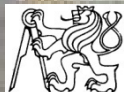


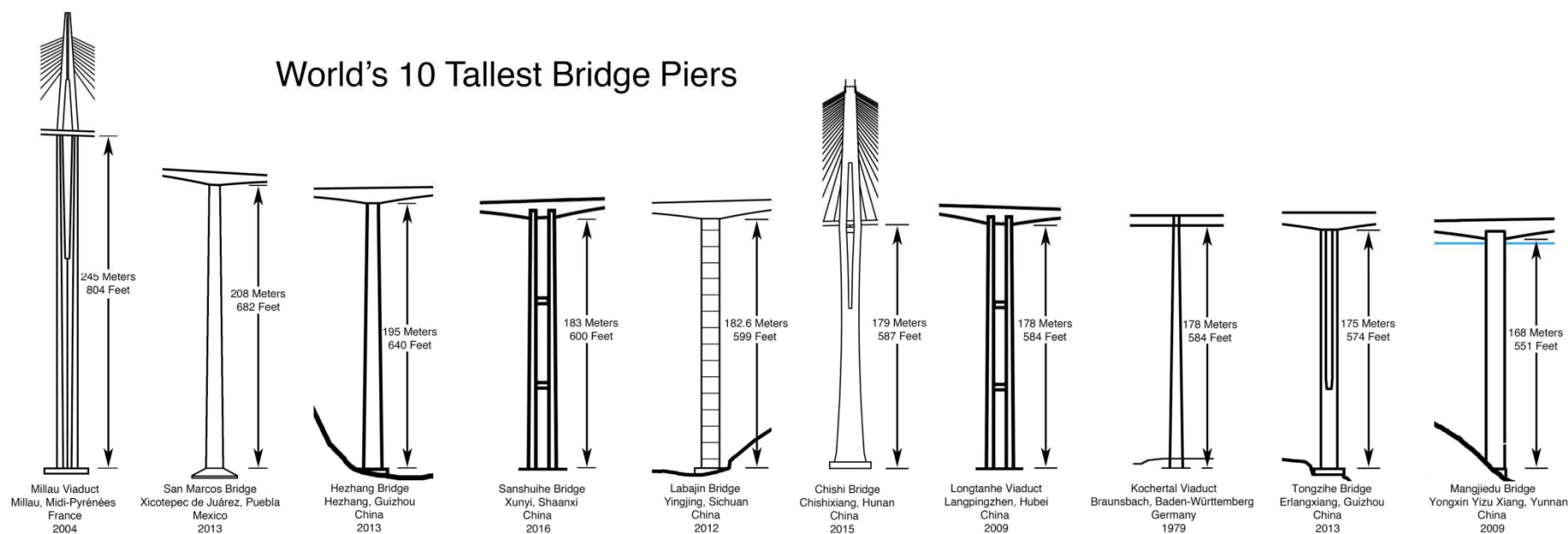
BETONOVÉ KONSTRUKCE – B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



ŠTÍHLÉ BETONOVÉ KONSTRUKCE



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K





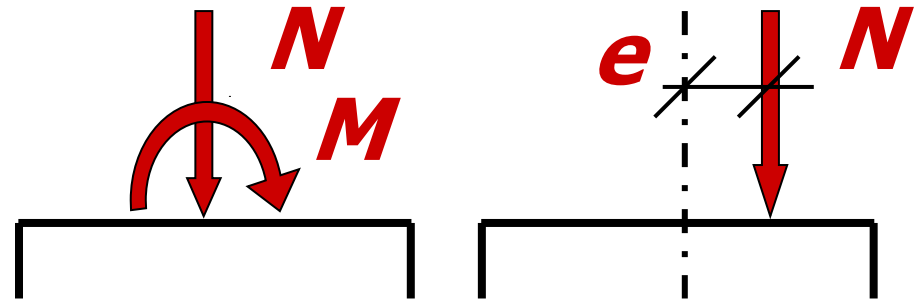




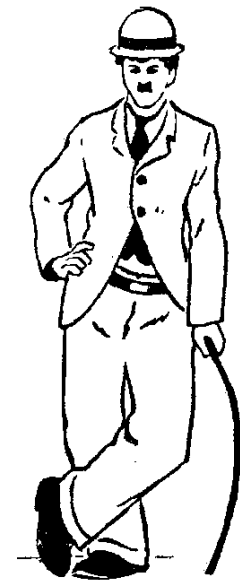


prvky namáhané kombinací $[M+M]$

tlak (tah) s ohybem
= mimostředný tlak (tah)
= tlak (tah) s ohybem
= tlak (tah) s výstředností



- vliv štíhlosti na chování tlačného prvku
- vliv ovinutí
- nejčastěji svislé nosné konstrukce
 - sloupy
 - stěny
- KONSTRUKČNÍ ZÁSADY



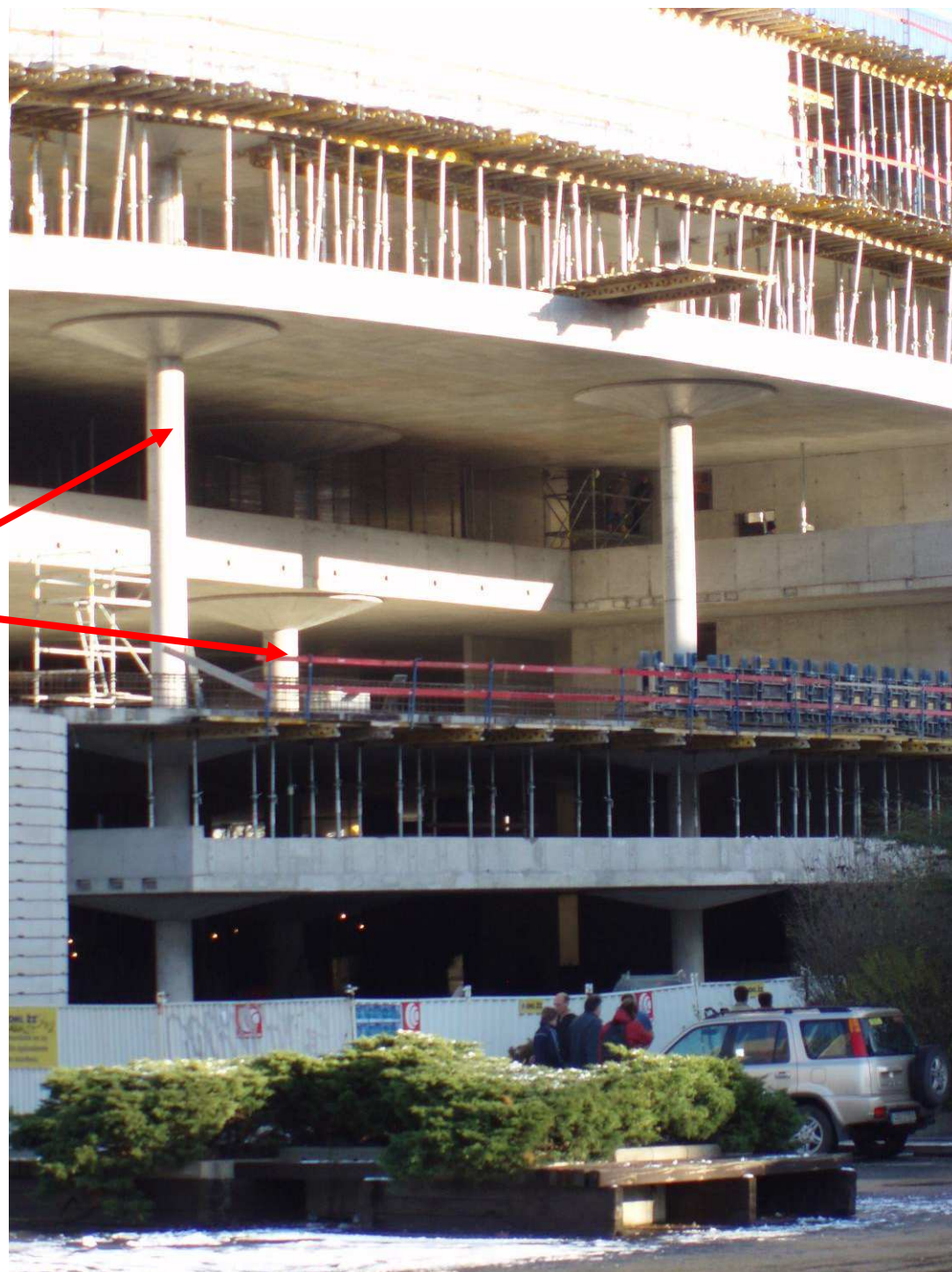
vybočení tlačného prutu



Technická knihovna Praha - Dejvice

**sloupy jsou
stejného průřezu
ale různé délky**

**=> rozdílná
únosnost těchto
sloupů vlivem
jejich štíhlosti**

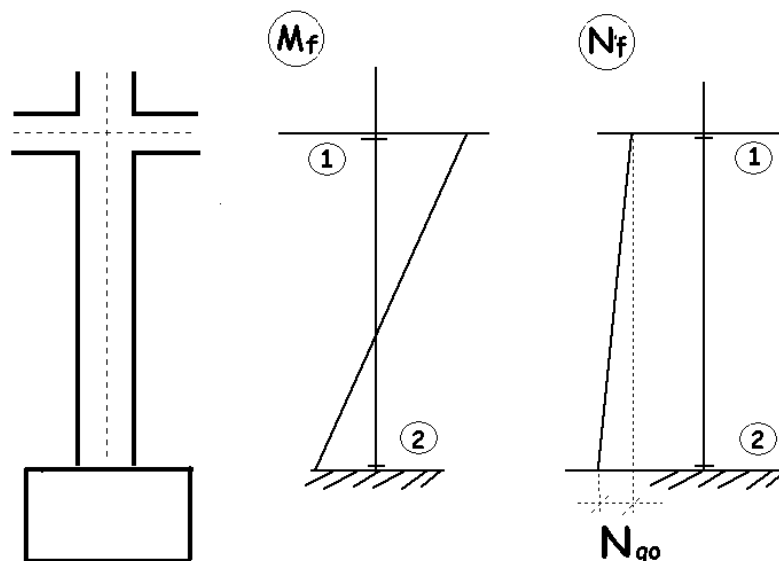


■ účinky 1. řádu

vyšetřujeme na nedeformované konstrukci, ale s uvažováním tzv. geometrických imperfekcí

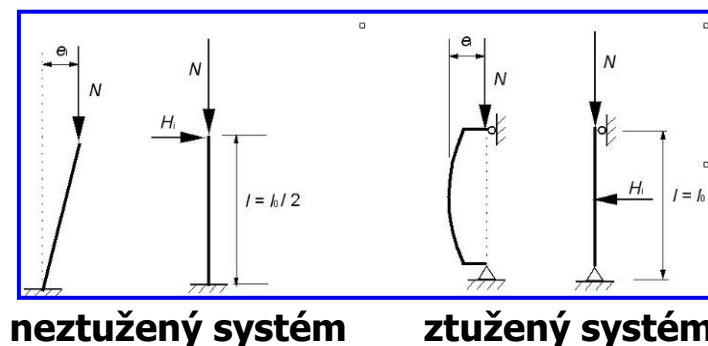
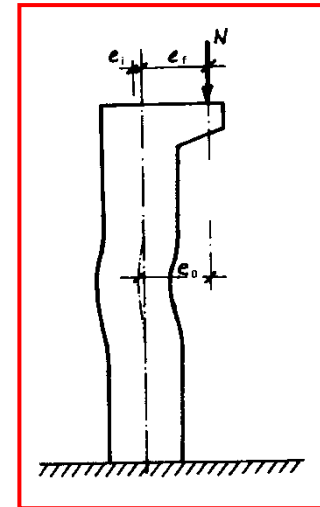
(odchylky střednice od svislé polohy)

=> vnitřní síly od zatížení M_f a N_f



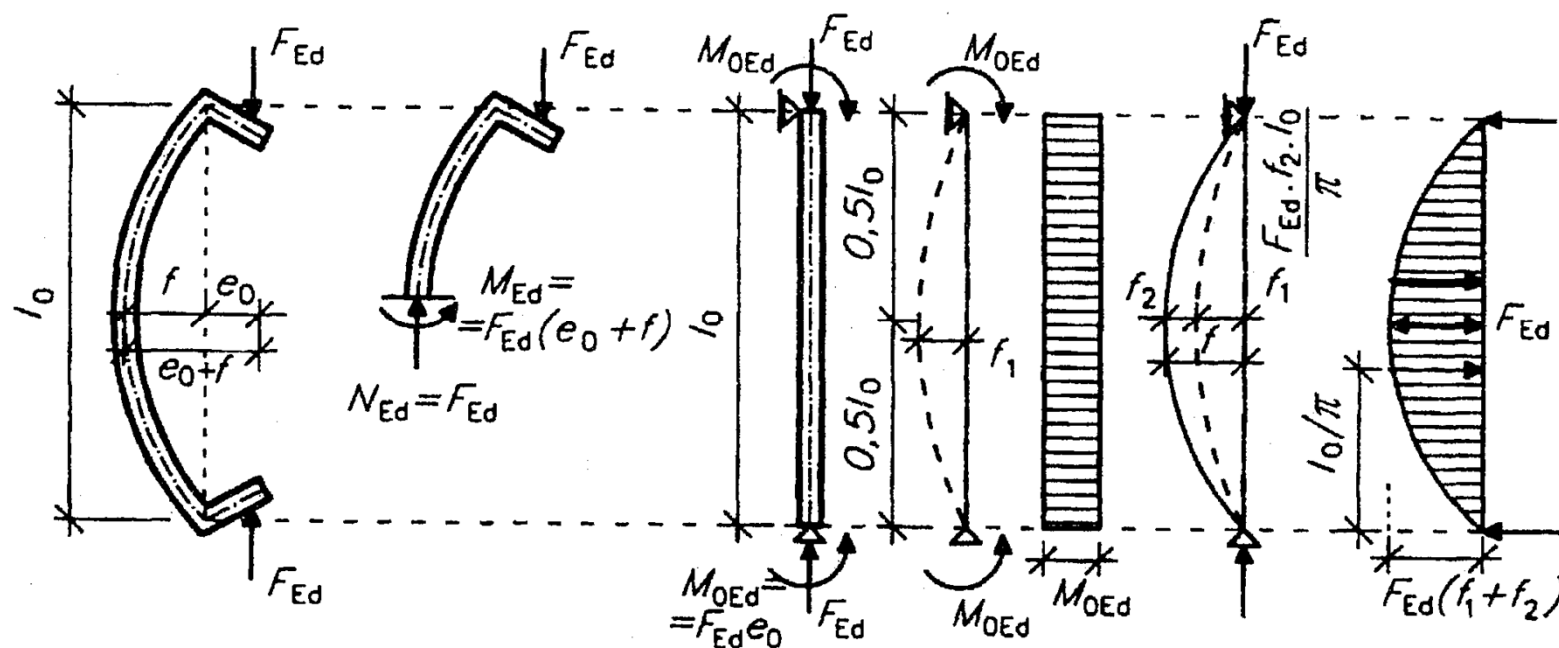
imperfekce

- nepříznivé účinky možných odchylek v geometrii konstrukce a v poloze zatížení (nutno uvážit v MSÚ)
- vychýlení od svislé osy θ_i
- do výpočtu zavést jako
 - výstřednost e_i
 - příčnou sílu H_i



■ účinky 2. řádu

nutno počítat u tzv. štíhlých prutů,
kde hrají roli přídavné účinky zatížení
vyvolané vodorovnou (podélnou)
deformací svislého tlačného prutu



Úloha je

■ **GEOMETRICKY NELINEÁRNÍ**

účinek vnějších sil na štíhlém excentricky zatíženém železobetonovém prutu závisí PODSTATNĚ na jeho průhybu

■ **FYZIKÁLNĚ NELINEÁRNÍ**

**závisí na přetvárných vlastnostech průřezů,
resp. materiálů**

**BETON – typicky nelineární pracovní diagram s
velmi nízkým poměrem pevnosti betonu v tahu a
pevnosti betonu v tlaku**

OCEL – bilineární pracovní diagram

TEORIE PRUŽNOSTI

■ Eulerovo břemeno

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_0^2}$$

← vzpěrná délka prutu = ?

■ BETON + VÝZTUŽ = ŽELEZOBETON

$$N_{cr} = \frac{\pi^2}{l_0^2} \cdot E_{eff} \cdot I_{i,osl}$$

trhliny !!

tažený beton je vyloučen
ze spolupůsobení

ideální průřez !!

dotvarování !!

**Do výpočtu pro železobetonové prvky
zavádíme :**

- **$I_{i,osl}$... moment setrvačnosti ideálního
průřezu, na mezi únosnosti
oslabeného trhlinami**
- **E_{eff} ... modul přetvárnosti betonu
(mění se v čase vlivem dotvarování)**
- **vliv nelineárních vlastností materiálů**

- sloupy masivní
- sloupy štíhlé
- sloupy velmi štíhlé

Kritérium:

štíhlost sloupu λ

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \text{ pro obdélník} \quad \lambda = \frac{l_0 \cdot \sqrt{12}}{h}$$

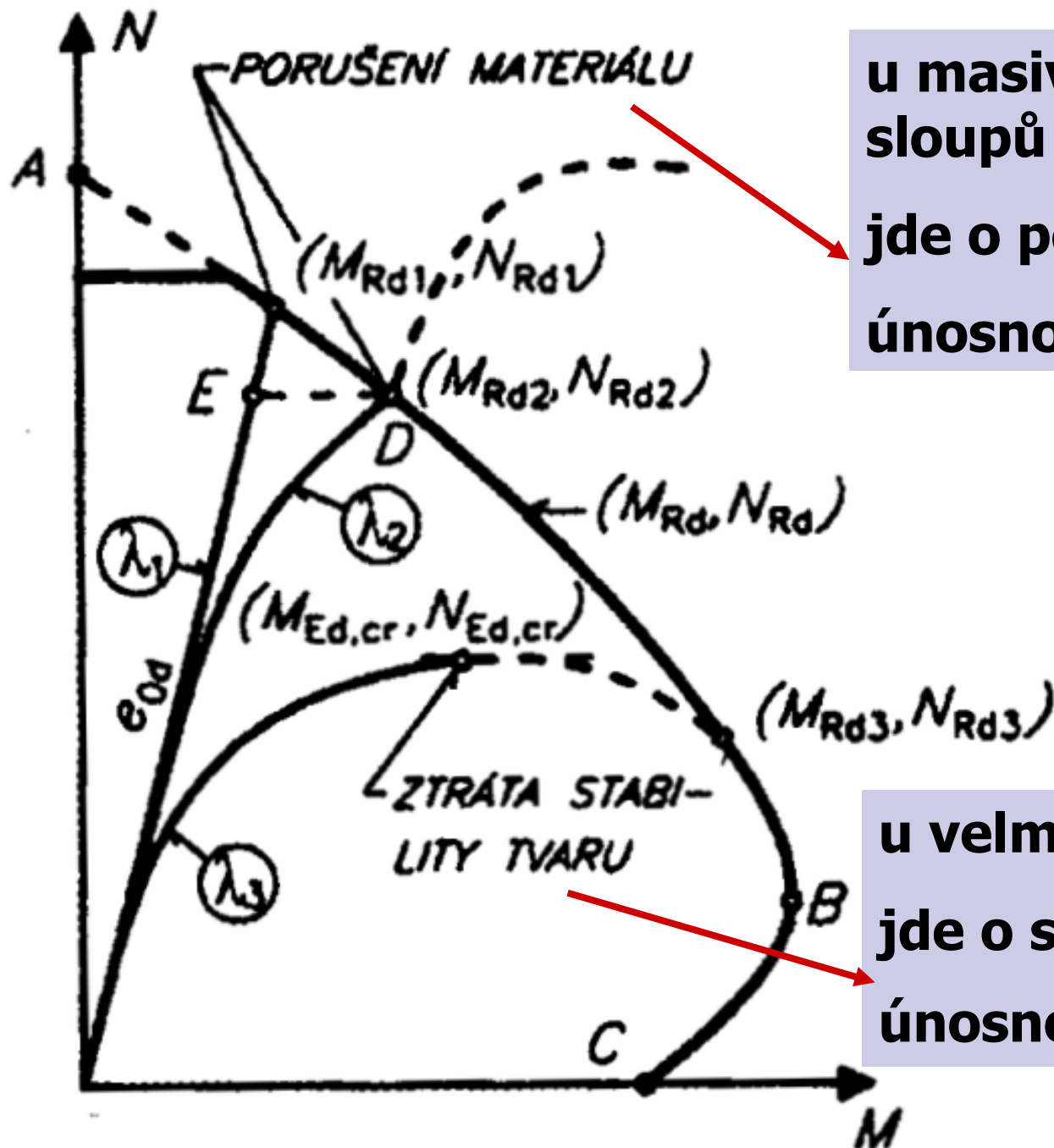
l_0 ... vzpěrná délka prutu

= vzdálenost inflexních bodů průhybové čáry

i ... poloměr setrvačnosti průřezu

kriterium : $\lambda \sim \lambda_{\text{lim}}$

- **sloupy masivní** $\lambda < \lambda_{\text{lim}}$
 - účinky zatížení zůstávají konstantní
 - přidává se pouze excentricita náhodná ... e_1
=> zvětší se ohybový moment prvního řádu
- **sloupy štíhlé** $\lambda \geq \lambda_{\text{lim}}$
 - nutno počítat se sníženou únosností sloupu
NEBO
 - účinky zatížení zvětšit o vliv imperfekcí ... e_1
i o vliv průhybu prutu ... e_2
=> zvětší se ohybový moment prvního řádu
- **sloupy velmi štíhlé** $\lambda > \sim 140 - 150$
 - vliv deformace sloupu je obrovský
 - pro jejich řešení je třeba použít speciální metody



u masivních a štíhlých
sloupů

jde o pevnostní problém
únosnosti

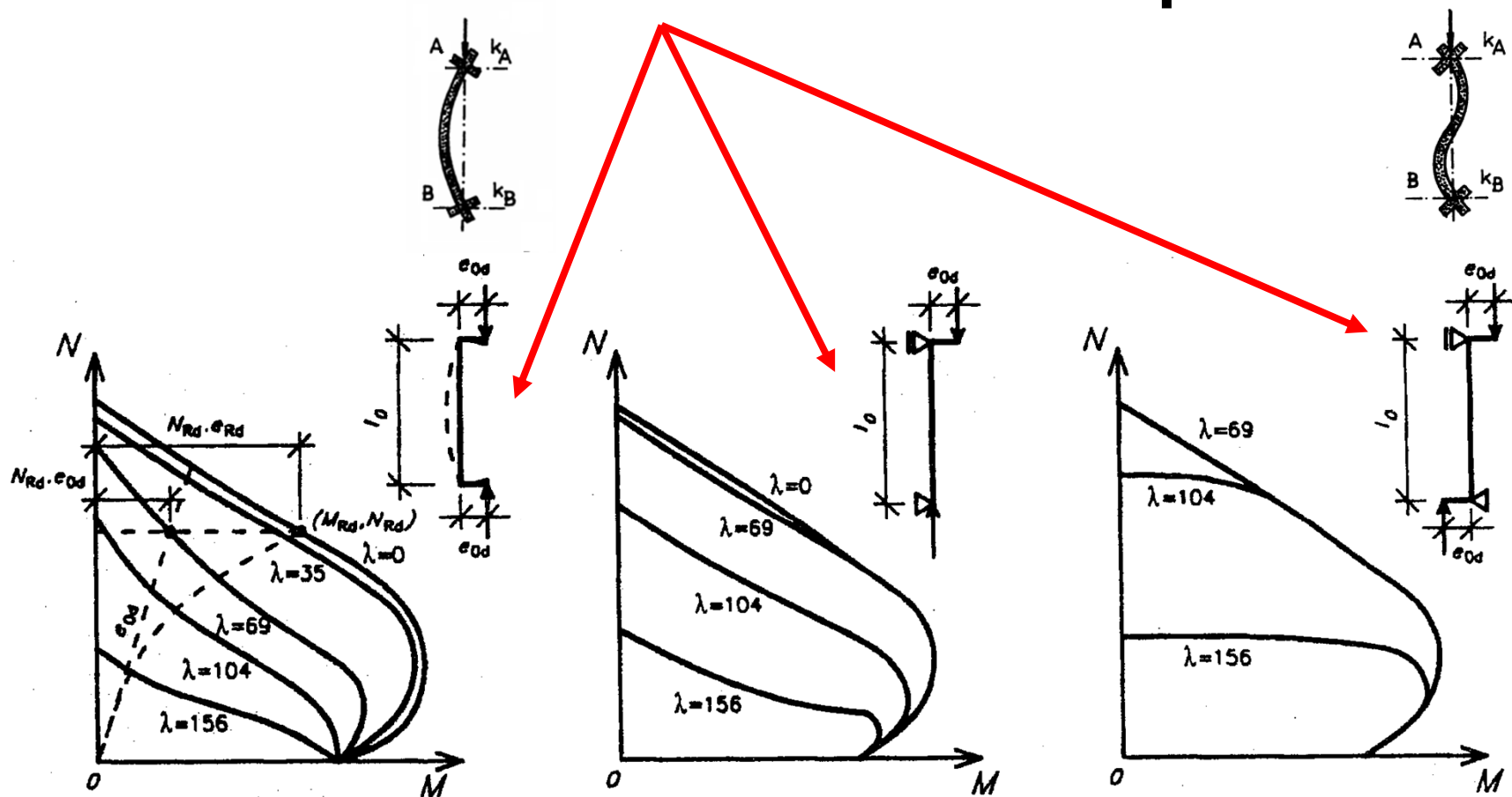
u velmi štíhlých sloupů
jde o stabilitní problém
únosnosti

úkoly výpočtu :

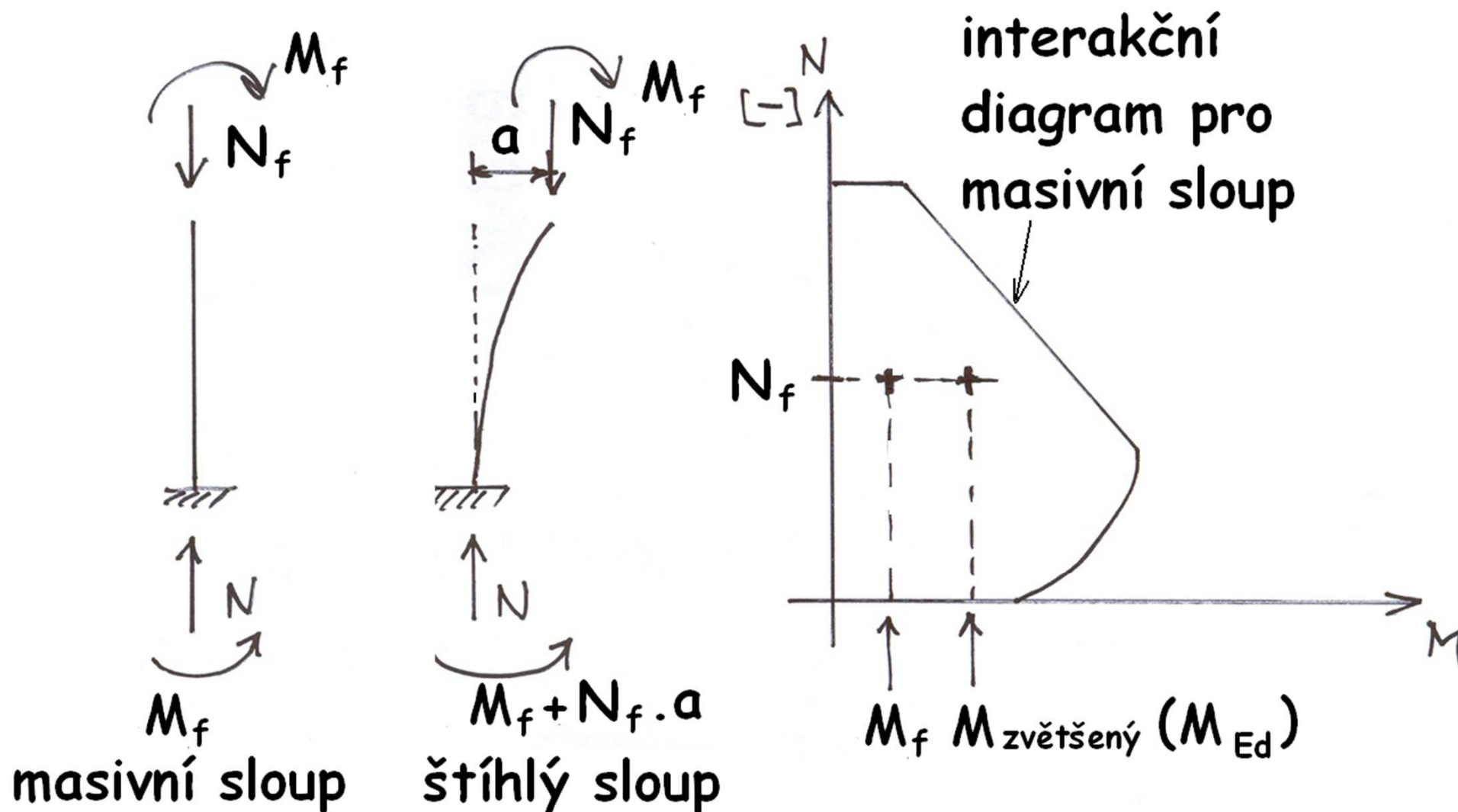
- určení účinné (vzpěrné) délky prutu ... l_0
- kritérium pro rozhodnutí zda je prut masivní nebo štíhlý (případně velmi štíhlý)
- výpočet snížené únosnosti štíhlého prutu
NEBO
zvětšení účinků zatížení (výpočet zvětšené výstřednosti působící síly)

"redukované" interakční diagramy

vliv charakteru zatížení na koncích prutu



posouzení štíhlého sloupu pomocí interakčního diagramu pro masivní průřez



posouzení štíhlého sloupu pomocí interakčního diagramu pro masivní průřez

- $N_{Ed} = N_f$ – síla od zatížení zůstává stejná
- M_{Ed} – zohlednění vlivu štíhlosti prutu zvětšením excentricity od zatížení
- $e_f = M_f / N_f$... excentricita od zatížení (teorie 1.řádu)
- e_i ... excentricita náhodná (zjednodušeně $e_i = l_0 / 400$)
(vliv nepřesností provádění - imperfekce)
- e_2 ... excentricita vyvolaná vodorovným průhybem svislého prutu – tedy vlivem štíhlosti (teorie 2.řádu)
- celková výstřednost $e_0 = e_f + e_i + e_2$
$$M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = N_{Ed} \cdot (e_f + e_i + e_2)$$

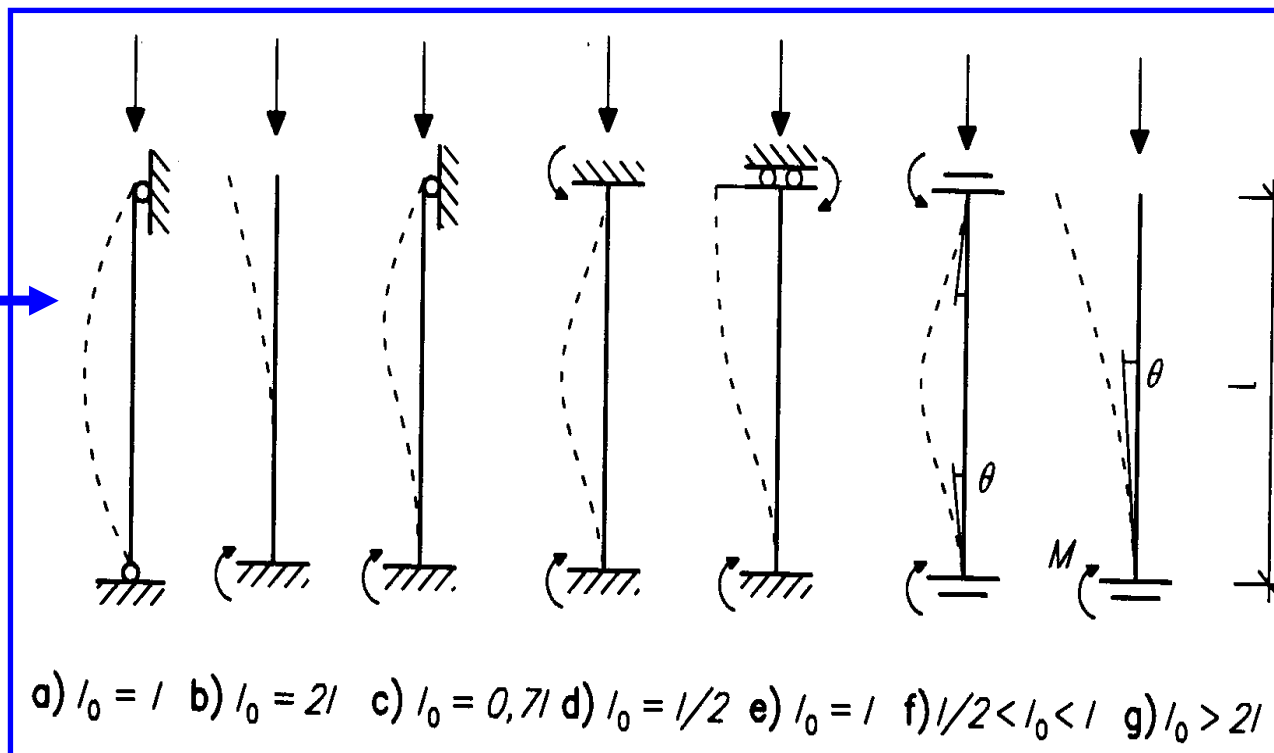
? prvek masivní – štíhlý – velmi štíhlý ?

podle ŠTÍHLOSTI $\lambda = l_0 / i$

účinná délka = vzdálenost mezi inflexními body

ohybové čáry

u osamělých
sloupů

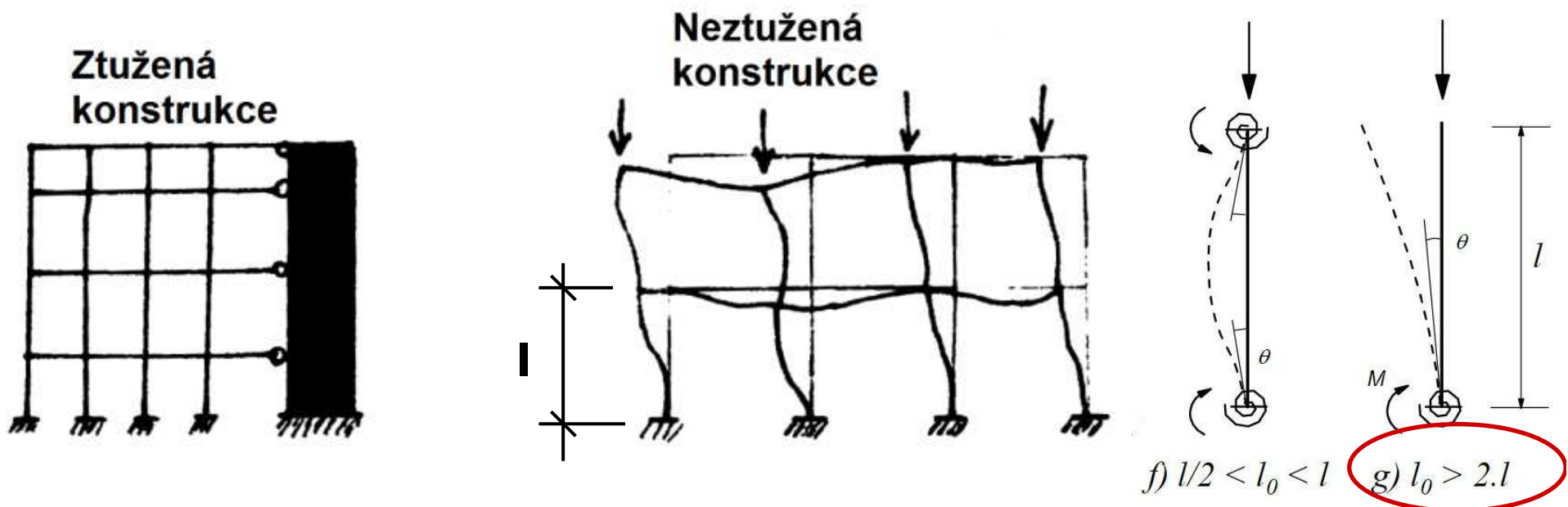


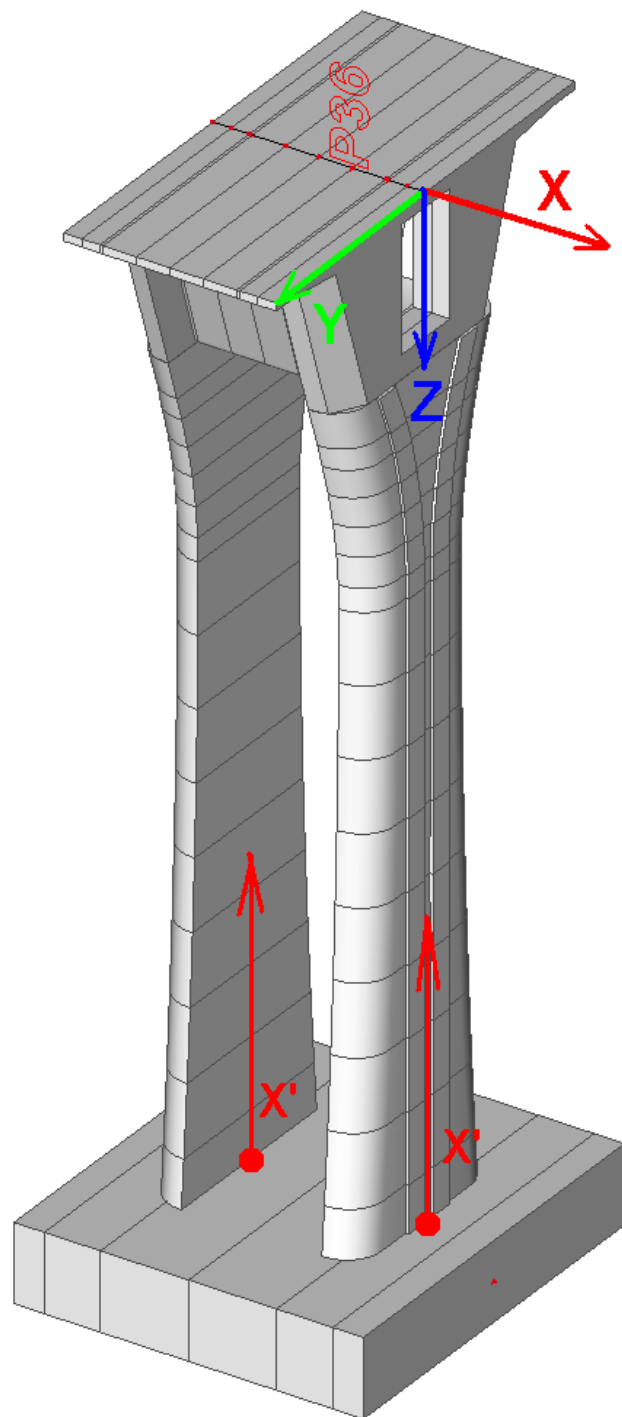
l_0 pro sloup reálné konstrukce ??

u sloupů ŽB ráků – tuhé styčníky

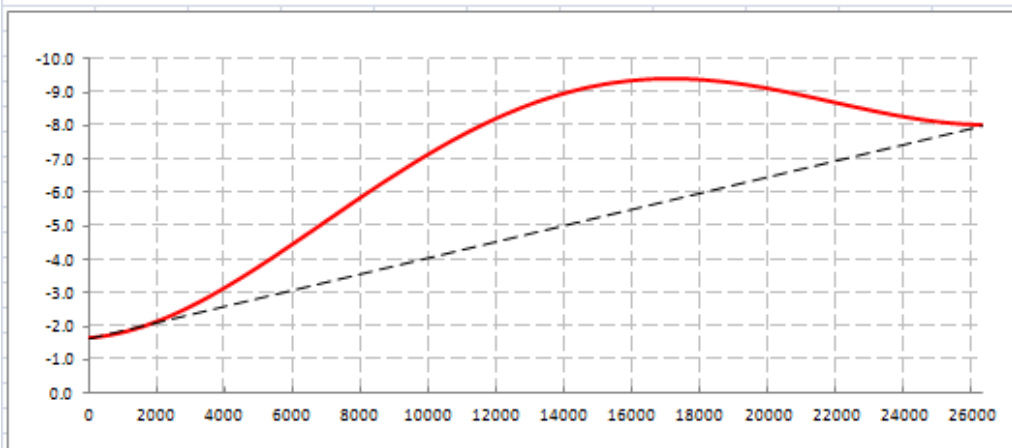
l_0 závisí na tuhosti prutů
posuvnosti styčníků !!!

- neposuvné (ztužené konstrukce) $l_0 \leq l$
- posuvné (neztužené konstrukce) $l_0 > l$

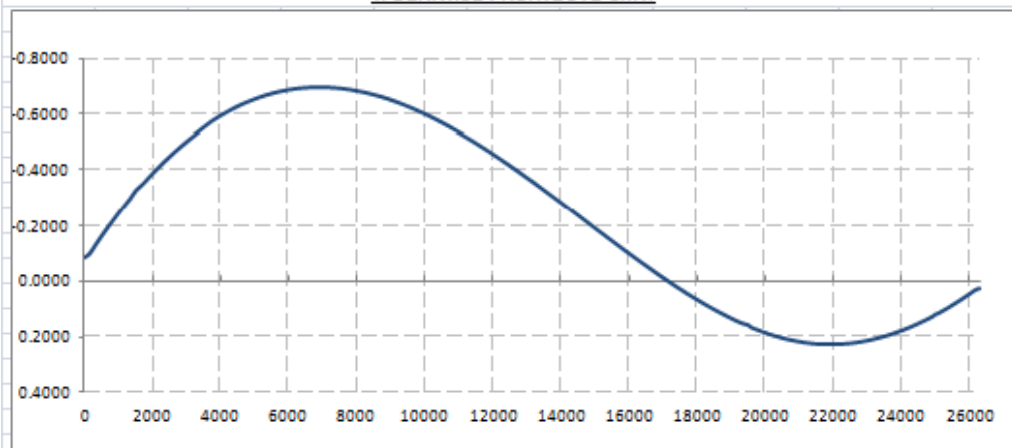




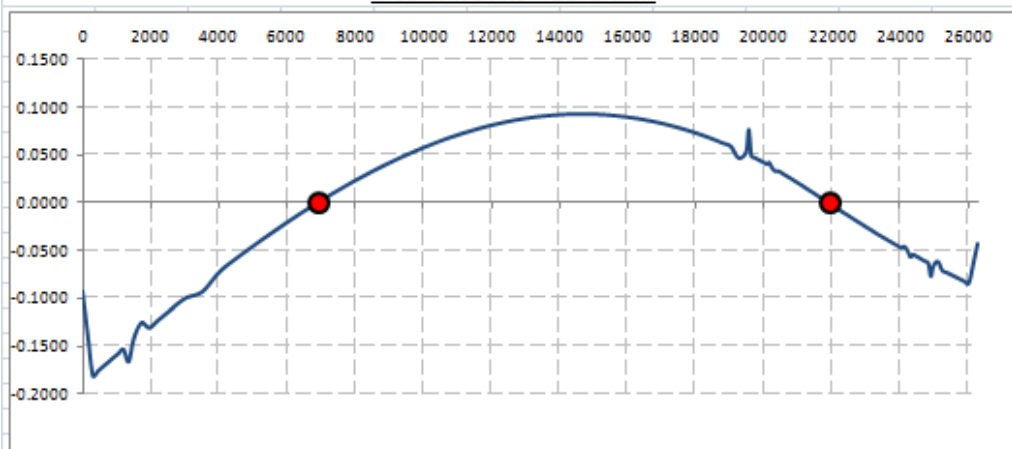
PRŮHYBOVÁ ČÁRA



1. DERIVACE PRŮHYBOVÉ ČÁRY



2. DERIVACE PRŮHYBOVÉ ČÁRY



určení limitní štíhlosti

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}$$

$n = N_{\text{Ed}} / (A_c f_{\text{cd}})$, poměrná normálová síla

Bezpečně:

A ... vliv dotvarování betonu **$A = 0,7$**

B ... vliv výztuže **$B = 1,1$**

C ... vliv zatížení **$C = 0,7$**

obvykle příliš konzervativní!

kriterium štíhlosti podle EN

$$\lambda < \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \quad \dots \text{sloup masivní}$$

$$\lambda \geq \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \quad \dots \text{sloup štíhlý}$$

$$\lambda > ? \quad \dots \text{velmi štíhlý sloup}$$

**metody pro řešení konstrukcí se štíhlými
sloupy:**

**1) obecné – nelineární analýza na vhodném
modelu**

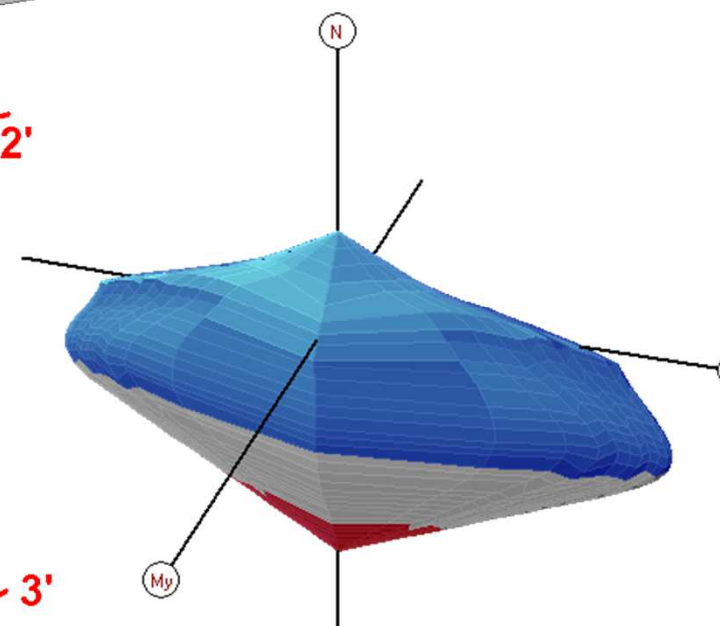
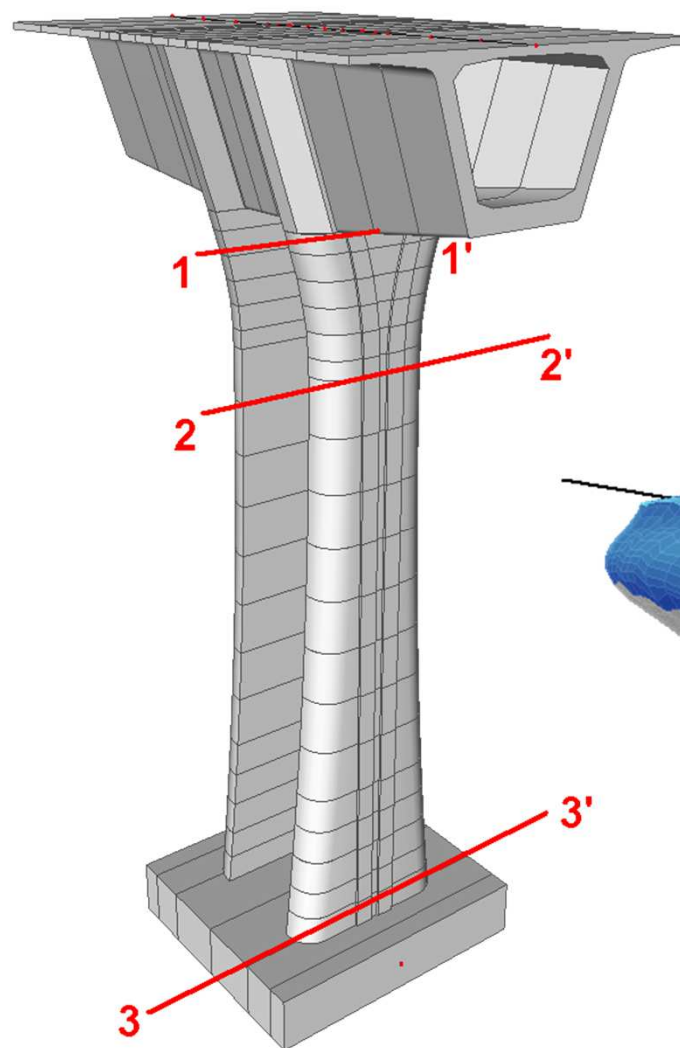
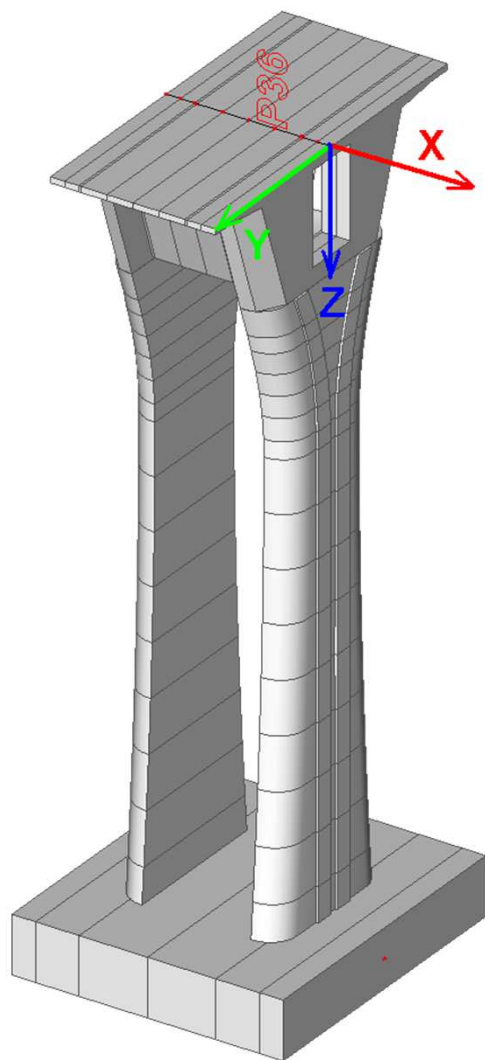
2) zjednodušené

a) přibližné nelineární výpočty

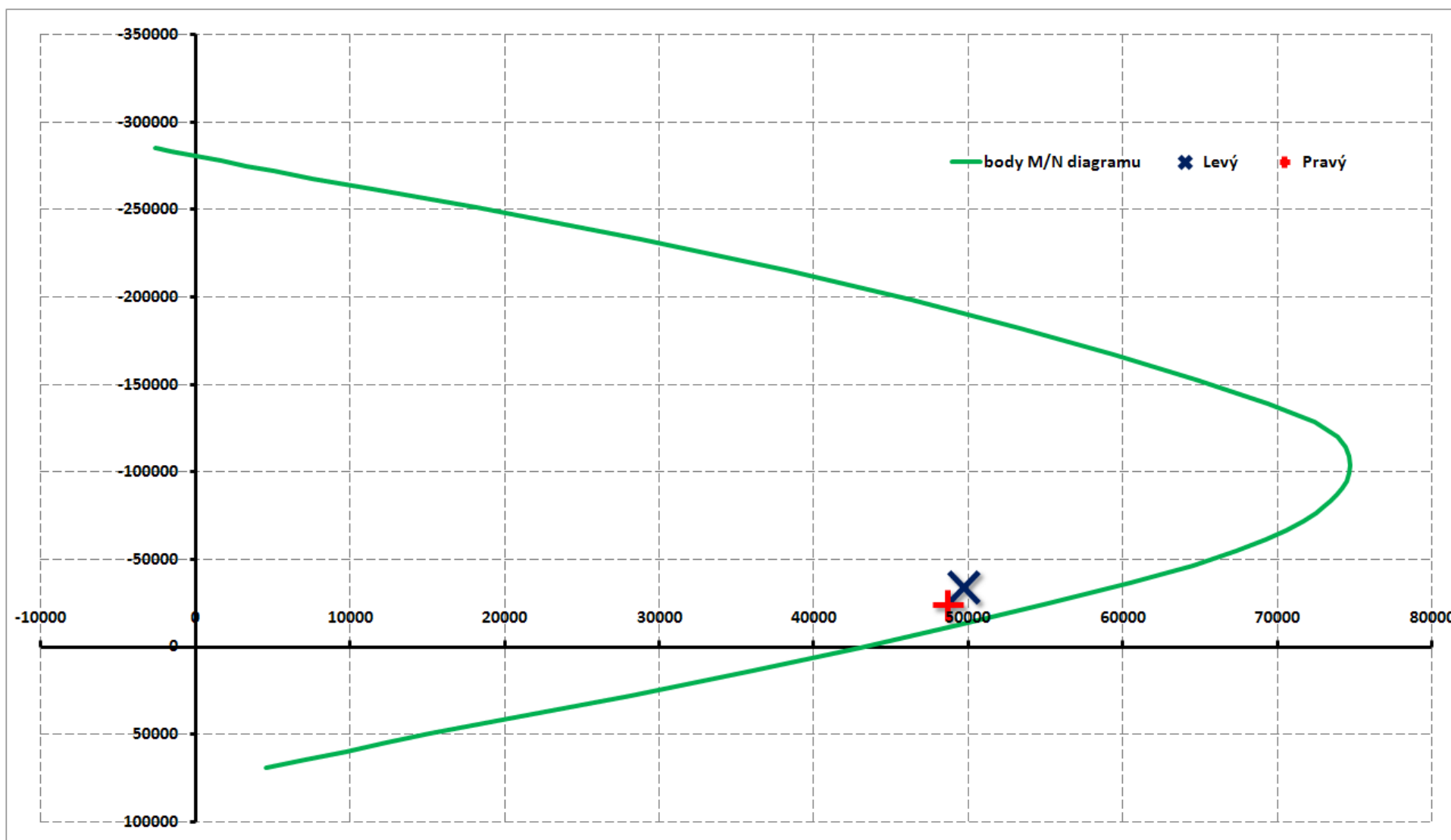
(předpokládáme tvar přetvoření)

b) lineární analýza + vliv "2.řádu" přibližně

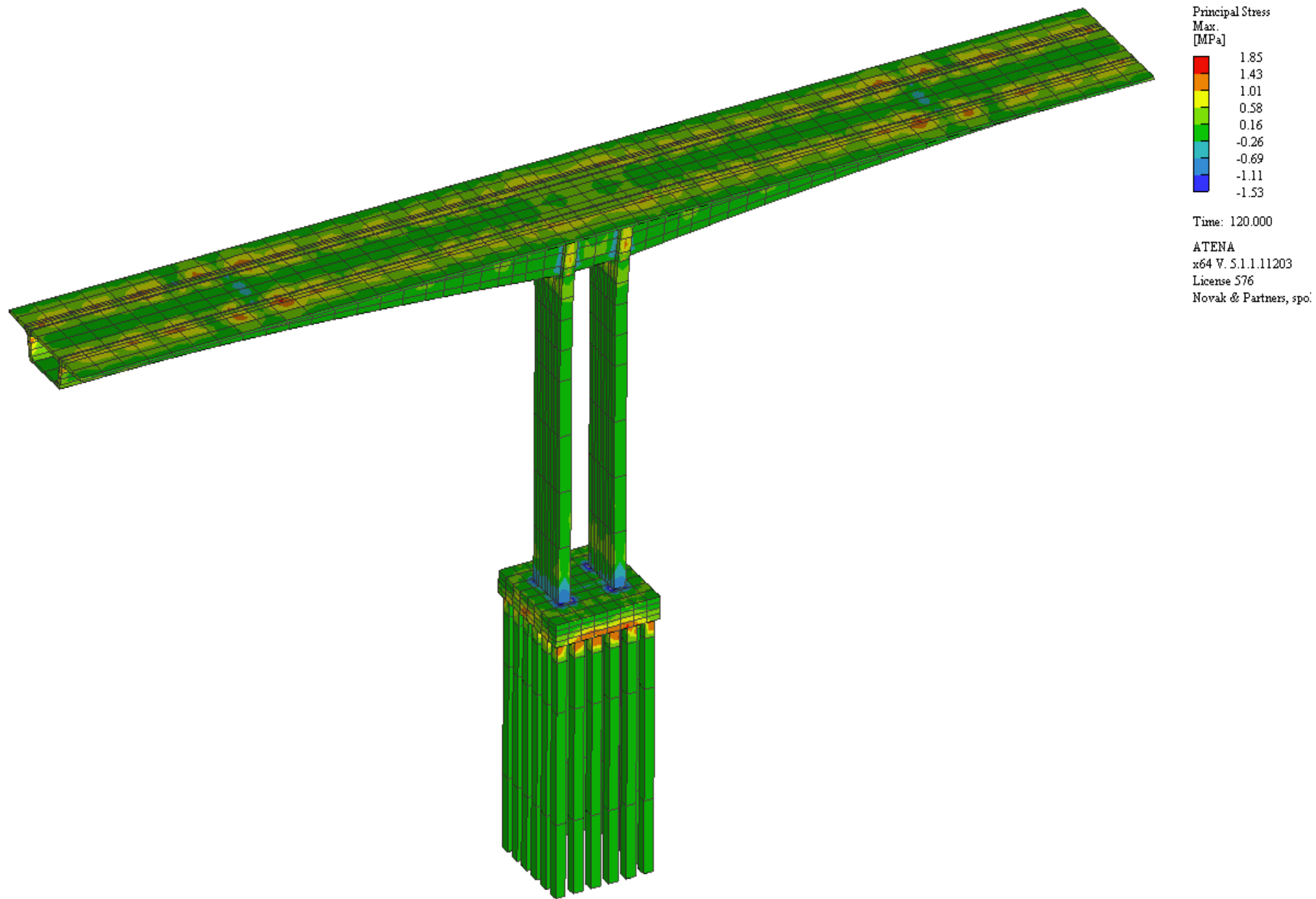
JAK ?



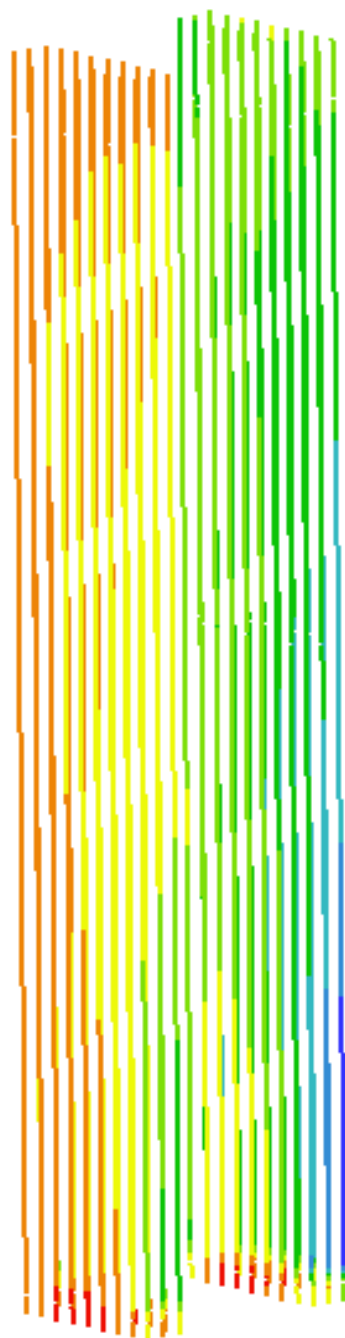
Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K



Betonové konstrukce B03C + B03K

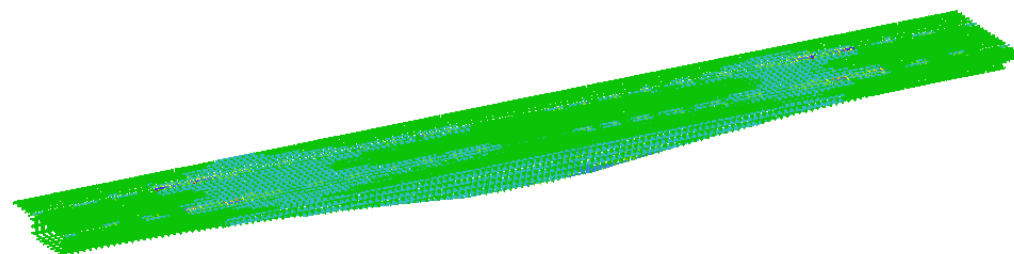


Stress
Sigma XX
[MPa]

4.64
-2.34
-9.31
-16.29
-23.27
-30.24
-37.22
-44.19
-51.17

Time: 140.000

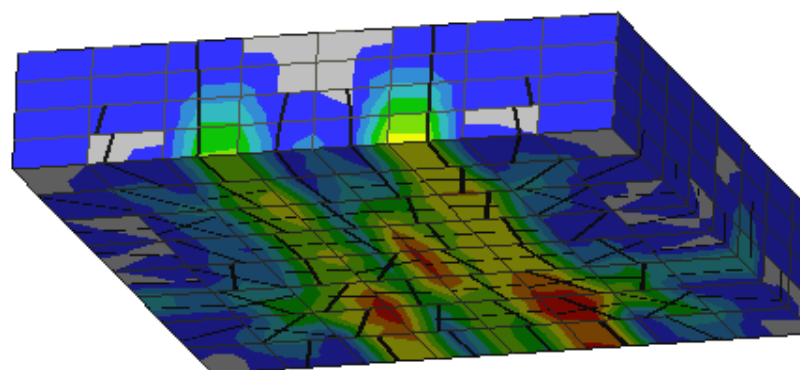
ATENA
x64 V. 5.1.1.11203
License 576
Novak & Partners, spol



Stress
Sigma XX
[MPa]

178.32
137.74
97.15
56.57
15.98
-24.61
-65.19
-105.78
-146.36

Time: 140.000
ATENA
x64 V. 5.1.1.11203
License 576
Novak & Partners, spol



Crack Width
Cod1
[m]

1.46e-004
1.27e-004
1.09e-004
9.11e-005
7.29e-005
5.46e-005
3.64e-005
1.82e-005
0.00

Time: 140.000

ATENA
x64 V. 5.1.1.11203
License 576
Novak & Partners, spol

Betonové konstrukce B03C + B03K

metody vyšetřování účinků 2.řádu ZJEDNODUŠENÉ METODY

- metoda založená na tzv. **JMENOVITÝCH OHYBOVÝCH TUHOSTECH**
- metoda založená na **JMENOVITÉ KŘIVOSTI**
"metoda náhradního štíhlého prutu"