

2.1. ZLOŽENÉ ÚROKOVANIE

Pri jednoduchom úrokovaní počítame úrok vždy zo začiatočného kapitálu K_0 . Jednoduché úrokovanie používame vtedy, keď doba, za ktorú sa počíta úrok, je kratšia (menšia) ako úroková perióda.

Ak doba, za ktorú počítame úrok, je dlhšia ako úroková perióda, tak vtedy úroky pripisujeme k istine na konci úrokovej periódy a v nasledujúcom období túto sumu zúročíme. Hovoríme o "úrokovaní úrokov", teda o **zloženom úrokovaní**.

Pri zloženom úrokovaní budeme používať tieto označenia:

- K_0 - začiatočná hodnota kapitálu
- $i(p)$ - úrokovacia sadzba (miera) pre danú úrokovú periódu
- n - dĺžka úrokového obdobia (počet úrokových periód)
- K_n - hodnota kapitálu po n úrokových periódach

Aký bude nárast kapitálu K_0 po n úrokových periódach ?

Kapitál na začiatku 1. periódy : K_0

Kapitál na konci 1. periódy : $n = 1 \quad K_1 = K_0 + U = K_0 + K_0 \cdot i \cdot 1 = K_0(1 + i)$

Kapitál na konci 2. periódy : $n = 2 \quad K_2 = K_1 + K_1 \cdot i \cdot 1 = K_1(1 + i) = K_0 \cdot (1 + i)^2$

⋮

Kapitál na konci n -tej periódy : $K_n = K_0(1 + i)^n$

K_n - budúca (výsledná, konečná) hodnota kapitálu

K_0 - prítomná (súčasná, začiatočná) hodnota kapitálu

Pre výpočet budúcej hodnoty kapitálu platí vzťah

- (1) $K_n = K_0(1 + i)^n$

Zo vzťahu (1) vyjadríme vzorec na výpočet prítomnej hodnoty kapitálu

- (2) $K_0 = \frac{K_n}{(1 + i)^n}$

Zo vzťahu (1) vyjadríme vzorec na výpočet úrokovej sadzby i

- (3) $i = \sqrt[n]{\frac{K_n}{K_0}} - 1$

Odvodenie:

$$K_n = K_0(1 + i)^n$$

$$\frac{K_n}{K_0} = (1 + i)^n \quad / \quad \sqrt[n]{}$$

$$\sqrt[n]{\frac{K_n}{K_0}} = (1+i)^n - 1$$

$$\sqrt[n]{\frac{K_n}{K_0}} - 1 = i$$

Zo vzťahu (1) vyjadríme vzorec na výpočet dĺžky úrokového obdobia

$$\bullet (4) \quad n = \frac{\ln K_n - \ln K_0}{\ln(1+i)}$$

Odvodenie:

$$K_n = K_0 (1+i)^n$$

$$\frac{K_n}{K_0} = (1+i)^n \quad \circ \ln$$

$$\ln\left(\frac{K_n}{K_0}\right) = \ln(1+i)^n$$

$$\ln\left(\frac{K_n}{K_0}\right) = n \cdot \ln(1+i)$$

$$\ln K_n - \ln K_0 = n \cdot \ln(1+i)$$

$$\frac{\ln K_n - \ln K_0}{\ln(1+i)} = n$$

Veličinu $r^n = (1+i)^n$ nazývame **úrokovací faktor** pre n periód.

→ celkový úrok po n periódach

$$U_n = K_n - K_0 = K_0(1+i)^n - K_0 = K_0[(1+i)^n - 1] = K_0(r^n - 1)$$

→ prírastok (úroky) v k -tej perióde

$$u_k = K_0(1+i)^{k-1} \cdot i$$

Príklad 2.1

Nájdite budúcu hodnotu kapitálu 10 000 p.j. po 10-tich rokoch, vloženého na účet, ktorý poskytuje 8% ročnú úrokovú mieru.

Príklad 2

Príklad 2.3

Ján si otvoril účet v banke pri 9% ročnej úrokovej miere a vložil naň 10 000 p.j. Po 3 rokoch vybral z účtu 5 000 p.j. Akou sumou bude disponovať po ďalších 4 rokoch ?

Príklad 2.4

Podnik chce získať kapitál potrebný na investovanie. Chce na to využiť formu zamestnaneckých obligácií v nominálnej hodnote 100 p.j. splatných o päť rokov. Akú má stanoviť cenu jednej obligácie, ak uvažuje s 15%-nou ročnou úrokovou mierou?

Príklad 2.5

Pri akej ročnej úrokovej miere sa daný vklad zdvojnásobí za obdobie 5-tich rokov ?

Príklad 2.6

Ak uvažujeme 6% ročnú úrokovú mieru, koľko rokov potrebujeme, aby vklad 2 000 p.j. vzrástol na 3 000 p.j. ?

VZŤAH MEDZI JEDNODUCHÝM A ZLOŽENÝM ÚROKOVANÍM

$$K_n = K_0(1 + in)$$

$$\Downarrow$$

lineárna funkcia pre n

$$K_n = K_0(1 + i)^n$$

$$\Downarrow$$

exponenciálna funkcia pre n

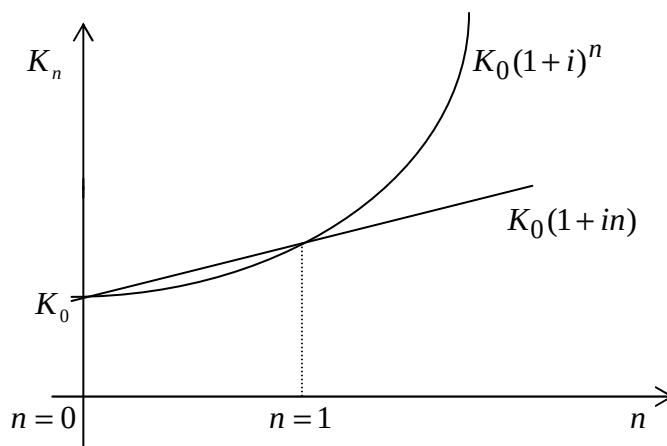
$$\left. \begin{array}{l} \text{pre } n = 0 \Rightarrow K_0 = K_0 \quad [0, K_0] \\ \text{pre } n = 1 \Rightarrow K_n = K_n \quad [1, K_0(1 + i)] \end{array} \right\} \text{spoločné body grafov}$$

Nárast kapitálu K_0 závisí od doby úrokovania n a platí :

$$\text{Ak } 0 < n < 1 \Rightarrow K_0(1 + in) > K_0(1 + i)^n$$

$$\text{Ak } n = 1 \Rightarrow K_0(1 + in) = K_0(1 + i)^n$$

$$\text{Ak } n > 1 \Rightarrow K_0(1 + in) < K_0(1 + i)^n$$



Poznámka 1. Pri úrokovom období kratšom ako úroková perióda, pre ktorú je stanovená úroková miera (zvyčajne 1 rok), je výhodnejšie pre majiteľa vkladu použiť jednoduché úrokovanie. Pri dlhšom období ako jedna úroková perióda je výhodnejšie použiť zložené úrokovanie.

Poznámka 2. Rozdiel medzi jednoduchým a zloženým úrokováním sa prejaví tým viac, čím je úrokové obdobie dlhšie.

Príklad 2.7

Vypočítajte nárast sumy 10 000 p.j. vlozenej na účet pri 6% ročnej úrokovej miere na dobu $n = 5$, $n = 10$, $n = 20$ rokov pri jednoduchom a zloženom úrokovaní.

2.2. NOMINÁLNE A EFEKTÍVNE ÚROKOVÉ SADZBY

Symbolom i sme označovali úrokovú sadzbu za 1 periódu - nazývame ju **efektívna úroková sadzba**; za periódu sme považovali 1 rok.

V bankových operáciách sa úroky počítajú nie jedenkrát ročne, ale niekoľkokrát ročne. Dobu medzi dvoma nasledujúcimi výpočtami úrokov nazývame (ročnou) **konverziou**, počet ročných konverzií označíme m ($m \geq 1$). Pri takýchto transakciách býva určená **ročná úroková miera a počet konverzií**. Takúto ročnú úrokovú sadzbu nazývame **nominálnou úrokovou sadzbou**. Označenie: j alebo $i^{(m)}$

V nasledujúcom texte budeme používať tieto označenia:

j – nominálna úroková sadzba

i – efektívna úroková sadzba (za 1 periódu konverzie)

m – počet konverzií

n – počet rokov

$n \cdot m$ - počet úrokových periód

Konverzia	Počet konverzií za rok
polročná	2
štvrtročná	4
mesačná	12
denná	365(360)

$$i = \frac{\text{úroková sadzba za rok}}{\text{pocet konverzií za rok}} = \frac{j}{m}$$

Úrokovací faktor je $r^n = (1 + i)^n = \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{m \cdot n}$

Vzorce na výpočet základných veličín, ak $i = \frac{j}{m}$ je efektívna úroková sadzba:

- $K_n = K_0 \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn}$
- $K_0 = K_n \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}$
- $j = m \left(\sqrt[mn]{\frac{K_n}{K_0}} - 1 \right)$
- $n = \frac{1}{m} \cdot \frac{\ln K_n - \ln K_0}{\ln \left(1 + \frac{j}{m}\right)}$

Príklad 2.8. Nájdite budúcu hodnotu vkladu 500 p.j. pri štvrťročnom úrokovaní a 6%-nej nominálnej úrokovej miere za 5 rokov.

Príklad 2.9. Vypočítajte, či je výhodnejšie uložiť vklad 5 000 p.j. na 4%-nú nominálnu úrokovú mieru pri ročnom alebo polročnom úrokovaní na obdobie 10 rokov.

Príklad 2.10. Občan si otvoril účet v banke s vkladom 10 000 p.j. Banka poskytuje 4%-nú nominálnu úrokovú mieru pri polročnom úrokovaní. Na konci 1. a 2. roka občan zvýši vklad o ďalších 5 000 p.j. Akú veľkú sumu bude mať občan na účte po 5-tich rokoch ?

Príklad 2.11. Riešte predchádzajúci príklad za predpokladu, že banka poskytuje štvrťročný úrok pri 8%-nej nominálnej úrokovej miere !

Príklad 2.12. Podnik chce vytvoriť zabezpečovací fond tak, aby mal na ňom 100 000 p.j. potrebných na výmenu opotrebovaného stroja o tri roky. Koľko musí vložiť do fondu teraz, ak banka poskytuje štvrťročný úrok pri 8%-nej úrokovej miere ?

Príklad 2.13. Uvažujeme o nákupe vkladového listu v hodnote 15 000 p.j., ktorý sa nám má vrátiť o 5 rokov v hodnote 20 000 p.j. Predpokladá sa mesačné úrokovanie. Akej nominálnej úrokovej miere zodpovedá výnos z tohto vkladového listu ?

2.3. ZMIEŠANÉ ÚROKOVANIE

Pre úrokové obdobie $n = N + t$, kde N je celé číslo, $t \in (0,1)$

$$K_n = K_{N+t} = K_N(1+i \cdot t) = K_0(1+i)^N \cdot (1+i \cdot t)$$

$$K_n = K_0(1+i)^N \cdot (1+i \cdot t)$$

Pr. 14. Vypočítajme budúcu hodnotu z vkladu 10 000 p.j. uloženého pri 4 %-nej nominálnej úrokovej miere na dobu 5 rokov a 5 mesiacov.

Riešenie:

Pre úrokové obdobie $n = t_1 + N + t_2$, N je celé číslo, $t_1, t_2 \in (0,1)$

$$K_n = K_0 \cdot (1+i \cdot t_1) \cdot (1+i)^N \cdot (1+i \cdot t_2)$$

Pr. 15. Vypočítajme na akú sumu vzrástol kapitál 10 000 p.j. pri ročnej úrokovej sadzbe $i = 0,09$ od 20. 5. 1991 do 25. 8. 1995.

Riešenie:

2.4. EKVIVALENTNÉ ÚROKOVÉ SADZBY

Definícia: Nech j je nominálna úroková sadzba pri m ročných konverziách. Potom ročnú úrokovú sadzbu i_e , ktorá za 1 rok poskytuje ten istý výnos, nazývame **ekvivalentná efektívna ročná úroková sadzba**.

Pr. 16. Banka poskytuje na vklady a) mesačné, b) denné úroky pri nominálnej úrokovej sadzbe $j = 0,055$. Vypočítajte zodpovedajúcu ekvivalentnú efektívnu ročnú úrokovú sadzbu.

2.5. DISKONTOVANIE PRI ZLOŽENOM ÚROKOVANÍ

Pri **matematickom diskontovaní** (odúročení) je diskont rovný rozdielu

$$D_m = K_n - K_0 \quad , \quad kde \quad K_0 = K_n \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}$$

Pri **obchodnom diskontovaní** je diskont rovný úrokom zo splatnej hodnoty K_n pri danej diskontnej sadzbe :

$$K_{n-1} = K_n - K_n d = K_n (1-d)$$

$$K_{n-2} = K_{n-1} - K_{n-1} d = K_{n-1} (1-d) = K_n (1-d)^2$$

$\vdots$

$$K_0 = K_n (1-d)^n$$

Prítomná hodnota K_0 z kapitálu K_n pri danej diskontnej sadzbe d je za n úrokových periód

$$K_0 = K_n(1-d)^n$$

Obchodný diskont pre zložené úrokovanie je

$$D_0 = K_n - K_0 = K_n - K_n(1-d)^n = K_n[1 - (1-d)^n]$$

Príklad 2.17.

Vypočítajme matematický a obchodný diskont zo sumy 10 000 p.j. pri rovnakej ročnej úrokovej a diskontnej sadzbe rovnaj 0,08 za obdobie troch rokov.

Bankári počítajú diskont z vyššej sumy, než akú reálne vyplácajú. Pri zloženom úrokovaní je rozdiel medzi D_{mat} a D_{ob} väčší než pri jednoduchom úrokovaní, preto zodpovedajúce úrokové a diskontné sadzby musia byť rôzne.

EKVIVALENTNÉ ÚROKOVÉ A DISKONTNÉ SADZBY

$$\begin{array}{ll}
 K_0 = \frac{K_n}{(1+i)^n} & K_0 = K_n(1-d)^n \\
 \rightarrow \text{matematický diskont} & \rightarrow \text{obchodný diskont} \\
 K_0 = K_0 & \\
 \Downarrow & \\
 \frac{1}{1+i} = 1-d & \\
 \Downarrow & \\
 d = \frac{i}{1+i} \Leftrightarrow i = \frac{d}{1-d}
 \end{array}$$

(*)

$$K_0 = K_n \cdot \left[1 - \frac{d^{(m)}}{m} \right]^{m \cdot n}$$

EKVIVALENTNÉ EFEKTÍVNE A NOMINÁLNE DISKONTNÉ SADZBY

$$K_n \cdot (1-d)^n = K_n \cdot \left[1 - \frac{d^{(m)}}{m} \right]^{m \cdot n} \quad (*)$$

Príklad 2.18.

Zmenka nominálnej hodnoty 10 000 p.j. je splatná o 3 roky a 9 mesiacov. Aká je jej prítomná hodnota pri polročnom úrokovaní a 8%-nej nominálnej úrokovej miere ?

Príklad 2.19.

Pán Nový požičal pani Bielej 1. 2. 1990 sumu 20 000 p.j. pri 8 %-nej nominálnej úrokovej miere a polročnom úrokovaní. Pani Biela podpísala dlžobný úpis, že vráti pôžičku spolu s úrokmi o 5 rokov. Pani Biela chce dlžobný úpis získať naspäť už 1. 8. 1992. Pán Nový súhlasí pri použití matematického diskontu s 10 %-nou nominálnou úrokovou mierou s polročným úrokováním. Koľko musí zaplatiť pani Biela pánovi Novému na vyrovnanie dlhu?

2.6. ÚLOHY Z FINANČNEJ EKVIVALENCIE

Princíp finančnej ekvivalencie možno používať aj pri zloženom úrokovaní.

Príklad 2.21.

Zmenka nominálnej hodnoty 66 119,76 p.j. je splatná o 5 rokov a je predávaná pri 8 % ročnej úrokovej miere. Iná zmenka nominálnej hodnoty 77 122,09 p.j. je splatná o 7 rokov pri rovnakej úrokovej miere. Zistite, či sú tieto zmenky "finančne ekvivalentné".

P o z n á m k a . Pre zložené úrokovanie platí: ak sú dva kapitály ekvivalentné k nejakému dátumu, tak sú ekvivalentné aj k inému dátumu, teda ekvivalencia nezávisí od času.

Príklad 2.22.

Dlh v sume 20 000 p.j. sa má zaplatiť o 3 roky. Dlh chceme nahradiť ekvivalentnou platbou o 5 rokov, realizovanou pri nominálnej úrokovej sadzbe 0,07 pri polročnom úrokovaní. Aká veľká má byť táto platba ?

2.7. ANTICIPATÍVNE ÚROKOVANIE

Predlehotný (anticipatívny) úrok je splatný na začiatku úrokového obdobia, ide teda o rovnaký princíp ako pri obchodnom diskonte.

$$K_0 = K_n - U$$

The diagram shows the equation $K_0 = K_n - U$ with three arrows pointing from the terms to labels below them: an arrow from K_0 points to "začiatočný kapitál", an arrow from K_n points to "konečný kapitál", and an arrow from U points to "úrok".

Príklad 2.23.

Dlžník žiada o pôžičku vo výške 5000 p.j. na dobu 1 roku. Anticipatívny úrok je 6%, veriteľ si zo sumy 5000 zráža 6%-ný úrok vopred a vyplatí dlžníkovi len 4700 p.j. Dlžník musí po roku zaplatiť 5000 p.j.

Symbolika: K_0 - začiatková hodnota kapitálu

K_n - hodnota kapitálu po n úrokových periódach

n - počet úrokových periód

i_A - anticipatívna úroková sadzba za 1 úrokovú periódu (1 rok)

Konečný kapitál po 1. úrokovej perióde:

$$K_0 = K_1 - K_1 \cdot i_A \cdot 1 = K_1(1 - i_A) \Rightarrow K_1 = \frac{K_0}{1 - i_A}$$

Konečný kapitál po 2. úrokovej perióde:

$$K_1 = K_2 - K_2 \cdot i_A \cdot 1 = K_2(1 - i_A) \Rightarrow K_2 = \frac{K_1}{1 - i_A} = \frac{K_0}{(1 - i_A)^2}$$

⋮

Konečný kapitál po n -tej úrokovej perióde:

$$K_{n-1} = K_n - K_n \cdot i_A \cdot 1 = K_n(1 - i_A) \Rightarrow K_n = \frac{K_{n-1}}{1 - i_A} = \frac{K_0}{(1 - i_A)^n}$$

- budúca hodnota kapitálu pri anticipatívnom úrokovaní $K_n = \frac{K_0}{(1 - i_A)^n}$
- prítomná hodnota kapitálu pri anticipatívnom úrokovaní $K_0 = K_n(1 - i_A)^n$

Príklad 2.24.

Akú sumu zaplatí dlžník z pôžičky 10 000 p.j. pri 9% anticipatívnom úrokovaní o 5 rokov ?

EKVIVALENTNÉ DEKURZÍVNE A ANTICIPATÍVNE ÚROKOVÉ SADZBY

Porovnáme úrokovacie faktory

$$1 + i = \frac{1}{1 - i_A} \Rightarrow (*)$$

2.8. SPOJITÉ ÚROKOVANIE

- diskrétné úrokovanie 1.r. 2.r. 3.r. 4.r.

- spojité úrokovanie $\Delta t \rightarrow 0$
 počet konverzií m sa blíži do nekonečna
 $m \rightarrow \infty$

$j = j(m)$ - nominálna úroková sadzba v závislosti od počtu konverzií m

Označenie: $\delta = \lim_{m \rightarrow \infty} j(m)$

úroková intenzita (úroková sadzba pre spojité úrokovanie)

Budúca hodnota pre zložené úrokovanie je $K_n = K_0 \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn}$,

budúca hodnota pre spojité úrokovanie bude $K_n = \lim_{m \rightarrow \infty} K_0 \left(1 + \frac{\delta}{m}\right)^{mn}$

Platí $\lim_{t \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{t}\right)^t = e \Rightarrow \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\delta}{m}\right)^m = e^\delta$

$$\begin{aligned} K_n &= \lim_{m \rightarrow \infty} K_0 \left(1 + \frac{\delta}{m}\right)^{mn} = K_0 \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\delta}{m}\right)^{mn} = K_0 \cdot \left(\lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\delta}{m}\right)^m \right)^n = \\ &= K_0 \cdot (e^\delta)^n = K_0 \cdot e^{\delta n} \end{aligned}$$

• vzorec pre budúcu hodnotu $K_n = K_0 \cdot e^{\delta n}$ (*)

• vzorec pre prítomnú hodnotu $K_0 = K_n \cdot e^{-\delta n}$

Zo vzorca (*) vyjadríme δ a n

$$\begin{aligned} \Rightarrow \delta &= \frac{\ln K_n - \ln K_0}{n} \\ \Rightarrow n &= \frac{\ln K_n - \ln K_0}{\delta} \end{aligned}$$

Príklad 2.25.

Vypočítajme budúcu hodnotu kapitálu 5000 p.j., ktorý je uložený v banke pri 3% spojitom úrokovaní na dobu 3 roky a 2 mesiace.

Riešenie: $K_0 = 5000$ p.j., $\delta = 0,03$, $n = 3 + \frac{2}{12} = 3 + \frac{1}{6} = 3,16$

$$K_n = K_0 \cdot e^{\delta n} = 5000 \cdot e^{0,03 \cdot 3,16} = 5497,19$$

Príklad 2.26.

Cena bytu v určitom meste vzrástla za 5 rokov na 500 000 p.j. pri spojitom vzraste s 3%-ným ročným prírastkom. Aká bola cena bytu pred 5-timi rokmi ?

Riešenie: $K_n = 500\,000$, $\delta = 0,03$, $n = 5$

$$K_0 = K_n \cdot e^{-\delta n} = 500\,000 \cdot e^{-0,03 \cdot 5} = 430\,353,99 \text{ p.j.}$$

Cena bytu pred 5-timi rokmi bola 430 353,99 p.j.

2.9. VZŤAHY PRE ZODPOVEDAJÚCE VELIČINY ZLOŽENÉHO A SPOJITÉHO ÚROKOVANIA

Porovnáme budúce hodnoty:

$$K_0(1+i)^n = K_0 \cdot e^{\delta n}$$

$$(1+i)^n = e^{\delta n}$$

$$1+i = e^{\delta}$$

$$\Downarrow$$

$$i = e^{\delta} - 1 \quad (*)$$

$$\ln(1+i) = \ln e^{\delta}$$

$$\Downarrow$$

$$\delta = \ln(1+i) \quad (**)$$

$$v = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+e^{\delta}-1} = \frac{1}{e^{\delta}} = e^{-\delta}$$

odúročiteľ $v = e^{-\delta} \quad (***)$

diskontná sadzba $d = \frac{i}{1+i} = \frac{e^{\delta}-1}{1+e^{\delta}-1} = \frac{e^{\delta}-1}{e^{\delta}} = 1 - \frac{1}{e^{\delta}} = 1 - e^{-\delta}$

$$\Downarrow$$

$$d = 1 - e^{-\delta} \quad (***)$$

2.10 VŠEOBECNÁ TEÓRIA ÚROKOVÝCH SADZIEB

Doteraz za daných podmienok boli úrokové a diskontné sadzby konštantné. Pri dlhších časových intervaloch toto neplatí, úrokové a diskontné sadzby sa menia (napr. pod vplyvom inflácie). Úrokové sadzby (resp. miery) sú funkciami času. Označenie: $= i(t)$.

Za tohto predpokladu je možné vo všeobecnej teórii úrokových sadzieb odvodiť vzťahy:

- budúca hodnota kapitálu $K_2 = K_1 \cdot e^{\int_{t_1}^{t_2} \delta(t) \cdot dt}$

- prítomná hodnota kapitálu $K_1 = K_2 \cdot e^{-\int_{t_1}^{t_2} \delta(t) \cdot dt}$

kde t_1, t_2 sú časové okamihy, $t_1 < t_2$, $\delta(t)$ je úroková intenzita.

Pr. Nech úroková intenzita pre časovú jednotku 1 rok je $\delta(t) = 0,05 \cdot (0,9)^t$, pre každé t . Zistite prítomnú hodnotu 10 000 p.j. splatných o 3 roky!

Riešenie:

$$K_1 = K_2 \cdot e^{-\int_{t_1}^{t_2} \delta(t) \cdot dt}, \quad t_1 = 0, \quad t_2 = 3, \quad \delta(t) = 0,05 \cdot (0,9)^t$$

Prítomná hodnota:

$$K_1 = K_2 \cdot e^{-\int_{t_1}^{t_2} \delta(t) \cdot dt} = 10000 \cdot e^{-\int_0^3 0,05 \cdot (0,9)^t \cdot dt} = 10000 \cdot e^{-\int_0^3 0,05 \cdot (0,9)^t \cdot dt} =$$

$$\left| \text{vzorec } \int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + c \right| = 10000 \cdot e^{-0,05 \cdot \left[\frac{0,9^t}{\ln 0,9} \right]_0^3} = 10000 \cdot e^{-0,05 \cdot \frac{0,9^3 - 0,9^0}{\ln 0,9}} =$$

$$= 10000 \cdot e^{-0,1286} = 8793,20 \text{ p.j.}$$