

---

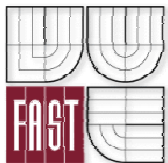
# Geometrické uspořádání koleje

Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv.

---

Otto Plášek, doc. Ing. Ph.D.

Ústav železničních konstrukcí a staveb



Tato prezentace byla vytvořen pro studijní účely studentů 3. ročníku bakalářského studia oboru „Konstrukce a dopravní stavby“ na Fakultě stavební VUT v Brně a nesmí být použita k žádným jiným účelům.

## Mezilehlá přechodnice

- Ve složeném oblouku s mezilehlou přechodnicí se rozdíl převýšení koleje částí oblouku vyrovná mezilehlou vzestupnicí v délce mezilehlé přechodnice.
- Délka mezilehlé lineární vzestupnice mezi dvěma stejnosměrnými oblouky po dosažení převýšení  $D_2 > D_1$  [mm] se vypočte podle vzorce:

$$L_{d,m} = \frac{n \cdot (D_2 - D_1)}{1000} \quad [m]$$

- Délka přechodnice u oblouku s převýšením má souhlasit s délkou vzestupnice. Současně musí být délka přechodnice alespoň pro přechodnici s lineární vzestupnicí (podmínka časové změny nedostatku převýšení):

$$L_{k,m} \geq \frac{n_I \cdot \Delta I}{1000} \quad L_{k,m} \geq \frac{V \cdot \Delta I}{3,6 \cdot \frac{dI}{dt}} \quad \Delta I = \left| \left( \frac{11,8 \cdot V^2}{R_2} - D_2 \right) - \left( \frac{11,8 \cdot V^2}{R_1} - D_1 \right) \right|$$

## Mezilehlá přechodnice

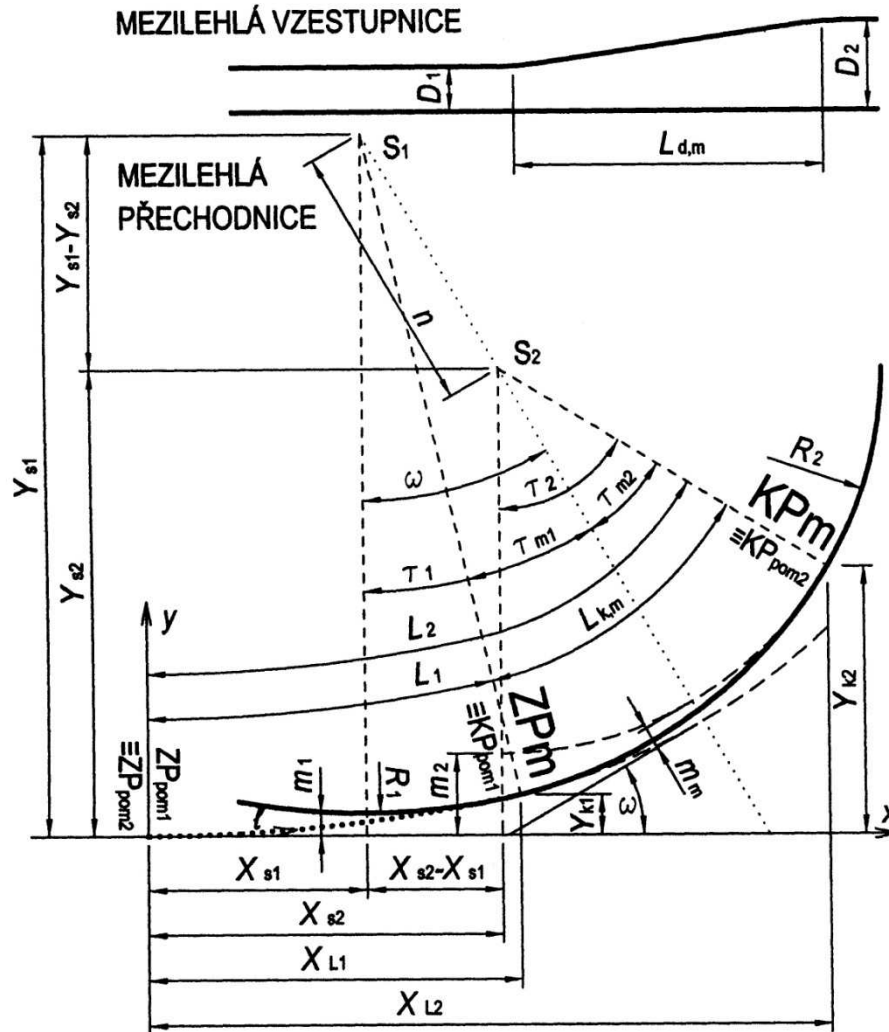
- Jestliže je délka přechodnice kratší než

$$L_{k,m} = 0,7 \cdot \sqrt{R_x}$$

(podmínka možnosti vytyčení) (pro  $V > 60 \text{ km.h}^{-1}$  je  $L_{k,\min} = 20 \text{ m}$ ) musí se prodloužit na tuto délku, zaokrouhlenou nahoru na nejbližší celý metr.

- Ve složeném oblouku bez mezilehlé přechodnice musí být rozdíl převýšení koleje vyrovnán mezilehlou vzetupnicí v části oblouku s větším poloměrem.
- Ve styčném bodě sousedních částí oblouku má mít převýšení koleje hodnotu stanovenou pro menší z obou poloměrů oblouku.

# Mezilehlá přechodnice ve tvaru klotoidy



$$R_1 > R_2; \quad R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2}$$

$$A^2 = L_{k,m} \cdot R_x = L_1 \cdot R_1 = L_2 \cdot R_2 \Rightarrow L_1 = \frac{R_x}{R_1} L_{k,m}; \quad L_2 = \frac{R_x}{R_2} L_{k,m}$$

$$\tau_1 = \frac{L_1}{2 \cdot R_1}; \quad \tau_2 = \frac{L_2}{2 \cdot R_2}$$

$$X_{L1} = L_1 - \frac{L_1^3}{40 \cdot R_1^2} + \frac{L_1^5}{3456 \cdot R_1^4}$$

$$X_{L2} = L_2 - \frac{L_2^3}{40 \cdot R_2^2} + \frac{L_2^5}{3456 \cdot R_2^4}$$

$$Y_{k1} = \frac{L_1^2}{6 \cdot R_1} - \frac{L_1^4}{336 \cdot R_1^3} + \frac{L_1^6}{42240 \cdot R_1^5}$$

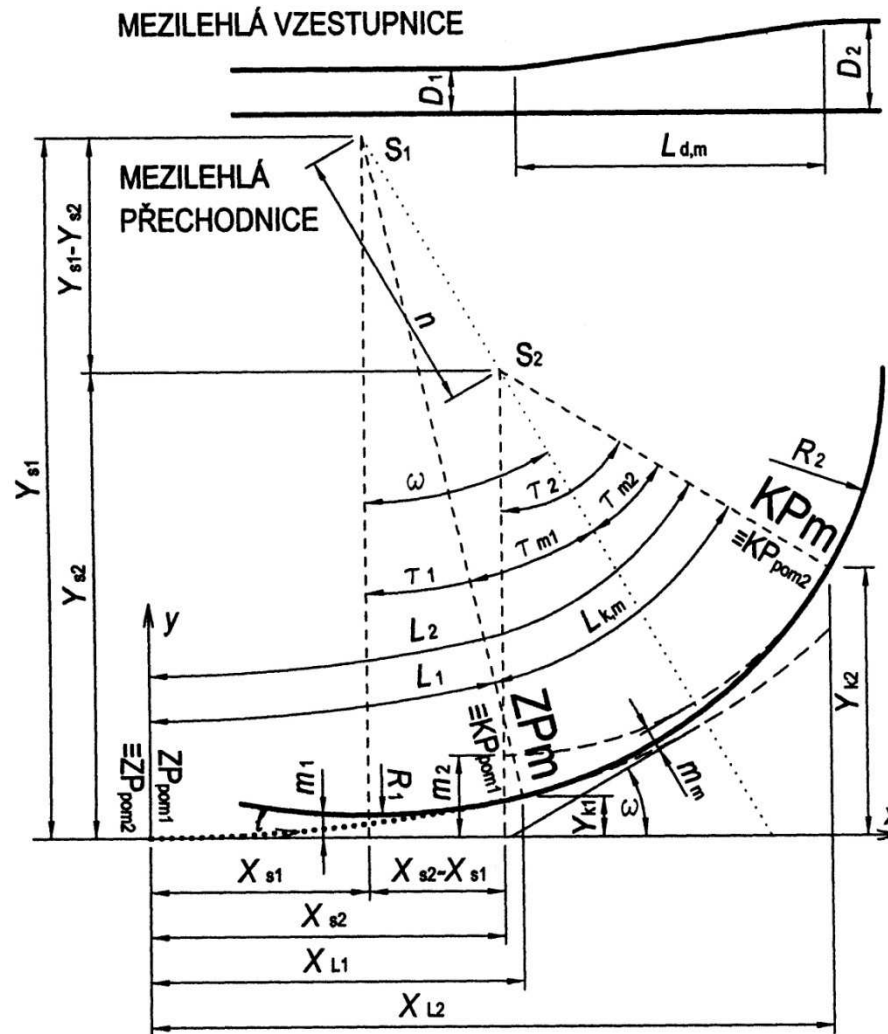
$$Y_{k2} = \frac{L_2^2}{6 \cdot R_2} - \frac{L_2^4}{336 \cdot R_2^3} + \frac{L_2^6}{42240 \cdot R_2^5}$$

$$m_1 = Y_{k1} - R_1 \cdot (1 - \cos \tau_1) = \frac{L_1^2}{24 \cdot R_1} - \frac{L_1^4}{2688 \cdot R_1^3}$$

$$m_2 = Y_{k2} - R_2 \cdot (1 - \cos \tau_2) = \frac{L_2^2}{24 \cdot R_2} - \frac{L_2^4}{2688 \cdot R_2^3}$$

Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

# Mezilehlá přechodnice ve tvaru klotoidy



$$X_{s1} = X_{L1} - R_1 \cdot \sin \tau_1 = \frac{L_1}{2} - \frac{L_1^3}{240 \cdot R_1^2}$$

$$X_{s2} = X_{L2} - R_2 \cdot \sin \tau_2 = \frac{L_2}{2} - \frac{L_2^3}{240 \cdot R_2^2}$$

$$Y_{s1} = R_1 + m_1; \quad Y_{s2} = R_2 + m_2$$

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{X_{s2} - X_{s1}}{Y_{s1} - Y_{s2}}$$

$$n = \frac{X_{s2} - X_{s1}}{\sin \omega} = \frac{Y_{s1} - Y_{s2}}{\cos \omega}$$

$$m_m = |R_1 - R_2| - n$$

$$\tau_{m1} = |\omega - \tau_1|; \quad \tau_{m2} = |\tau_2 - \omega|$$

$$x = l - \frac{l^5}{40 \cdot R_2^2 \cdot L_2^2} + \frac{l^9}{3456 \cdot R_2^4 \cdot L_2^4}$$

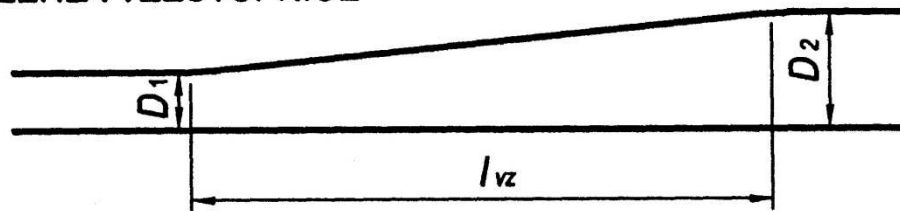
$$y = \frac{l^3}{6 \cdot R_2 \cdot L_2} - \frac{l^7}{336 \cdot R_2^3 \cdot L_2^3} + \frac{l^{11}}{42240 \cdot R_2^5 \cdot L_2^5}$$

$$\tau = \frac{l^2}{2 \cdot R_2 \cdot L_2}$$

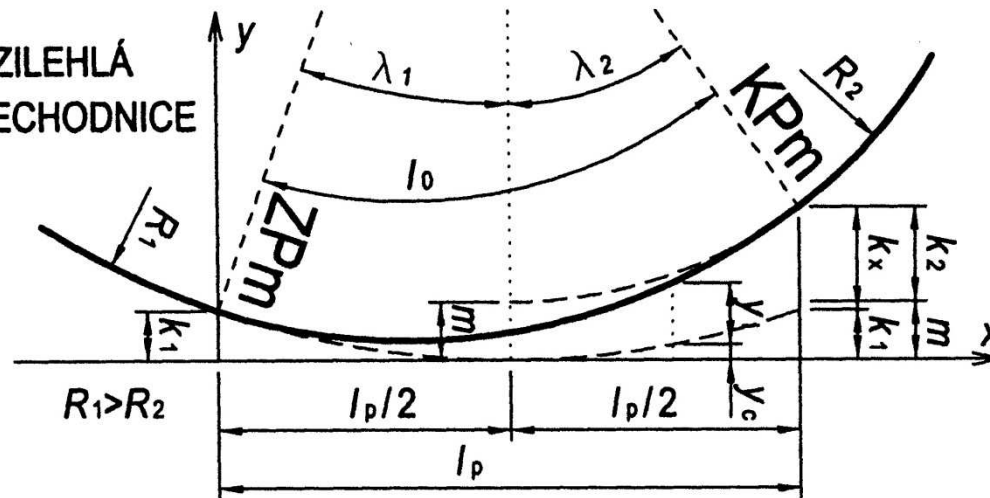
Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

# Mezilehlá přechodnice ve tvaru kubické paraboly

MEZILEHLÁ VZESTUPNICE



MEZILEHLÁ PŘECHODNICE



$$x_0 = x + \gamma_0 \cdot x^3; \quad \gamma_0 = \frac{1}{24 \cdot R_1^2} + \frac{\gamma}{24 \cdot R_1 \cdot R_x} + \frac{\gamma^2}{40 \cdot R_2^2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x - l_p/2}{R_1 - y_c} + \gamma \cdot \frac{x^2}{2 \cdot R_x \cdot l_p}$$

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{|R_1 - R_2|} \quad \gamma = \frac{1}{\cos \lambda_x}$$

$$y_c = R_1 - \sqrt{R_1^2 - (x - l_p/2)^2}$$

$$y = y_c + y_i = y_c + \gamma \cdot \frac{x^3}{6 \cdot R_x \cdot l_p}$$

$$\sin \lambda_x = \frac{l_p}{2 \cdot R_x}$$

$$\sin \lambda_1 = \frac{l_p}{2 \cdot R_1} \quad \sin \lambda_2 = \frac{l_p}{2 \cdot R_2}$$

$$k_1 = R_1 \cdot (1 - \cos \lambda_1)$$

$$k_2 = R_2 \cdot (1 - \cos \lambda_2)$$

$$k_x = \gamma \cdot \frac{l_p^2}{6 \cdot R_x} = \frac{l_p}{3} \operatorname{tg} \lambda_x$$

$$m = k_x - |k_1 - k_2|$$

$$l_o = \left( R_1 - \frac{m}{4} \right) \cdot \operatorname{arc} \lambda_1 + \left( R_2 + \frac{m}{4} \right) \cdot \operatorname{arc} \lambda_2$$

Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

## Složené oblouky – použití

- Motiv složeného oblouku se používá při návrhu osy koleje ve složitých poměrech, na trati s velkým množstvím umělých staveb, tj. tunelů, mostů, zárubních a opěrných zdí.
- Typickým případem jsou železniční trati, trasované v hlubokém údolí podél vodního toku.
- Často se tento motiv vyskytuje v kolejových rozvětveních železničních stanic, zejména u zhlaví v oblouku.
- Použití složeného oblouku umožňuje měnit osovou vzdálenost kolejí u dvou a více kolejných tratí, při změně osové vzdálenosti kolejí z traťové na staniční v oblouku bezprostředně před železniční stanicí.

## Složený oblouk – zadání

- Zadání směrového oblouku vychází z místních podmínek:
  - požaduje se přesná poloha osy koleje vzhledem k poloze umělých staveb;
  - poloměr oblouku je dán poloměrem oblouku stávající tunelové roury; požaduje se ukončení směrového oblouku před mostem s otevřenou mostovkou (železniční svršek na mostnicích);
  - při změně osových vzdáleností je dán odsun osy jedné koleje vůči druhé;
  - u zhlaví v oblouku navazují přípojně oblouky za výhybkami na oblouky kolejí, soustředné s kolejemi hlavními.
- Před výpočtem vytyčovacích parametrů je nutno zadání úlohy převést na tvar:
  - rychlost v oblouku;
  - celkový středový úhel oblouku  $\alpha_s$ ;
  - poloměry kružnicových oblouků  $R_1, R_2, \dots, R_n$  a jim příslušné středové úhly  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ .



## Složený oblouk – řešení

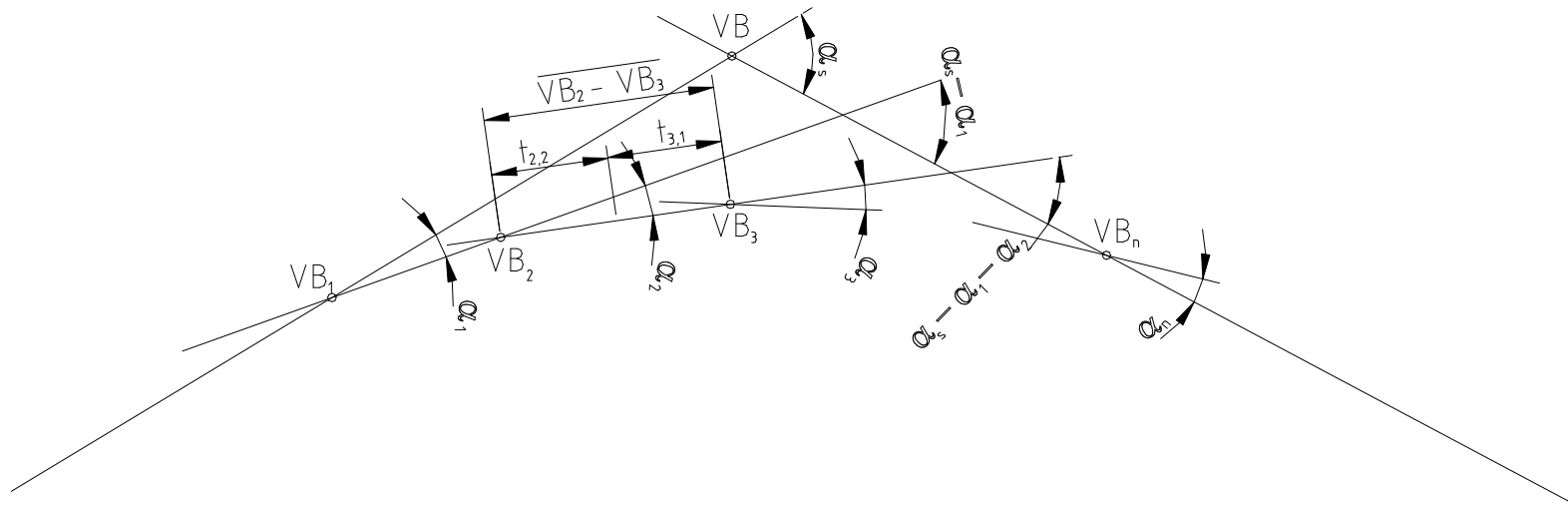
- Při výpočtu se řeší vytyčovací prvky přechodnic, kružnicových oblouků a celého motivu, zejména vzdálenost začátku a konce směrového motivu od průsečíku tečen.
- Řešení délek tečen jednotlivých oblouků je založeno na opakovaném řešení oblouku s nesymetrickým odsazením od tečen.
- Zavádí se pojem mezilehlých tečen, které spolu svírají právě středové úhly oblouků, postupně  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ . Je zřejmé, že platí základní podmínka:

$$\alpha_s = \sum_1^n \alpha_i$$

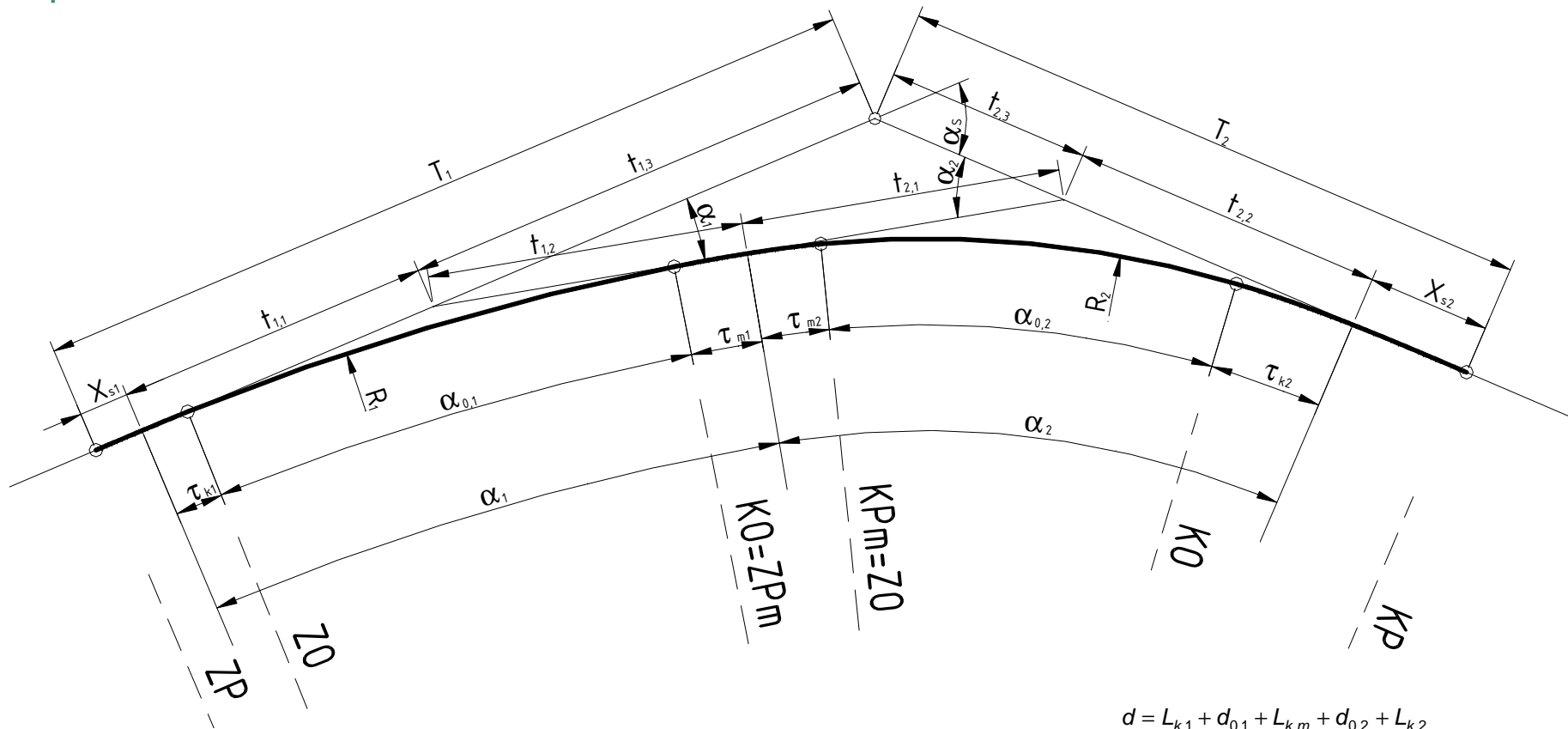
## Složený oblouk – řešení

- Součet délek tečen jednotlivých oblouků, příslušné téže mezilehlé tečně je roven právě vzdálenosti průsečíků této tečny se sousedními tečnami.

$$\overline{VB_i - VB_{i+1}} = t_{i,2} + t_{i+1,1}$$



# Složený oblouk ze dvou poloměrů



$$d = L_{k,1} + d_{0,1} + L_{k,m} + d_{0,2} + L_{k,2}$$

$$T_1 = t_{1,1} + t_{1,3} + X_{s1}$$

$$t_{1,1} = R_1 \cdot \tan \frac{\alpha_1}{2} - \frac{m_{1,k}}{\tan \alpha_1}$$

$$t_{2,1} = R_2 \cdot \tan \frac{\alpha_2}{2} - \frac{m_m}{\tan \alpha_2} + \frac{m_{2,k}}{\sin \alpha_2}$$

$$t_{1,3} = \frac{t_{1,2} + t_{2,1}}{\sin \alpha_s} \cdot \sin \alpha_2$$

$$T_2 = t_{2,2} + t_{2,3} + X_{s2}$$

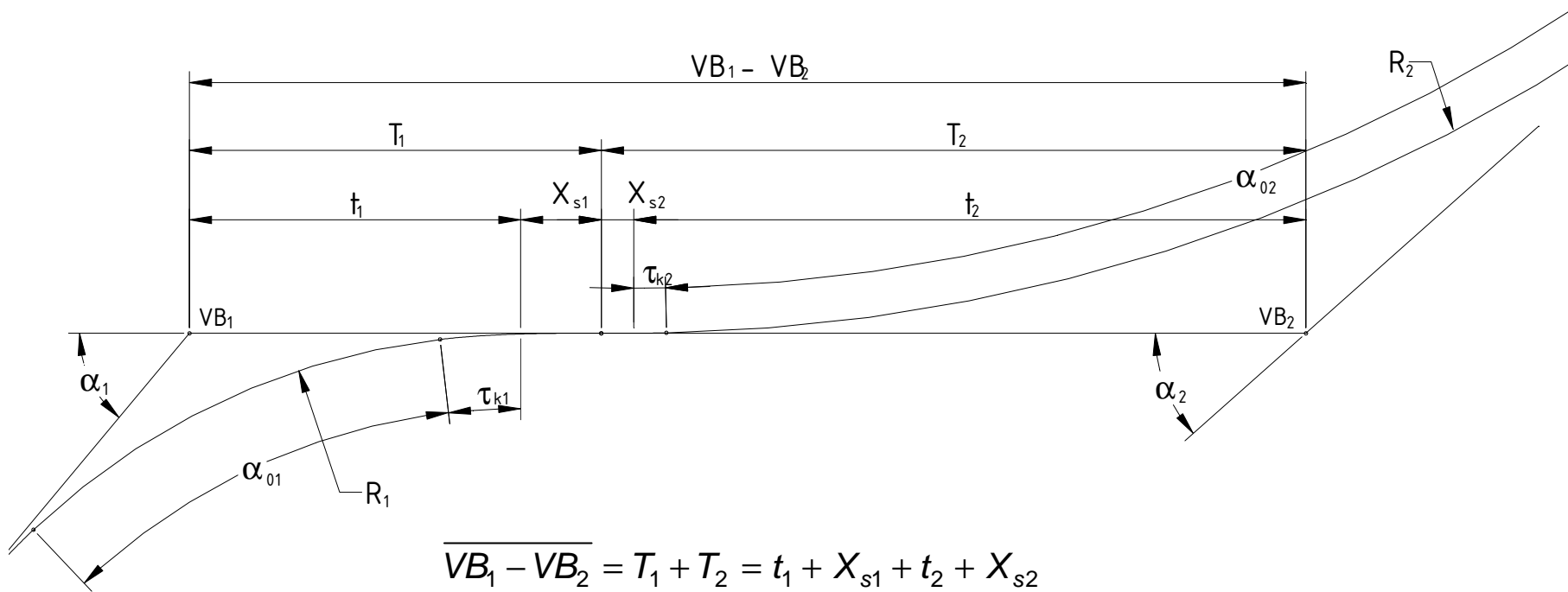
$$t_{1,2} = R_1 \cdot \tan \frac{\alpha_1}{2} + \frac{m_{1,k}}{\sin \alpha_1}$$

$$t_{2,2} = R_2 \cdot \tan \frac{\alpha_2}{2} - \frac{m_{2,k}}{\tan \alpha_2} + \frac{m_m}{\sin \alpha_2}$$

$$t_{2,3} = \frac{t_{1,2} + t_{2,1}}{\sin \alpha_s} \cdot \sin \alpha_1$$

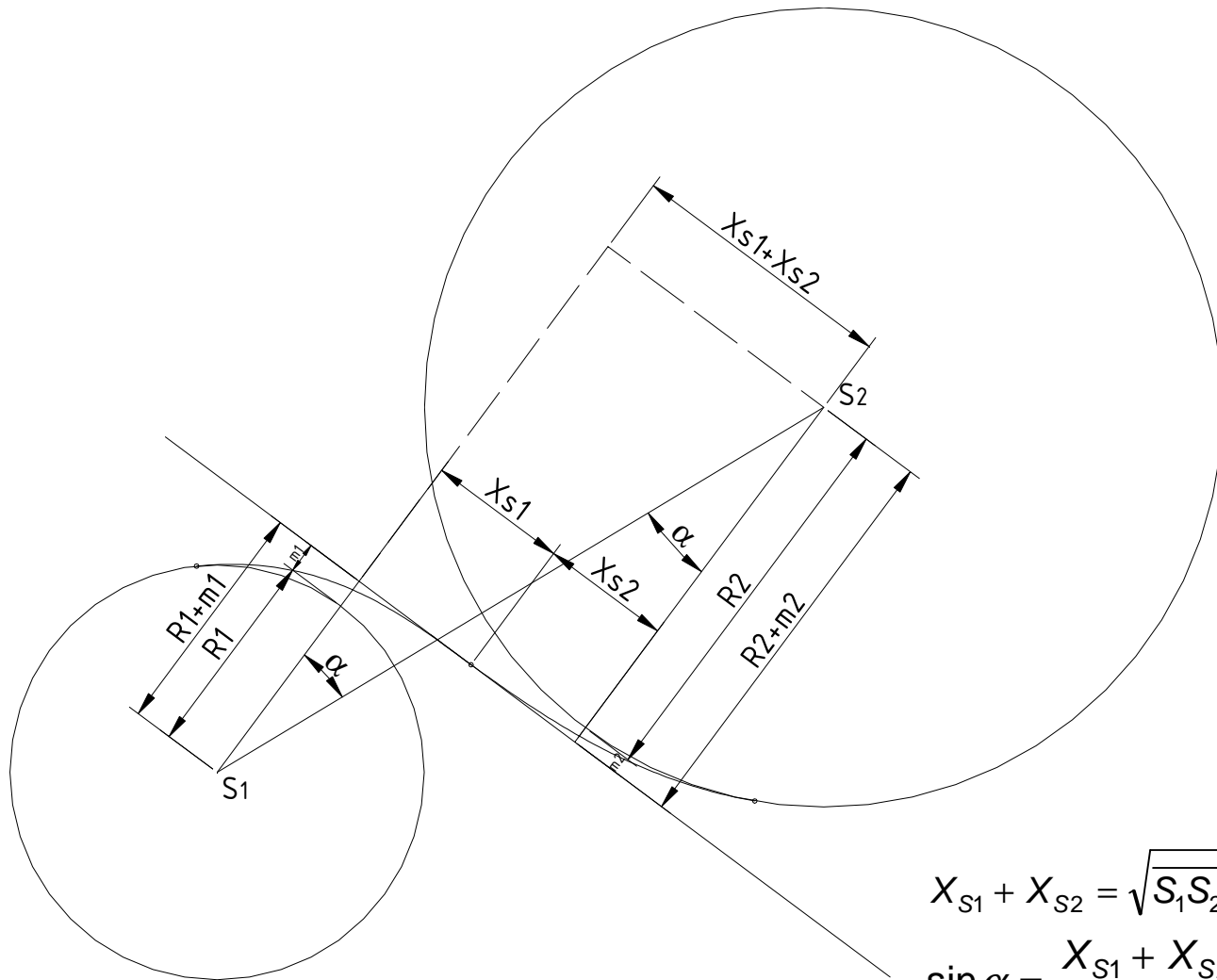
Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

# Inflexní motiv



Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

# Inflexní motiv



$$X_{S_1} + X_{S_2} = \sqrt{S_1 S_2^2 - (R_1 + m_1 + R_2 + m_2)^2}$$

$$\sin \alpha = \frac{X_{S_1} + X_{S_2}}{S_1 S_2}$$

Mezilehlé přechodnice. Složené oblouky. Inflexní motiv

---

## Použitá a doporučená literatura

- [1] ČSN 73 6360-1 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha. Část 1: Projektování
- [2] ČSN EN 13848-1 Železniční aplikace – Kolej – Geometrická kvalita koleje – Část 1: Popis geometrie koleje
- [3] Předpis SŽDC S3 Železniční svršek