega sektorja v zgodnjih devetdesetih letih in sanacija bank v letih 2013 in 2014, financiranje posebnih razvojnih programov, financiranje primanjkljaja državnega proračuna, dodatno zadolževanje za predfinanciranje, tj. povečano zadolževanje v tekočem letu za odplačilo dolga iz naslova glavnice prihodnjih dveh proračunskih let in od leta 2010 naprej tudi finančna pomoč, namenjena državam članicam Evropske unije (v nadaljevanju EU), neposredna finančna pomoč Grčiji in pomoč evropskih mehanizmov za stabilnost. S povečevanjem zadolževanja državnega proračuna po letu 2008 se je zadolževanje Republike Slovenije leta 2015 zmanjšalo. V vmesnem času je bila zadolženost Slovenije zaradi nastanka recesije z dvojnimi dnom, dolgoletnih vztrajanjih javnofinančnih primanjkljajev in zaradi enkratnih dejavnikov, kot so bile finančne pomoči držav članicam, med največjimi v EU. V obdobju od 2016 do 2018 se je delež dolga Republike Slovenije hitro zniževal. Hitro zniževanje deleža dolga so omogočili presežki proračuna ter ugodna gospodarska rast. Nominalno je v letu 2018 ostajal dolg nespremenjen. Zaradi omenjenih razmer in ob aktivnem upravljanju dolga, ki je v letu 2018 vključevalo zamenjave v krizi izdanih dolarskih obveznic z visoko obrestno mero, je postala implicitna obrestna mera zadolževanja Republike Slovenije nižja, in sicer 2,9 %, ta je v letu 2008 znašala 5,7 % (MF, 2018, str. 16; UMAR, 2018, str. 71).

## **4.2 Slovenski kapitalski in denarni trg**

Slovenski trg obveznic je kljub številnim prizadevanjem za povečevanje njegove likvidnosti in globine še vedno relativno slabo razvit. Po številu izdaj in tržni kapitalizaciji na slovenskem trgu obveznic prevladujejo državne obveznice. V nadaljevanju so predstavljene nekatere značilnosti slovenskega primarnega in sekundarnega trga kapitala.

### **4.2.1 Primarni trg in načini izdaje vrednostnih papirjev**

Primarni trg je trg, na katerem izdajatelj prvič proda vrednostni papir. Gre torej za infrastrukturo, ki omogoča izdajateljem izdajo vrednostnega papirja, ki pa je lahko bodisi dolžniški ali tudi lastniški. Država se na primarnem trgu zadolžuje z izdajo državnih vrednostnih papirjev. Dobro delovanje primarnega trga državnih vrednostnih papirjev je nujno za normalno financiranje države, zato ima država odgovornost vzpostaviti in razvijati primarni trg državnih vrednostnih papirjev. Oblika primarnega trga državnih vrednostnih papirjev je odvisna od nekaterih dejavnikov oziroma strateških

odločitev države. Primarni trg državnih vrednostnih papirjev mora biti stroškovno učinkovit, k sodelovanju mora spodbuditi širok krog vlagateljev, vključno s tujimi vlagatelji, zagotoviti konkurenčnost tržnih udeležencev, zagotoviti čim manjše tveganje neizdaje državnih vrednostnih papirjev in biti transparenten. Primarni trg državnih vrednostnih papirjev vključuje različne tehnike prodaje. Uporabljajo se prodaje s avkcijami, sindicirane prodaje ali odprte ponudbe, ki pa so lahko časovno omejene ali pa tudi ne. Izbira ustrezne tehnike prodaje je običajno odvisna od razvitosti primarnega in sekundarnega finančnega trga.

V razvitih državah in na vseh pomembnejših finančnih trgih so avkcije najbolj uporabljen način prodaje državnih vrednostnih papirjev. Sindicirane prodaje so priporočljive le v začetnem obdobju razvoja trgov, ko na trgu ni dovolj ponudnikov, in na primeru majhnih držav z manj razvitim finančnim trgom, kjer je malo tržnih udeležencev in kjer bi bilo zaradi tega avkcije državnih vrednostnih papirjev težko oziroma neekonomično organizirati. Država se lahko odloči za prodaje državnih vrednostnih papirjev tudi s pomočjo odprte ponudbe, kar pomeni, da objavi ponudbo za vpis državnih vrednostnih papirjev v določenem obdobju po določeni fiksni ali nominalni ceni. Tovrstna prodaja je lahko precej fleksibilna in prilagodljiva za doseganje likvidnostnih potreb državnega proračuna, saj omogoča sodelovanje manjših investorjev. Za avkcijski način prodaje velja, da je takšen način prodaje državnih vrednostnih papirjev najbolj fleksibilen in transparenten in zagotavlja državi najnižje stroške zadolževanja, zato je tudi najbolj pogost sistem prodaje državnih vrednostnih papirjev na primarnem trgu. Državne obveznice in zakladne menice se torej običajno izdajajo na avkcijah, na katerih lahko neposredno sodelujejo udeleženci primarnega trga, in sicer so to slovenske banke, borzno posredniške hiše ter v zadnjem času tudi tuje investicijske banke in podjetja (Dolenc, 2006, str. P15-P16; Grum, 2007, str. 148). Država svoje vrednostne papirje na avkcijah ne prodaja neposredno končnim vlagateljem, temveč prodajo izvrši preko primarnih vpisnikov, ki imajo pravico dostopa na avkcijah. Ostali vlagatelji lahko državne vrednostne papirje kupujejo posredno po pooblaščenih vpisnikih na primarnem trgu ali na sekundarnem trgu. Udeleženci primarnega trga oziroma primarni vpisniki so finančni posredniki, ki jih izbere država. Primarni vpisniki so zavezani k uradnemu vzdrževanju trga državnih obveznic na sekundarnem trgu. Njihova naloga je, da kot uradni vzdrževalci likvidnosti pospešujejo prodajo državnih vrednostnih papirjev in drugim vlagateljem omogočajo nakup v primarni izdaji.

Republika Slovenija se pri izvrševanju prodaje državnih vrednostnih papirjev poslužuje sindiciranega in/ali avkcijskega načina prodaje. Zadolževanje z izdajami zakladnih menic se izvršuje na avkcijski način. Avkcije zakladnih menic predvidenih ročnosti so razpisane skladno s koledarjem avkcij. Okvirna višina in dejansko doseženi obseg posamezne izdaje zakladnih menic pa je odvisen od povpraševanja in tržnih pogojev na dan avkcije. Izdaje državnih obveznic Republike Slovenije se izvajajo s ponudbo javnosti na domačem trgu in na sindiciran ali avkcijski način na tujem trgu.

#### **4.2.2 Sekundarni trg in trgovanje državnih vrednostnih papirjev**

Primarni trg lahko stroškovno učinkovito deluje le v primeru aktivno delujočega sekundarnega trga instrumentov. Sekundarni trg državnih vrednostnih papirjev je trg,



na katerem se lastništvo državnih vrednostnih papirjev prenaša z enega na drugega. Za delovanje sekundarnega trga je potrebno zagotoviti ustrezno količino novih izdaj državnih vrednostnih papirjev ter vzpostaviti primerno infrastrukturo, na kateri bodo lahko udeleženci primarnega trga lahko omogočili drugim vlagateljem nakupe državnih vrednostnih papirjev. Učinkovit, likviden in transparenten sekundarni trg državnih vrednostnih papirjev zagotavlja državi znatne ugodnosti pri izdaji državnih vrednostnih papirjev. Država mora zato v vlogi regulatorja finančnega trga ustvariti oziroma promovirati takšno strukturo trga državnih vrednostnih papirjev, ki zagotavlja transparentno in pravično poslovanje udeležencev finančnega trga, kar je mogoče le na učinkovitem trgu državnih vrednostnih papirjev.

Državni vrednostni papirji se razlikujejo od drugih finančnih instrumentov. Ena izmed bistvenih značilnosti državnih vrednostnih papirjev je praviloma likviden in globok oziroma učinkovit sekundarni trg teh instrumentov. V primeru učinkovitega trga državnih vrednostnih papirjev lahko investitorji te instrumente obravnavajo kot substitut denarju. Za učinkovit finančni trg je značilno, da ima izvrševanje transakcij na finančnem trgu nizke stroške, ponudba za nakup in prodajo je stalna, dostop do trgovalnih sistemov in posrednikov, ki zagotavljajo izvršitev in poravnavo želene transakcije, pa varna in učinkovita.

Z vstopom Republike Slovenije v ekonomsko in monetarno unijo (v nadaljevanju EMU) so slovenski državni vrednostni papirji postali del skupnega evropskega finančnega trga. Kljub skupnemu evropskemu finančnemu trgu pa investitorji zaradi različne razvitosti posameznih gospodarstev in likvidnosti trgov obveznicam različnih držav ne predpisujejo enake kakovosti in varnosti. Državna zakladnica mora zato kot največji udeleženec domačega trga spodbujati razvoj likvidnega domačega finančnega trga. Z vzpostavitvijo skupnega evropskega finančnega trga sta se morali konkurenčnost in tržna prilagodljivost državnih zakladnic bistveno povečati (Dolenc, 2006, str. 32).

Sekundarni trg za državne vrednostne papirje Republike Slovenije se izvaja na borznem trgu, ki je namenjen manjšim transakcijam in na elektronski trgovni platformi MTS Slovenia. Državni vrednostni papirji Republike Slovenije, denominirani v evrih, so uvrščeni na Ljubljansko borzo. Obveznice Republike Slovenije, denominirane v ameriških dolarjih, so uvrščene na Luksemburško borzo. Z referenčnimi obveznicami, denominiranimi v evrih, se trguje na trgovni platformi MTS Slovenia. Z vstopom Republike Slovenije v EMU so slovenski državni vrednostni papirji postali del skupnega evropskega finančnega trga. Zaradi integracije slovenskih državnih vrednostnih papirjev na skupen evropski trg je bilo potrebno zagotoviti primerno stroškovno in operativno učinkovito in primerljivo trgovno infrastrukturo s sistemi drugih držav članic. Najbolj razširjena elektronska trgovna platforma za trgovanje z državnimi obveznicami na skupnem evropskem trgu državnih obveznic je platforma MTS. Omenjen sistem je omogočil konsolidacijo evropskega finančnega trga in predstavlja eno tržno platformo, v katero se vključene druge države. Z ustanovitvijo slovenske divizije MTS Slovenija se je zagotovil trgovni sistem za trgovanje s slovenskimi državnimi vrednostnimi papirji. Udeleženci MTS Slovenije so lahko poleg primarnih vpisnikov tudi druge institucije, ki izpolnjujejo kriterije, določene s pravili trgovanja. Z vzpostavitvijo enotnega trgovnega sistema se kažejo možnosti po večji likvidnosti obveznic

in geografski razpršenosti lastništva teh in oblikovanju evropske referenčne krivulje donosnosti najbolj likvidnih državnih obveznic.

#### **4.2.3 Tržna kapitalizacija in likvidnost državnih vrednostnih papirjev**

Na borznem trgu Ljubljanske borze vrednostnih papirjev je v letu 2018 kotiralo devetnajst obveznic Republike Slovenije s skupno tržno kapitalizacijo 26,3 milijarde EUR. Skupni obseg opravljenega prometa z obveznicami Republike Slovenije je predstavljal 2,9 % vsega prometa z obveznicami na borznem trgu Ljubljanske borze, d. d. Tržna kapitalizacija obveznic se glede na ostale segmente kapitalskega trga postopoma povečuje. Med izdajatelji še vedno prevladuje Republika Slovenija, sledijo obveznice nefinančnih paradržavnih podjetij. Pred nastankom finančne krize so se na slovenskem trgu kapitala zadolževala različna finančna podjetja. Izvajanje ekspanzivno naravnane denarne politike centralnih bank je vodilo do znižanja ključnih obrestnih mer ter posledično znižanja stroškov financiranja finančnih podjetij. Finančna podjetja se zaradi drugih ugodnejših virov financiranja v zadnjem času na trgu kapitala ne zadolžujejo več. Slovenska podjetja se še vedno praviloma zadolžujejo z bančnimi posojili in ne z izdajami vrednostnih papirjev. Na slovenskem kapitalnem trgu se je sicer razvila osnovna infrastruktura, ki jo potrebuje vsak trg, a nizka likvidnost in pomanjkanje globine trga kaže, da je slovenski kapitalni trg še daleč od tega, da bi se ga lahko imelo za aktivnega in učinkovitega (Mastnak, 2010, str. 87).

Slovenski kapitalni trg je v primerljivi z drugimi trgi v EU bistveno manj likviden. Likvidnost trga je za investitorje ključnega pomena, saj likviden trg vlagateljem omogoča, da lahko vrednostne papirje kadarkoli kupijo ali prodajo po transparentni tržni ceni brez bistvene izgube in lahko posledično po transparentni ceni tudi vrednotijo svoj portfelj. Likvidnost je torej pomemben kriterij, ki vpliva na naložbene odločitve vlagateljev, prav tako pa vpliva tudi na nižje stroške kapitala za izdajatelje. Država si mora prizadevati, da z določanjem primerne strukture izdaj državnih vrednostnih papirjev spodbuja razvoj finančnega trga. Rastoče zahteve investitorjev po likvidnosti na evropskem kakor tudi na drugih trgih državnih vrednostnih papirjev silijo države izdajateljice v povečevanje nominalne vrednosti izdaj obveznic na skupnem evropskem trgu. Zaradi potrebe po večji likvidnosti državnih obveznic in večji stroškovni in operativni učinkovitosti so države EU v zadnjih letih sprejele številne ukrepe harmonizacije organiziranosti primarnega in sekundarnega trga državnih vrednostnih papirjev. Ukrepi zajemajo predvsem izdaje instrumentov standardnih ročnosti in velikosti izdaj, standardne postopke in metode izdaj, standardno organizacijo sistema primarnih vpišnikov in uradnih vzdrževalcev trga, vzpostavitev standardne trgovalne platforme in zagotovitev učinkovitega sistema poravnave.

#### **4.3 Ročnostna struktura slovenskih državnih vrednostnih papirjev**

Država se lahko zadolžuje na kratkoročnem ali dolgoročnem segmentu krivulje donosnosti. Na določanje ročnosti državnih vrednostnih papirjev vplivata vidik zmanjševanja stroškov zadolževanja in vidik zmanjševanja tveganja refinanciranja državne zakladnice. Ob normalnem stanju gospodarstva bi država, ki želi doseči najnižja stroške zadolževanja na finančnem trgu, vse svoje vrednostne papirje izdala na izključno krat-

koročnem segmentu. Ker so na kratkoročnem segmentu zahtevane obrestne mere najnižje, bo to vodilo v zmanjšanje stroškov zadolževanja. Ob zasledovanju cilja zmanjševanja stroškov zadolževanja bi bila optimalna strategija države zgolj kratkoročno zadolževanje. V praksi se države zadolžujejo tudi na dolgoročnem segmentu krivulje donosnosti, zato ima očitno kratkoročno zadolževanje lahko tudi negativne posledice. Kratkoročno zadolževanje bo vodilo do povečanega tveganja refinanciranja oziroma povečanja kratkoročnega fiskalnega tveganja države.

MF pri izboru ročnosti instrumentov upošteva načelo upravljanja s tveganjem refinanciranja in določanja ročnosti posamezne zadolžitve glede na višino odplačil glavnice že obstoječega dolga državnega proračuna v posameznih letih. Pri tem upošteva obliko krivulje donosnosti in likvidnost dolžniških državnih vrednostnih papirjev različnih ročnosti (MF, 2018, str. 5). Pregled strukture ročnosti ob izdaji slovenskih državnih obveznic kaže, da se Republika Slovenija na finančnih trgih primarno zadolžuje na dolgoročnem segmentu krivulje donosnosti. Državni proračun je bil konec leta 2018 sestavljen iz 97 % dolgoročnih instrumentov ter iz 3 % kratkoročnih instrumentov.

## **5 Modeliranje brezkuponske krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev**

Izbira tehnike modeliranja krivulje donosnosti lahko v primeru držav z manj razvitim in manj likvidnim finančnim trgom močno vpliva na končno oceno krivulje donosnosti. Uporaba teoretičnih promptnih obrestnih mer je razširjena na več področij v financah. Odstopanja, ki nastanejo zaradi različnih predpostavk modelov, lahko pomembno vplivajo na nadaljnje ocene vrednotenja. V poglavju je obravnavan problem izbire najprimernejše metode modeliranja krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Osrednji namen empiričnega dela magistrskega dela je izvedba modeliranja brezkuponske krivulje donosnosti na primeru podatkov o slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Modeliranje je izvedeno z uporabo dveh parametričnih modelov: Nelson-Siegelovega in Svenssonovega modela. Poleg izvedbe modeliranja je podana kvantitativna primerjava rezultatov modelov. V zadnjem poglavju je predstavljena sklepna ugotovitev glede ustreznosti uporabe obravnavanih modelov na podatkih o slovenskih državnih vrednostnih papirjev.

### **5.1 Izbrana metodologija in model**

Osrednji raziskovalni problem magistrske naloge se nanaša na vprašanje izbire najprimernejšega parametričnega modela za ocenjevanje krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Pri modeliranju brezkuponske krivulje donosnosti sta uporabljena parametrična modela Nelson-Siegel in Svensson. Pri obeh modelih je uporabljena izvorna metodologija avtorjev Nelson in Siegel (1987) in Svensson (1994). Podrobnejša teoretična razlaga uporabljenih parametričnih modelov je predstavljena v podpoglavju 3.4.1 in 3.4.2.

Brezkuponska krivulja donosnosti je najprej ocenjena z uporabo modela Nelson-Siegel. Pri modeliranju bo uporabljena naslednja funkcija modela (Nelson & Siegel, 1987, str. 475; BIS, 2005, str. 9):

$$\begin{aligned}
s_m = \beta_0 + \beta_1 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} \\
+ \beta_2 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right].
\end{aligned} \tag{17}$$

Svenssonov model je v primerjavi z Nelson-Siegelovim modelom razširjen za dodatna dva parametra. Brezkuponska krivulja donosnosti bo ocenjena z uporabo naslednje funkcije Svenssonovega modela (Svensson, 1994, 6-7; BIS, 2005, str. 9):

$$\begin{aligned}
s_m = \beta_0 + \beta_1 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(-\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} \\
+ \beta_2 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_1}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \right] \\
+ \beta_3 \left[ \left[ 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \right] \left(\frac{m}{\tau_2}\right)^{-1} - \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \right].
\end{aligned} \tag{19}$$

## 5.2 Podatki

Modeliranje krivulje donosnosti je izvedeno na podatkih slovenskih državnih vrednostnih papirjev. V analizo so vključene izključno slovenski vrednostni papirji, ki so konec leta 2018 kotirali na borznem trgu Ljubljanske borze, d. d.

Nyman-Andersen (2018, str. 26) v priporočilih ECB-ja glede oblikovanja vzorca vrednostnih papirjev za modeliranje brezakuponskih krivulj donosnosti ugotavlja, da obveznice, ki se približujejo zapadlosti, izkazujejo nestabilne donose, ki ne odražajo realnih razmer na obvezniškem trgu. ECB pri modeliranju krivulje donosnosti državnih vrednostnih papirjev predlaga uporabo dolžniških vrednostnih papirjev z rezidualno ročnostjo od treh mesecev do tridesetih let. Prav tako ECB pri konstruiranju kratkoročnega segmenta krivulje donosnosti odsvetuje uporabo instrumentov denarnega trga, tj. zakladnih menic ali obrestnih mer denarnega trga.

Konec leta 2018 je na organiziranem borznem trgu Ljubljanske borze, d.d., kotiralo devetnajst državnih vrednostnih papirjev. Izmed navedene množice obveznic so bile izključene obveznice s spremenljivo obrestno mero oziroma indeksirane obveznice, obveznice s tujo valuto denominacije in obveznice s pravico izdajatelja do predčasnega odkupa obveznice. Upoštevane so bile obveznice z rezidualno ročnostjo od enega do sedemindvajsetih let. V krivuljo donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev – v skladu s priporočili – niso bile vključene obveznice s krajšimi rezidualnimi ročnostmi od enega leta in zakladne menice. Pregled borznega prometa z zakladnimi menicami kaže, da se s slovenskimi zakladnimi menicami v letu 2018 na organiziranem sekundarnem trgu ni trgovalo, zato ni mogoče ugotoviti pravih tržnih cen in donosnosti.

Navedenim kriterijem je konec leta 2018 ustrezalo štirinajst obveznic, in sicer obveznice z oznakami RS63, RS66, RS67, RS69, RS70, RS71, RS73, RS74, RS75, RS76, RS77, RS78, RS79 in RS80. Ker se z navedenimi obveznicami trguje na sekundarnem obvezniškem trgu, se predpostavlja, da podatki o donosih in cenah obveznic izkazu-

jejo prave tržne vrednosti. Tabela 1 prikazuje osnovne lastnosti obveznic, vključene v nabor za modeliranje krivulje donosnosti. Podrobnejša predstavitev posameznih obveznic, vključenih v krivuljo donosnosti, je podana v prilogi 1.

*Tabela 1: Državne obveznice vključene v krivuljo donosnosti*

Oznaka papirja	ISIN koda	Datum izdaje	Datum dospetja	Obrestna mera	Obseg izdaje	Valuta
RS63	SI0002102794	6. 2. 2008	6. 2. 2019	4,375 %	1.198.558.000	EUR
RS67	SI0002103057	26. 1. 2010	27. 1. 2020	4,120 %	1.645.715.000	EUR
RS69	SI0002103149	18. 1. 2011	18. 1. 2021	4,375 %	1.605.866.000	EUR
RS71	SI0002103388	8. 4. 2014	8. 4. 2021	3,000 %	1.000.000.000	EUR
RS73	SI0002103453	4. 11. 2014	25. 3. 2022	2,250 %	1.000.000.000	EUR
RS66	SI0002102984	9. 9. 2009	9. 9. 2024	4,625 %	1.500.000.000	EUR
RS75	SI0002103545	28. 7. 2015	28. 7. 2025	2,125 %	2.000.000.000	EUR
RS70	SI0002103164	30. 3. 2011	30. 3. 2026	5,125 %	1.500.000.000	EUR
RS79	SI0002103685	24. 1. 2017	22. 3. 2027	1,250 %	1.800.000.000	EUR
RS80	SI0002103776	11. 1. 2018	6. 3. 2028	1,000 %	1.500.000.000	EUR
RS77	SI0002103602	3. 3. 2016	3. 3. 2032	2,250 %	2.000.000.000	EUR
RS74	SI0002103487	25. 3. 2015	25. 3. 2035	1,500 %	2.000.000.000	EUR
RS78	SI0002103677	3. 11. 2016	3. 11. 2040	1,750 %	1.500.000.000	EUR
RS76	SI0002103552	7. 8. 2015	7. 8. 2045	3,125 %	1.000.000.000	EUR

*Vir: MF (brez datuma) in KDD (brez datuma).*

Za nabor obveznic, ki so navedene v tabeli 1, so bili zajeti podatki, ki predstavljajo časovno serijo donosov do dospetja in “čistih” cen obveznic v obdobju od januarja 2018 do decembra 2018. Krivulje donosnosti so bile ocenjene na vsak zadnji dan trgovanja v mesecu, in sicer za obdobje od januarja 2018 do decembra 2018. Podatki o obveznicah so bili zajeti dne 26. 4. 2019 s strani MF. Podatki o realiziranih donosih obveznic so bili zajeti dne 2. 5. 2019 iz informacijskega sistema Bloomberg.

### 5.3 Rezultati

Na podlagi podatkov je bila s pomočjo funkcij `fitNelsonSiegel` za Nelson-Sieglov model in `fitSvensson` za Svenssonov model v Matlabu 9.3 konstruirana krivulja donosnosti za slovenske državne vrednostne papirje. Modeliranje krivulje je bilo izvedeno s podatki predstavljenimi v podpoglavju 5.2. Rezultat modeliranja predstavlja štiriindvajset brez kuponovskih krivulj donosnosti, od katerih jih je polovica ocenjena z uporabo Nelson-Sieglovega modela, in polovica s Svenssonovim modelom. Na podlagi ocenjenih krivulj donosnosti je v nadaljevanju podana primerjava rezultatov modelov s kriterijem prilaganja. Ocene modelov so primerjene z uporabo RMSE, MAE, MPE in z uporabo HR.

Parametri modelov Nelson-Siegel in Svensson opredeljujejo obliko funkcije brez kuponovske krivulje donosnosti in so ocenjeni na podlagi minimizacije kvadratov odklonov teoretičnih cen obveznic ali njihovih stopenj donosa od dejanskih tržnih opazovanih

vrednosti. Tabela 2 prikazuje parametre Nelson-Sieglovega za vse ocenjene krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev.

*Tabela 2: Parametri Nelson-Sieglovega modela*

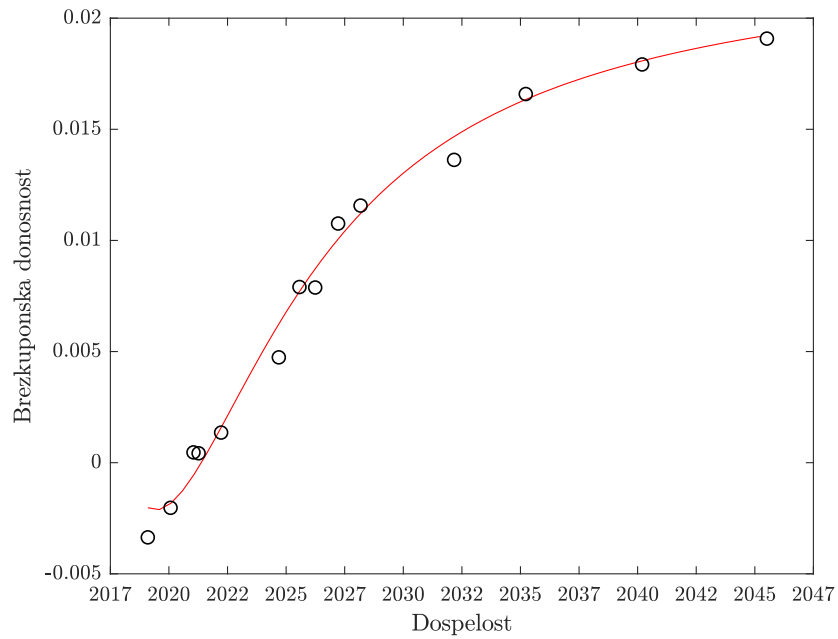
Datum	Nelson-Sieglov model			
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\tau_1$
31. 1. 2018	2,5736	-2,5736	-4,1927	2,2187
28. 2. 2018	2,8212	-2,8212	-4,6688	1,9633
29. 3. 2018	2,4896	-2,4896	-4,9245	1,9714
30. 4. 2018	2,5866	-2,5866	-4,6615	1,9990
31. 5. 2018	2,6203	-2,2973	-4,9074	2,0167
29. 6. 2018	2,4043	-2,4043	-4,3482	2,0126
31. 7. 2018	2,4530	-2,4530	-4,2603	2,2273
31. 8. 2018	2,5075	-2,5075	-4,3232	2,2732
28. 9. 2018	2,5516	-2,5516	-4,2386	2,1531
31. 10. 2018	2,5319	-2,5319	-4,6122	1,8245
30. 11. 2018	2,7330	-2,7330	-4,8257	2,1116
28. 12. 2018	2,7309	-2,7309	-5,0841	2,1752

*Vir: Lastno delo.*

Pri konstrukciji Nelson-Sieglove krivulje donosnosti je potrebno predhodno v skladu s funkcijskim zapisom modela opredeliti štiri parametre,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\tau_1$ . Kot je razvidno iz tabele 2, je pri vseh konstruiranih krivuljah dosežen pogoj  $|\beta_1| \geq |\beta_2|$ , ki opredeljuje nastanek značilnih naraščajočih ali padajočih krivulj donosnosti. Konveksnost oziroma konkavnost krivulje določata predznaka parametrov  $\beta_1$  in  $\beta_2$ . Zaradi negativnih vrednostih parametra  $\beta_2$  bo na krivulji nastala kotanja. Vrednost parametra  $\tau_1$  predstavlja pozicijo kotanje na krivulji donosnosti. Krivulja asimptotično konvergira k parametru  $\beta_0$  in predstavlja pričakovano dolgoročno obrestno mero. Parametri Svenssonovega modela imajo enak vsebinski pomen kot parametri Nelson-Siegelovega modela, s to razliko, da parametra  $\beta_3$  ter  $\tau_2$  omogočata možnost dodatnega prevoja. Parametri konstruiranih krivulj donosnosti obeh modelov zajemajo podobne vrednosti.

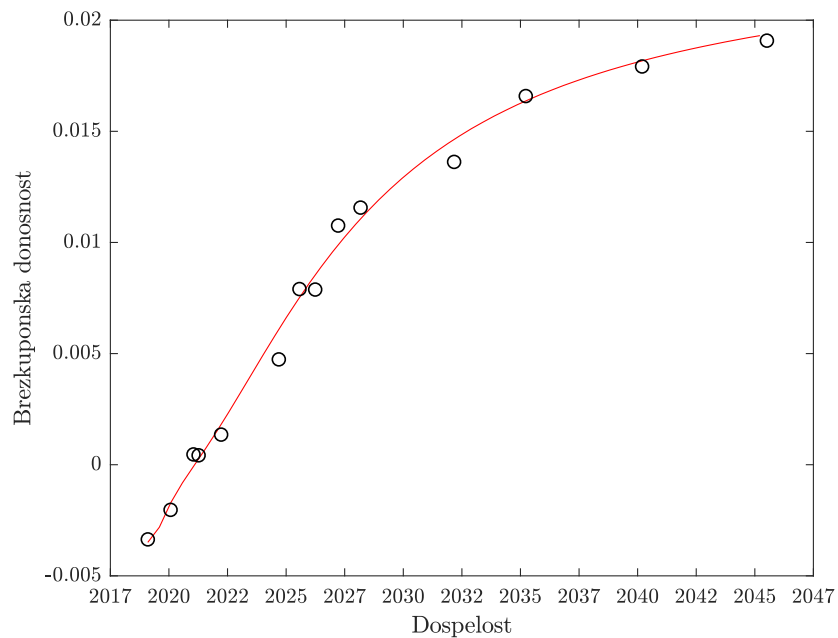
Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev je sestavljena iz nabora primerljivih obveznic različnih rezidualnih ročnosti. Slike 4–27 prikazujejo konstruirane krivulje z uporabo Nelson-Sieglovenga in Svenssonovega modela. Na slikah so z rdečo črto označene krivulje, ki predstavljajo rezultat ocen modela. Dejanske tržne brezkuponske stopnje donosa so na slikah prikazane s črnimi točkami. Kot je razvidno, se splošna oblika krivulje donosnosti med obema modeloma bistveno ne spreminja, se pa v manjši meri spreminja njihovo prilagajanje med posameznimi točkami. V nadaljevanju tabeli 3 in 4 prikazujeta teoretične donose slovenskih državnih obveznic za različne ročnosti. Donosi so izračunani na podlagi predhodno konstruiranih teoretičnih krivulj donosnosti Nelson-Sieglovega in Svenssonovega modela.

Slika 4: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 1. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



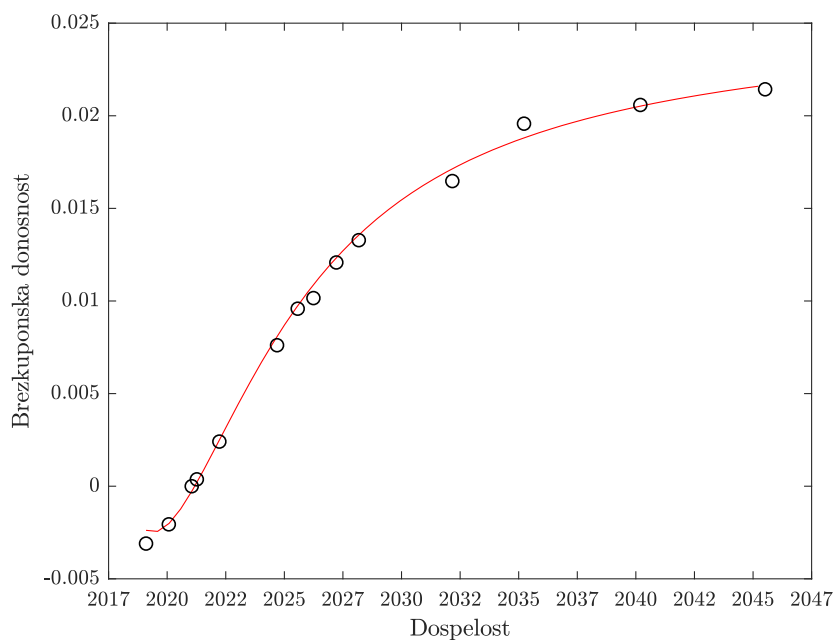
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 5: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 1. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



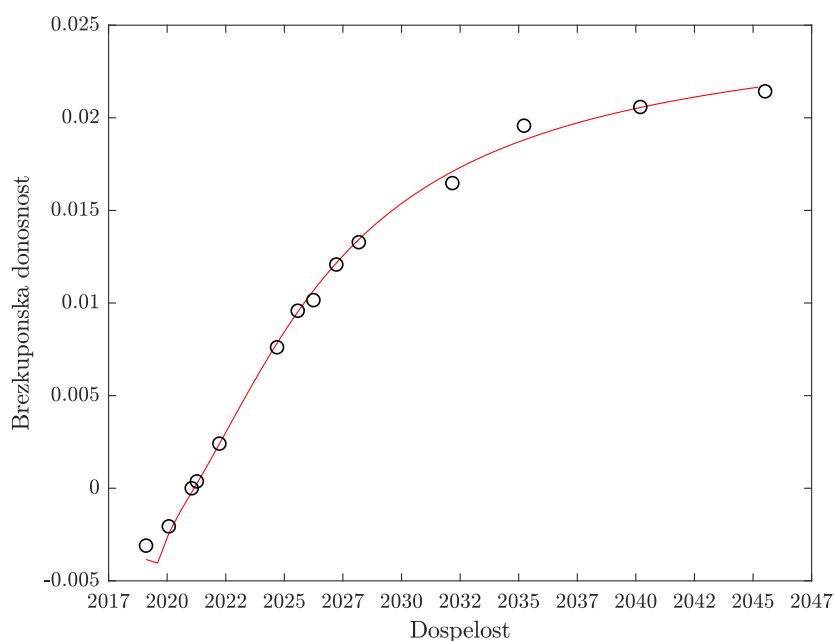
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 6: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 2. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

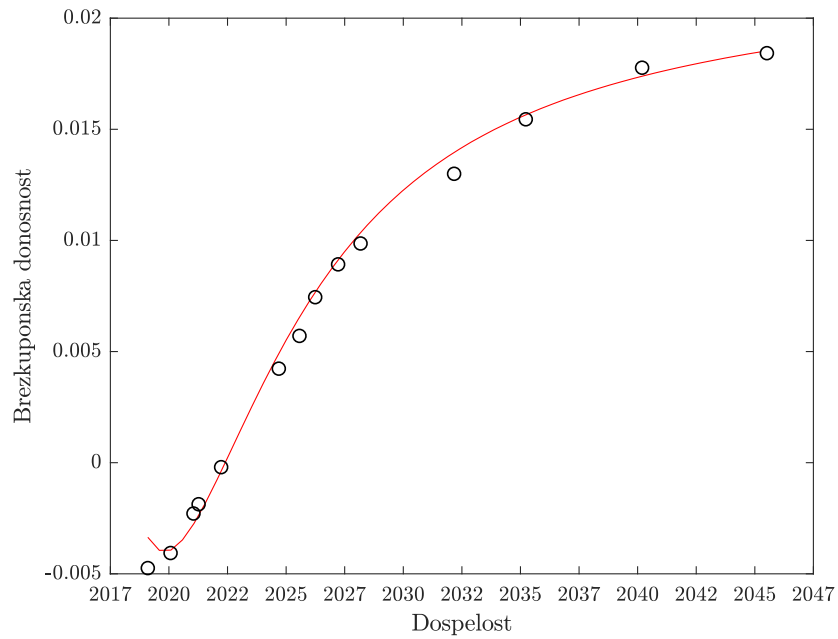
Slika 7: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 2. 2018, ocenjena z uporabo Svernssovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

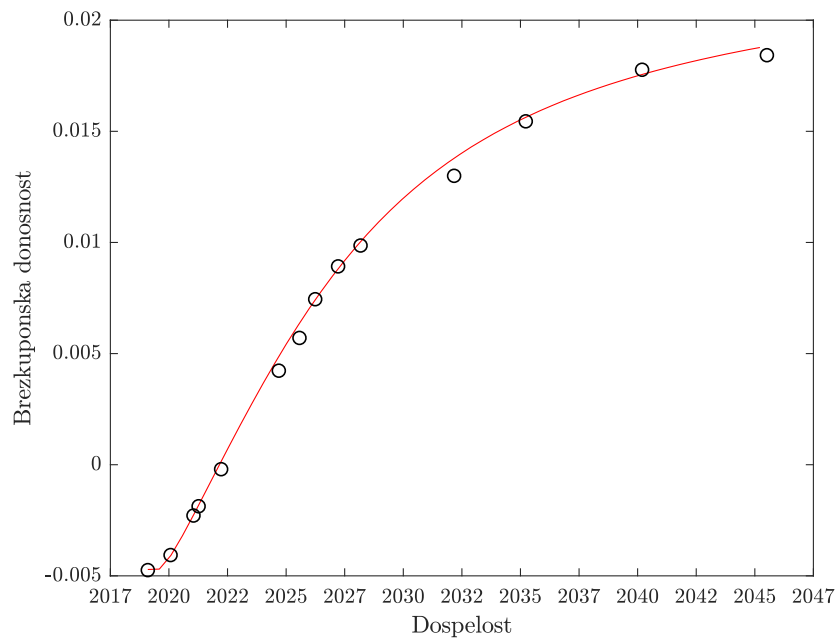


Slika 8: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 3. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



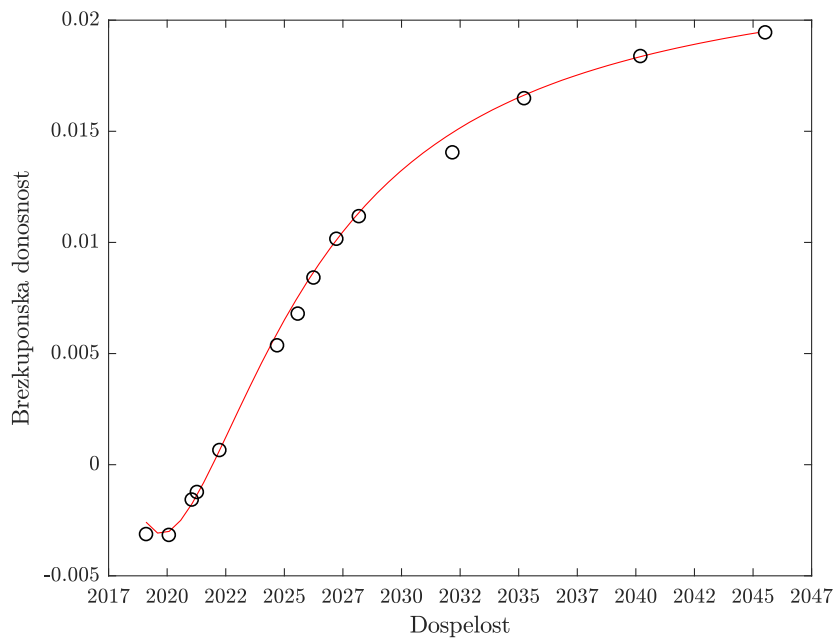
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 9: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 3. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



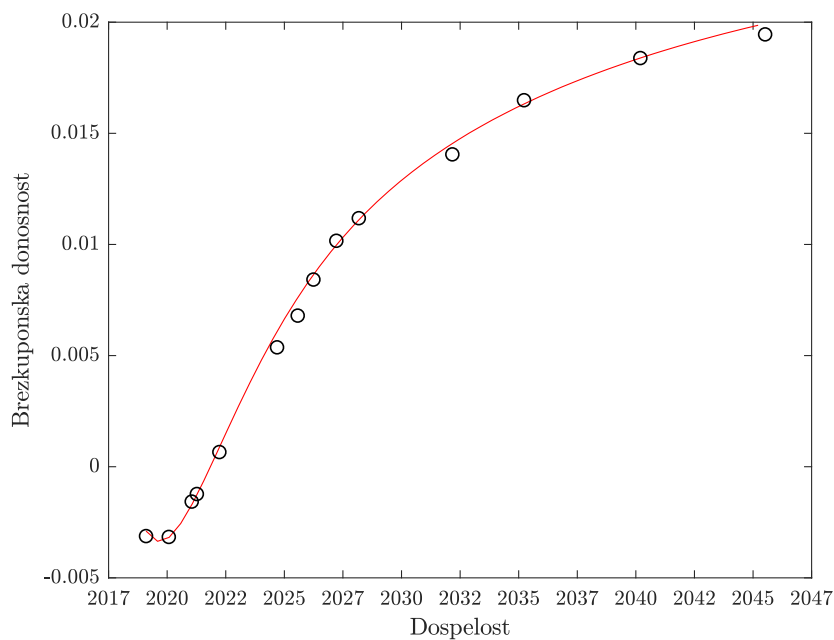
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 10: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 4. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



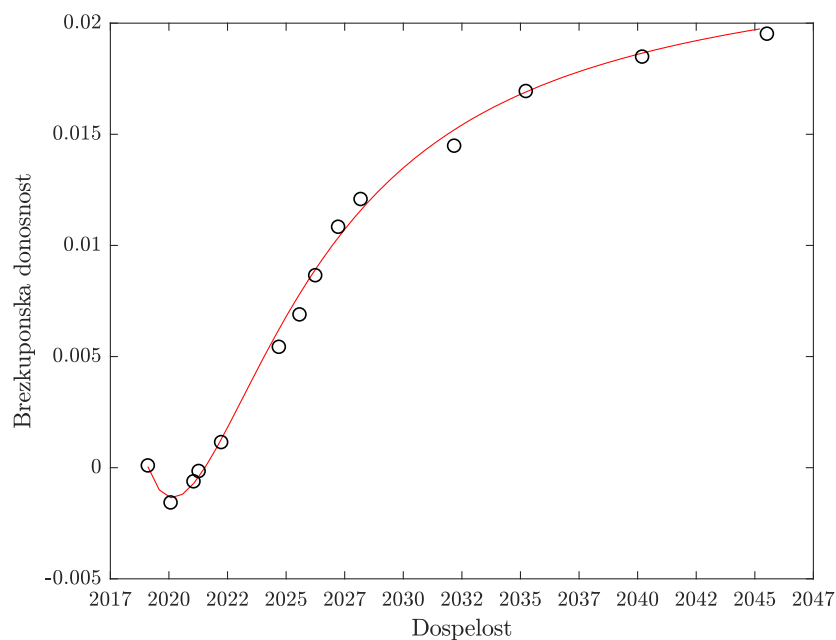
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 11: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 4. 2018, ocenjena z uporabo Sverrisonovega modela



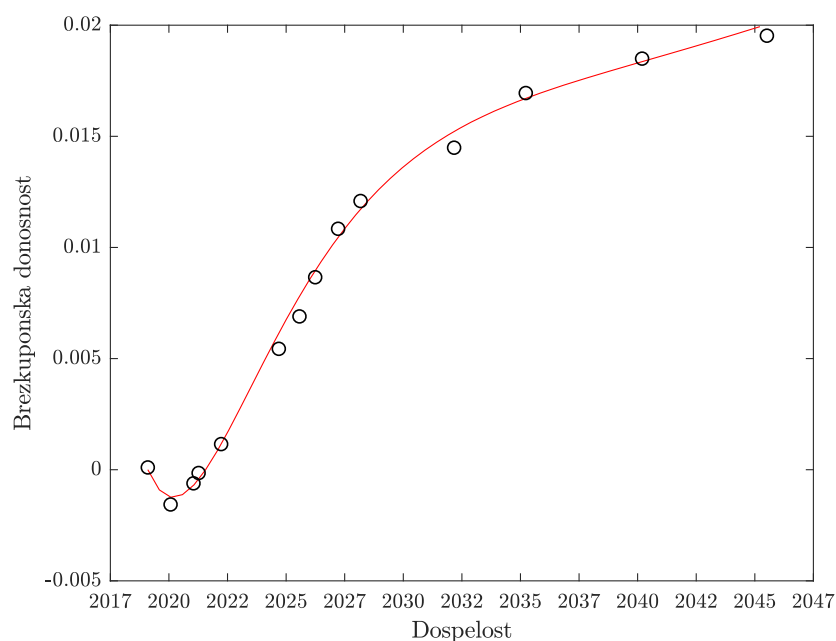
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 12: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 5. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



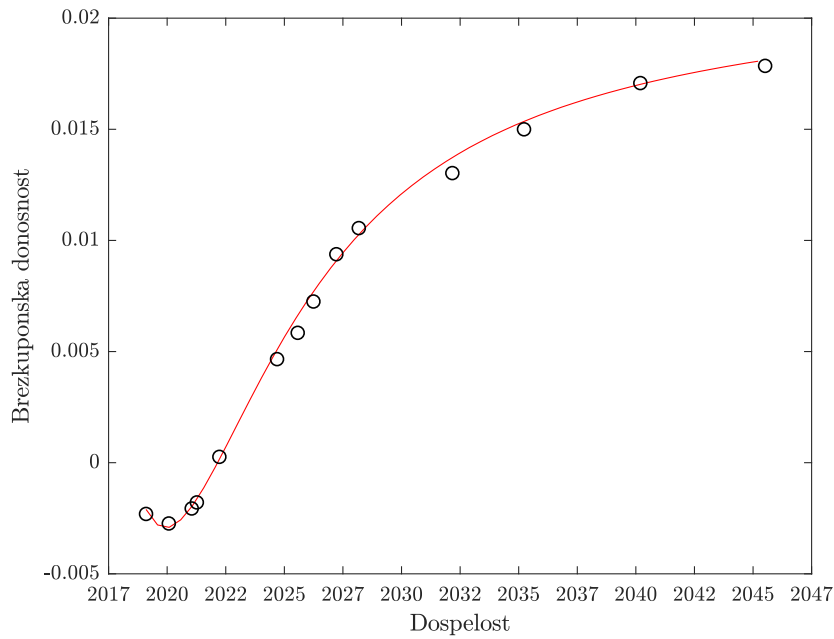
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 13: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 5. 2018, ocenjena z uporabo Svernssovega modela



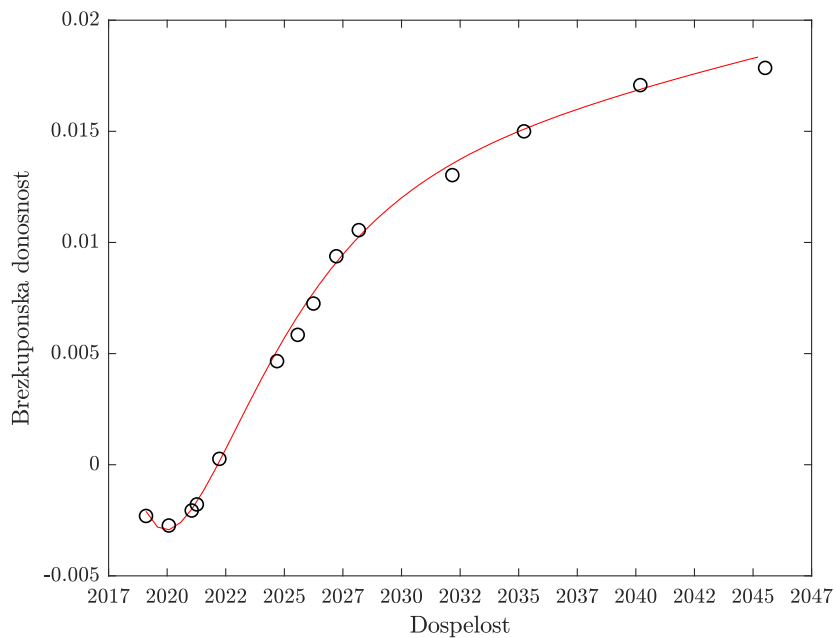
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 14: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 6. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



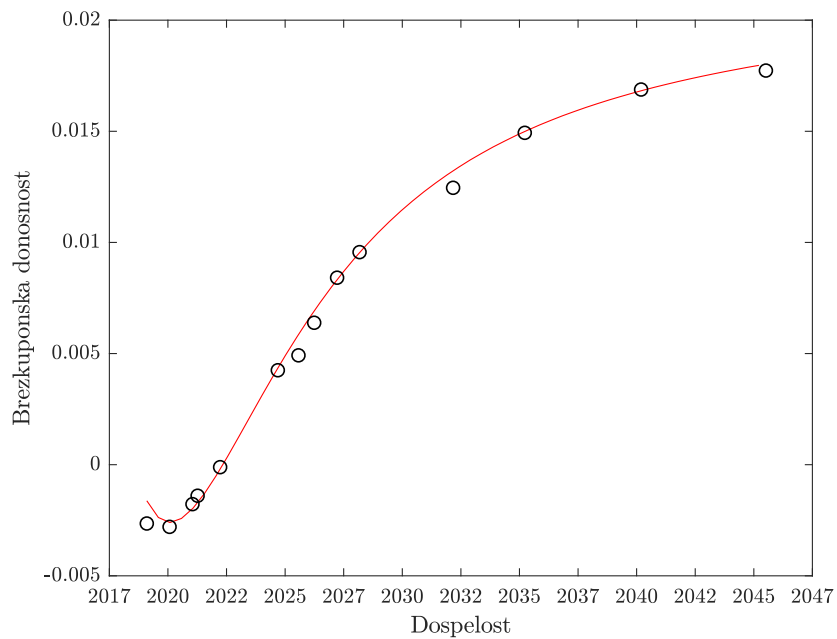
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 15: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 29. 6. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



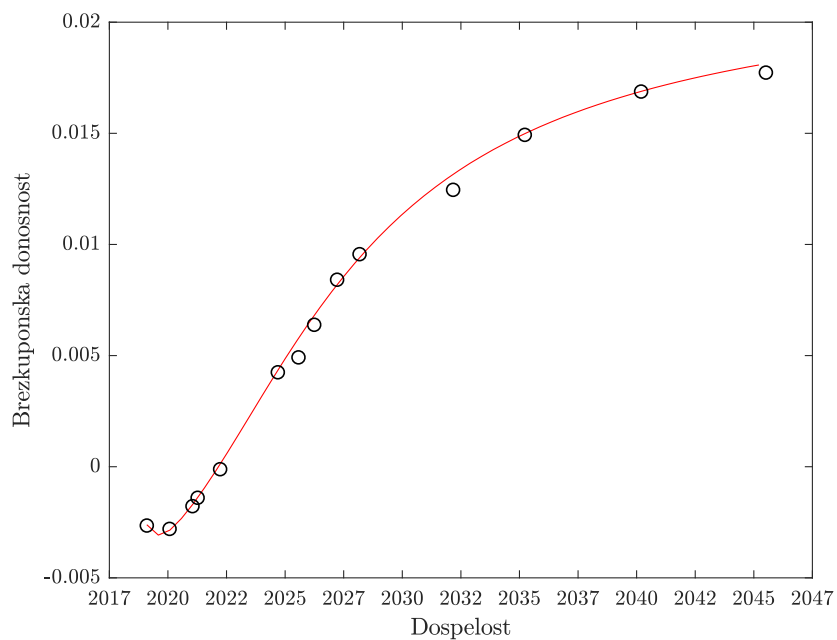
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 16: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 7. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



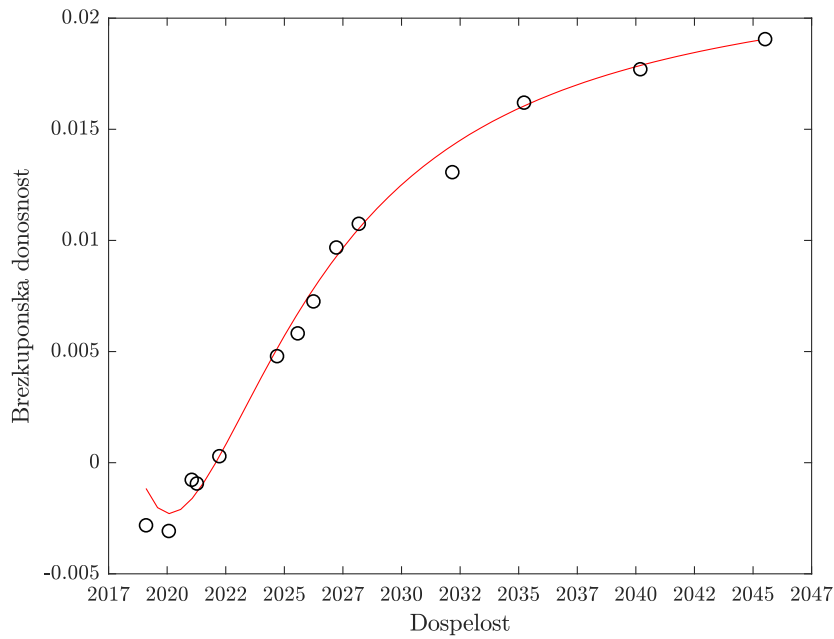
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 17: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 7. 2018, ocenjena z uporabo Svernssovega modela



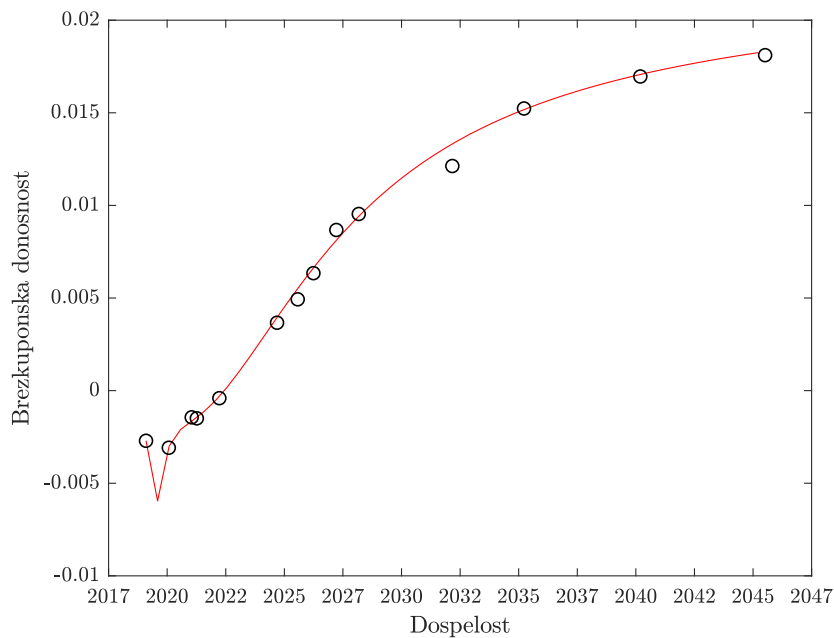
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 18: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 8. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



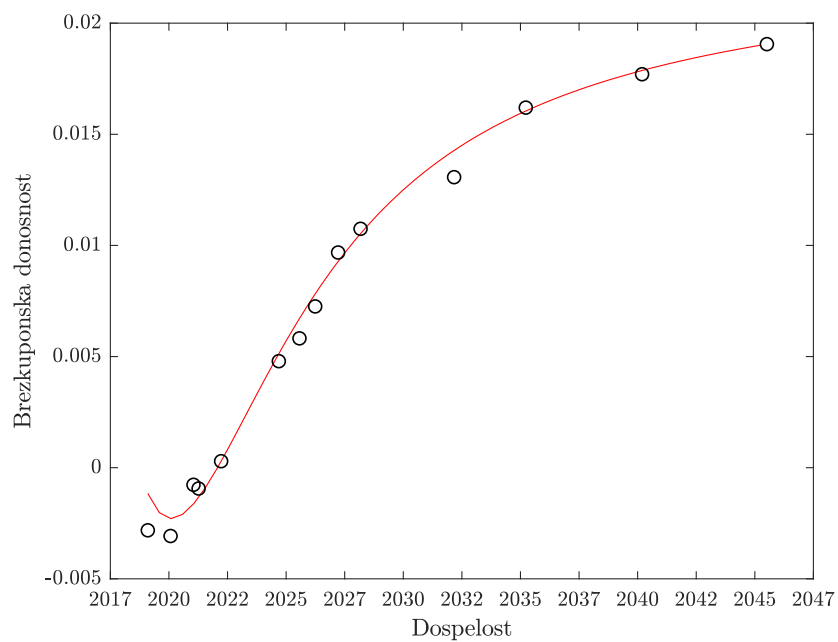
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 19: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 8. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



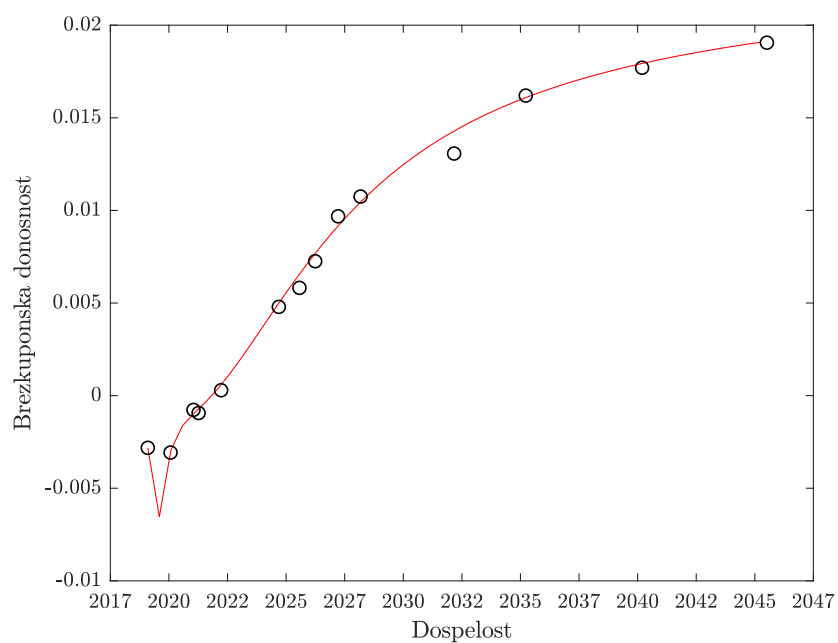
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 20: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 9. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



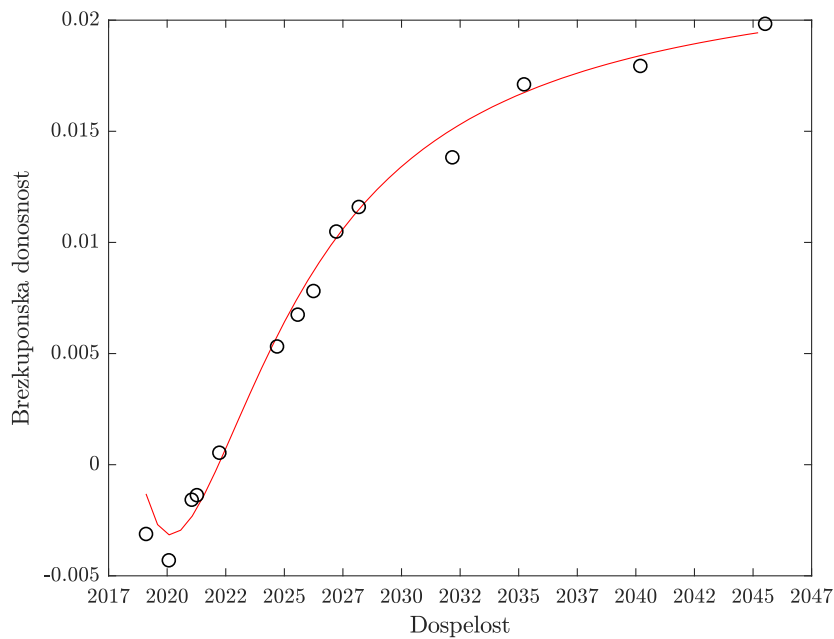
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 21: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 9. 2018, ocenjena z uporabo Svernssovega modela



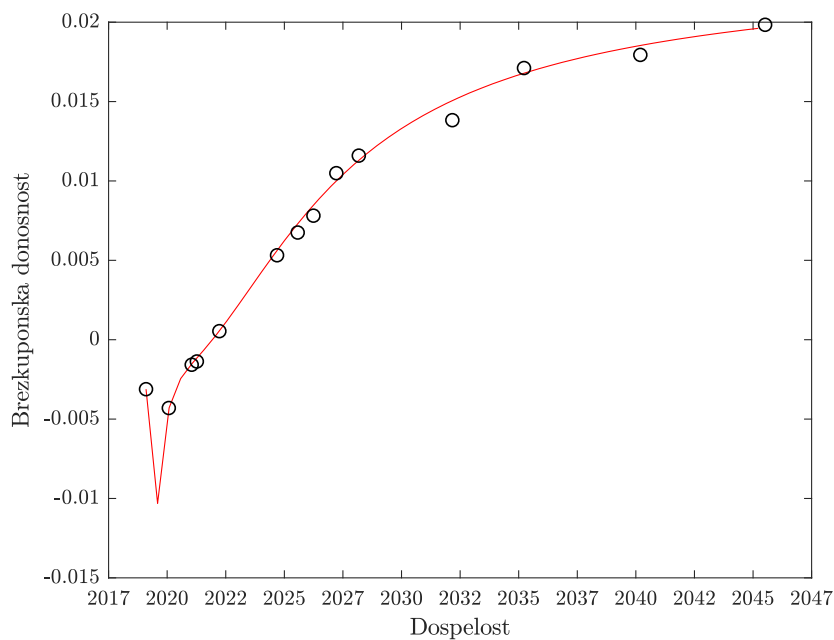
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 22: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 10. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

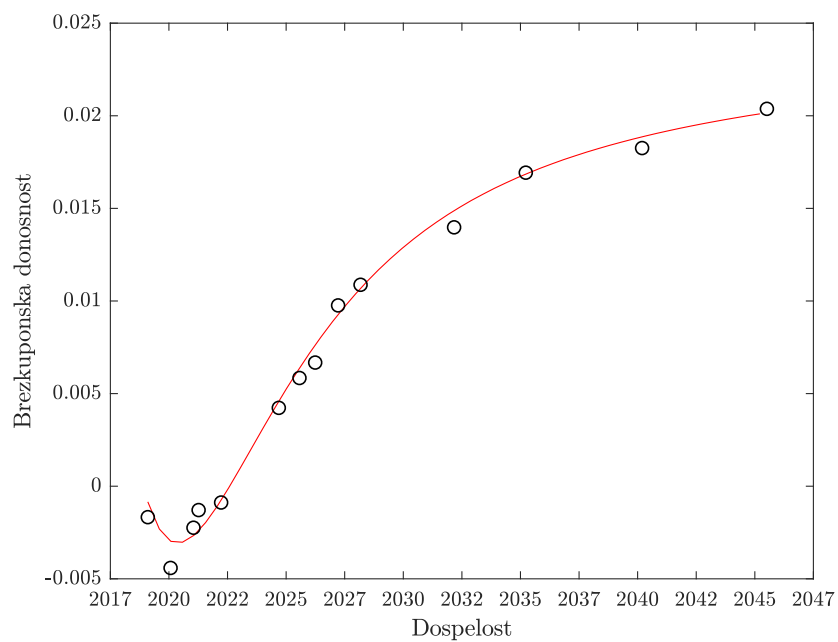
Slika 23: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 31. 10. 2018, ocenjena z uporabo Svernssovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

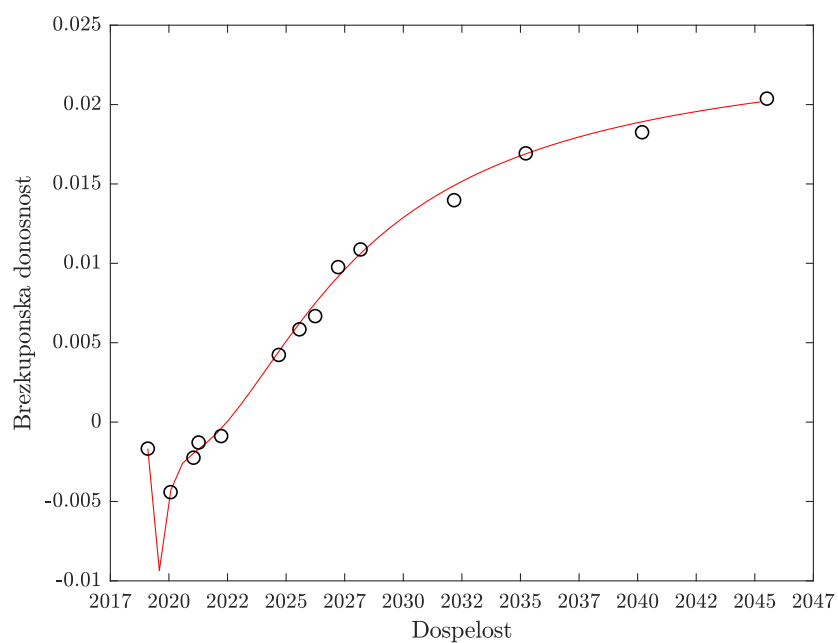


Slika 24: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 11. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



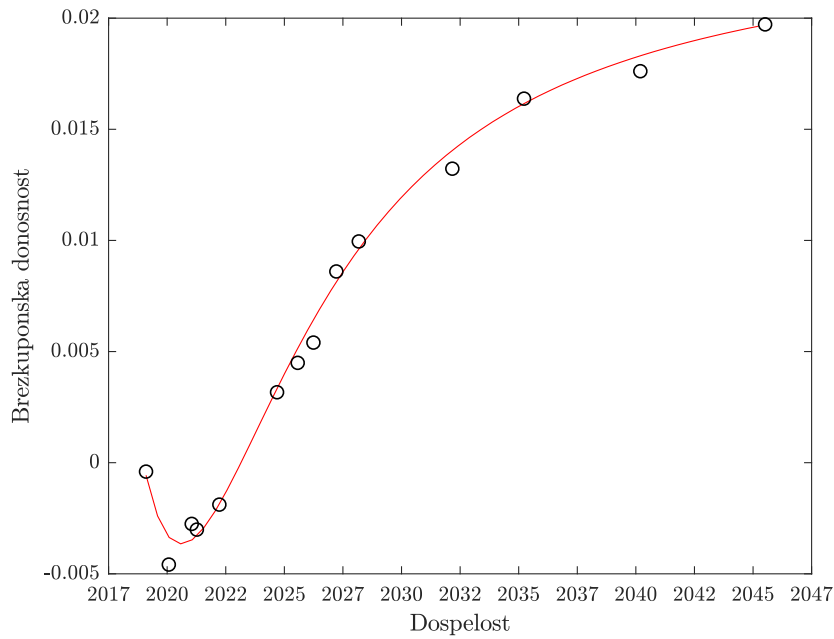
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 25: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 30. 11. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



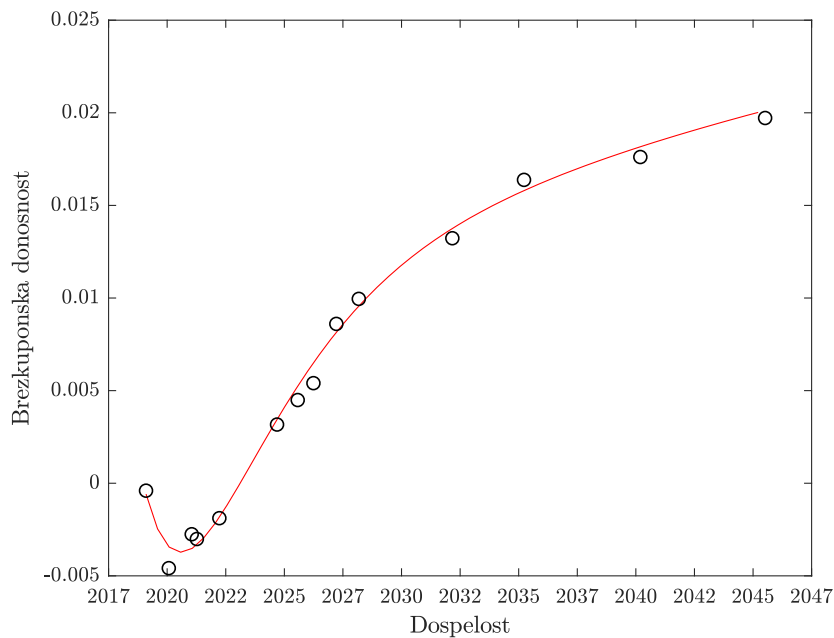
Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 26: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 12. 2018, ocenjena z uporabo Nelson-Siegelovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Slika 27: Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev na dan 28. 12. 2018, ocenjena z uporabo Svenssonovega modela



Vir: Lastno delo, program Matlab 9.3.

Tabela 3: Zahtevana donosnost na podlagi Nelson-Siegelovega modela (%)

Dospelost (leta)	1	3	5	7	10	12	15	17	20	22	25	27	28
	Nelson-Siegelov model												
31. 1. 2018	-0,2026	-0,0508	0,3253	0,6913	1,1101	1,3096	1,5238	1,6273	1,7446	1,8047	1,8763	1,9150	1,9324
28. 2. 2018	-0,2389	-0,0028	0,4730	0,8990	1,3535	1,5596	1,7749	1,8773	1,9923	2,0510	2,1207	2,1584	2,1754
29. 3. 2018	-0,3523	-0,2412	0,1866	0,5947	1,0422	1,2470	1,4625	1,5652	1,6809	1,7401	1,8103	1,8483	1,8656
30. 4. 2018	-0,2811	-0,1246	0,3067	0,7101	1,1510	1,3527	1,5653	1,6667	1,7808	1,8393	1,9085	1,9460	1,9632
31. 5. 2018	-0,0618	-0,0178	0,3675	0,7528	1,1852	1,3853	1,5971	1,6983	1,8124	1,8709	1,9402	1,9775	1,9949
29. 6. 2018	-0,2658	-0,1246	0,2742	0,6495	1,0616	1,2508	1,4509	1,5466	1,6545	1,7098	1,7755	1,8109	1,8274
31. 7. 2018	-0,2354	-0,1266	0,2298	0,5866	1,0007	1,1984	1,4121	1,5155	1,6327	1,6930	1,7646	1,8032	1,8214
31. 8. 2018	-0,2311	-0,1287	0,2247	0,5836	1,0048	1,2076	1,4275	1,5343	1,6555	1,7178	1,7917	1,8317	1,8506
28. 9. 2018	-0,2104	-0,0579	0,3283	0,6997	1,1194	1,3163	1,5271	1,6285	1,7433	1,8021	1,8719	1,9095	1,9275
31. 10. 2018	-0,2918	-0,0807	0,3881	0,7981	1,2238	1,4121	1,6074	1,6997	1,8034	1,8565	1,9193	1,9534	1,9696
30. 11. 2018	-0,2745	-0,1344	0,2904	0,7018	1,1645	1,3802	1,6098	1,7199	1,8441	1,9078	1,9832	2,0241	2,0438
31. 12. 2018	-0,3176	-0,2270	0,1822	0,5958	1,0724	1,2980	1,5400	1,6567	1,7884	1,8560	1,9361	1,9796	2,0007

Vir: Lastno delo.

Tabela 4: Zahtevana donosnost na podlagi Svernssovega modela (%)

Dospelost (leta)	1	3	5	7	10	12	15	17	20	22	25	27	28
	Svernssov model												
31. 1. 2018	-0,3515	-0,0021	0,3291	0,6743	1,0948	1,3002	1,5224	1,6299	1,7516	1,8139	1,8881	1,9281	1,9462
28. 2. 2018	-0,3870	0,0025	0,4524	0,8753	1,3400	1,5517	1,7726	1,8773	1,9948	2,0547	2,1258	2,1641	2,1815
29. 3. 2018	-0,4744	-0,1875	0,2164	0,5815	1,0107	1,2208	1,4511	1,5635	1,6914	1,7572	1,8353	1,8775	1,8969
30. 4. 2018	-0,2170	-0,1130	0,3334	0,7196	1,1266	1,3160	1,5276	1,6369	1,7700	1,8435	1,9362	1,9888	2,0136
31. 5. 2018	0,1271	-0,0211	0,3535	0,7510	1,1999	1,3972	1,5902	1,6776	1,7809	1,8427	1,9352	1,9997	2,0319
29. 6. 2018	-0,1222	-0,1265	0,2774	0,6552	1,0595	1,2395	1,4279	1,5205	1,6334	1,6983	1,7866	1,8416	1,8683
31. 7. 2018	-0,2116	-0,0921	0,2427	0,5787	0,9872	1,1882	1,4082	1,5154	1,6372	1,6999	1,7742	1,8144	1,8333
31. 8. 2018	0,0163	-0,1019	0,2077	0,5666	1,0014	1,2091	1,4315	1,5383	1,6587	1,7205	1,7936	1,8330	1,8518
28. 9. 2018	-0,0105	-0,0106	0,3223	0,6846	1,1128	1,3149	1,5301	1,6331	1,7492	1,8086	1,8790	1,9170	1,9351
31. 10. 2018	0,0799	-0,0174	0,3851	0,7765	1,2083	1,4041	1,6085	1,7054	1,8143	1,8700	1,9359	1,9716	1,9887
30. 11. 2018	0,1228	-0,0873	0,2826	0,6878	1,1604	1,3809	1,6138	1,7247	1,8495	1,9134	1,9889	2,0299	2,0496
31. 12. 2018	-0,0166	-0,2256	0,1928	0,6038	1,0621	1,2745	1,5051	1,6219	1,7658	1,8487	1,9599	2,0279	2,0613

Vir: Lastno delo.

V tabelah so torej prikazani teoretični pričakovani tržni donosi za obveznice različnih ročnosti. Na primer, pričakovana zahtevana tržna donosnost slovenske 10-letne državne obveznice znaša na dan 31. 12. 2018 pri Nelson-Sieglovem modelu 1,0724 % in pri Svernnsonovem modelu 1,0621 % ipd. Iz omenjenih tabel so razvidne razlike v ocenjenih pričakovanih oziroma zahtevanih tržnih donosih na slovenske državne vrednostne papirje. Dejanski in ocenjeni donosi za posamezne slovenske državne obveznice so podane v prilogi 2. Razlike med ocenami dokazujejo, da izbira tehnike modeliranja krivulje donosnosti dejansko vpliva na izračun o pričakovani brezakuponski stopnji donosa.

Ustreznost tehnike modeliranja krivulje donosnosti je bila ocenjena na podlagi kriterija prilagajanja, saj ta omogoča objektivno primerjavo Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela. Ostala kriterija ustreznosti modelov (gladkost in stabilnost) nista bila obravnavana. Tabela 5 prikazuje rezultate ocen napake krivulje donosnosti modelirane z uporabo Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela. Kriterij prilagajanja je bil merjen z uporabo RMSE, MAE in MPE.

*Tabela 5: Rezultati ocen napak krivulje donosnosti na podlagi Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela (%)*

	Nelson-Sieglov model			Svernnsonov model		
	RMSE	MAE	MPE	RMSE	MAE	MPE
31. 1. 2018	0,0762	0,0615	-0,2579	0,0614	0,0510	-0,2295
28. 2. 2018	0,0429	0,0345	-0,0314	0,0393	0,0300	0,0149
29. 3. 2018	0,0599	0,0480	0,1081	0,0366	0,0263	-0,1007
30. 4. 2018	0,0385	0,0277	0,0205	0,0364	0,0270	0,0478
31. 5. 2018	0,0441	0,0347	0,1116	0,0461	0,0383	-0,3237
29. 6. 2018	0,0374	0,0310	-0,0181	0,0385	0,0318	-0,0164
31. 7. 2018	0,0467	0,0332	0,0697	0,0348	0,0237	-0,1305
31. 8. 2018	0,0601	0,0465	0,0247	0,0409	0,0269	0,0069
28. 9. 2018	0,0716	0,0545	0,0727	0,0452	0,0327	0,0940
31. 10. 2018	0,0821	0,0693	-0,0307	0,0480	0,0362	0,0095
30. 11. 2018	0,0705	0,0588	0,0269	0,0468	0,0372	-0,0084
31. 12. 2018	0,0610	0,0488	0,0600	0,0617	0,0534	0,0679

*Vir: Lastno delo.*

RMSE in MAE sta dve najpogostejši merili za merjenje povprečnih absolutnih napak med dvema podatkovnima nizoma oziroma med napovedanimi vrednostmi in opazovanimi vrednostmi donosov obveznic. Meri ocenjujeta absolutno prileganje modela oziroma nepovedanih vrednosti k dejanskim opazovanim vrednostim. RMSE bo vedno večji ali enak MAE. Večja kot je razlika med njima, večja je varianca posameznih napak v vzorcu. Če sta RMSE in MAE enaka, bodo vse napake med nizoma enake velikosti. Nižja ocenjena vrednosti RMSE in MAE nakazuje na boljše prileganje ocenjenih donosov obveznic k dejanskimi tržnimi donosi obveznic. Nižja kot je vrednost RMSE in MAE, boljši je model, saj se napovedani donosi približujejo dejanskim donosom. MPE predstavlja povprečne odstotnih napak, pri katerih se napovedani donosi razli-

kujejo od dejanskih tržnih donosov obveznic. Nižja ocenjena vrednost MPE nakazuje na večjo natančnost modela. Za Nelson-Sieglov model znašajo v preučevanem obdobju povprečna vrednost RMSE 0,0576, povprečna vrednost MAE 0,0457 in povprečna vrednost MPE 0,0130. Za Svernnsonov model znašajo v preučevanem obdobju povprečna vrednost RMSE 0,0446, povprečna vrednost MAE 0,0345 in povprečna vrednost MPE  $-0,0474$ . Iz rezultatov mer prilagajanja ocenjenih donosov z dejanskimi donosi izhaja, da Svernnsonov model ocenjuje donose z manjšo napako kot Nelson-Sieglov model.

Ustreznost modelov je bila preverjena tudi z uporabo HR. Donosi Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela so pravilno ovrednoteni, če se njihovi teoretično ocenjeni donosi nahajajo znotraj razpona ponudbe in povpraševanja za tržne donose za izbrani dan trgovanja. Za Nelson-Sieglov model je v preučevanem obdobju ocenjena povprečna vrednost HR 58,79 %, kar pomeni, da je Nelson-Sieglov model v 58,79 % pravilno ocenil donose obveznice. Za Svernnsonov model je v preučevanem obdobju ocenjena povprečna vrednost HR 61,54 %, kar pomeni, da je Svernnsonov model v 61,54 % pravilno ocenil donose obveznice. Iz rezultatov razmerja zadetkov izhaja, da je Svernnsonov model pogosteje pravilno ocenil donose kot Nelson-Sieglov model.

#### 5.4 Diskusija

Namen empiričnega dela naloge je z uporabo parametričnih modelov, Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela oceniti brezakuponsko krivuljo donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev in podati primerjavo prilagajanja ocen obeh modelov k dejanskim stopnjam donosa. V krivuljo donosnosti so bile vključene primerljive slovenske obveznice različnih rezidualnih ročnosti, od enega do sedemindvajset let. Krivulje donosnosti so bile ocenjene za vsak zadnji dan trgovanja v mesecu od januarja 2018 do decembra 2018. Rezultati modeliranja predstavlja štiriindvajset brezakuponskih krivulj donosnosti. Na podlagi dobljenih teoretično ocenjenih krivulj donosnosti je bil z uporabo kvantitativnih meril ovrednoten kriterij prilagajanja ocenjenih krivulj. Krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev so izkazovale različno stopnjo prilagajanja ocenjenih donosov z dejanskimi opazovanimi donosi na trgu. Stopnja prilagajanja ocenjenih donosov z dejanskimi tržnimi donosi je bila primerjana s korenom povprečne kvadratne napake, povprečne absolutne napake in povprečne odstotne napake. Poleg omenjenih mer prilagajanja je bilo kot merilo pravilnosti vrednotenjenj donosov ocenjeno tudi povprečje razmerja zadetkov za vsak obravnavan model.

Pretekle raziskave so pokazale, da je uporaba Nelson-Sieglovega modela v primerih manj razvitih in manj likvidnih finančnih trgov bolj primerna, saj ta daje zanesljivejše ocene krivulj donosnosti. Z vprašanjem najprimernejše tehnike modeliranja krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev se je ukvarjal Grum (2007), ki je dokazal, da je na primeru slovenskega finančnega trga model Nelson-Siegelov primernejši kot Svernnsonov model. Raziskovalci, ki so se ukvarjali s primerjalno analizo modelov krivulje donosnosti za države s podobno razvitim finančnim trgom, so v večini primerov podprli ugotovitev, da je model Nelson-Siegel v primerjavi s Svernnsonovim modelom bolj zanesljiv. V praksi pa se v zadnjem času pri modeliranju krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev pogosteje uporablja Svernnsonov model.

V magistrskem delu so bile ocenjene krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev z uporabo Nelson-Sieglovega in Svernnsonovega modela in bile nato primerjane z uporabo meril kriterija prilagajanja. Praktično pri vseh kriterijih prilagajanja, tj. pri korenu povprečne kvadratne napake, povprečne absolute napake, povprečne odstotne napake in razmerja zadetkov izkazuje Svernnsonov model boljše rezultate. Krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev, ocenjena z uporabo Svernnsonovega modela, se bolj približa dejanskim vrednostim na trgu in zato predstavlja bolj zanesljivo tehniko ocenjevanja donosov državnih vrednostnih papirjev.

## Sklep

Krivulja donosnosti grafično prikazuje terminsko strukturo obrestnih mer in izhaja iz stopenj donosov oziroma obrestnih mer za državne vrednostne papirje z različno rezidualno ročnostjo. Krivulja donosnosti zajema stanje finančnega trga na izbrani trgovalni dan, zato se oblika te nenehno spreminjaja. Krivulja donosnosti prikazuje agregatna tržna pričakovanja glede prihodnje gospodarske rasti, inflacije, deviznih tečajev in drugih pomembnih makroekonomskih dejavnikov. Iz krivulje donosnosti lahko upravljavci sredstev v finančnih institucijah ocenijo kratkoročna in dolgoročna pričakovanja trga glede višine obrestnih mer, kar jim omogoča oblikovanje učinkovitih obrestnih politik. Krivulja donosnosti predstavlja merilo za določanje najmanjših tržnih donosov, ki jih vlagatelj lahko pričakuje na trgu.

V magistrskem delu so pojasnjena osnovna teoretična izhodišča za razumevanje modeliranja krivulje donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Države se na finančnih trgih zadolžujejo z izdajanjem dolžniških kratkoročnih in dolgoročnih vrednostnih papirjev. Glede na ročnost vrednostnih papirjev se državni vrednostni papirji delijo na zakladne menice in obveznice. Državni vrednostni papirji imajo na finančnem trgu posebno vlogo, saj je za njih značilna neomejena likvidnost in gotovost poplačila dolga imetniku vrednostnega papirja. Značilnost državnih vrednostnih papirjev torej je, da te predstavljajo varno naložbo z nizkim kreditnim tveganjem in posledično nizko stopnjo donosa. Iz donosov na državne vrednostne papirje so izpeljane obrestne mere, ki tudi določajo netvegane obrestne mere na finančnem trgu. Krivulja donosnosti državnih vrednostnih papirjev prikazuje terminsko strukturo netveganih obrestnih mer. Za predstavitev terminske strukture obrestnih mer se vedno uporabljajo teoretične krivulje donosnosti, saj te vključujejo teoretične obrestne mere, ki upoštevajo časovno vrednost denarja. Med teoretične krivulje donosnosti spada tudi brezkuponska krivulja donosnosti. Brezkuponska krivulja donosnosti prikazuje trenutne promptne obrestne mere, ki se trenutno uporabljajo za diskontiranje prihodnjih denarnih tokov. Poznavanje krivulje donosnosti brezkuponskih državnih vrednostnih papirjev predstavlja temelj vrednotenja mnogih obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Ocenjene teoretične vrednosti obrestnih mer v brezkuponski krivulji donosnosti vplivajo na vrednotenje denarnih tokov obrestno občutljivih finančnih instrumentov. Zaradi pomena krivulje donosnosti je prišlo do razvoja različnih modelov ocenjevanja terminske strukture obrestnih mer. Predpostavke različnih tehnik modeliranja krivulje donosnosti vodijo v nastanek različnih ocen teoretičnih obrestnih mer, kar vpliva na končno vrednotenje vrednostnih papirjev. Izbira ustreznega načina modeliranja krivulje donosnosti zato ni samoumevna, saj absolutno pravilnega načina ocenjevanja krivulje donosnosti ni.

Ocene krivulje donosnosti oziroma terminskih struktur obrestnih mer se lahko razlikujejo glede na vrsto izbrane tehnike modeliranja. Razvoj različnih modelov ocenjevanja krivulje donosnosti oziroma terminske strukture obrestnih mer se je začel v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, s pojavom t. i. statičnih in dinamičnih modelov. V praksi se za ocenjevanje krivulj donosnosti državnih vrednostnih papirjev praviloma uporabljajo statični modeli. Cilj statičnih modelov je določiti krivuljo terminske strukture obrestnih mer, ki bi se čim bolj prilagajala dejanskim opazovanim vrednostim stopnjam donosa na trgu. Med statičnimi modeli so se najbolj uveljavili modeli zlepkov in parametrični modeli. Zaradi enostavnosti, prilagodljivosti, relativne natančnosti in teoretične smiselnosti rezultatov je uporaba parametričnih modelov danes zelo razširjena. V magistrskem delu sta teoretično in empirično predstavljena dva najpomembnejša parametrična modela za modeliranje krivulje donosnosti ali terminskih struktur obrestnih mer: Nelson-Sieglov model (1987) in Svenssonov model (1994). Oba modela ocenjujeta krivuljo donosnosti oziroma terminsko strukturo obrestnih mer z uporabo relativno enostavne funkcijske oblike.

Brezkuponska krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev je ocenjena z uporabo Nelson-Sieglovega in Svenssonovega modela. Na podlagi predhodno opredeljenega nabora primerljivih slovenskih državnih obveznic je v obdobju od januarja 2018 do decembra 2018 za vsak zadnji trgovalni dan v mesecu modelirana krivulja donosnosti slovenskih državnih vrednostnih papirjev. Na vzorcu štiriindvajsetih krivulj donosnosti (dvanajest krivulj za vsak obravnavan model) je podana primerjava prilaganja ocenjenih stopenj donosa z dejanskimi stopnjami donosa na trgu. Ugotovljeno je, da se na primeru slovenskega finančnega trga, ocene Svenssonovega modela bolje približajo dejanskim tržnim vrednostim.

## Literatura in viri

1. Aljinović, Z., Marasović, B. & Škrabić, B. (2009). Comparative Analysis of the Stochastic and Parsimonious Interest Rate Models on Croatian Government Market. *International Journal of Economics and Management Engineering*, 3(1), 90–94.
2. BIS – Bank for International Settlements. (2005). *Zero-coupon yield curves: Technical documentation*. Basel: Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department.
3. Bloomberg. (brez datuma). *Donosnost slovenskih državnih vrednostnih papirjev*. Pridobljeno iz informacijskega sistema Bloomberg.
4. Bolder, D. J. (2015). *Fixed income portfolio analytics: A practical guide to implementing, monitoring and Understanding Fixed-Income Portfolios*. Heidelberg: Springer.
5. Browne, F. & Manasse, P. (1989). *The Information Content of the Term Structure of Interest Rates: Theory and Practice* (OECD Economics Department Working Papers, 69). Paris: OECD Publishing.
6. Cairns, A. J. G. (2004). *Interest Rate Models: An Introduction*. Princeton: Princeton University Press.
7. Chambers, D., Carleton, W. & Waldman, D. (1984). A New Approach to Estimation of the Term Structure of Interest Rates. *The Journal of Financial and*



- Quantitative Analysis*, 19(3), 233–252.
8. Chen, Y.-C. & Tsang, K. P. (2013). What Does the Yield Curve Tell Us About Exchange Rate Predictability? *Review of Economics and Statistics*, 95(1), 185–205.
  9. Choudhry, M. (2004). *Fixed Income Markets: Instruments, Applications, Mathematics*. Singapore: John Wiley & Sons.
  10. Choudhry, M. (2010). *Fixed Income Securities and Derivatives Handbook: Analysis and Valuation*. Princeton: Bloomberg Press.
  11. Cohen, K. J., Kramer, R. L. & Waugh, W. H. (1966). Regression Yield Curves for U.S. Government Securities. *Management Science*, 13(4), 168–175.
  12. Cox, J. C., Ingersoll J. E. & Ross, S. A. (1985). A Theory of the Term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53(2), 385–407.
  13. Diebold, F. X. & Li, C. (2006). Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields. *Journal of Econometrics*, 130, 337–364.
  14. Dobson, S. W. (1978). Estimating term structure equations with individual bond data. *Journal of Finance*, 33(3), 75–92.
  15. Dolenc, P. (2006). *Upravljanje finančnega premoženja in dolga države (Republike Slovenije)* (doktorska disertacija). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
  16. Drenovak, M. & Urošević, B. (2010). Modelling the benchmark spot curve for the Serbian market. *Economic Annals*, 184, 29–57.
  17. Durand, D. (1942). *Basic yields of corporate bonds, 1900-1942*. New York: National Bureau of Economic Research.
  18. Echols, M. E. & Elliott, J. W. (1976). A Quantitative Yield Curve Model for Estimating the Term Structure of Interest Rates. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 11(1), 87–114.
  19. Ehling, P., Gallmeyer, M., Heyerdahl-Larsen, C. & Illeditsch, P. (2018). Disagreement about inflation and the yield curve. *Journal of Financial Economics*, 127(3), 459–484.
  20. Estrella, A. & Hardouvelis, G. (1991). The Term Structure as a Predictor of Real Economic Activity. *Journal of Finance*, 46(2), 555–576.
  21. Estrella, A. & Mishkin, F. (1998). Predicting U.S. Recessions: Financial Variables As Leading Indicators. *The Review of Economics and Statistics*, 80(1), 45–61.
  22. Fabozzi, F. J. (2002). *Interest Rate, Term Structure, and Valuation Modeling*. Chichester: Wiley.
  23. Fabozzi, F. J. & Choudhry, M. (2004). *The Handbook of European Fixed Income Securities*. Hoboken: John Wiley & Sons.
  24. Fama, E. F. (1986). Term premiums and default premiums in money markets. *Journal of Financial Economics*, 17, 175–196.
  25. Fama, E. F. (1990). Term-Structure Forecasts of Interest Rates, Inflation, and Real Returns. *Journal of Monetary Economics*, 25, 59–76.
  26. Fisher, D. (1966). Expectations, the Term Structure of Interest Rates, and Recent British Experience. *Economica*, 33(131), 319–329.
  27. Grum, A. (2007). *Ocenitev in analiza ročne strukture obrestnih mer: primer slovenskega finančnega trga* (doktorska disertacija). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
  28. Heath, D., Jarrow, R. & Morton, A. (1992). Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology for Contingent Claims Valuation. *Econometrica*, 60(1), 77–105.
  29. Heller, H. R. & Khan, M. S. (1979). The demand for money and the term structure

- of interest rate. *Journal of Political Economy*, 87(2), 109–129.
30. Hladíková, H. & Radová, J. (2012). Term Structure Modelling by Using Nelson-Siegel Model. *European Financial and Accounting Journal*, 7(2), 36–55
  31. Ho, T. S. Y. & Lee, S. B. (1986). Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims. *Journal of Finance*, 41(5), 1011–1029.
  32. Inci, A. C. & Lu, B. (2004). Exchange rates and interest rates: can term structure models explain currency movements? *Journal of Economic Dynamics & Control*, 28(8), 1595–1624.
  33. James, J. & Webber, N. (2000). *Interest Rate Modelling*. Chichester: John Wiley & Sons.
  34. KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d. (brez datuma). *Iskalnik po vrednostnih papirjih*. Pridobljeno 23. maja 2019 iz <https://www.kdd.si/vrednostni-papirji/iskalnik-po-vp>
  35. Kessel, R. A. (1965). *How Short- and Long-term Interest Rates Have Behaved Cyclically The Cyclical Behavior of the Term Structure of Interest Rates*. New York: National Bureau of Economic Research.
  36. Marciniak, M. (2006). Yield Curve Estimation at the National Bank of Poland: Spline Based Methods, Curve Smoothing and Market Dynamics. *Bank i Kredyt*, 10, 52–74.
  37. Martellini, L., Priaulet, P. & Priaulet, S. (2003). *Fixed-Income Securities: Valuation, Risk Management and Portfolio Strategies*. Chichester: John Wiley & Sons.
  38. Mastnak, S. (2010). *Razvojne priložnosti trga kapitala v Sloveniji po finančni krizi: Gospodarsko-finančna kriza in možnosti za financiranje gospodarskih družb preko trga kapitala*. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.
  39. McCulloch, J. H. (1971). Measuring the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Business*, 44(1), 19–31.
  40. McCulloch, J. H. (1975). The Tax-Adjusted Yield Curve. *Journal of Finance*, 30, 811–830.
  41. MF – Ministrstvo za finance. (2018). *Poročilo o upravljanju z javnim dolgom Republike Slovenije za leto 2017*. Pridobljeno 23. maja 2019 iz [https://www.mf.gov.si/fileadmin/mf.gov.si/pageuploads/tekgib/Porocilo\\_o\\_dolgu.2017.pdf](https://www.mf.gov.si/fileadmin/mf.gov.si/pageuploads/tekgib/Porocilo_o_dolgu.2017.pdf)
  42. MF – Ministrstvo za finance. (brez datuma). *Stanje izdanih vrednostnih papirjev*. Pridobljeno 23. maja 2019 iz [http://www.mf.gov.si/si/stiki\\_z\\_investitorji\\_imetniki\\_vp/stanje\\_izdanih\\_vrednostnih\\_papirjev/](http://www.mf.gov.si/si/stiki_z_investitorji_imetniki_vp/stanje_izdanih_vrednostnih_papirjev/)
  43. Mishkin, F. S. (1990). What Does the Term Structure Tell Us About Future Inflation? *Journal of Monetary Economics*, 25, 77–95.
  44. Mishkin, F. S. & Eakins, S. G. (2018). *Financial Markets and Institutions*. Harlow: Pearson Education Limited.
  45. Nelson, C. & Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *Journal of Business*, 60(4), 473–489.
  46. Nyman-Andersen, P. (2018). *Yield curve modelling and a conceptual framework for estimating yield curves: evidence from the European Central Bank's yield curves* (Statistics Paper Series, 27). Frankfurt: European Central Bank.
  47. Petitt, B. S., Pinto, J. E., Pirie, W. L. & Kopperasch, B. (2015). *Fixed Income Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons.
  48. Rendleman, R. & Bartter B. (1980). The Pricing of Options on Debt Securities.

- Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 15, 11–24.
49. Rudebusch, G. & Williams, J. (2009). Forecasting Recessions: The Puzzle of the Enduring Power of the Yield Curve. *Journal of Business & Economic Statistics*, 27(4), 492–503.
  50. Rudebusch, G., Sack, B. P. & Swanson, E. (2007). Macroeconomic implications of changes in the term premium. *Review*, 89(4), 241–270.
  51. Saunders, A. (2000). *Financial Institution management: A Modern Perspective*. Boston: McGraw-Hill.
  52. Shea, G. (1984). Pitfalls in Smoothing Interest Rate Term Structure Data: Equilibrium Models and Spline Approximations. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 19(3), 253–269.
  53. Simoneti, M. (2011). Razvojne priložnosti trga kapitala v Sloveniji po finančni krizi? *IB revija*, 45(1), 67–83.
  54. Smirnov, S. & Zakharov, A. (2003). *A Liquidity-Based Robust Spline Fitting of Spot Yield Curve Providing Positive Forward Rates* (EFFAS-EBC Working Paper). Frankfurt: The European Federation of Financial Analysts Societies.
  55. Smith, D. J. (2011). *Bond Math: The Theory Behind the Formulas*. Hoboken: John Wiley & Sons.
  56. Svensson, L. E. O. (1994). *Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994* (Working Paper Series, 4871). Cambridge: National Bureau of Economic Research.
  57. UMAR – Urad Republike Slovenije za makroekonomske analize in razvoj. (2018). *Poročilo o razvoju 2018*. Ljubljana: Urad RS za makroekonomske analize in razvoj.
  58. Vasiček, O. A. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177–188.
  59. Vasiček, O. A. & Fong, H. G. (1982). Term Structure Modeling Using Exponential Splines. *Journal of Finance*, 37(2), 339–348.
  60. World Bank (WB) & International Monetary Fund (IMF). (2001). *Developing Government Bond Markets: A Handbook*. Washington: World Bank.
  61. Zadavec, S. (2004). Razvoj slovenskega primarnega trga dolgoročnih državnih vrednostnih papirjev. *Bančni vestnik*, 54(1–2), 64–67.
  62. Zoričić, D. & Badurina, M. (2013). Nelson-Siegel Yield Curve Model Estimation And The Yield Curve Trading In The Croatian Financial Market. *UTMS Journal of Economics*, 4(2), 113–125.



## **PRILOGE**



## Priloga 1: Predstavitev obveznic, vključenih v krivuljo donosnosti

Tabela 1: Predstavitev obveznice RS63

ISIN	SI0002102794
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.198.558.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za financiranje potreb proračuna Republike Slovenije in/ali potreb upravljanja z državnim dolgom
Začetek obrestovanja	6. 2. 2008
Rok dospelja	6. 2. 2019
Obrestna mera	4,375 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	7. 2. 2008

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 2: Predstavitev obveznice RS66

ISIN	SI0002102984
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.500.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	9. 9. 2009
Rok dospelja	9. 9. 2024
Obrestna mera	4,625 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	10. 9. 2009

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 3: Predstavitev obveznice RS67

ISIN	SI0002103057
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.645.715.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	26. 1. 2010
Rok dospelja	26. 1. 2020
Obrestna mera	4,125 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	27. 1. 2010

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 4: Predstavitev obveznice RS69

ISIN	SI0002103149
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.605.866.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	18. 1. 2011
Rok dospelja	18. 1. 2021
Obrestna mera	4,375 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	19. 1. 2011

*Vir: MF (brez datuma).*



Tabela 5: Predstavitev obveznice RS70

ISIN	SI0002103164
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.500.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	30. 3. 2011
Rok dospelja	30. 3. 2026
Obrestna mera	5,125 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	31. 3. 2011

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 6: Predstavitev obveznice RS71

ISIN	SI0002103388
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	8. 4. 2014
Rok dospelja	8. 4. 2021
Obrestna mera	3,00 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	9. 4. 2014

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 7: Predstavitev obveznice RS73

ISIN	SI0002103453
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	4. 11. 2014
Rok dospelja	25. 3. 2022
Obrestna mera	2,250 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	5. 11. 2014

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 8: Predstavitev obveznice RS74

ISIN	SI0002103487
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	2.250.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	25. 3. 2015
Rok dospelja	25. 3. 2035
Obrestna mera	1,500 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	26. 3. 2015

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 9: Predstavitev obveznice RS75

ISIN	SI0002103545
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	2.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	28. 7. 2015
Rok dospelja	28. 7. 2025
Obrestna mera	2,125 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	29. 7. 2015

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 10: Predstavitev obveznice RS76

ISIN	SI0002103552
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	1.150.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	7. 8. 2015
Rok dospelja	7. 8. 2045
Obrestna mera	3,125 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	10. 8. 2015

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 11: Predstavitev obveznice RS77

ISIN	SI0002103602
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	2.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	3. 3. 2016
Rok dospelja	3. 3. 2032
Obrestna mera	2,250 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d.d.
Začetek trgovanja	4. 3. 2016

Vir: MF (brez datuma).

Tabela 12: Predstavitev obveznice RS78

ISIN	SI0002103677
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	3.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za financiranje odkupa USD obveznic Republike Slovenije ter za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	3. 11. 2016
Rok dospelja	3. 11. 2040
Obrestna mera	1,750 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	1. izdaje - 4. 11. 2016, 2. izdaje - 9. 3. 2017, 3. izdaje - 24. 5. 2017

Vir: MF (brez datuma).

Tabela 13: Predstavitev obveznice RS79

ISIN	SI0002103685
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	3.000.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za financiranje odkupa USD obveznic Republike Slovenije ter za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	24. 1. 2017
Rok dospelja	22. 3. 2027
Obrestna mera	1,250 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	1. izdaje - 25. 1. 2017, 2. izdaje - 9. 3. 2017, 3. izdaje – 24. 5. 2017

*Vir: MF (brez datuma).*

Tabela 14: Predstavitev obveznice RS80

ISIN	SI0002103776
Tip obveznice	Imenska
Oblika obveznice	Nematerializirana
Vrednost celotne izdaje	2.350.000.000,00 EUR
Vpis obveznic	KDD – Centralna klirinško depotna družba, d. d., Ljubljana
Namen izdaje obveznic	Izdane za namene splošnega financiranja
Začetek obrestovanja	11. 1. 2018
Rok dospelja	6. 3. 2028
Obrestna mera	1,00 %
Način izračuna obresti	Linearen
Način izplačila obresti	Letno
Glavnica	Neindeksirana
Pravica izdajatelja do predčasnega odkupa	NI
Organizirani trg	Ljubljanska borza, d. d.
Začetek trgovanja	12. 1. 2018

*Vir: MF (brez datuma).*

## Priloga 2: Dejanski in ocenjeni donosi slovenskih državnih obveznic

Tabela 1: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 31. 1. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,3359	-0,2028	-0,3493
RS67	-0,203	-0,1834	-0,1731
RS69	0,04641	-0,0565	-0,0077
RS71	0,04234	-0,019	0,0264
RS73	0,1355	0,1585	0,1815
RS66	0,4739	0,6237	0,6087
RS75	0,7903	0,7702	0,7519
RS70	0,7881	0,872	0,8533
RS79	1,076	1,0056	0,9882
RS80	1,157	1,1208	1,1058
RS77	1,362	1,467	1,4634
RS74	1,659	1,6339	1,6366
RS78	1,792	1,8077	1,817
RS76	1,908	1,9225	1,9359

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 2: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 28. 2. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,3097	-0,2382	-0,3847
RS67	-0,2058	-0,2018	-0,2447
RS69	-0,0001	-0,0277	-0,0217
RS71	0,03709	0,0215	0,0255
RS73	0,241	0,2492	0,239
RS66	0,7611	0,8075	0,783
RS75	0,9584	0,9739	0,9513
RS70	1,016	1,087	1,0666
RS79	1,208	1,2326	1,2158
RS80	1,328	1,3558	1,3423
RS77	1,647	1,7133	1,7095
RS74	1,957	1,8803	1,8804
RS78	2,058	2,0519	2,0556
RS76	2,143	2,1644	2,1703

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 3: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 29. 3. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,4742	-0,3356	-0,4713
RS67	-0,4064	-0,3934	-0,4096
RS69	-0,2286	-0,2767	-0,2266
RS71	-0,1868	-0,236	-0,1819
RS73	-0,02014	-0,038	0,0146
RS66	0,4231	0,4907	0,4869
RS75	0,5705	0,6542	0,6363
RS70	0,7446	0,7661	0,7413
RS79	0,8924	0,9113	0,881
RS80	0,9862	1,0347	1,0032
RS77	1,3	1,3955	1,3786
RS74	1,545	1,5647	1,563
RS78	1,777	1,7387	1,7557
RS76	1,842	1,8531	1,8829

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 4: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 30. 4. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,3121	-0,2584	-0,2894
RS67	-0,3159	-0,3004	-0,3183
RS69	-0,1569	-0,1773	-0,1713
RS71	-0,1227	-0,1361	-0,1258
RS73	0,06599	0,0631	0,0872
RS66	0,5372	0,5906	0,6074
RS75	0,6799	0,7535	0,7601
RS70	0,8421	0,8651	0,8634
RS79	1,017	1,0099	0,9966
RS80	1,118	1,1331	1,1101
RS77	1,405	1,4933	1,4539
RS74	1,649	1,6622	1,632
RS78	1,839	1,8356	1,8388
RS76	1,945	1,9492	1,9935

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 5: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 31. 5. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	0,01028	0,0049	0,0001901
RS67	-0,1563	-0,1344	-0,1229
RS69	-0,0612	-0,0714	-0,0701
RS71	-0,01481	-0,0396	0,041
RS73	0,1153	0,1275	0,1162
RS66	0,5439	0,6213	0,6138
RS75	0,6897	0,7803	0,7798
RS70	0,866	0,8903	0,895
RS79	1,084	1,0341	1,0448
RS80	1,209	1,1571	1,1714
RS77	1,449	1,5195	1,5215
RS74	1,695	1,69	1,6705
RS78	1,85	1,8649	1,8359
RS76	1,953	1,9793	2,003

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 6: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 29. 6. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,2306	-0,2102	-0,2097
RS67	-0,2735	-0,2906	-0,2922
RS69	-0,206	-0,1977	-0,2001
RS71	-0,1787	-0,162	-0,1642
RS73	0,02631	0,0156	0,0153
RS66	0,4659	0,5078	0,5131
RS75	0,5843	0,6626	0,6682
RS70	0,7252	0,769	0,774
RS79	0,9379	0,9076	0,9103
RS80	1,055	1,0259	1,0251
RS77	1,303	1,3726	1,354
RS74	1,5	1,5353	1,5094
RS78	1,708	1,7022	1,6889
RS76	1,785	1,8113	1,8422

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.



Tabela 7: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 31. 7. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,2646	-0,1623	-0,2609
RS67	-0,2797	-0,2596	-0,2859
RS69	-0,1775	-0,1978	-0,1707
RS71	-0,1397	-0,1692	-0,1386
RS73	-0,01114	-0,0195	0,0121
RS66	0,4249	0,4343	0,4335
RS75	0,492	0,5853	0,5774
RS70	0,6386	0,6913	0,6802
RS79	0,8413	0,8318	0,8183
RS80	0,9563	0,9537	0,94
RS77	1,246	1,3219	1,3151
RS74	1,493	1,499	1,4983
RS78	1,688	1,6822	1,6886
RS76	1,773	1,8021	1,8132

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 8: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 31. 8. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,2708	-0,1404	-0,2707
RS67	-0,3084	-0,2573	-0,3082
RS69	-0,1441	-0,2085	-0,1647
RS71	-0,1495	-0,1817	-0,1433
RS73	-0,04074	-0,0382	-0,0295
RS66	0,3666	0,4147	0,3949
RS75	0,493	0,5682	0,5509
RS70	0,6342	0,6766	0,6624
RS79	0,8674	0,8208	0,8114
RS80	0,9537	0,9466	0,9413
RS77	1,213	1,3285	1,3318
RS74	1,523	1,5131	1,5171
RS78	1,696	1,7041	1,7069
RS76	1,811	1,8289	1,8303

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 9: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 28. 9. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,2817	-0,1159	-0,2816
RS67	-0,3073	-0,2284	-0,3045
RS69	-0,07694	-0,1628	-0,0983
RS71	-0,09374	-0,1319	-0,0712
RS73	0,02917	0,0295	0,0596
RS66	0,4792	0,5125	0,4987
RS75	0,5819	0,671	0,6557
RS70	0,7256	0,7816	0,7674
RS79	0,9682	0,9272	0,9158
RS80	1,075	1,0528	1,0445
RS77	1,307	1,4271	1,4282
RS74	1,62	1,6047	1,6089
RS78	1,77	1,787	1,7934
RS76	1,906	1,9055	1,9129

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 10: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 31. 10. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,3117	-0,1314	-0,3116
RS67	-0,4302	-0,3143	-0,4457
RS69	-0,1576	-0,2341	-0,1531
RS71	-0,1371	-0,1945	-0,1155
RS73	0,05392	0,0089	0,0562
RS66	0,5318	0,5769	0,5614
RS75	0,6751	0,751	0,73
RS70	0,7814	0,869	0,847
RS79	1,049	1,0205	0,9997
RS80	1,16	1,1476	1,1297
RS77	1,383	1,5093	1,5058
RS74	1,711	1,6739	1,6784
RS78	1,794	1,8406	1,8533
RS76	1,984	1,9483	1,9662

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 11: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 30. 11. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,1671	-0,0843	-0,1671
RS67	-0,4412	-0,2959	-0,4412
RS69	-0,2242	-0,2666	-0,1959
RS71	-0,1288	-0,2376	-0,1698
RS73	-0,08805	-0,0742	-0,0394
RS66	0,4231	0,4582	0,4446
RS75	0,5843	0,6367	0,6221
RS70	0,6676	0,7615	0,7484
RS79	0,9762	0,9259	0,916
RS80	1,088	1,0675	1,0611
RS77	1,398	1,4873	1,4898
RS74	1,693	1,6848	1,6895
RS78	1,826	1,8862	1,8918
RS76	2,037	2,0163	2,0221

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.

Tabela 12: Dejanski in ocenjeni donosi (%) na dan 28. 12. 2018

Oznaka papirja	Dejanski donosi	Nelson-Sieglov model	Svennsonov model
		Ocenjeni donosi	Ocenjeni donosi
RS63	-0,04012	-0,0566	-0,0584
RS67	-0,4584	-0,3337	-0,342
RS69	-0,2754	-0,3477	-0,3525
RS71	-0,3011	-0,3254	-0,3288
RS73	-0,1886	-0,1845	-0,1816
RS66	0,3169	0,3331	0,344
RS75	0,4492	0,5142	0,5236
RS70	0,5404	0,6423	0,6491
RS79	0,8603	0,8126	0,8142
RS80	0,9954	0,9605	0,9559
RS77	1,323	1,4045	1,3751
RS74	1,638	1,6153	1,5797
RS78	1,761	1,8306	1,8166
RS76	1,972	1,9697	2,012

Vir: Bloomberg (brez datuma) in lastno delo.