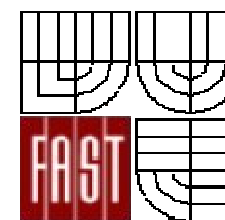


NÁVRH TRASY POZEMNÍ KOMUNIKACE

Michal RADIMSKÝ



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

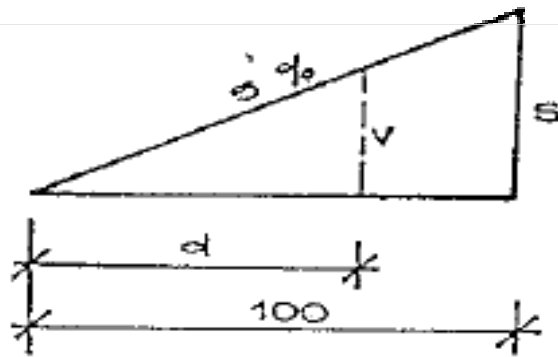


- **trasou pozemní komunikace (PK)** rozumíme prostorovou čáru, určující směrový i výškový průběh dané komunikace
- trasa PK je spojnicí středů povrchu silniční koruny v jednotlivých příčných řezech tělesa komunikace
- situace – **osa** (směrové řešení trasy)
- podélný profil – **niveleta** (výškové řešení trasy)

Směrové řešení trasy PK

- návrh směrového vedení trasy
- návrh směrového polygonu
- návrh **osy** pozemní komunikace

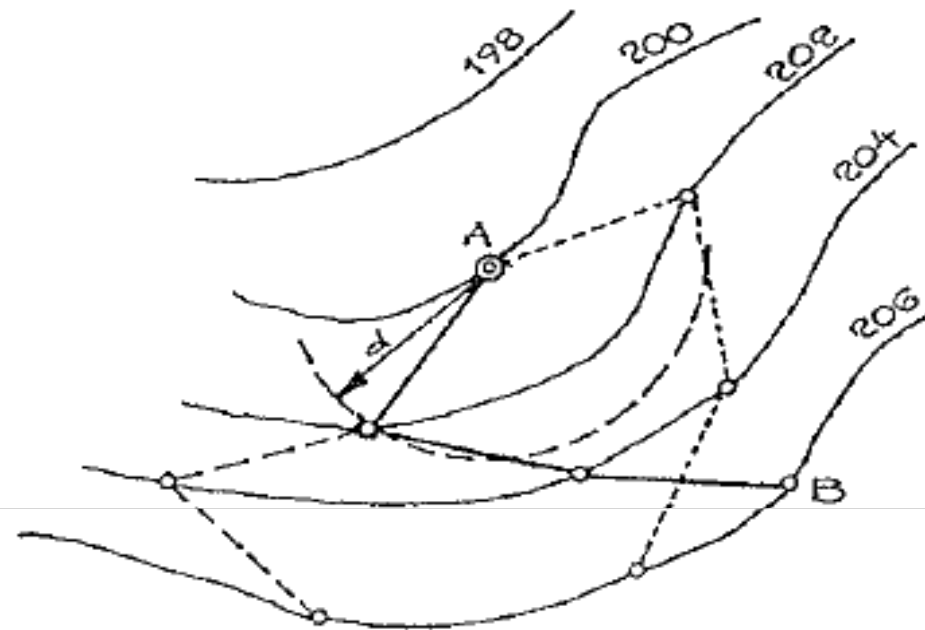
- výpočet protínacího úseku „d“

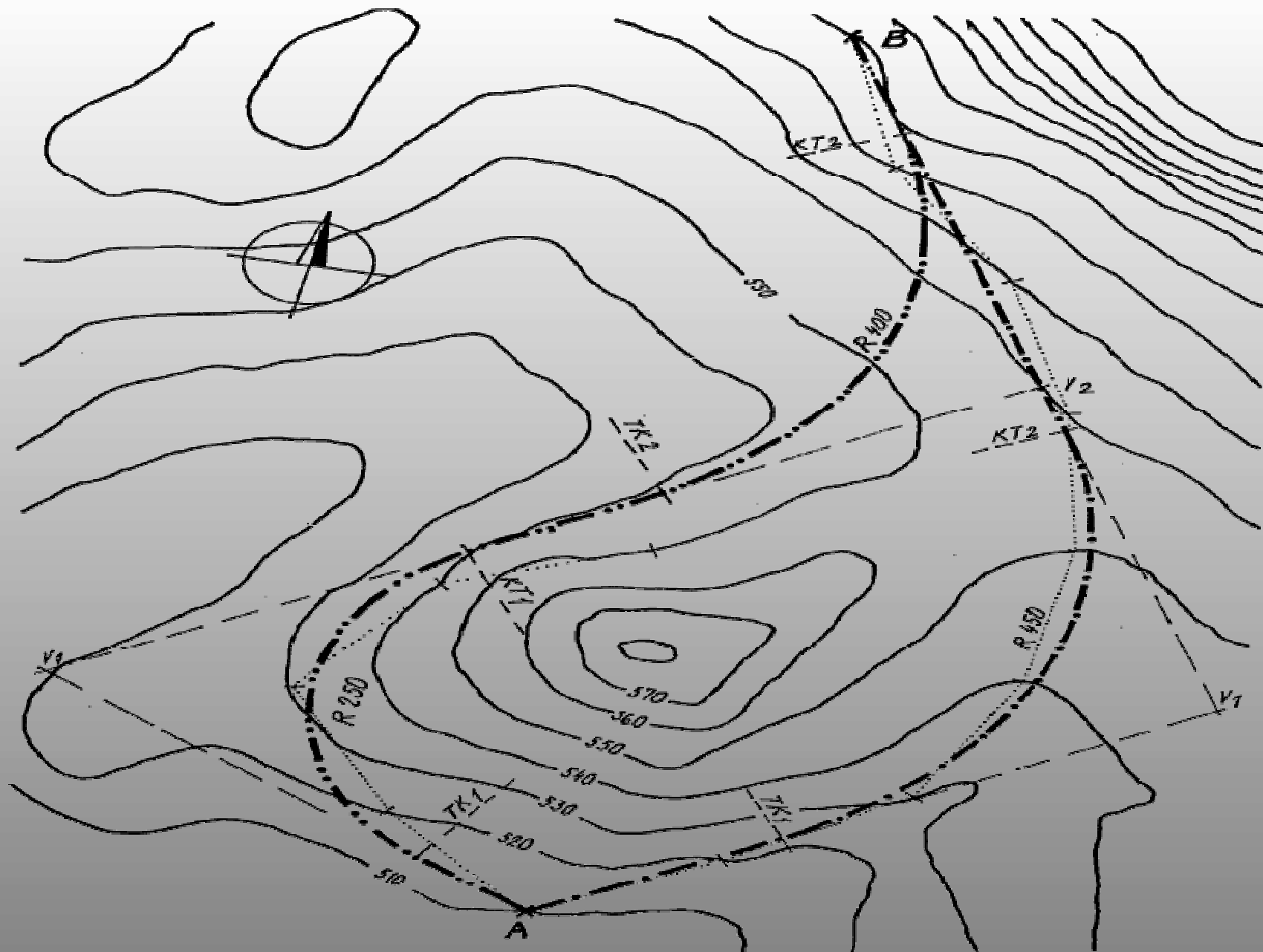


$$d = \frac{v}{0,9 s_{max}}$$

- d - délka protínacího úseku v m , kterou však musíme vynést v měřítku mapy,
 v - výškový rozdíl vrstevnic v m,
 s_{max} - maximální podélný sklon v ‰.

- řídící (stupová) čára

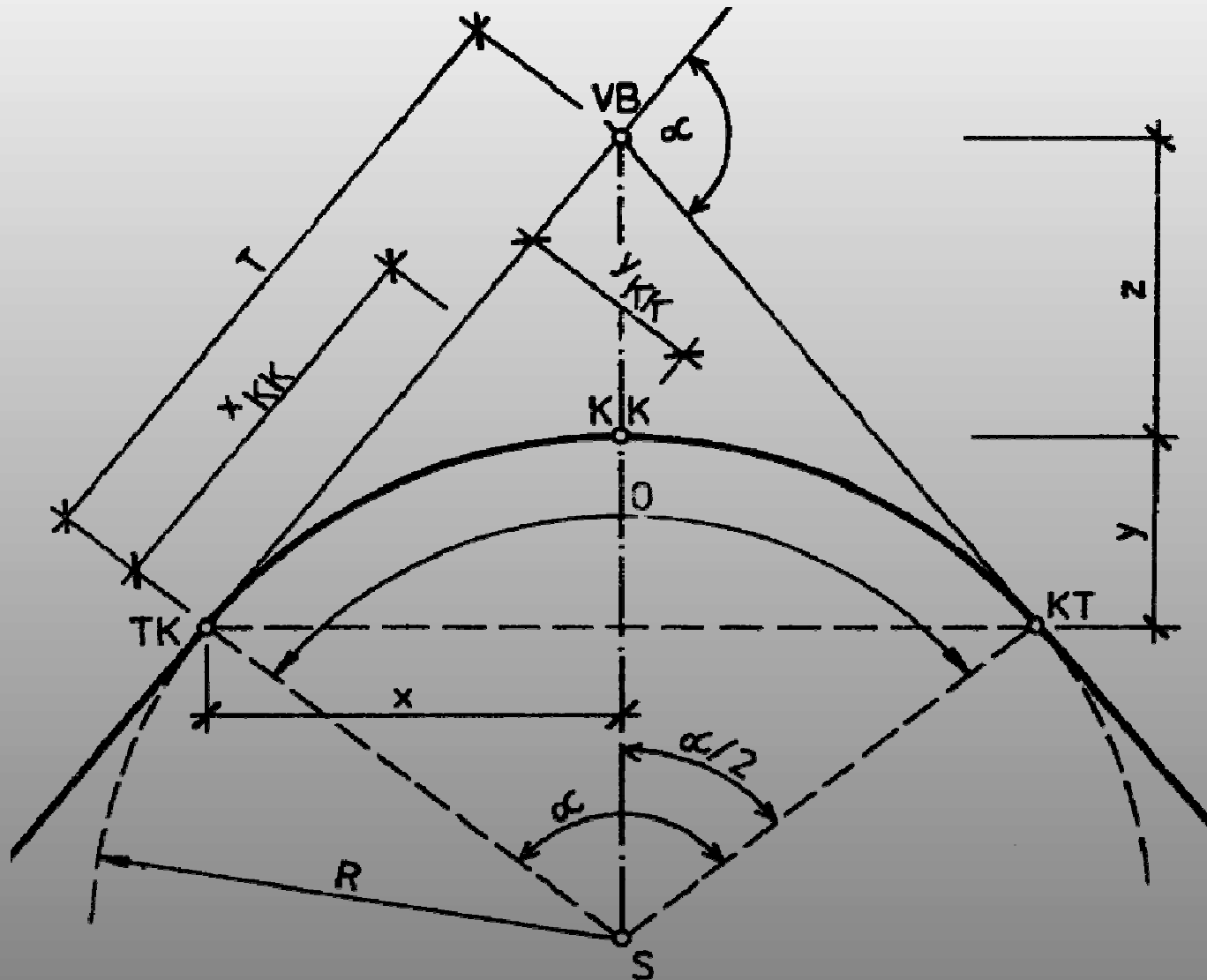




- pomocí řídící čáry dostáváme **lomenou čáru - polygon protínacích úseků**
- trasa vedená v řídící čáře by vyvolala **minimum zemních prací**, avšak směrově by byla **pro dopravu nepřijatelná**
- **skutečná osa** silniční komunikace nahrazuje tuto řídící čáru **mnohoúhelníkem o menším počtu delších stran**, jimiž se řídící čára vyrovnává
- vyrovnáním řídící čáry do **tečnového polygonu** a vložením do jeho vrcholů se osa komunikace proti řídící čáře zkrátí; aby nedocházelo k **překročení** dovoleného podélného **sklonu**, určí se protínací úsek pro stoupání o **10-20 % nižší než je $s_{\max}$**

- **Návrhové prvky osy komunikace**
 - přímé úseky
 - směrové oblouky
 - prostý kružnicový
 - kružnicový s přechodnicemi
 - přechodnicový
 - složený

- Kružnicový oblouk



- Kružnicový oblouk

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

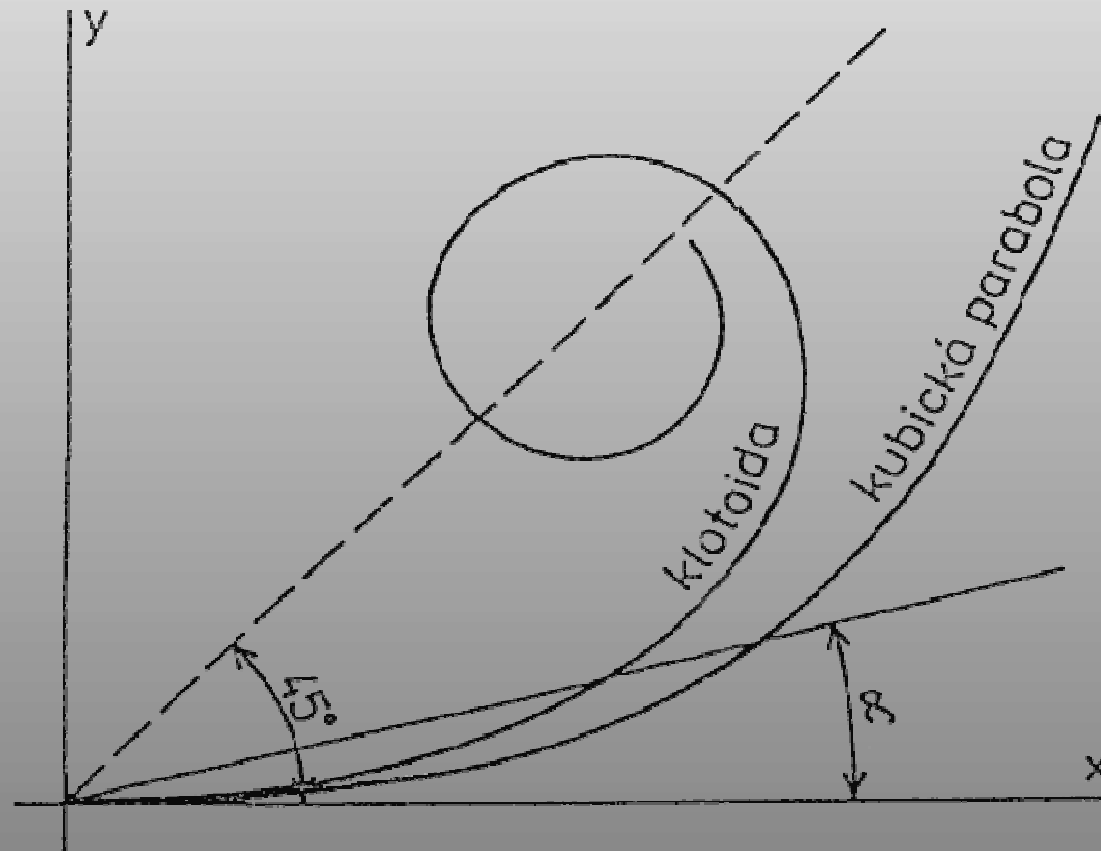
$$z = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

$$y_{KK} = R - R \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

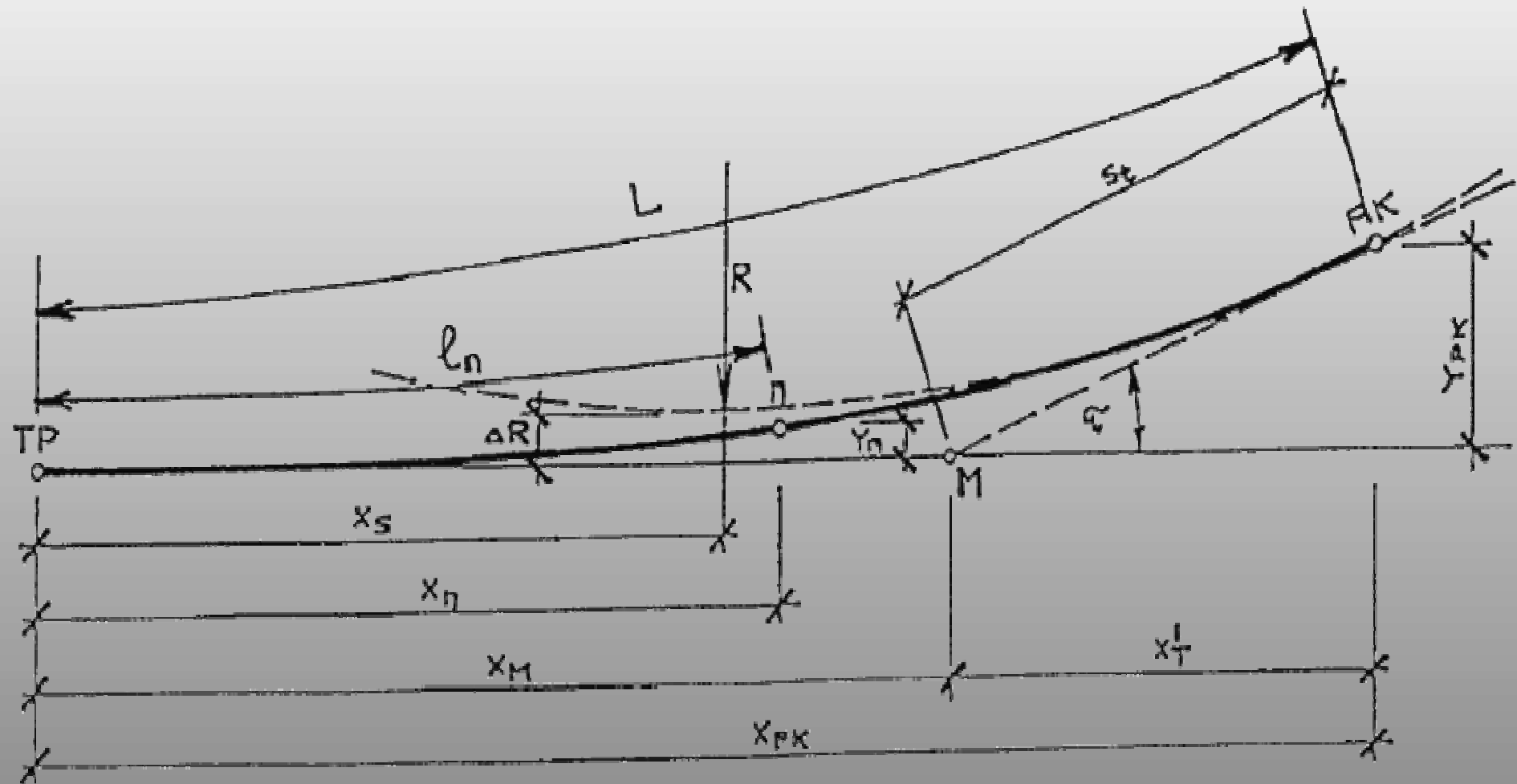
$$x_{KK} = R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} ;$$

$$O = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ \text{ nebo } (200^g)} \cdot \alpha = R \cdot \operatorname{arc} \alpha$$

- **Přechodnice** (přechodová křivka)
 - **klotoida** – silniční stavitelství
 - **kubická parabola** – železniční stavitelství



- Klotoida



- Klotoida – základní vztahy

$$A = \sqrt{L \cdot R} = R \sqrt{2 \cdot \tau} = \frac{L}{\sqrt{2 \cdot \tau}} ;$$

$$L = \frac{A^2}{R} = 2 \cdot \tau \cdot R = A \sqrt{2 \cdot \tau} ;$$

$$R = \frac{A^2}{L} = \frac{L}{2 \cdot \tau} = \frac{A}{\sqrt{2 \cdot \tau}} ;$$

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{L^2}{2A^2} = \frac{A^2}{2R^2}$$

- Klotoida

$$x_{PK} = L - \frac{L^3}{40 R^2} + \frac{L^5}{3456 R^4} - \dots$$

$$y_{PK} = \frac{L^2}{6 R} - \frac{L^4}{336 R^3} + \frac{L^6}{42240 R^5} - \dots$$

$$x_s = x_{PK} - R \cdot \sin \tau ;$$

$$x_M = x_{PK} - y_{PK} \cdot \cotg \tau ;$$

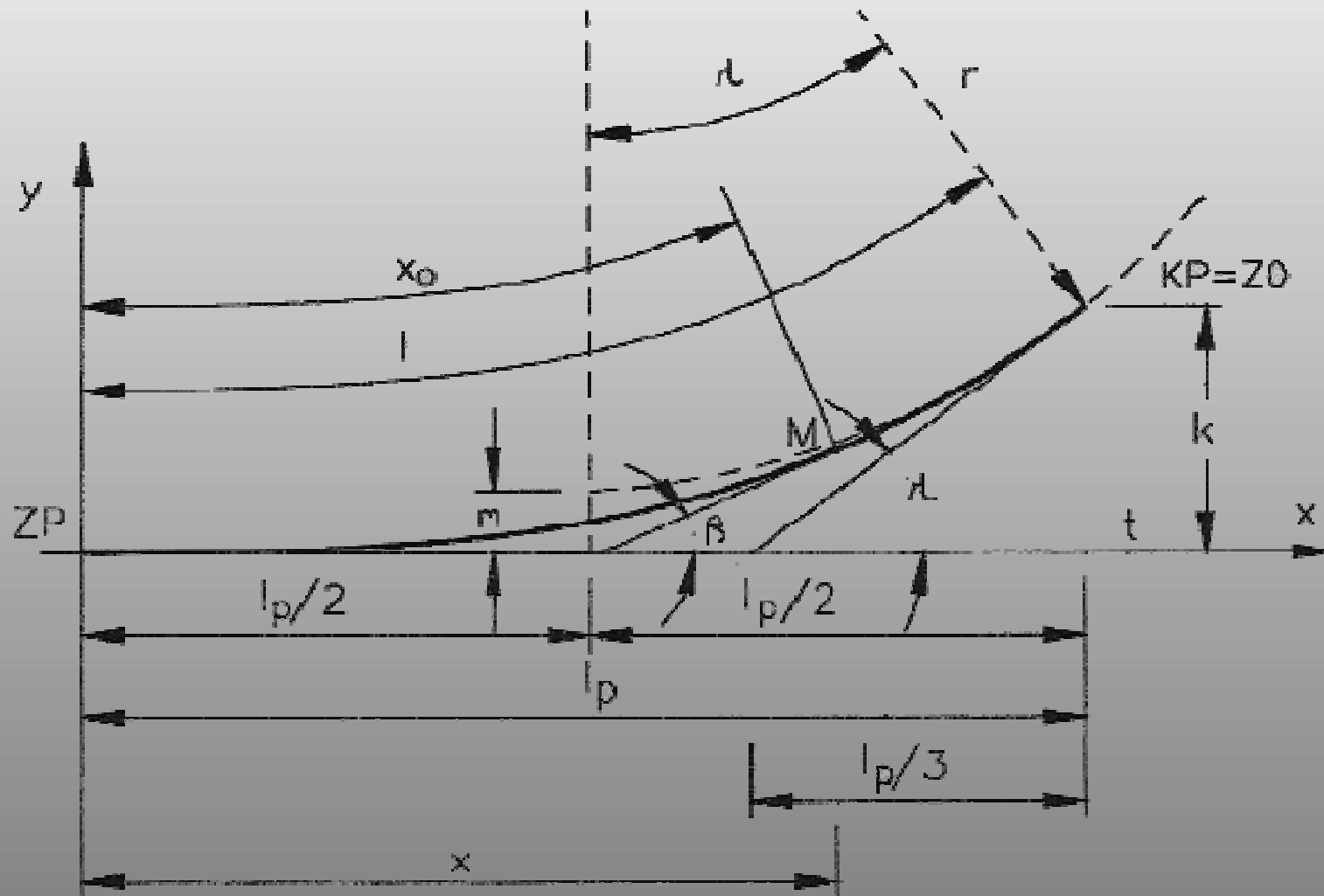
$$\Delta R = y_{PK} - R \cdot (1 - \cos \tau) ;$$

$$T = x_{PK} + y_{PK} \cdot \tg \tau ;$$

$$s_t = \frac{y_{PK}}{\sin \tau} ;$$

$$z_s = \frac{y_{PK}}{\cos \tau} ;$$

- Kubická parabola



- **Kubická parabola**

$$y = \gamma \cdot \frac{x^3}{6 \cdot r \cdot l_p} = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{3} \cdot \frac{x^3}{l_p^2} = k \cdot \left(\frac{x}{l_p} \right)^3$$

$$\sin \lambda = \frac{l_p}{2 \cdot r}$$

$$\gamma = \frac{1}{\cos \lambda}$$

$$k = \gamma \cdot \frac{l_p^2}{6 \cdot r} = \frac{l_p}{3} \cdot \operatorname{tg} \lambda$$

- **Kubická parabola**

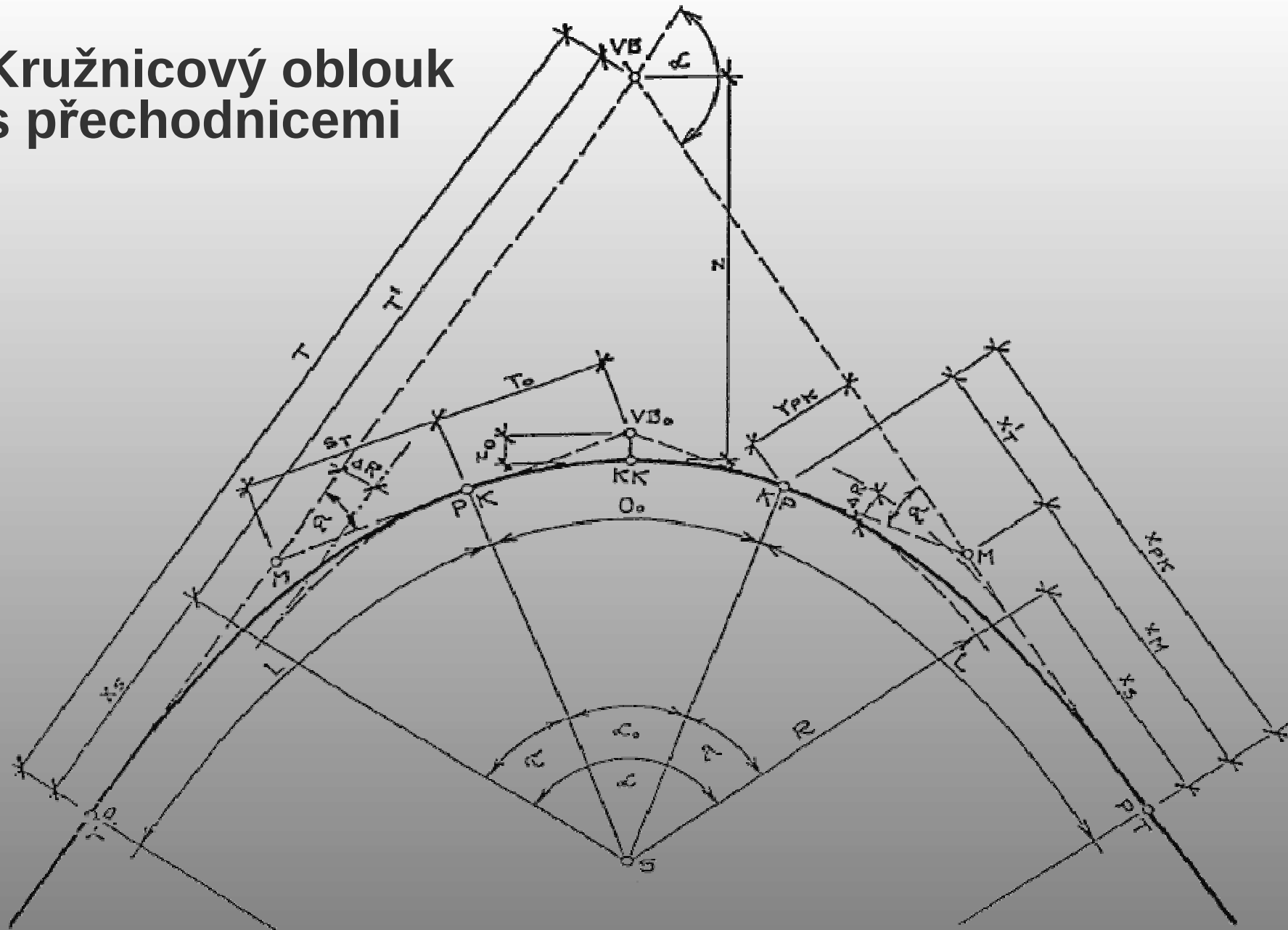
$$m = k - r \cdot (1 - \cos \lambda)$$

$$x_s = \frac{l_p}{2}$$

$$l_o = l_p + \Delta l_o = l_p + \gamma^2 \cdot \frac{l_p^3}{40 \cdot r^2}$$

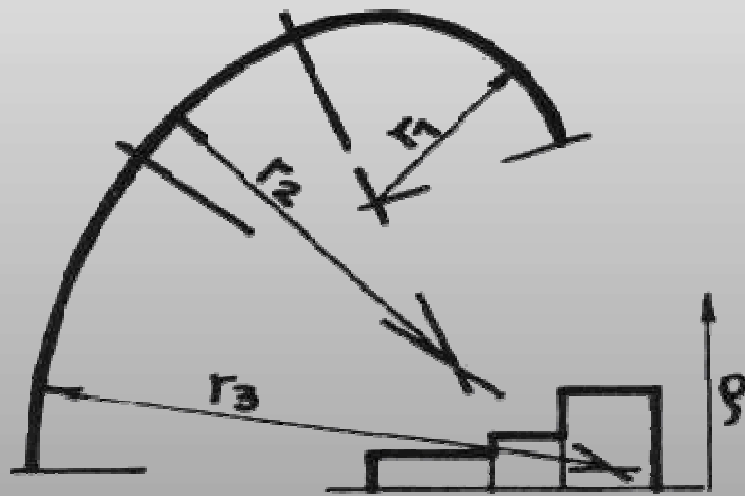
$$l_o = l_p + \operatorname{tg}^2 \lambda \cdot \frac{l_p}{10}$$

- Kružnicový oblouk s přechodnicemi

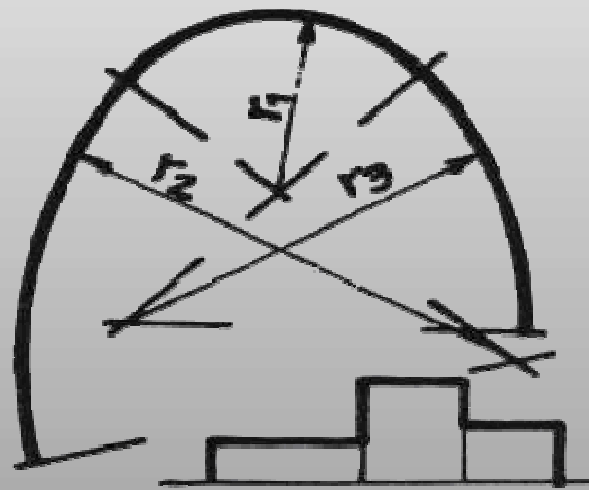


- Složené oblouky

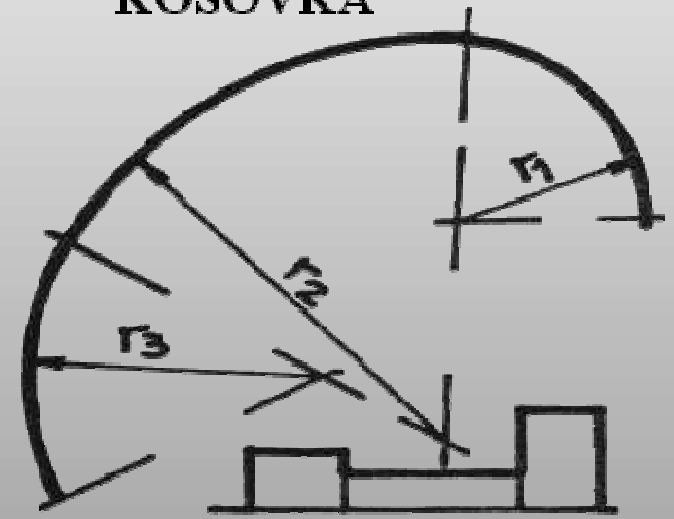
SPIRÁLNÍ KŘIVKA



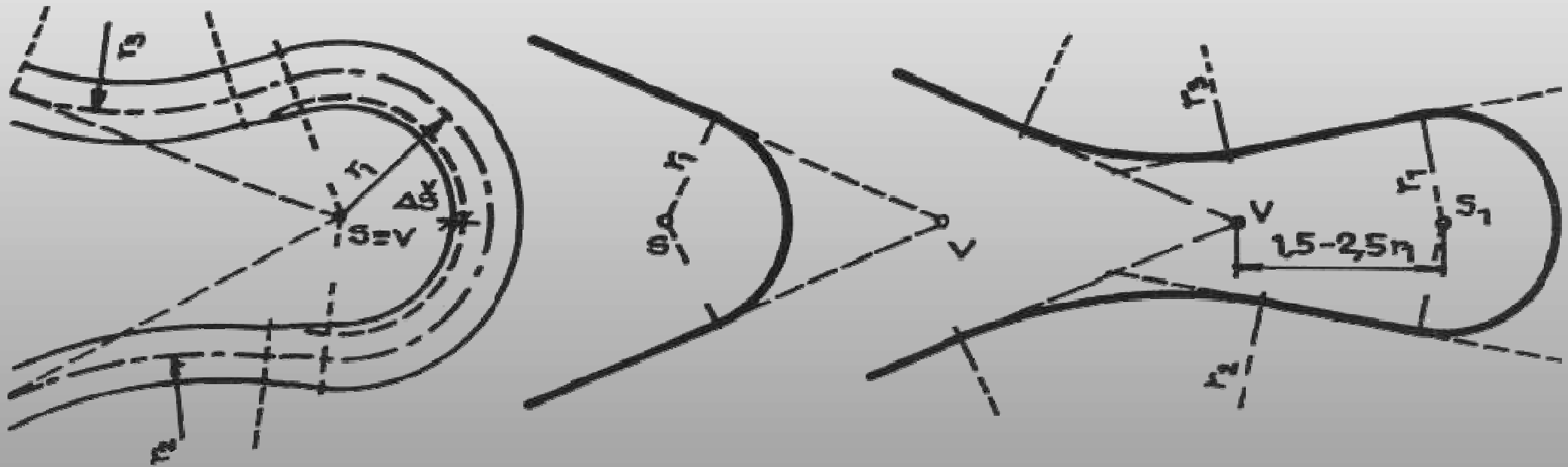
VEJCOVKA



KOŠOVKA

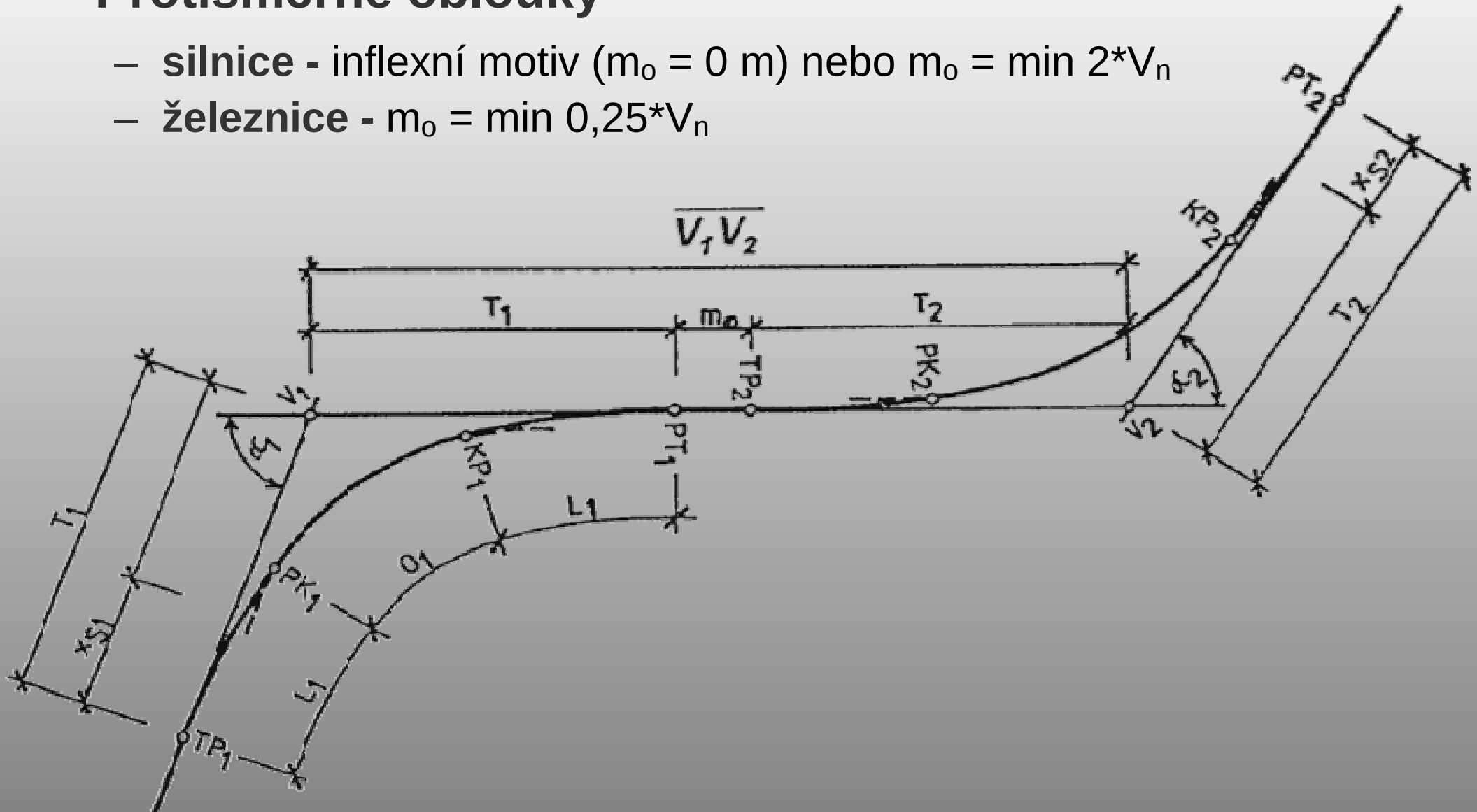


- Točky



• Protisměrné oblouky

- **silnice** - inflexní motiv ($m_0 = 0$ m) nebo $m_0 = \min 2 \cdot V_n$
- **železnice** - $m_0 = \min 0,25 \cdot V_n$



- Nejmenší dovolené poloměry směr. oblouků

Návrhová/ směrodatná rychlost v km/h	Poloměr kružnicového oblouku v metrech										
	při dostředném sklonu vozovky v %										se základním příčným sklonem 2,5 % ^{*)}
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	
130	2450	2050	1750	1525	1350	1225	1125	1025	-	-	4500
120	2075	1750	1500	1300	1150	1050	950	850	-	-	3800
110	1750	1450	1250	1100	925	825	800	725	-	-	3200
100	1450	1200	1050	900	800	720	650	600	-	-	2700
90	1200	1000	850	750	650	600	550	500	-	-	2200
80	775	650	550	500	450	400	350	325	-	-	1700
70	600	500	425	375	330	300	270	250	-	-	1300
60	450	375	325	270	240	220	200	180	170	-	950
50	300	250	220	190	170	150	140	125	120	110	700
40	200	160	140	120	110	100	90	80	75	70	450
30	110	90	80	70	60	55	50	45	40	35	250

^{*)} Způsob výpočtu je uveden v příloze C (vztah poloměru R_0 k dostřednému sklonu) a v příloze D (poloměry oblouků bez dostředného sklonu). Hodnoty pro větve křižovatek jsou uvedeny v ČSN 73 6102.

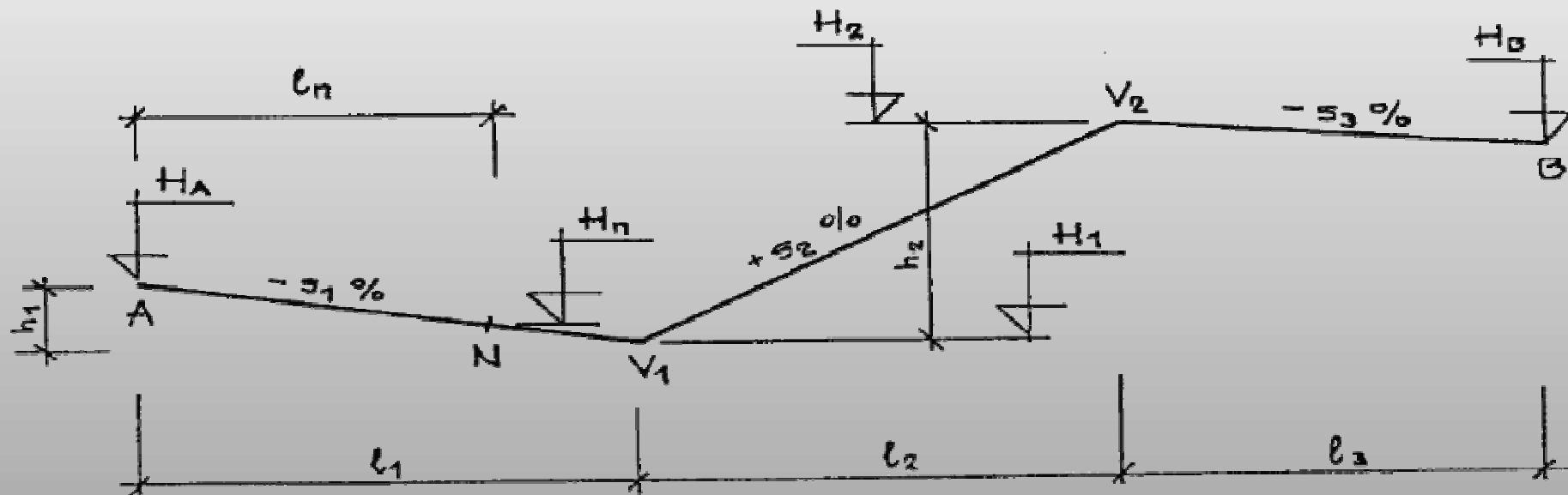
^{*)} Příčný sklon opačného smyslu než příčný sklon dostředný.

Výškové vedení trasy – (průmět do svislé roviny)

- návrh výškového polygonu
- návrh **nivelety** komunikace (soulad se směrovým řešením)

- **Návrhové prvky nivelety komunikace**
 - přímé úseky
 - výškové oblouky
 - parabola 2° se svislou osou

- Výškový polygon



$$H_n = H_A - \frac{s_1 \cdot l_n}{100}$$

$$H_I = H_A - \frac{s_1 \cdot l_I}{100}$$

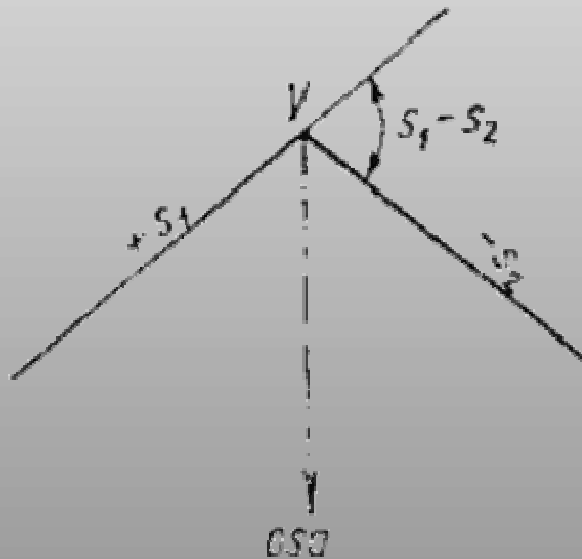
$$H_2 = H_A - \frac{s_1 \cdot l_1}{100} + \frac{s_2 \cdot l_2}{100}$$

$$H_B = H_A - \frac{s_1 \cdot l_1}{100} + \frac{s_2 \cdot l_2}{100} - \frac{s_3 \cdot l_3}{100}$$

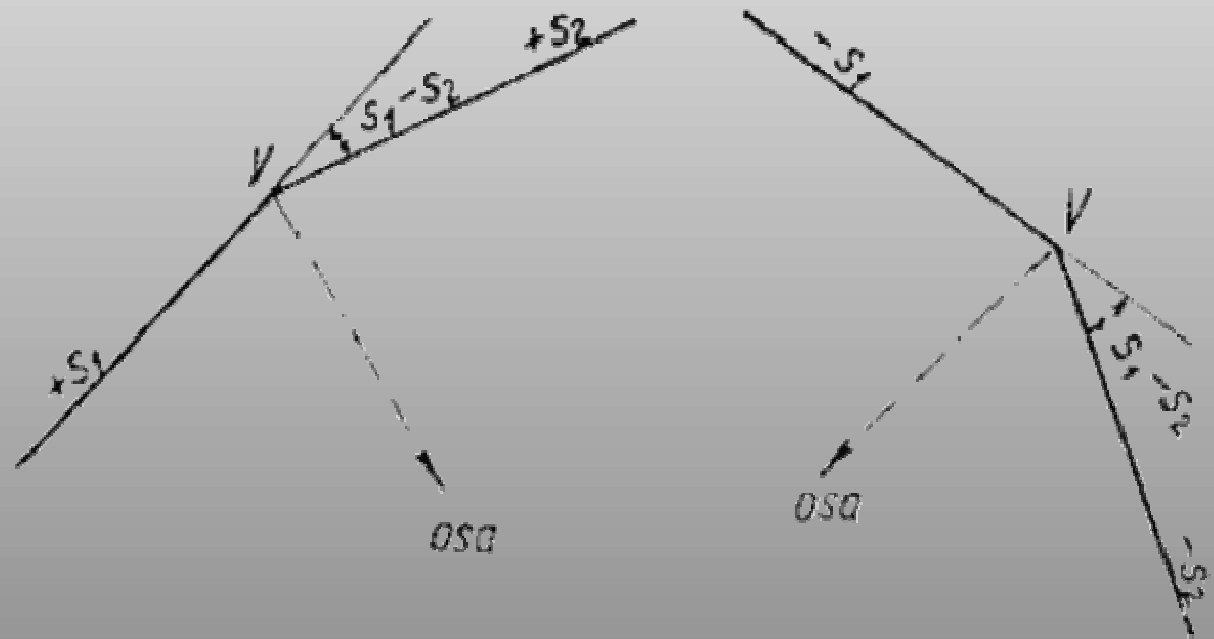
- Výškové oblouky

Vypuklé lomy nivelety

a) vypuklý vrcholový



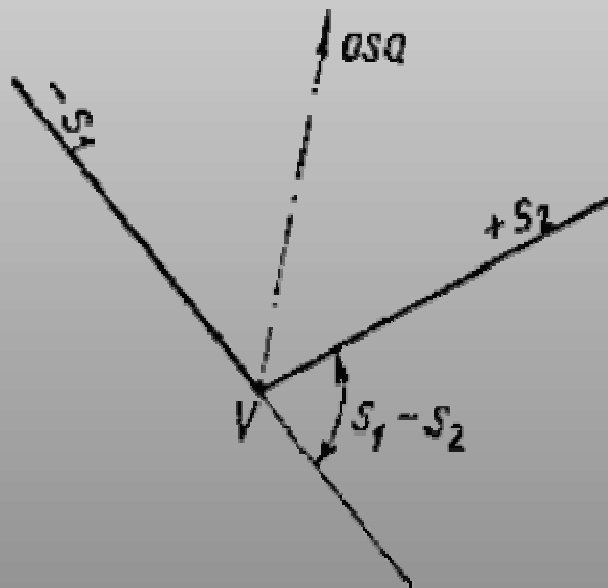
b) vypuklé svaňové



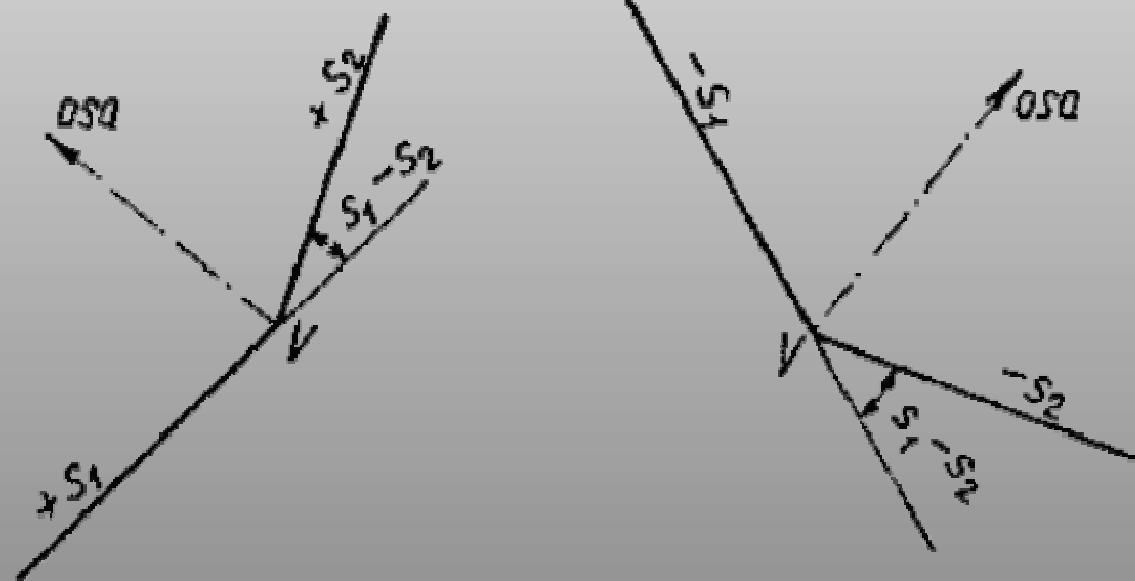
- Výškové oblouky

Vydaté lomy nivelety

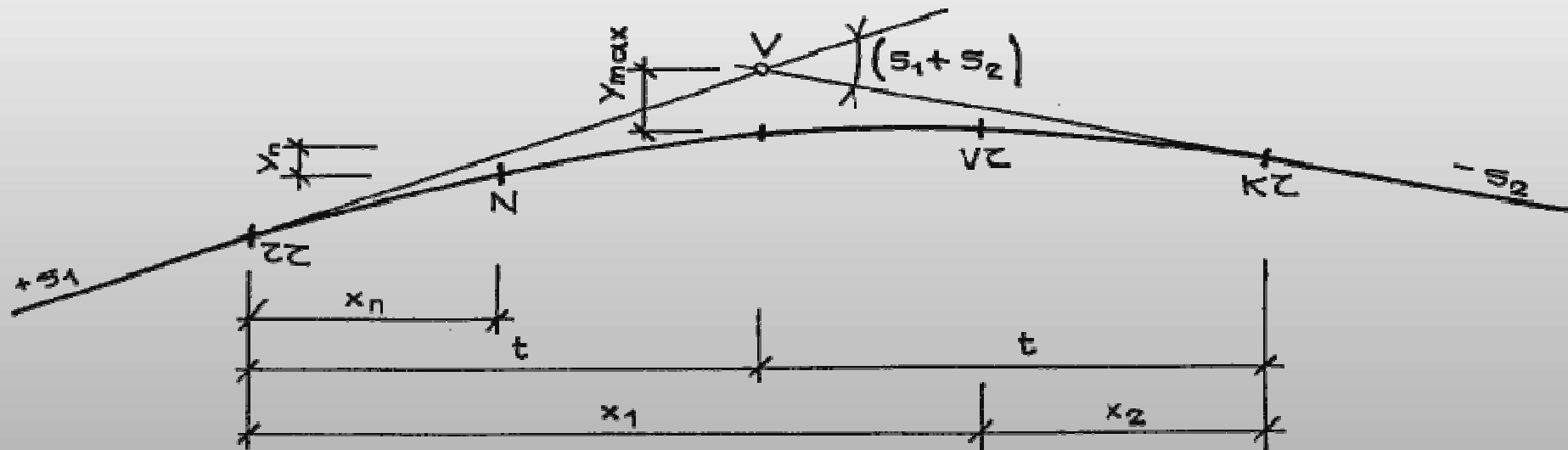
c) údolnicový vydatý



d) vydaté svahové



- Výškový oblouk



$$t = \frac{R}{200} [(\pm s_1) - (\pm s_2)]$$

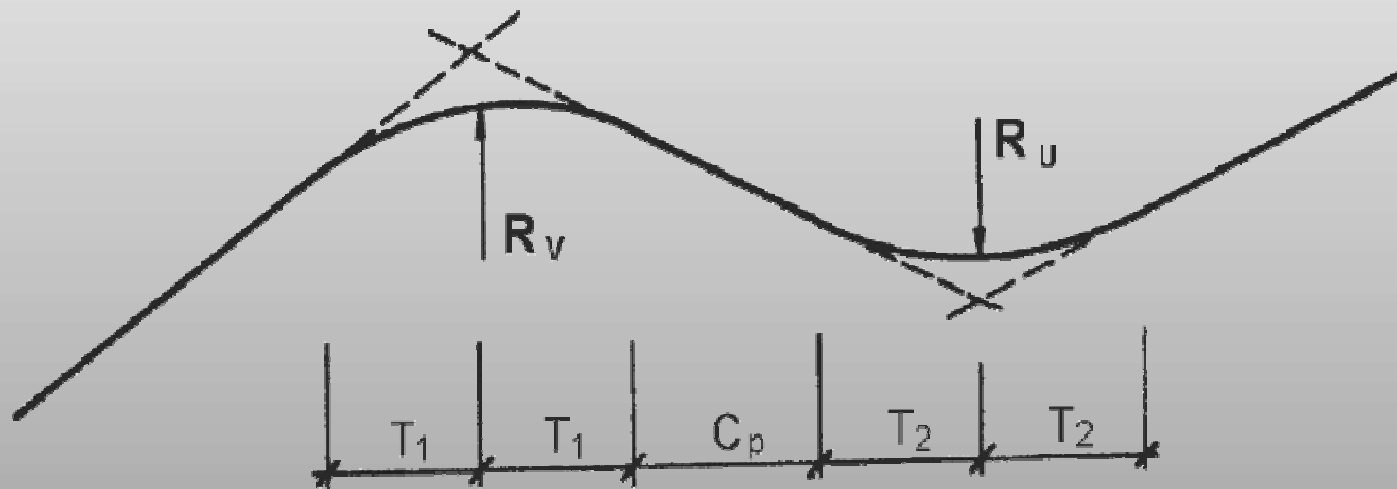
$$y_n = \frac{x_n^2}{2R}$$

$$y_{max} = \frac{t^2}{2R}$$

$$x_1 = R \cdot \frac{s_1}{100}$$

$$x_2 = R \cdot \frac{s_2}{100}$$

- Výškové oblouky



silnice

$$C_p = \frac{100 V_n^2}{R_v}$$

železnice

4.V, nejméně 200 m

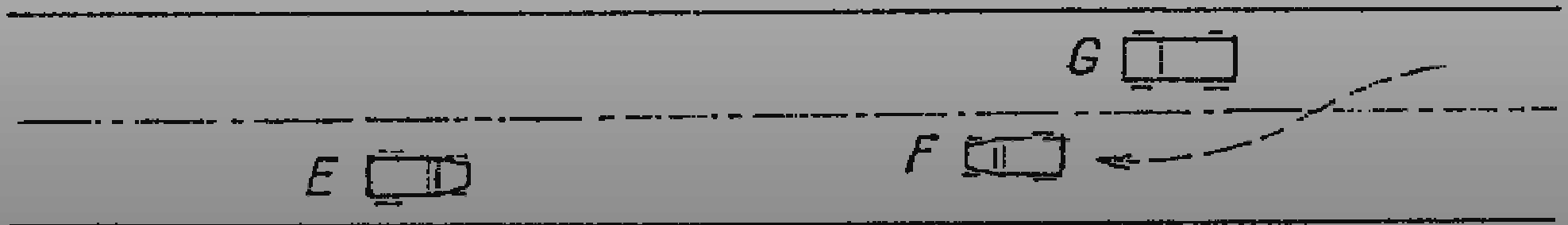
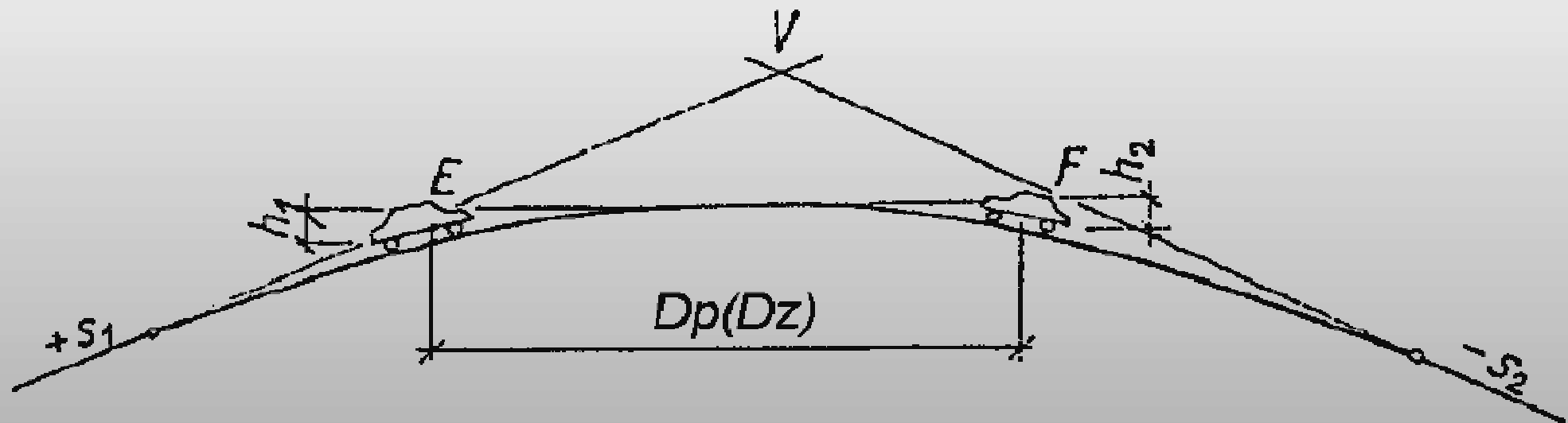
- | R_v v m | při návrhové rychlosti (v_n) / směrodatné rychlosti (v_s) km/h | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 |
| nejmenší dovolený pro zastavení | 15 000 | 12 000 | 10 000 | 7 500 | 5 000 | 4 000 | 3 200 | 2 000 | 1 000 | 500 |
| nejmenší dovolený pro předjíždění | - | - | - | - | 37 000 | 31 000 | 25 000 | 20 000 | 11 000 | 5 000 |
- ⁷⁾ Způsob výpočtu nejmenších dovolených hodnot R_v je uveden v příloze G.

- | R_u v m | při návrhové rychlosti (v_n) / směrodatné rychlosti (v_s) km/h | | | | | | | | | |
|---------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 |
| nejmenší doporučený | 7 000 | 6 000 | 5 000 | 4 200 | 3 500 | 2 800 | 2 000 | 1 500 | 1 200 | 1 000 |
| nejmenší dovolený | 6 000 | 5 000 | 4 000 | 3 400 | 2 700 | 2 100 | 1 500 | 1 000 | 700 | 400 |
- ^{*)} Způsob výpočtu nejmenších dovolených hodnot R_u je uveden v příloze H.

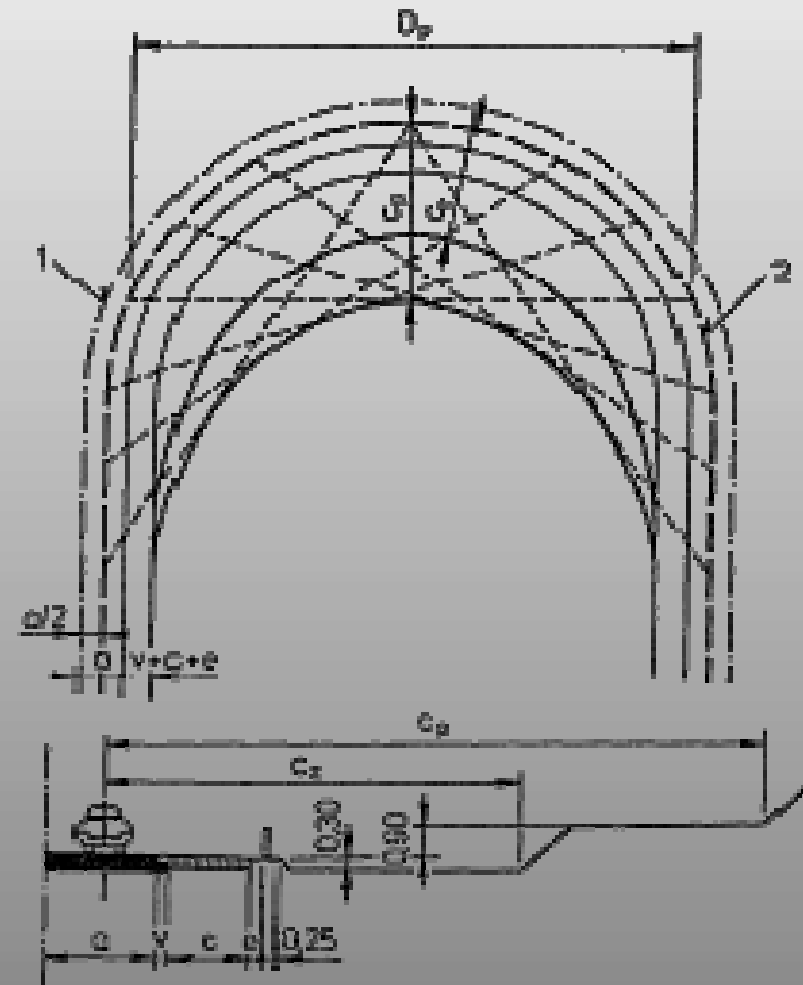
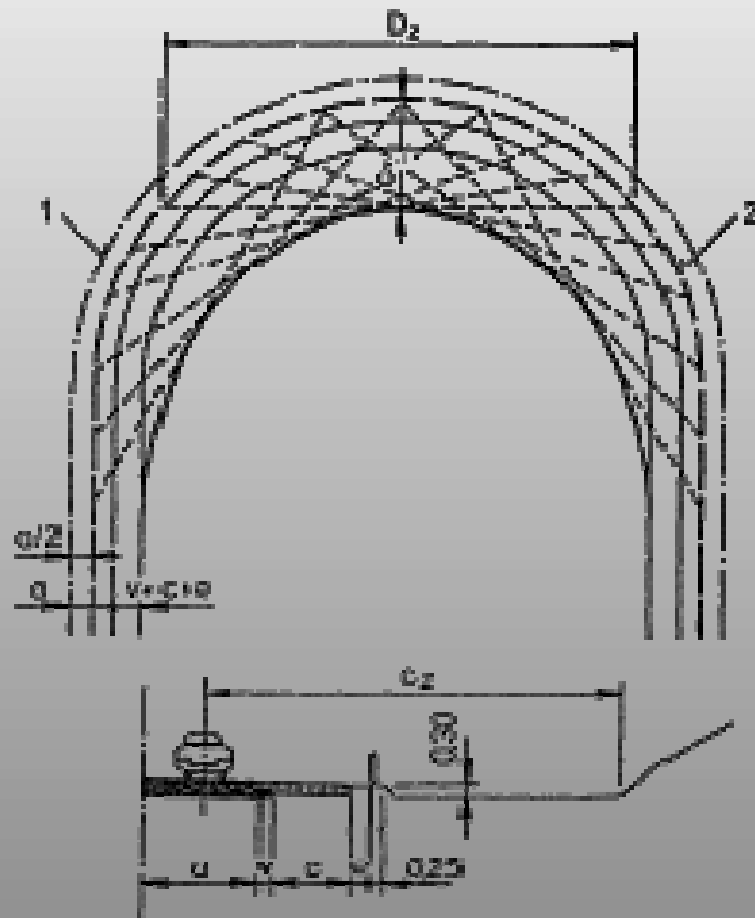
- rozlišujeme **rozhled pro zastavení a pro předjíždění**
- délka rozhledu pro zastavení jedoucího vozidla před překážkou na jízdním pásu, je základním požadavkem pro veškeré silniční komunikace
- délka rozhledu pro předjíždění nutná pro bezpečné předjetí pomalejšího vozidla na obousměrné dvoupruhové silniční komunikaci, slouží k výpočtu řady úseků směrového a výškového uspořádání
- délka rozhledu vychází z **reakční doby řidiče**, ve které si uvědomí překážku a reaguje na ni, dále z **brzdné dráhy vozidla**, kdy u rozhledu na zastavení uvede brzděním vozidlo do klidu a **bezpečnostního odstupu od překážky**
- při rozhledu na předjíždění je kromě reakce třeba připočítat dráhu potřebnou pro předjetí a zařazení zpět do jízdního pruhu

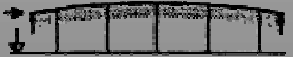
RYCHLOST VOZU [km/h]	REAKČNÍ DRÁHA [m]	BRZDNÁ DRÁHA [m]	DRÁHA ZASTAVENÍ [m]
SUCHÁ SILNICE [$\mu=0,7$]			
30	8	5	13
50	14	14	28
60	17	20	37
80	22	35	57
100	28	55	83
130	36	92	128
MOKRÁ SILNICE [$\mu=0,5$]			
30	8	7	15
50	14	19	33
60	17	28	45
80	22	49	71
100	28	77	105
130	36	130	166
NÁLEDÍ [$\mu=0,15$]			
30	8	23	31
50	14	64	78
60	17	93	110
80	22	165	187
100	28	258	286
130	36	437	473

- Délka rozhledu pro zastavení a předjíždění



- Délka rozhledu pro zastavení a předjíždění



Směrové a výškové poměry	Prostorový vzhled
Přímá 	
Přímá 	směrová přímka a příčka v podélném profilu
Zaoblení 	
Přímá 	vydutý výškový oblouk ve směrové přímce
Zaoblení 	
Přímá 	vypuklý výškový oblouk ve směrové přímce
Přímá 	
Zaoblení 	příčka podélného profilu ve směrovém oblouku
Zaoblení 	
Zaoblení 	vydutý výškový oblouk ve směrovém oblouku
Zaoblení 	
Zaoblení 	vypuklý výškový oblouk ve směrovém oblouku

Obrázek M.1 – Prostorový vzhled při překrývání přímek a oblouků trasy

Směrové a výškové poměry	Prostorový vzhled
Podélný profil 	
Situace 	vhodný návrh podélného profilu ve směrové přímce v údolí
Podélný profil 	
Situace 	pohledově vhodné umístění směrových a výškových oblouků
Podélný profil 	
Situace 	vhodné umístění křižovatky v údolnicovém zaoblení
Podélný profil 	
Situace 	vhodné uspořádání trasy s mostním objektem

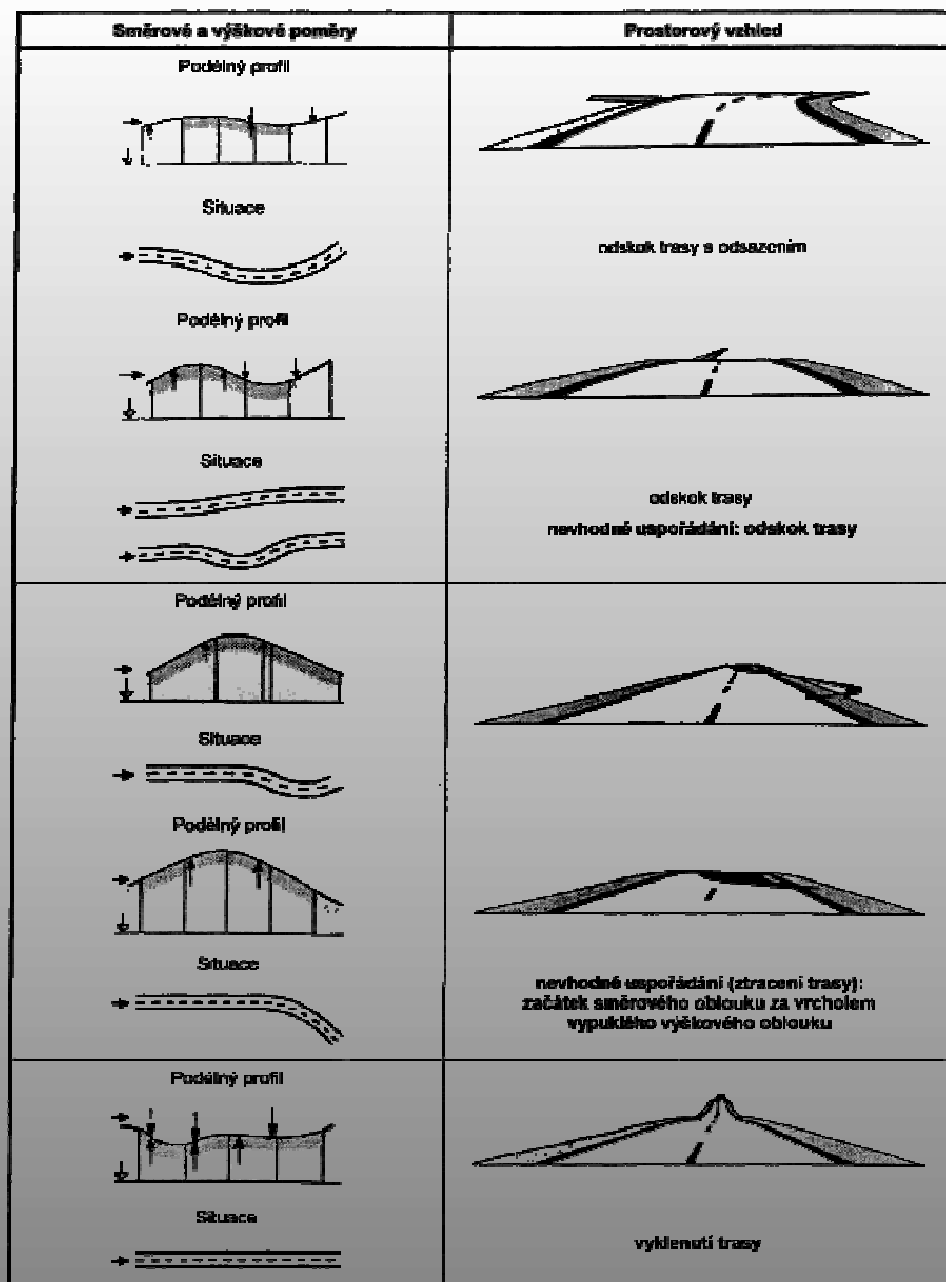
Obrázek M.2 – Vhodné uspořádání směrového a výškového řešení trasy

Směrové a výškové poměry	Prostorový vzhled
Podélný profil Situace	opticky nevhodné uspořádání podélného profilu ve směrové přímce v údolí před stoupáním
Podélný profil Situace	optický zlom v údolnicovém zaoblení
Podélný profil Situace	nevhodná kombinace směrového oblouku velkého poloměru a vydatého výškového oblouku malého poloměru
Podélný profil Situace	nasobné ponoření trasy
Podélný profil Situace	ploché ponoření trasy
Podélný profil Situace	nevhodné uspořádání (zvlněná trasa): zvlněný podélný profil v kombinaci se směrovou přímku nebo v oblouku s velkým poloměrem

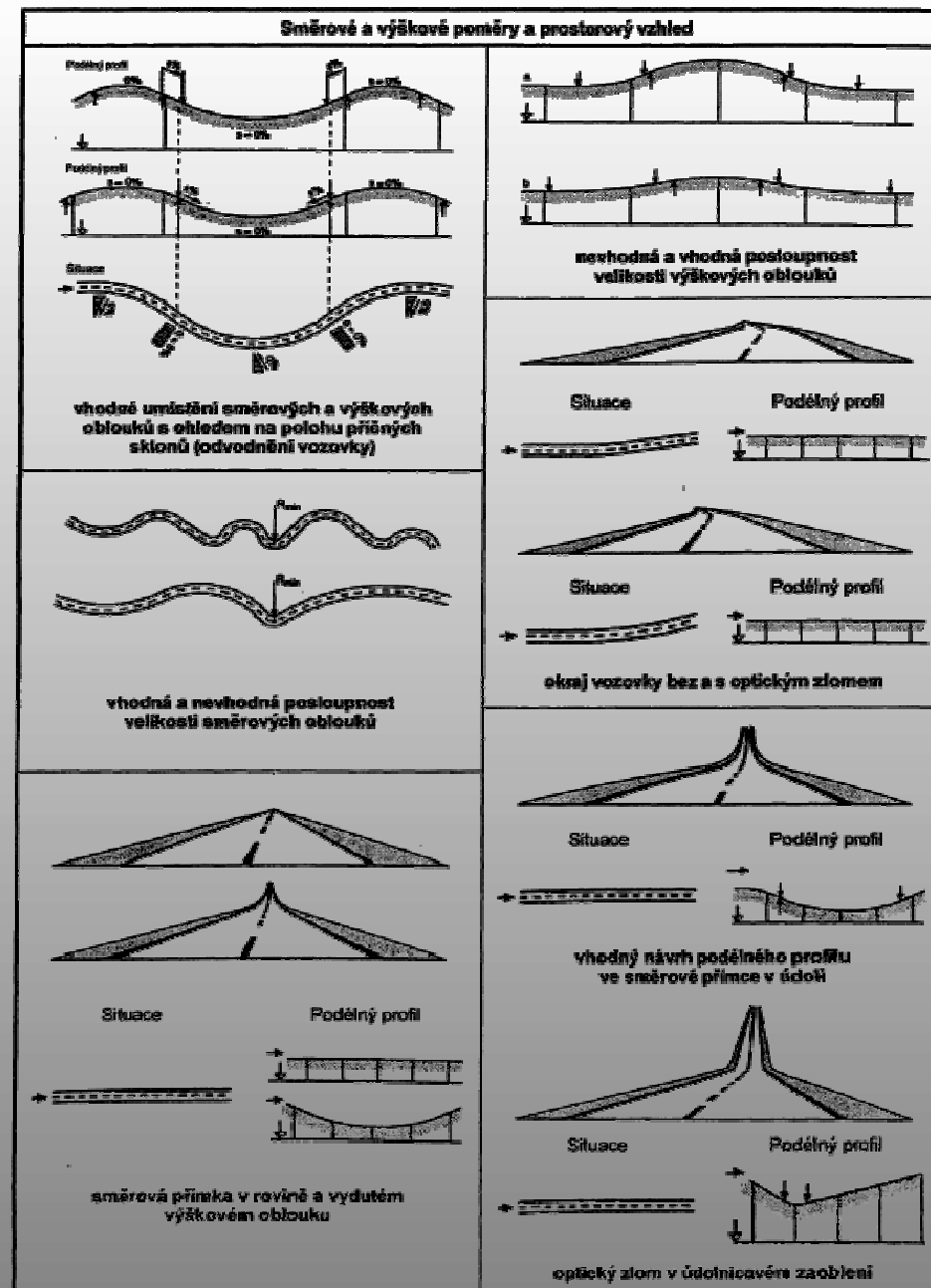
Obrázek M.3.1 – Nevhodné uspořádání směrového a výškového řešení trasy

Směrové a výškové poměry	Prostorový vzhled
Podélný profil Situace	ponoření trasy ve směrové přímce
Podélný profil Situace	ponoření trasy ve směrovém oblouku
Podélný profil Situace	nasobné ponoření trasy
Podélný profil Situace	ploché ponoření trasy
Podélný profil Situace	nevhodné uspořádání: ponoření trasy

Obrázek M.3.2 – Nevhodné uspořádání směrového a výškového řešení trasy

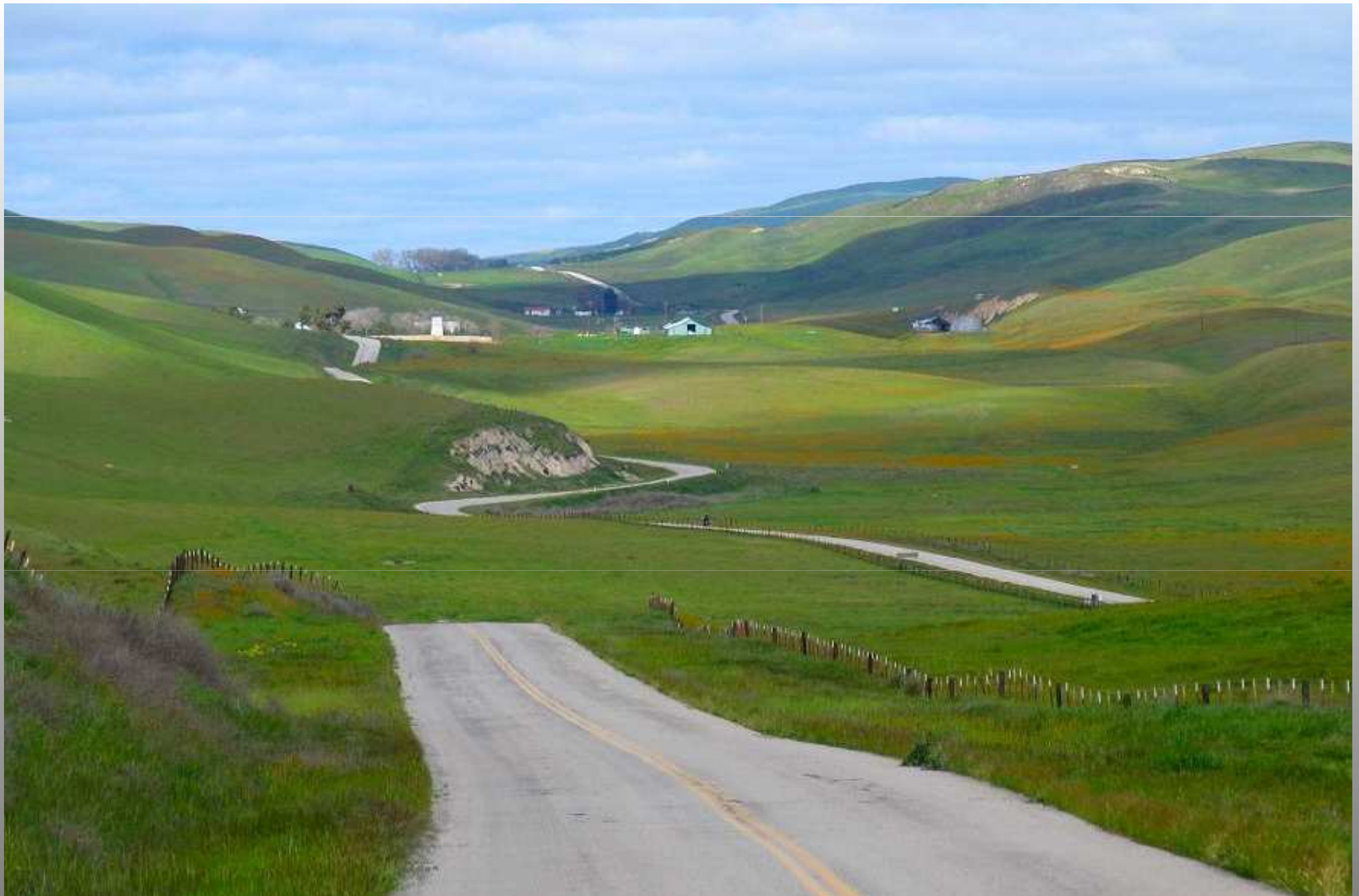


Obrázek M.3.3 – Nevhodné uspořádání směrového a výškového řešení trasy



Obrázek M.4 – Porovnání vhodných a nevhodných řešení trasy

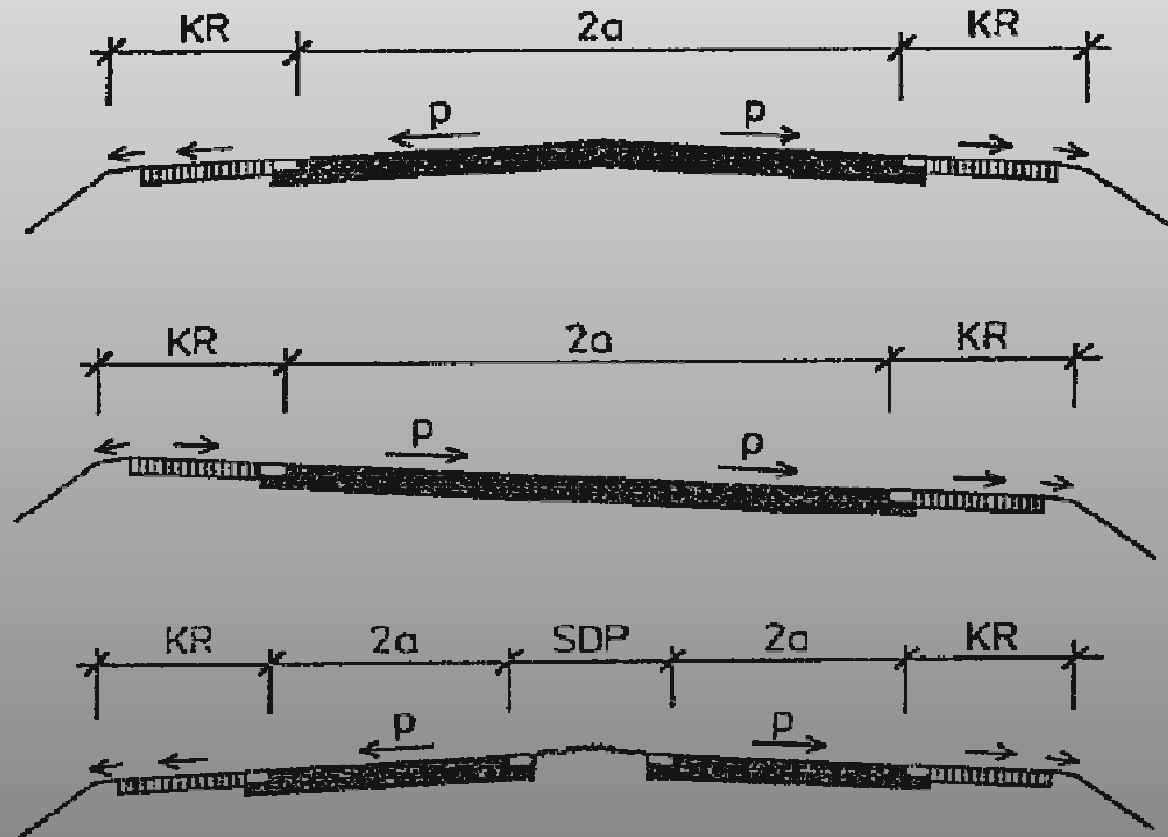
NEVYHOVUJÍCÍ TRASA PK



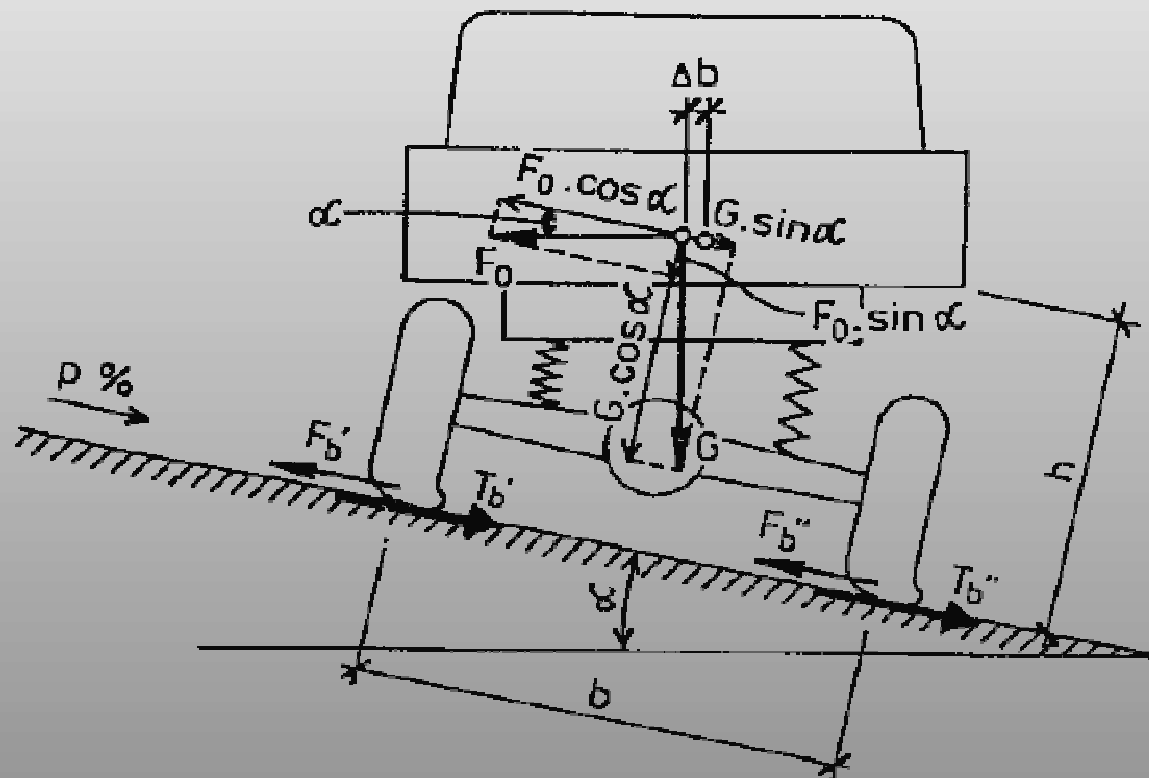
NEVYHOVUJÍCÍ TRASA PK



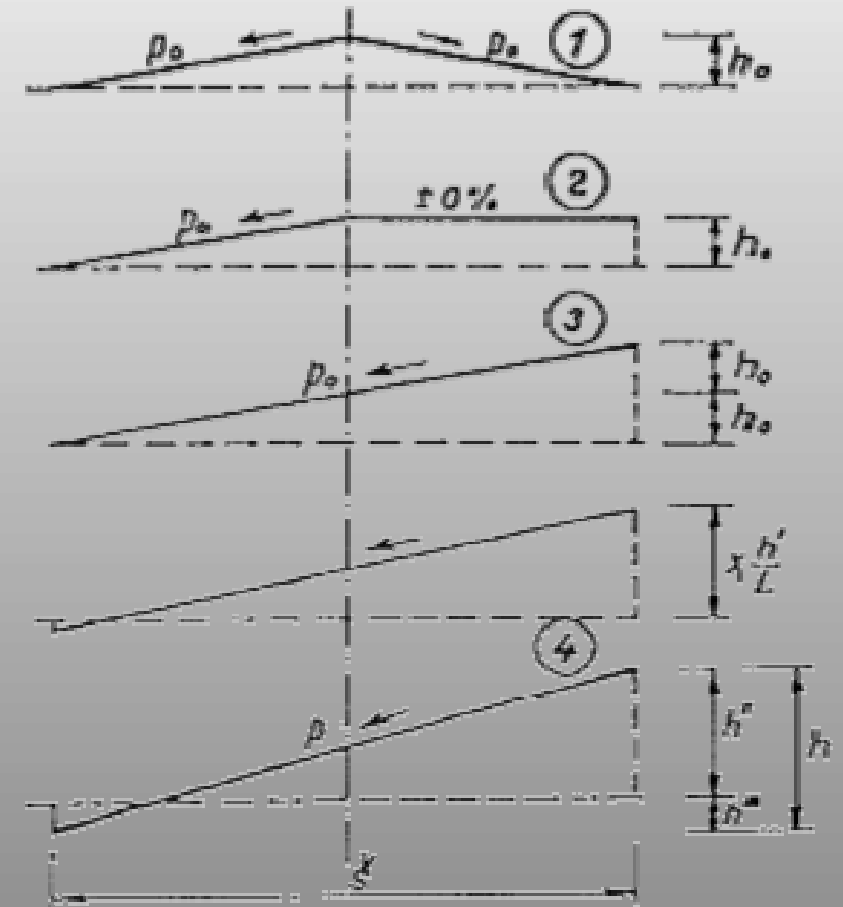
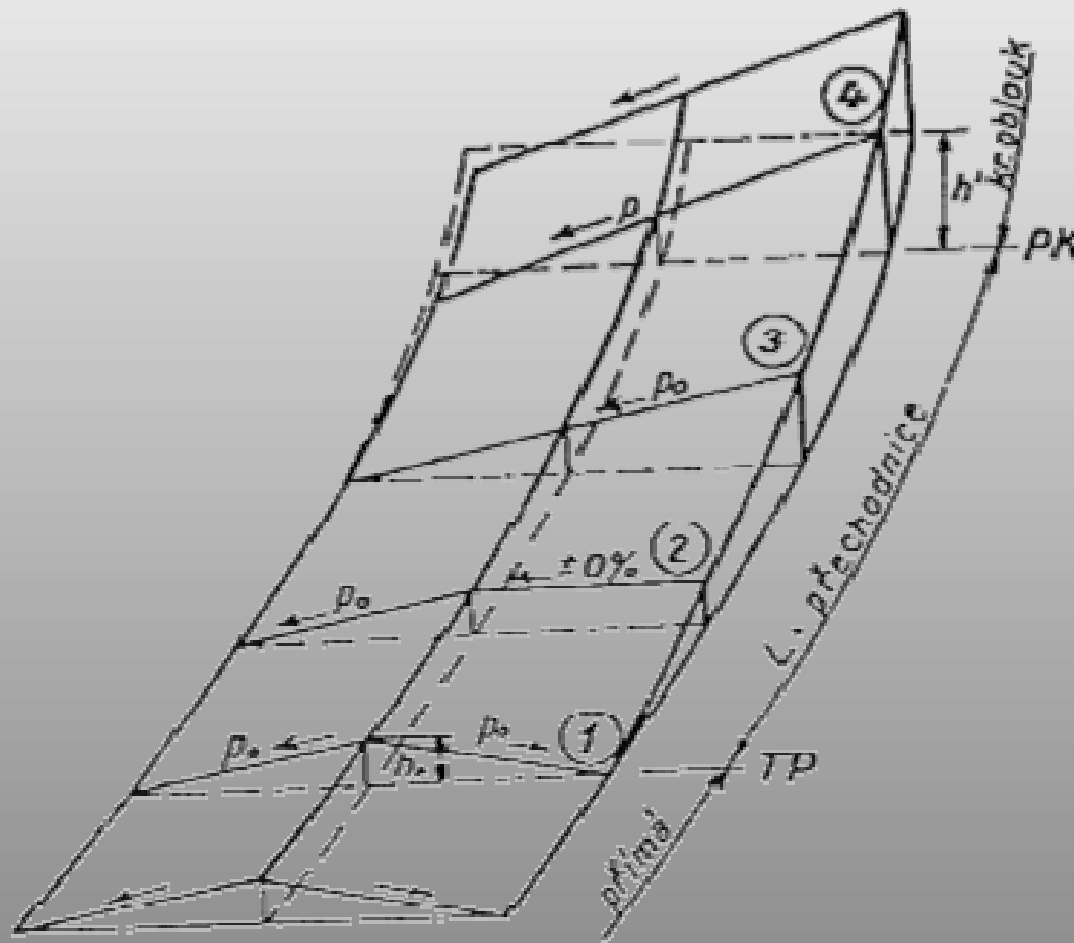
- základní příčný sklon jízdních pruhů v přímé i v obloucích, pokud nevyžadují sklon větší, se navrhuje zpravidla 2,5%
- na jednosměrných komunikacích bývá zpravidla jednostranný
- na obousměrných komunikacích
 - v přímé střechovitý
 - v obloucích dostředný
- příčný sklon se navrhuje kvůli snadnějšímu odvodnění krytu vozovky a v obloucích pro snížení odstředivé síly



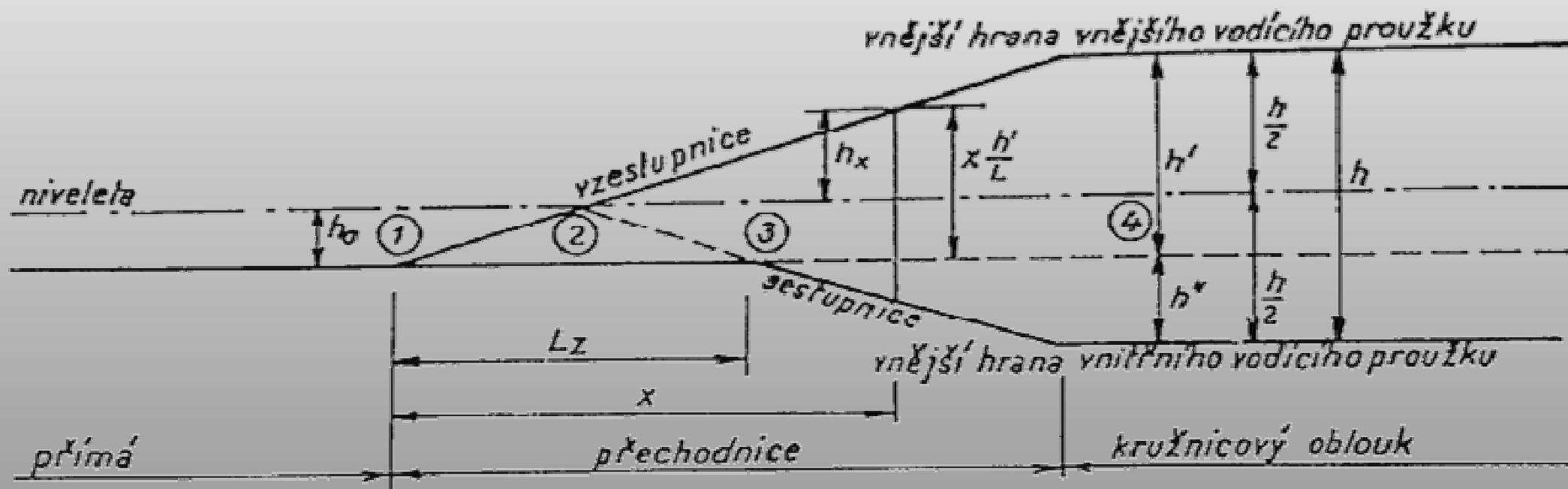
- příčný sklon ve směrovém oblouku



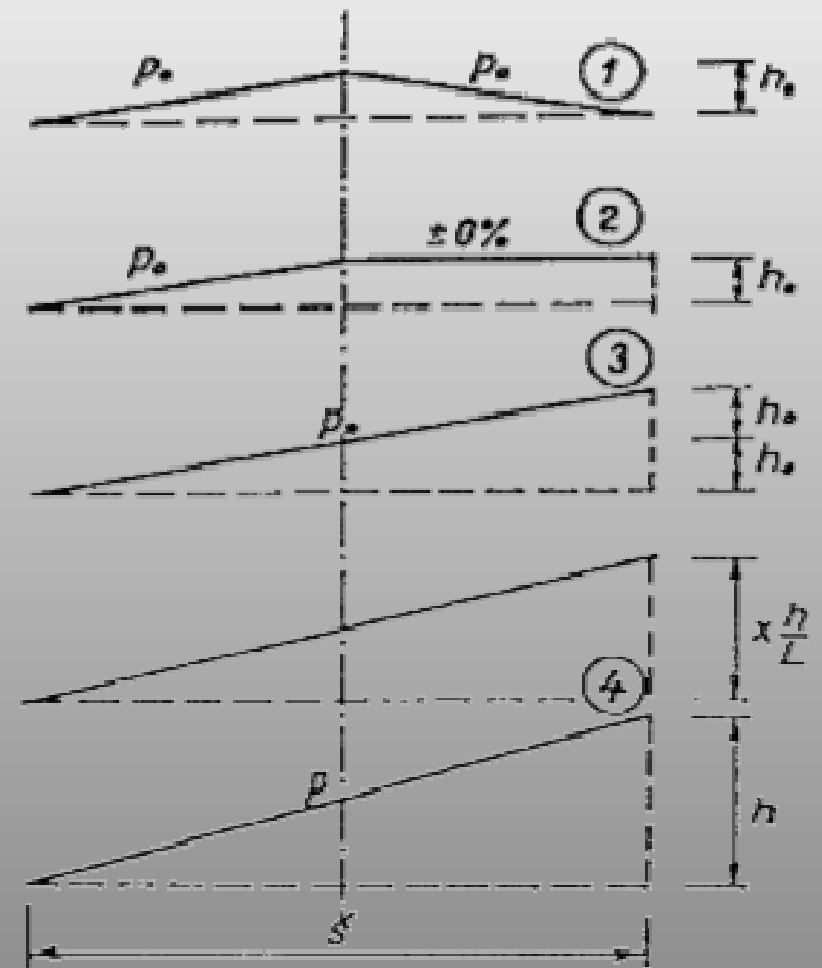
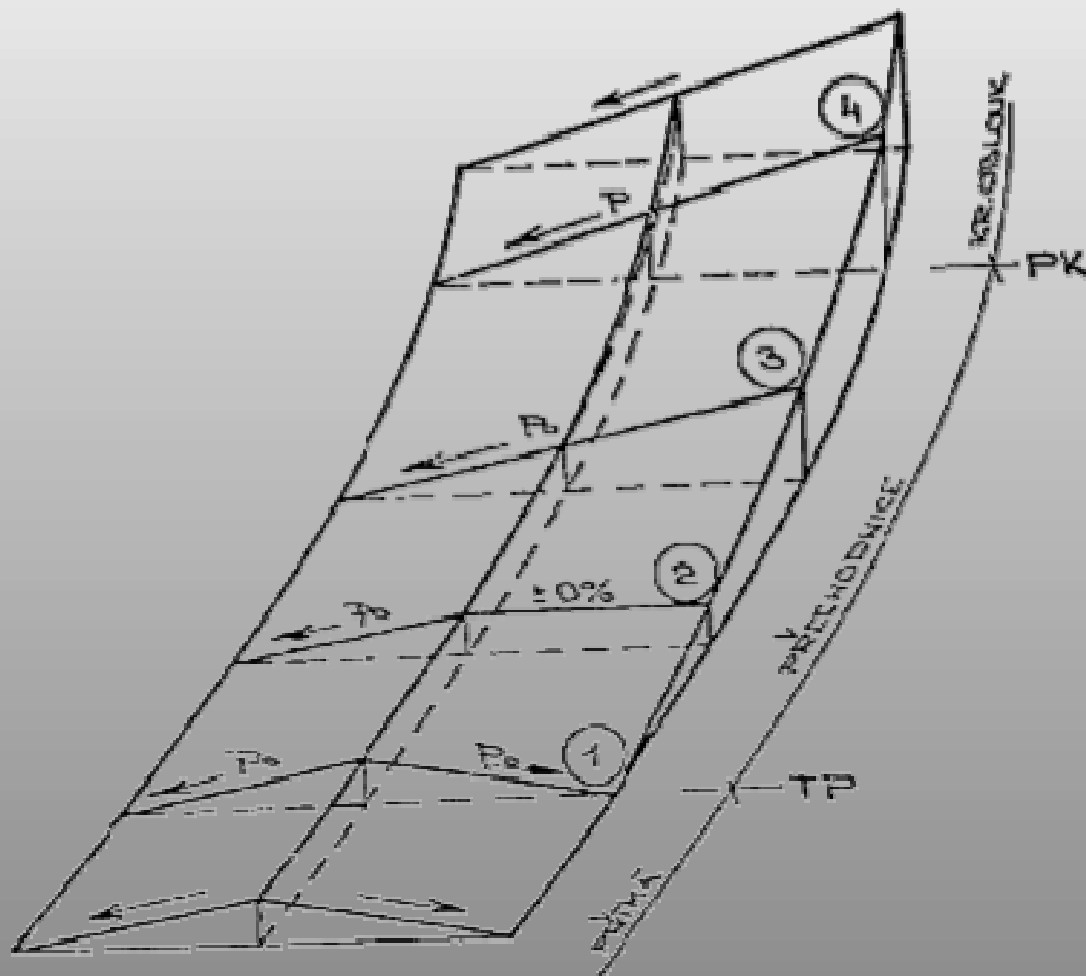
- klopení kolem osy



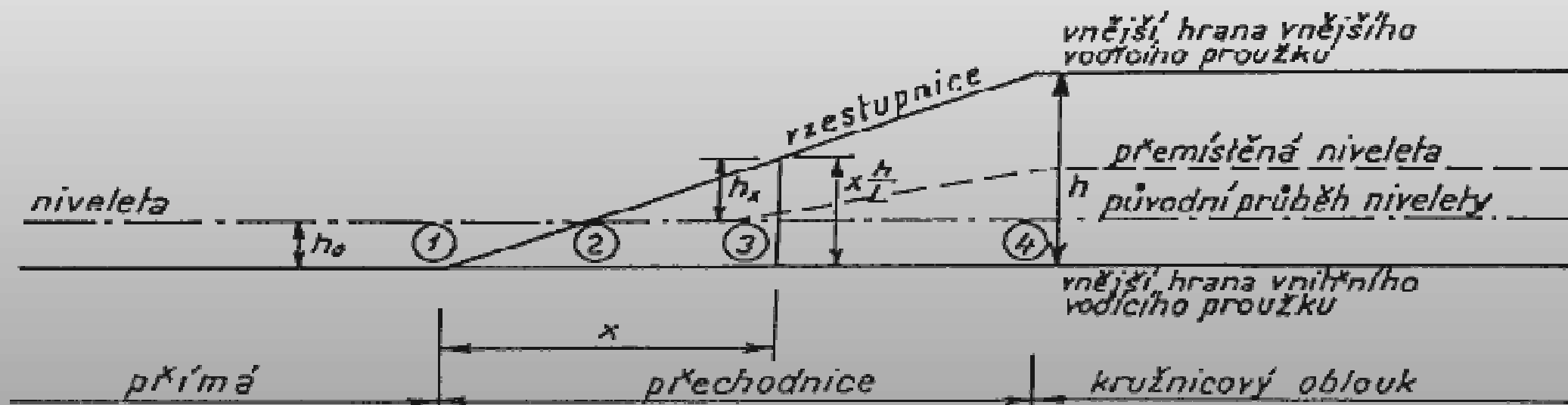
- klopení kolem osy



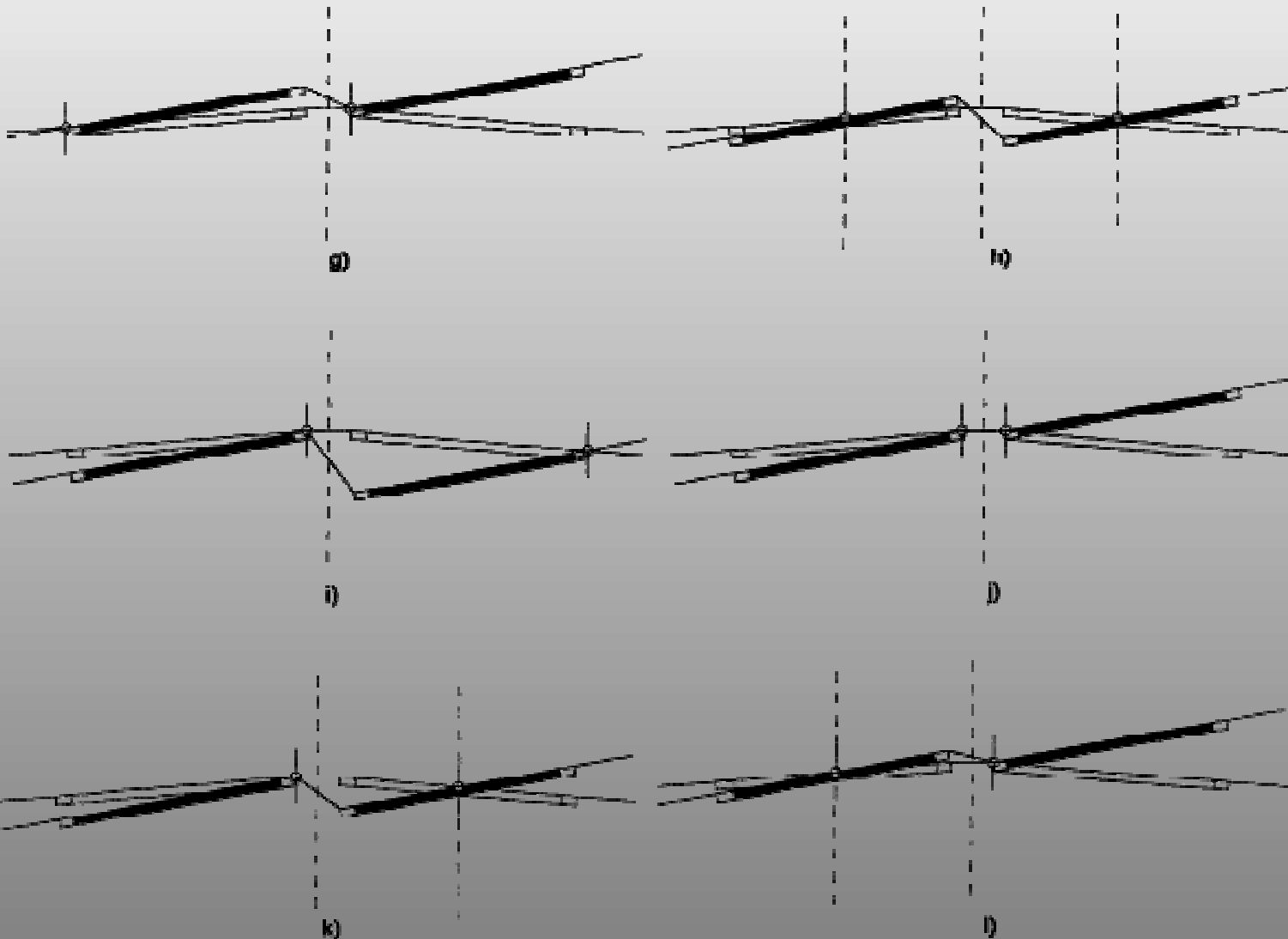
- klopení kolem vnějšího okraje vodícího proužku



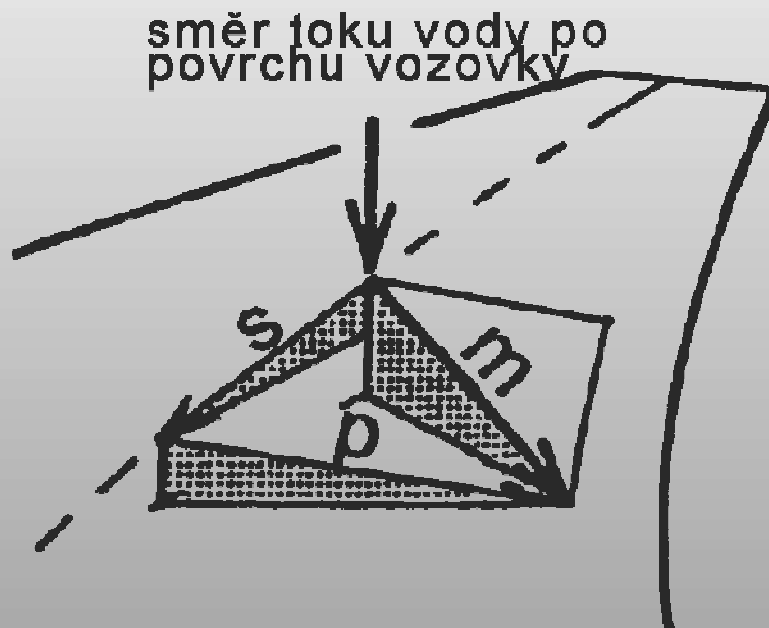
- klopení kolem vnějšího okraje vodícího proužku



- klopení směrově rozdělené komunikace



VÝSLEDNÝ SKLON PK



$$m = \sqrt{s^2 + p^2}$$

Michal RADIMSKÝ
radimsky.m@fce.vutbr.cz

DĚKUJI ZA POZORNOST