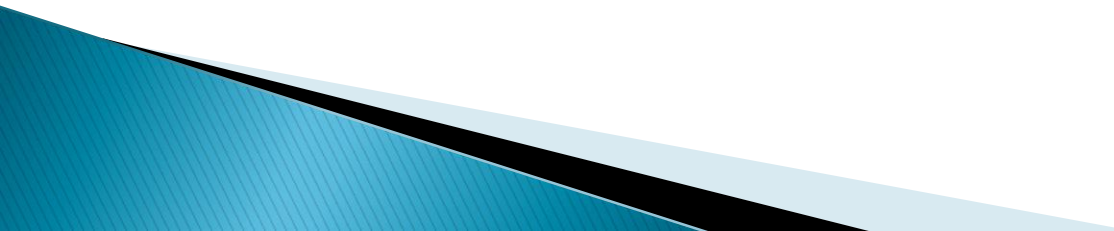


# Analýza dluhopisů a modely struktury úrokových měr

Petra Urbášková



# Osnova

- ▶ Definice a charakteristika dluhopisů
  - ▶ Výnosy z dluhopisů
  - ▶ Vnitřní hodnota dluhopisů
  - ▶ Bootstrap metoda
  - ▶ Vašíčkova metoda
  - ▶ CIR metoda
- 

# Dluhopisy

- ▶ úvěrový cenný papír
- ▶ právo majitele na výplatu úroků a vrácení nominální hodnoty dluhopisu
- ▶ emitent = dlužník  
investor (majitel) = věřitel
- ▶ dána doba splatnosti
- ▶ veřejně obchodovatelné

20120000

**Emitent:**

TOMMY STACHI s.r.o., IČ: 271 48 084  
se sídlem Odolena Voda, Alšova 123, 250 70  
zapsaná v obchodním rejstříku u Městského soudu v Praze oddíl C, vložka 99917

# DLUHOPIS

## TOMMY STACHI I

listinný cenný papír na jméno

**25 000 Kč**

*(dvacet pět tisíc korun českých)*

Emitent prohlašuje, že se zavazuje splatit dlužnou částku způsobem a v místě uvedeném v emisních podmínkách.

Emisní podmínky byly schváleny rozhodnutím České národní banky ze dne 15. 2. 2012, č. j. 2012/1486/570, vedeném pod spisovou značkou Sp/2012/21/572, které nabylo právní moci dne 15. 2. 2012

pevný roční úrok

**8,0 %**

ze jmenovité hodnoty dluhopisu

**Datum emise: 25. 2. 2012**

**Datum splatnosti emise: 25. 2. 2017**

**Datum splatnosti úroků: 25. 8. 2012, 25. 2. 2013, 25. 8. 2013, 25. 2. 2014, 25. 8. 2014, 25. 2. 2015, 25. 8. 2015, 25. 2. 2016, 25. 8. 2016, 25. 2. 2017**

Celkový objem emise činí 25 000 000 Kč a je rozdělen na 1 000 ks dluhopisů ve jmenovité hodnotě 25 000 Kč

Způsob a místo výplaty jmenovité hodnoty a výnosů z něhož:

Výplata úrokových výnosů a splácení jmenovité hodnoty Dluhopisu budou provedeny oproti předložení Dluhopisu na provozovně Emitenta dle čl. 6 Emisních podmínek, nebo v případě výplaty úrokových výnosů Dluhopisu též bez nutnosti předložení pokud byly řádně zaslány instrukce ve smyslu čl. 13.1 Emisních podmínek v příslušný Den výplaty. Výplata úrokových výnosů a splácení jmenovité hodnoty Dluhopisu budou prováděny převodem na bankovní účet sdílený za tímto účelem oprávněnými osobami Emitentovi nebo v případě výplaty úrokových výnosů rovněž hotovostně na provozovně Emitenta ve smyslu čl. 6 Emisních podmínek. O zrychleném způsobu výplaty úrokových výnosů informuje oprávněná osoba Emitenta v souladu s čl. 15.1 Emisních podmínek. Oprávněnou osobou je ve vztahu k Emisním podmínkám osoba, která je vlastníkem dluhopisu ve smyslu čl. 2 Emisních podmínek nebo jeho zmocněncem, který předloží plnou moc opatřenou úředně ověřeným podpisem vlastníka dluhopisu ve smyslu čl. 2 Emisních podmínek. Za den splácení se u bezhotovostního převodu považuje den, kdy bude příslušná částka odepsána z účtu Emitenta.

TOMMY STACHI s.r.o.  
jednatel

TOMMY STACHI s.r.o.  
jednatel

# Dluhopisy

## Dle data splatnosti:

- ▶ krátkodobé = splatnost do 1 roku
- ▶ střednědobé = splatnost v rozmezí 1–10 let
- ▶ dlouhodobé = splatnost dána nad 10 let

## Dle formy:

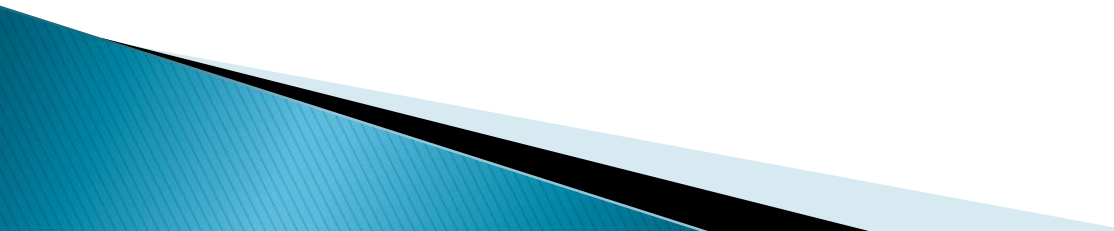
- ▶ na doručitele (kdo dluhopis předloží)
- ▶ na jméno (na rubu uveden majitel)

# Dluhopisy

## Dle podoby:

- ▶ listinné (mají fyzickou podobu)
- ▶ zaknihované (záznam v registru cenných papírů i s majitelem)

## Dle emitenta:

- ▶ Dluhopisy veřejného sektoru
  - ▶ Dluhopisy korporací
  - ▶ Bankovní dluhopisy
- 

# Dluhopisy veřejného sektoru

- ▶ emituje vláda, její instituce, města, obce
- ▶ financování deficitu státního rozpočtu, financování investic a speciálních úvěrových programů
- ▶ věřitelé mají nárok na úrok ze státního rozpočtu

# ST.DLUHOP. 5,70/24

ISIN: CZ0001002547

## Vybrané ukazatele

Zahajovací cena [%]	99,04
Zahájení obchodování	25.5.2009
Maximum za poslední rok [%]	103,99
Minimum za poslední rok [%]	103,99

## Informace o emisi

Druh investičního nástroje	dluhopis
Forma CP	na majitele / doručitele
Podoba CP	zaknihovaný CP
Jmenovitá hodnota CP [CZK]	10 000,00
Trh	Hlavní trh
Obchodní skupina	1
Počet kusů v emisi	9 000 000
Jednotka obchodování	v procentech
Druh dluhopisu	Státní
Datum emise	25.5.2009
Datum splatnosti emise	25.5.2024
Úroková sazba	5,700
Ex-kupon	26.4.2012
Datum výplaty kuponu	25.5.2012

## Informace o emitentovi

Emitent cenného papíru	Ministerstvo financí
Ulice	Letenská 15
PSČ	11810
Obec	Praha 1

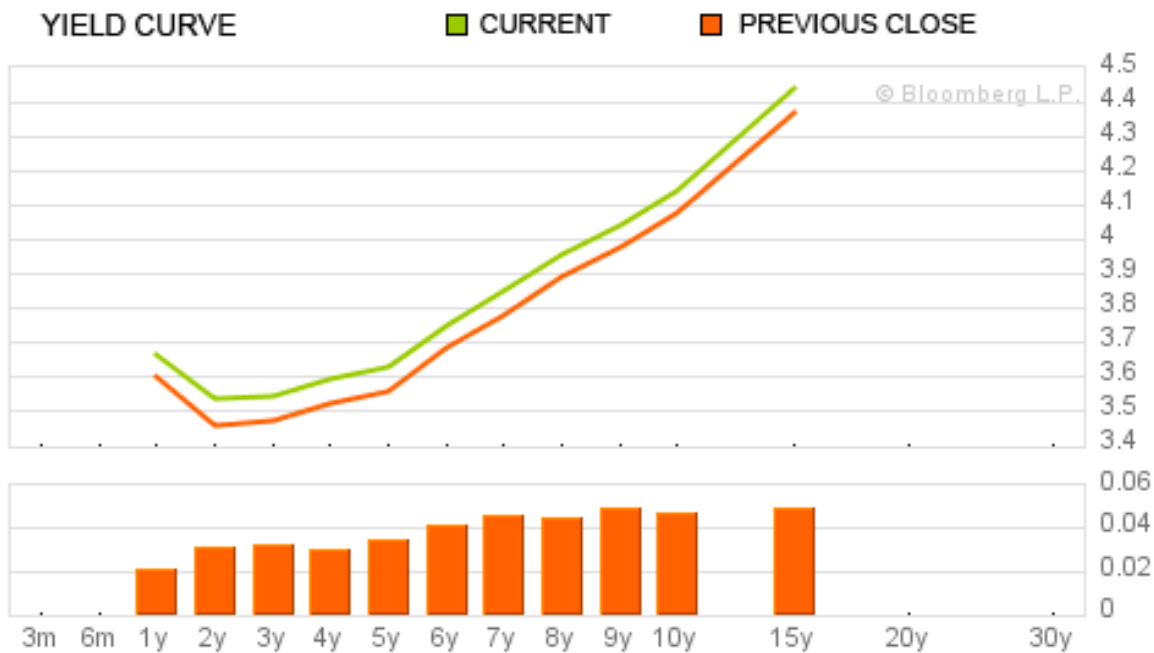


## Referenční ceny dluhopisů BCPP, výsledky ze dne 30.3.2012

Datum	Cena				Úroková sazba [%]	Datum splatnosti
	Koupě	Změna [%]	Prodej	Změna [%]		
30.3.2012	118.4	-0.42%	119.15	-0.33%	5.70	25.5.2024
28.3.2012	118.9	0.00%	119.55	-0.08%	5.70	25.5.2024
27.3.2012	118.9	-0.03%	119.65	-0.10%	5.70	25.5.2024
26.3.2012	118.93	-0.14%	119.77	-0.07%	5.70	25.5.2024
23.3.2012	119.1	+0.34%	119.85	+0.25%	5.70	25.5.2024
22.3.2012	118.7	+0.17%	119.55	+0.17%	5.70	25.5.2024
21.3.2012	118.5	+0.85%	119.35	+0.84%	5.70	25.5.2024
16.3.2012	117.5	-2.25%	118.35	-2.05%	5.70	25.5.2024
12.3.2012	120.2	-1.80%	120.83	-1.96%	5.70	25.5.2024
5.3.2012	122.4	+0.22%	123.25	+0.22%	5.70	25.5.2024
29.2.2012	122.13	+0.17%	122.98	+0.22%	5.70	25.5.2024
27.2.2012	121.92	-0.07%	122.71	-0.11%	5.70	25.5.2024
10.2.2012	122	-0.35%	122.85	-0.35%	5.70	25.5.2024
8.2.2012	122.43	+0.19%	123.28	+0.19%	5.70	25.5.2024
7.2.2012	122.2	-0.71%	123.05	-1.15%	5.70	25.5.2024
2.2.2012	123.08	+0.49%	124.48	+0.93%	5.70	25.5.2024
30.1.2012	122.48	+0.08%	123.33	-0.04%	5.70	25.5.2024
27.1.2012	122.38	+0.04%	123.38	+0.16%	5.70	25.5.2024
26.1.2012	122.33	+1.16%	123.18	+0.86%	5.70	25.5.2024
24.1.2012	120.93	+0.90%	122.13	+1.18%	5.70	25.5.2024

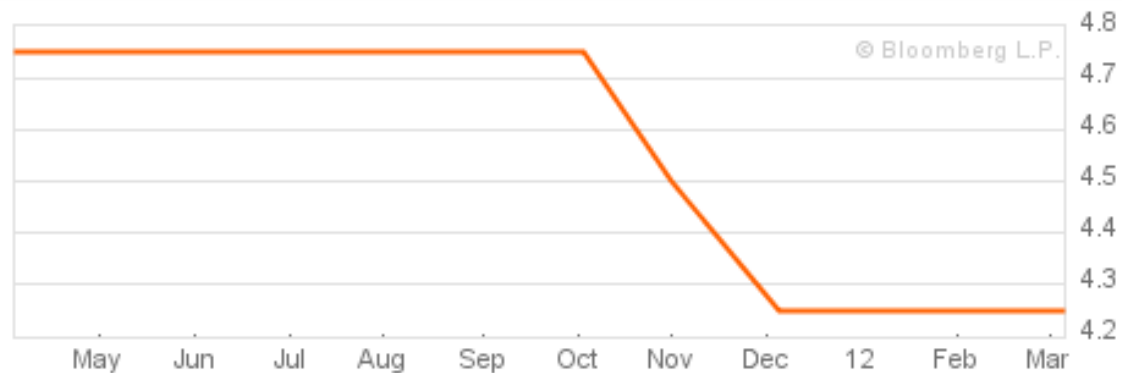
## Australian Government Bonds

	COUPON	MATURITY	PRICE/YIELD	PRICE/YIELD CHANGE	TIME
3-Month	0.000	07/27/2012	4.13 / 4.13	98.705 / 4.127	03/21
1-Year	6.500	05/15/2013	103.05 / 3.67	-0.031 / 0.020	19:23
2-Year	6.250	06/15/2014	105.68 / 3.54	-0.074 / 0.031	19:23
3-Year	6.250	04/15/2015	107.70 / 3.55	-0.103 / 0.032	19:23
4-Year	4.750	06/15/2016	104.45 / 3.60	-0.124 / 0.030	19:23
5-Year	6.000	02/15/2017	110.47 / 3.63	-0.172 / 0.035	19:23
6-Year	5.500	01/21/2018	108.98 / 3.76	-0.227 / 0.041	19:20
7-Year	5.250	03/15/2019	108.44 / 3.85	-0.297 / 0.046	19:22
8-Year	4.500	04/15/2020	103.65 / 3.97	-0.319 / 0.046	19:22
9-Year	5.750	05/15/2021	112.86 / 4.05	-0.406 / 0.050	19:22
10-Year	5.750	07/15/2022	113.30 / 4.15	-0.428 / 0.047	19:22
15-Year	4.750	04/21/2027	103.28 / 4.45	-0.557 / 0.050	19:20

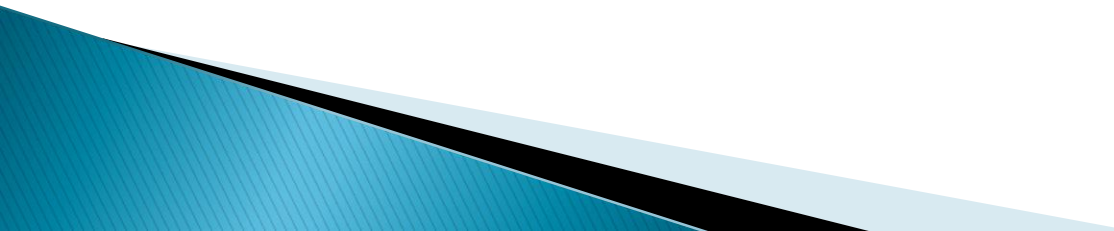


## Reserve Bank of Australia Interest Rates

CURRENT VALUE: 4.25



# Dluhopisy korporací

- ▶ emitentem je společnost (firemní sektor)
  - ▶ modernizace, financování samotné společnosti, odvrácení bankrotu
  - ▶ výše úroku v závislosti na rizikovosti firmy
- 

# UNIPETROL VAR/13

ISIN: CZ0003501041

## Vybrané ukazatele

Zahajovací cena [%]	100,00
Zahajení obchodování	18.3.1999
Maximum za poslední rok [%]	100,00
Minimum za poslední rok [%]	100,00

## Informace o emisi

Druh investičního nástroje	dluhopis
Forma CP	na majitele / doručitele
Podoba CP	zaknihovaný CP
Jmenovitá hodnota CP [CZK]	1 000 000,00
Trh	Volný trh
Obchodní skupina	1
Počet kusů v emisi	2 000
Jednotka obchodování	v procentech
Druh dluhopisu	Podnikový
Datum emise	28.12.1998
Datum splatnosti emise	28.12.2013
Úroková sazba	12,530
Ex-kupon	29.11.2012
Datum výplaty kuponu	28.12.2012

# ČEZ VAR/14

ISIN: CZ0003501058

## Vybrané ukazatele

Zahajovací cena [%]	100,00
Zahajení obchodování	26.1.1999
Maximum za poslední rok [%]	105,00
Minimum za poslední rok [%]	105,00

## Informace o emisi

Druh investičního nástroje	dluhopis
Forma CP	na majitele / doručitele
Podoba CP	zaknihovaný CP
Jmenovitá hodnota CP [CZK]	1 000 000,00
Trh	Volný trh
Obchodní skupina	1
Počet kusů v emisi	2 500
Jednotka obchodování	v procentech
Druh dluhopisu	Podnikový
Datum emise	26.1.1999
Datum splatnosti emise	26.1.2014
Úroková sazba	6,600
Ex-kupon	27.12.2012
Datum výplaty kuponu	26.1.2013

# Bankovní dluhopisy

- ▶ emitentem je bankovní ústav
- ▶ občas považovány za korporátní
- ▶ krytí závazků, modernizace, inovace

# WÜST.ST.SP.VAR/20

ISIN: CZ0003702276

## Vybrané ukazatele

Zahajovací cena [%]	100,00
Zahájení obchodování	29.1.2010
Maximum za poslední rok [%]	100,00
Minimum za poslední rok [%]	100,00

## Informace o emisi

Druh investičního nástroje	dluhopis
Forma CP	na majitele / doručitele
Podoba CP	zaknihovaný CP
Jmenovitá hodnota CP [CZK]	1 000 000,00
Trh	Volný trh
Obchodní skupina	1
Počet kusů v emisi	100
Jednotka obchodování	v procentech
Druh dluhopisu	Bankovní
Datum emise	29.1.2010
Datum splatnosti emise	29.1.2020
Úroková sazba	6,170
Ex-kupon	30.12.2012
Datum výplaty kuponu	29.1.2013



# EIB 6,50/15

ISIN: CZ0000000054

## Vybrané ukazatele

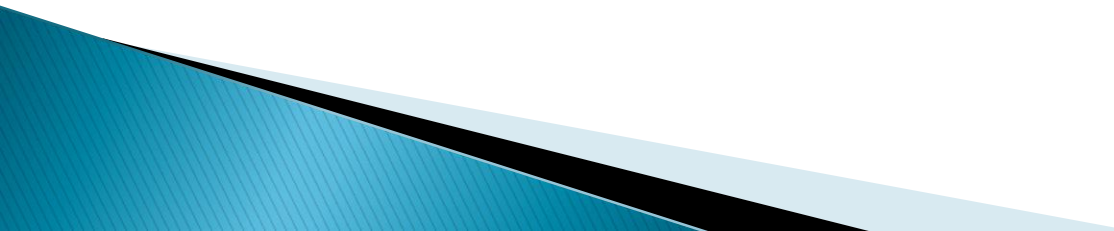
Zahajovací cena [%]	100,00
Zahájení obchodování	17.4.2000
Maximum za poslední rok [%]	100,00
Minimum za poslední rok [%]	100,00

## Informace o emisi

Druh investičního nástroje	dluhopis
Forma CP	na majitele / doručitele
Podoba CP	zaknihovaný CP
Jmenovitá hodnota CP [CZK]	100 000,00
Trh	Hlavní trh
Obchodní skupina	1
Počet kusů v emisi	20 000
Jednotka obchodování	v procentech
Druh dluhopisu	Bankovní
Datum emise	17.4.2000
Datum splatnosti emise	17.4.2015
Úroková sazba	6,50
Ex-kupon	18.3.2013
Datum výplaty kuponu	17.4.2012

# Dluhopisy

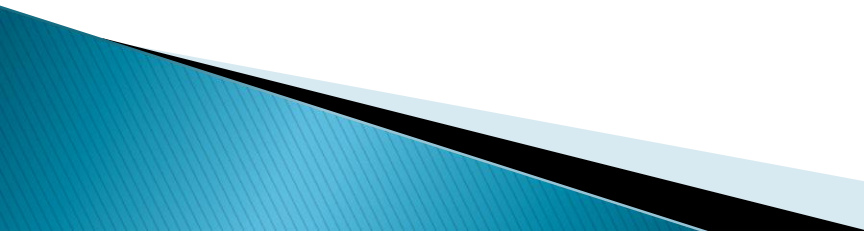
## Dle kupónu:

- ▶ Dluhopis s nulovým kupónem
  - ▶ Dluhopis s pevným kupónem
  - ▶ Dluhopis s proměnlivým kupónem
  - ▶ Indexovaný dluhopis
- 

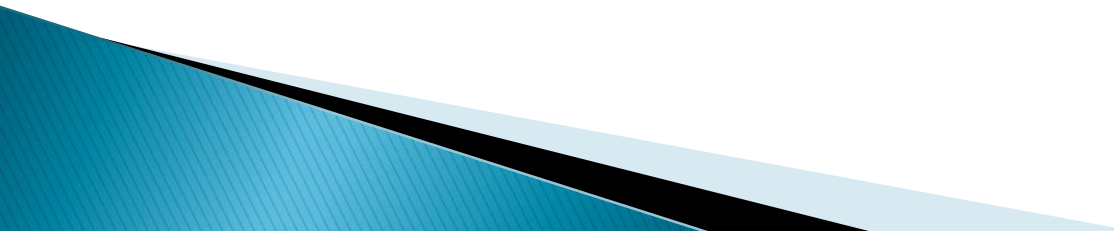
# Dluhopis s nulovým kupónem

- ▶ zero-coupon bond
- ▶ nevypláceny žádné kupónové platby během životnosti
- ▶ emitován zpravidla za cenu nižší než je jeho nominální hodnota (diskont = rozdíl mezi nominální hodnotou a cenou prodeje)
- ▶ očekávaný zisk až v okamžiku splatnosti

# Dluhopis s pevným kupónem

- ▶ straight-coupon bonds
  - ▶ nejznámější a nejstarší druh
  - ▶ majitel inkasuje během životnosti dluhopisu pravidelně (nejčastěji ročně či pololetně) pevný kupón po pevně stanovenou dobu
  - ▶ v době splatnosti obvykle dochází navíc ke splacení nominální hodnoty
  - ▶ pevně úročené cenné papíry
- 

# Dluhopis s proměnlivým kupónem

- ▶ floating–rate notes
  - ▶ kupónová sazba vázána na vývoj nějaké referenční veličiny (např. LIBOR, PRIBOR)
  - ▶ během životnosti kupónu vypláceny v pravidelných intervalech kupónové platby odvozené od kupónové sazby
- 

# Indexovaný dluhopis

- ▶ index-linked bonds
- ▶ vývoj kupónových sazeb vázán na vývoj indexů  
např. mezd, cen, zlata, ropy, cenných papírů
- ▶ vyplácení kupónových plateb v pravidelných intervalech od emise dluhopisu do doby jeho splatnosti

# Výnosy z dluhopisů

## ▶ Nominální kupónový výnos $Y_{CN}$

C ... roční kupónová platba

F ... jmenovitá hodnota dluhopisu

$$Y_{CN} = \frac{C}{F} \cdot 100$$

## ▶ Běžný výnos $Y_{CUR}$

C ... roční kupónová platba

$P_0$  ... aktuální tržní cena dluhopisu

$$Y_{CUR} = \frac{C}{P_0} \cdot 100$$

# Výnosy z dluhopisů

## ▶ Výnos do doby splatnosti YTM

$$P_0 = \frac{C_1}{(1 + YTM)^1} + \frac{C_2}{(1 + YTM)^2} + \frac{C_3}{(1 + YTM)^3} + \dots + \frac{F_N}{(1 + YTM)^N}$$

Přibližný výnos do doby splatnosti (dle Hawawiniho a Vory)

$$AYTM_{H,V} = \frac{C + \frac{F - P_0}{n}}{0,6 \cdot P_0 + 0,4 \cdot F} \cdot 100$$



# Příklad

Jaká bude hodnota výnosu do doby splatnosti dluhopisu, jestliže známe tyto údaje:

$$C = 10\% \text{ ročně}$$

$$F = 1500 \text{ Kč}$$

$$P = 1704 \text{ Kč}$$

$$T = 3 \text{ roky}$$

# Řešení

$$P = \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1 + YTM)^n} + \frac{F_N}{(1 + YTM)^N}$$
$$= \frac{150}{1 + 0,05} + \frac{150}{(1 + 0,05)^2} + \frac{1650}{(1 + 0,05)^3} = 1704$$

$$y = 0,05 = 5\%$$

# Výnosy z dluhopisů

## ▶ Výnos za dobu držby YHP

$$P_0 = \frac{C_1}{(1 + YHP)^1} + \frac{C_2}{(1 + YHP)^2} + \frac{C_3}{(1 + YHP)^3} + \dots + \frac{P_S}{(1 + YHP)^{N_S}}$$

Přibližný výnos do doby splatnosti (dle Hawawiniho a Vory)

$$AYHP_{H,V} = \frac{C + \frac{P_S - P_0}{n_S}}{0,6 \cdot P_0 + 0,4 \cdot P_S} \cdot 100$$

$P_S$  ... očekávaná prodejní cena

$n_S$  ... počet let, které zbývají do prodeje dluhopisu

# Investování do dluhopisů

- ▶ úroková míra je hlavním faktorem ovlivňujícím cenu dluhopisu
- ▶ výše úroku je ovlivněna i dobou splatnosti
- ▶ úrokové sazby
  - se pohybují v určitém rozmezí
  - mají tendenci se vracet k rovnovážné hodnotě
- ▶ odhady investorů jsou často založeny na modelování vývoje úrokové míry

# Časová struktura úrok. měř

$M_0$  ... počáteční suma v čase 0

T ... doba úročení

▶ v čase T budeme mít:

– v případě diskrétního úročení

$$M_0 \cdot (1 + r)^T$$

– v případě spojitého úročení

$$M_0 \cdot e^{rT}$$

# Vnitřní hodnota

- ▶ Dlouhodobý dluhopis s nulovým úročením

- v diskrétním případě:

$$P = \frac{F_N}{(1+r)^N}$$

- ve spojitém případě:

$$P = F \cdot e^{-R(T_0, T)(T-T_0)}$$

- spojitá úroková míra:

$$R(T_0, T) = -\frac{1}{T - T_0} \cdot \ln P(T_0, T)$$

$T_0$  ... dnešní datum

$T$  ... čas vypršení dluhopisu

# Vnitřní hodnota

- ▶ **Dlouhodobý dluhopis s pevným úročením**  
– diskrétní úročení:

$$P = \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} + \frac{F_N}{(1+r)^N}$$

$P$  ... vnitřní hodnota dluhopisu

$C_n$  ... pevná kupónová platba vyplácená v  $n$ -tém roce životnosti

$F_N$  ... jmenovitá hodnota dluhopisu vyplácená na konci životnosti

$N$  ... počet let do doby splatnosti dluhopisu

$r$  ... tržní úroková míra (případně požadovaná úroková míra)

# Vnitřní hodnota

– spojitě úročení:

$$P = \sum_{n=1}^N C \cdot \delta e^{-R(T_0, T_n)(T_n - T_0)} + F \cdot e^{-R(T_0, T_N)(T_N - T_0)}$$

- ▶ Dlouhodobý dluhopis s pevnou pravidelnou platbou (perpetuita)

$$P = \frac{C}{r}$$



# Vnitřní hodnota

- ▶ **Krátkodobé pokladniční poukázky**

$$P_0 = F \cdot \left(1 - Y_D \cdot \frac{n}{360}\right)$$

$P_0$  ... cena pokladniční poukázky

$Y_D$  ... diskontovaný výnos

$F$  ... jmenovitá hodnota dluhopisu

$n$  ... počet dnů zbývajících do doby splatnosti dluhopisu

# Bootstrap metoda

- ▶ umožňuje výpočet jednotlivých úroků příslušné časové struktury úrokových měr, pokud známe ceny dluhopisů
- ▶ postup viz. příklad

# Příklad

Dluhopis	Splatnost (v letech)	Roční kupón	Cena
1	0,25	0 €	96,7 €
2	0,50	0 €	94,8 €
3	1,00	0 €	90,5 €
4	1,50	10 €	95,9 €
5	2,00	12 €	97,8 €

Kupóny vypláceny pololetně,  $F = 98 \text{ €}$ , spočítejte úroky pro jednotlivá pololetí.

# Řešení

$$R_{0,25} = -\frac{1}{T - T_0} \cdot \ln P(T_0, T) = -\frac{1}{0,25} \cdot \ln \frac{96,7}{98} = 0,0534 = 5,34\%$$

$$R_{0,5} = -\frac{1}{0,5} \cdot \ln \frac{94,8}{98} = 0,0664 = 6,64\%$$

$$R_{1,0} = -\frac{1}{1} \cdot \ln \frac{90,5}{98} = 0,0796 = 7,96\%$$

$$P = \sum_{n=1}^N C \cdot \delta e^{-R(T_0, T_n)(T_n - T_0)} + F \cdot e^{-R(T_0, T_N)(T_N - T_0)}$$
$$= 5 \cdot e^{-0,0664 \cdot 0,5} + 5 \cdot e^{-0,0796 \cdot 1} + 103 \cdot e^{-R_{1,5} \cdot 1,5} = 95,9$$

$$R_{1,5} = 0,1168 = 11,68\%$$

$$6 \cdot e^{-0,0664 \cdot 0,5} + 6 \cdot e^{-0,0796 \cdot 1} + 6 \cdot e^{-0,1168 \cdot 1,5} + 104 \cdot e^{-R_{2,0} \cdot 2} = 97,8$$

$$R_{2,0} = 0,1224 = 12,24\%$$

# Stochastické procesy

- ▶ **Wienerův proces**

- náhodný proces se spojitým časem  $W(t)$

- $W_0 = 0$

- přírůstky Wienerova procesu jsou na sobě nezávislé, mají rozdělení

- $$W(t) - W(s) \sim N(0, t-s), 0 \leq s < t$$

- ▶ ceny aktiv se chovají zcela náhodně a nezávisle na předchozím vývoji

- ▶ ideální pro popis chování cen aktiv

# Stochastické procesy

- ▶  $\delta W$  je přírůstek Wienerova procesu v čase  $\delta t$

$$\delta W = W(t + \delta t) - W(t)$$

- ▶ pokud  $\delta t \rightarrow 0$ , pak změna Wienerova procesu je

$$dZ(t) = a dt + b dW(t)$$

$$dW = \lim_{t \rightarrow 0} \delta W$$

a, b ... konstanty

# Vašíčekův model

- ▶ Oldřich Vašíček (1977 Journal of Financial Economics)
- ▶ model s konstantními koeficienty
- ▶ **dynamika úrokové míry  $r(t)$**

$$dr(t) = a[b - r(t)]dt + \sigma dW(t)$$

$a, b, \sigma$  ... kladné konstanty

$a$  ... koeficient rychlosti přizpůsobení dynamiky rovnovážné úrokové míře

$b$  ... rovnovážná úroková míra

$\sigma$  ... volatilita úrokové míry

# Vašíčkův model

- ▶ ocenění bezkupónového dluhopisu

$$P(t; T) = e^{A(t; T) - B(t; T)r(t)}$$

kde

$$B(t; T) = \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a}$$

$$A(t; T) = \frac{(B(t; T) - T + t) \left( a^2 b - \frac{\sigma^2}{2} \right)}{a^2}$$



# Cox–Ingersoll–Rossův model (CIR)

- ▶ volatilita úrokových sazeb není konstantní
- ▶ pro  $a > 0$ ,  $b > 0$  je  $r(t)$  nezáporná
- ▶ **dynamika úrokové míry  $r(t)$**

$$dr(t) = a[b - r(t)]dt + \sigma\sqrt{r(t)}dW(t)$$

$a$ ,  $b$ ,  $\sigma$  ... kladné konstanty

$a$  ... koeficient rychlosti přizpůsobení dynamiky rovnovážné úrokové míře

$b$  ... rovnovážná úroková míra

$\sigma$  ... volatilita úrokové míry

# Cox–Ingersoll–Rossův model (CIR)

- ▶ ocenění bezkupónového dluhopisu

$$P(t; T) = e^{A(t; T) - B(t; T)r(t)}$$

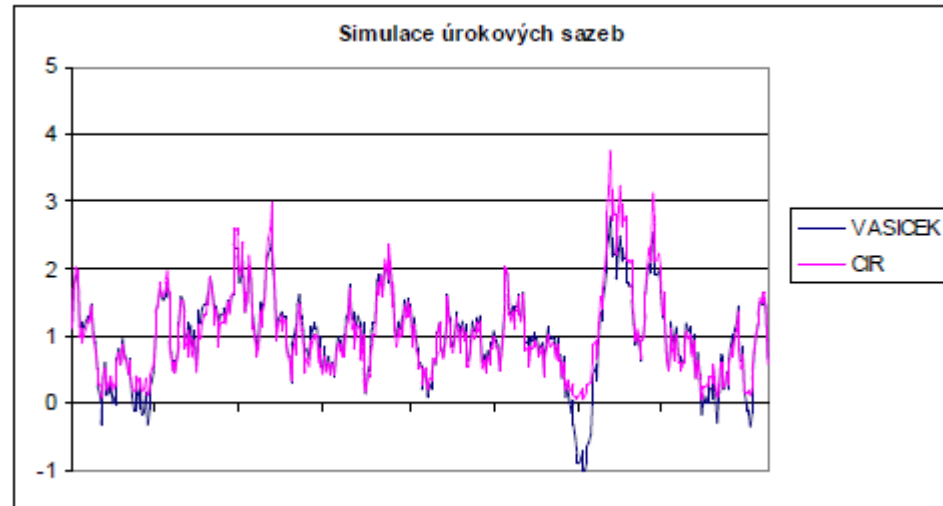
kde

$$B(t; T) = \frac{2(e^{\gamma(T-t)} - 1)}{2\gamma + (a + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1)}$$

$$A(t; T) = \left[ \frac{2\gamma e^{\frac{(a+\gamma)(T-t)}{2}}}{2\gamma + (a + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1)} \right]^{\frac{2ab}{\sigma^2}}$$

$$\gamma = \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}$$

# Srovnání



Vašíčkův m.	CIR
úroková sazba může nabývat záporných hodnot (nevýhoda)	úroková sazba je nezáporná (pokud je splněna podmínka $2ab > \sigma$ )
veličina $r(t)$ má normální rozdělení	veličina $r(t)$ má necentrální $\chi^2$ rozdělení
volatilita je konstantní	volatilita není konstantní (závislá na odmocnině z úrokové sazby)

# Literatura

- MELICHERČÍK, Igor, Ladislava OLŠAROVÁ a Vladimír ÚRADNÍČEK. *Kapitoly z finančnej matematiky*. [Bratislava: Miroslav Mračko, 2005, 242 s. ISBN 80-805-7651-3.
- MÁLEK, Jiří. *Dynamika úrokových měř a úrokové deriváty*. Vyd. 1. Praha: Ekopress, c2005, 135 s. ISBN 80-861-1997-1.
- PLACE, Joanna. Basic bond analysis. In: [online]. [cit. 2012-03-29]. Dostupné z:  
<http://www.bankofengland.co.uk/education/Documents/ccbs/handbooks/pdf/ccbshb20.pdf>
- VESELÁ, Jitka. *Investování na kapitálových trzích*. Vyd. 1. Praha: ASPI, 2007, 703 s. ISBN 978-80-7357-297-6 (VáZ.).
- <http://www.bcpp.cz/Cenne-Papiry/Default.aspx>
- <http://www.bloomberg.com>
- <http://akcie-cz.kurzy.cz>

Děkuji za pozornost

