

# Metoda konečných prvků

## ÚVOD

Ing. Petr Lehner

# Základní podmínky předmětu

*Povinná docházka na cvičení.*

*Odevzdání semestrální práce dle pokynů cvičícího.*

*Doporučená docházka na přednášky.*

*Průběžné testy znalostí na konci každé přednášky bez bodového*

*hodnocení a povinnosti na úspěšné splnění.*

*Úspěšné splnění písemné a ústní části závěrečné zkoušky.*

# Hodnocení předmětu

*Zápočet:*

*hodnocení dle podmínek cvičícího,*

*předpokládající včasné odevzdání semestrální práce - až 35 bodů*

*Zkouška:*

*- test znalostí z přednášek až 30 bodů,*

*- ústní diskuze nad semestrální prací a testem – až 35 bodů.*

# Co se dnes dozvíte?

*Co je MKP.*

*Proč je dobré rozumět matematice MKP.*

*K čemu se dá použít MKP.*

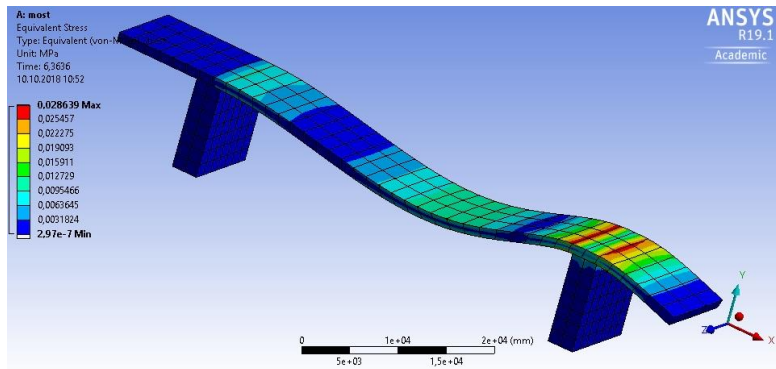
*Jaký software můžeme a budeme používat.*

*Jaký je pracovní postup v programu.*

# Co je MKP

Metoda konečných prvků (Finite element method = FEM).

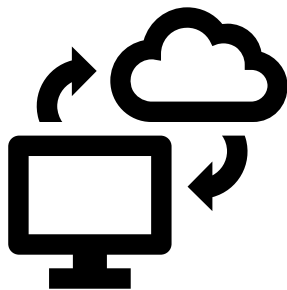
Numerická metoda sloužící pro simulaci fyzikálních jevů –



snižuje náklady na experimenty.

Diskretizace spojitého kontinua

= rozdělení jevu (konstrukce) na definované konečné prvky.



Využívá software a výkonné počítače.

Preprocessing > solving > postprocessing.

# Na čem je založeno MKP

Založená např. na Langrangeově principu:

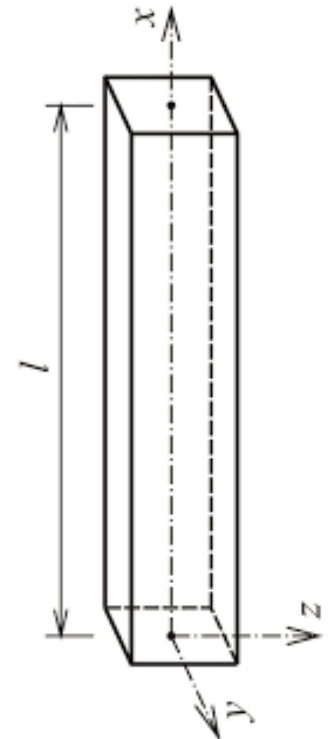
*Těleso je v rovnováze a celková potenciální*

*energie deformované soustavy je minimální.*

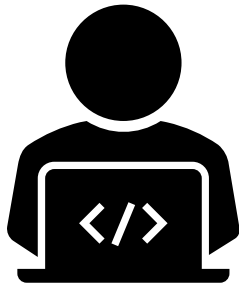
Dále můžeme vycházet ze silového variačního

principu dle Castigliana nebo smíšených

metod, např, Hu-Washitsu atd.



# Proč je dobré rozumět matematice MKP

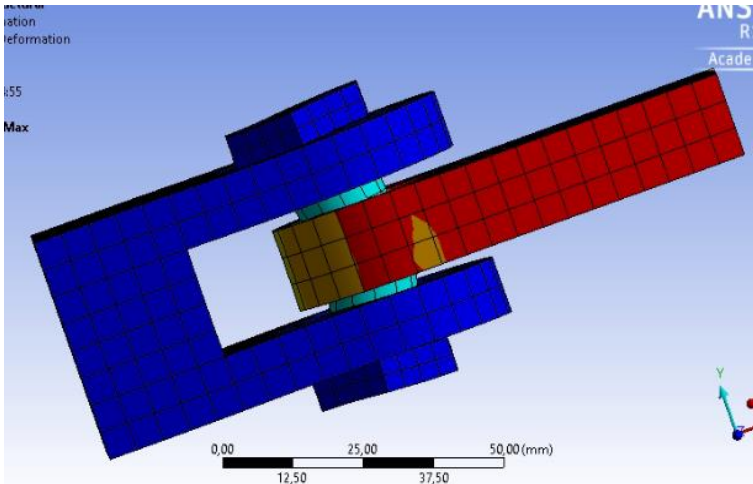


Každý software je tak dobrý, jak je dobrý jeho uživatel – **neučte se jen používat software, ale učte se, co software dělá a jak to dělá!!!**

MKP není jen kalkulačka.

Kombinace základních principů  
stavební mechaniky a MKP.

Díky pochopení principu MKP je řešení  
složitějších úloh jednodušší.



# Proč zabíjí jednoduchý software přemýšlení

Počátky MKP – **nutné**

programátorské schopnosti,

kompletní porozumění problému,

perfektní odladění modelu, atd.

Současnost MKP – **velké množství**

software, uživatelsky přívětivé, malý

vhled do řešení



Ricci Fabrizio '08





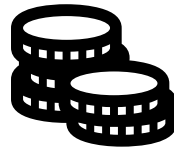
# Jaké jsou výhody a nevýhody MKP

Teoreticky vyřeší každý technický problém.



Uživatel musí pochopit princip problému.

Nahrazuje experimenty, které jsou časově a finančně náročné.



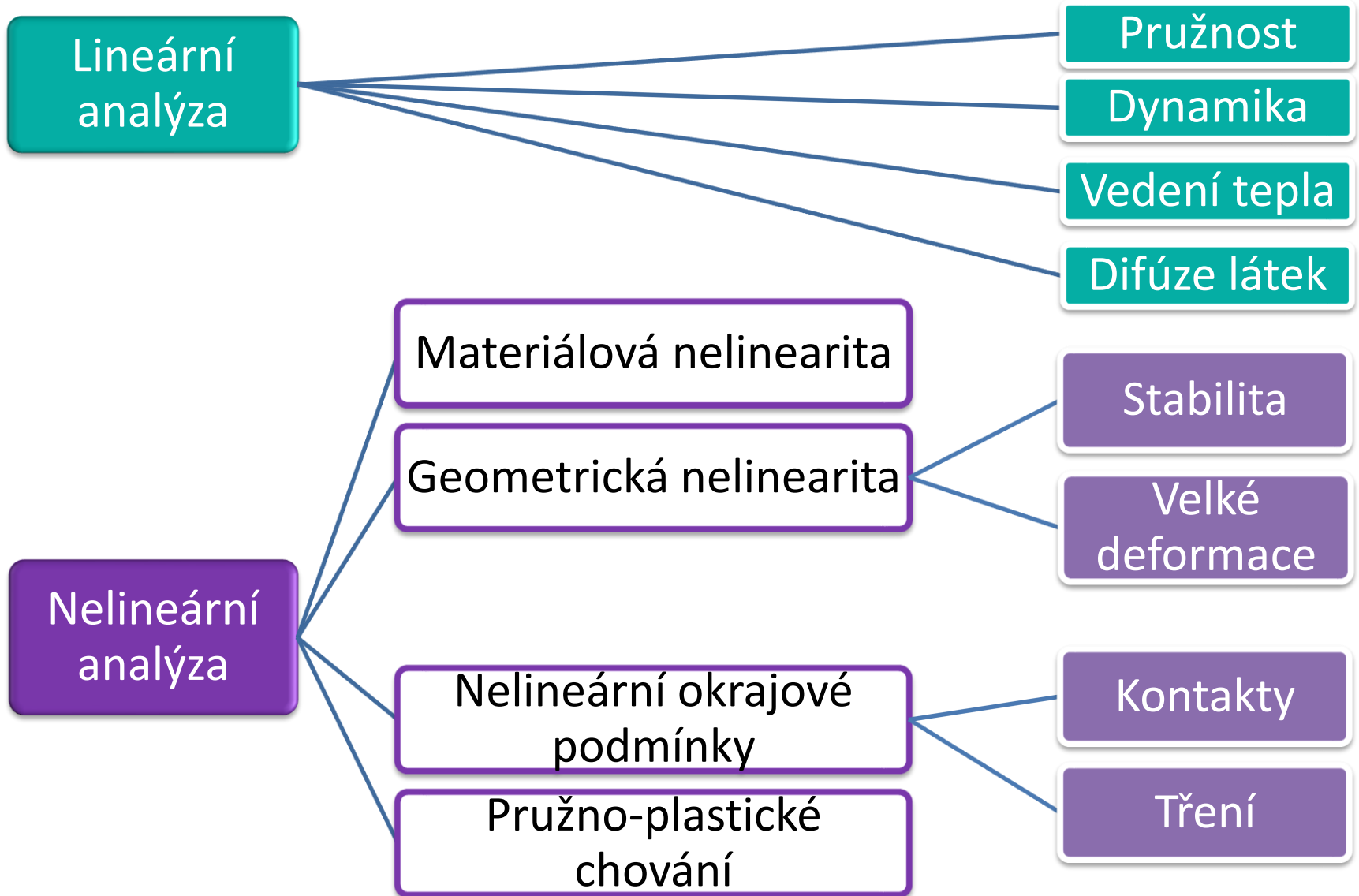
Software může být drahý a vyžaduje vysoký výpočetní výkon.

Umožňuje prezentace výsledků analýzy pomocí sofistikovaných grafických zobrazení.



Vždy je nutná kontrola výsledků ze softwaru pomocí jednoduchých a logických výpočtů.

# Jaké jsou typy MKP analýzy



# K čemu se dá MKP použít

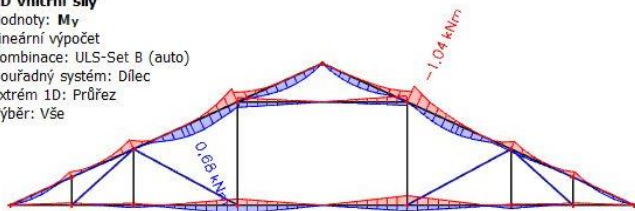
Celá konstrukce (prutová,  
plošná, objemová)

Prvek konstrukce  
(součástka, spoj)

Část konstrukce  
(detail, napojení)

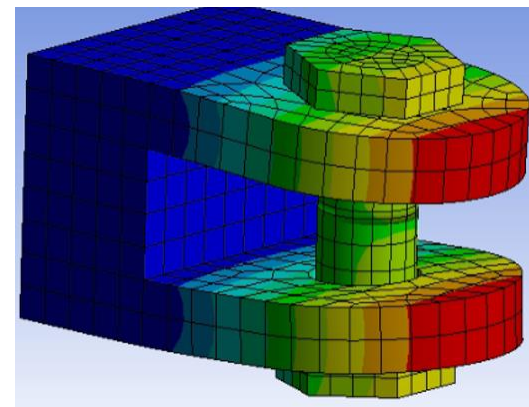
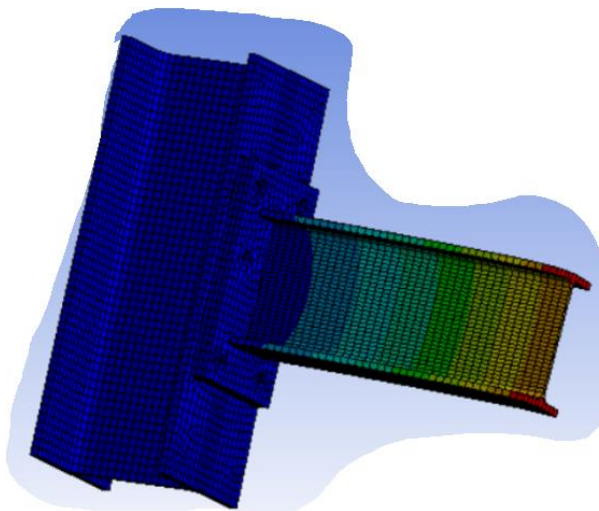
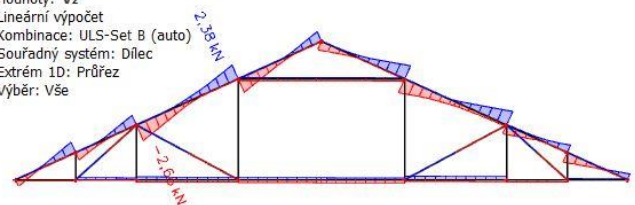
## 1D vnitřní síly

Hodnoty:  $M_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: ULS-Set B (auto)  
Souřadný systém: Dílec  
Extrém 1D: Průřez  
Výběr: Vše



## 1D vnitřní síly

Hodnoty:  $V_z$   
Lineární výpočet  
Kombinace: ULS-Set B (auto)  
Souřadný systém: Dílec  
Extrém 1D: Průřez  
Výběr: Vše



# Jaký software můžeme a budeme používat

*Kolik je problémů, tolik je programů.*



## Obecný:

Femap

Autodesk Nastran

Patran

Abaqus

Ansys



Comsol

## Stavební:

Scia Engineer



Rfem



Robot

IDEA Statica



SAP 2000

....



# Jaký je pracovní postup v programu

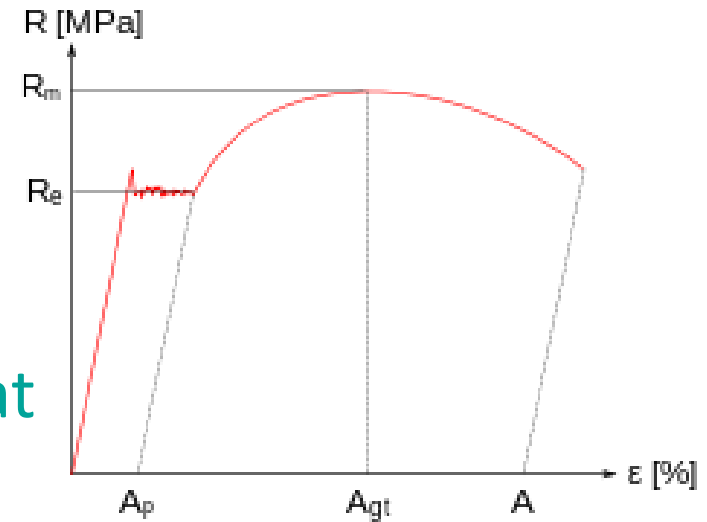
## 2. Materiál a okrajové podmínky

Materiál z knihovny nebo z experimentu.

Vypočtené zatížení – nutno analyzovat dle normy nebo zadání.

Zadat podpory, kontakty, propojení.

Kontrola geometrie a všech vstupů



# Jaký je pracovní postup v programu

## 3. Tvorba a kontrola sítě

Výběr typu  
prvku

Výběr počtu  
(velikosti)  
prvků

Zjemnění sítě  
u extrémů

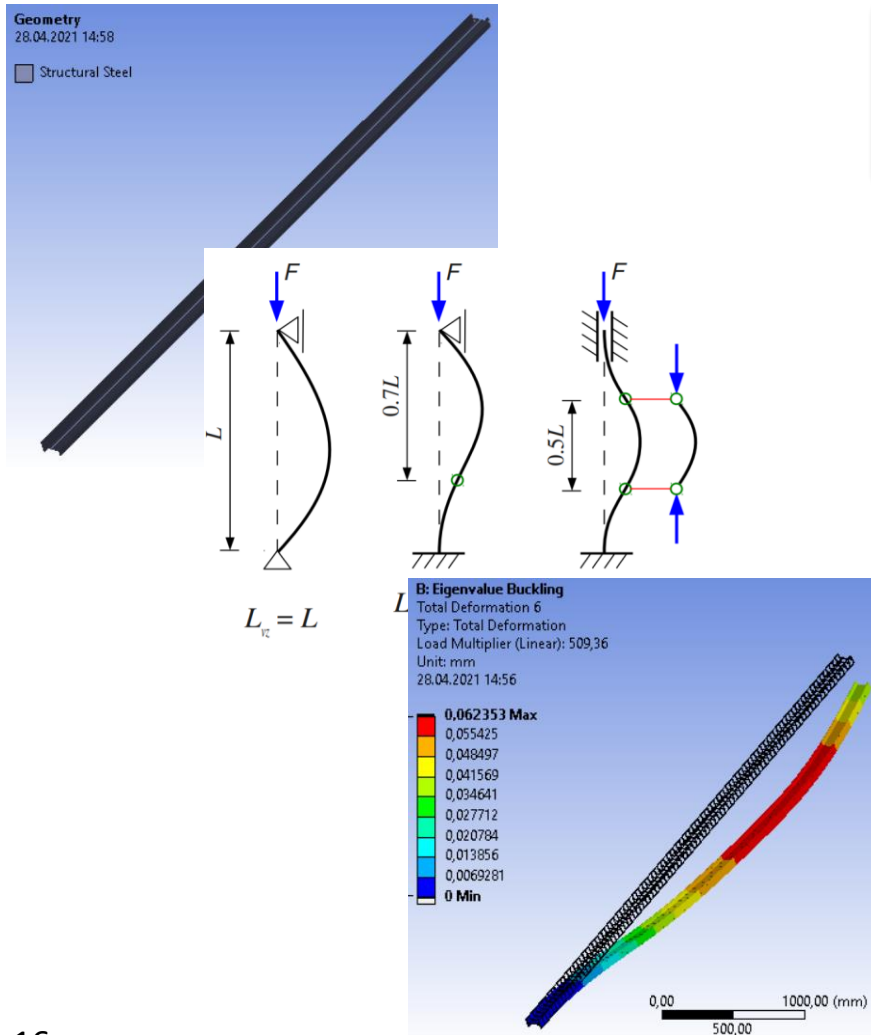
Výběr úlohy

Vhodnost a  
přesnost  
prvku

Kontrola  
kontaktů a  
okrajů

# Jaký je pracovní postup v programu

## 4. Analýza a výpočet



Preprocessor

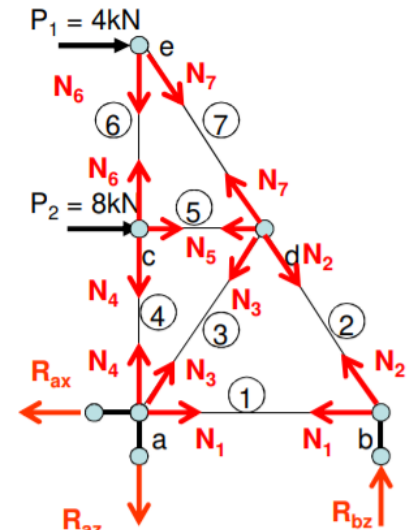
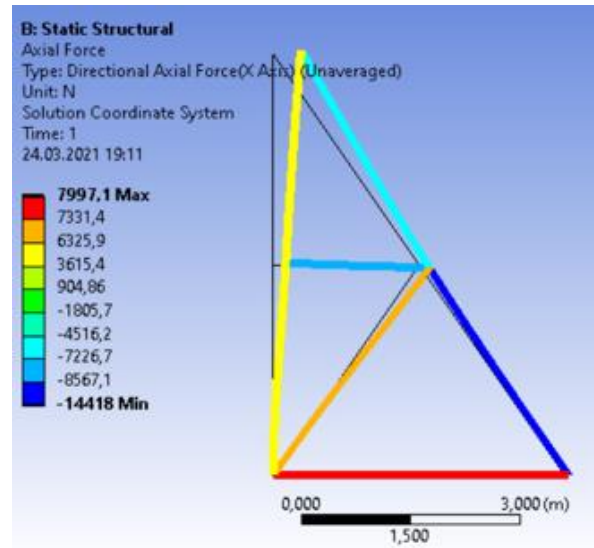
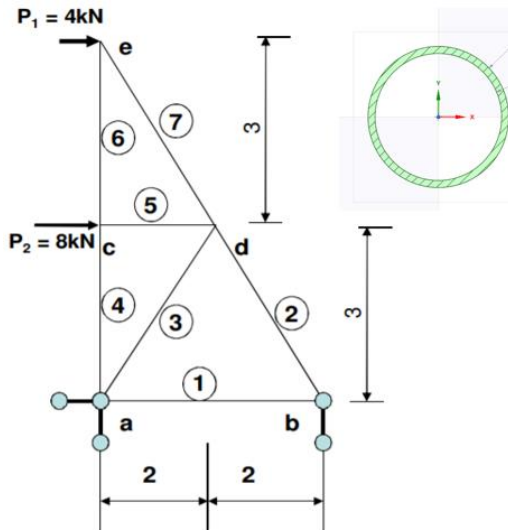
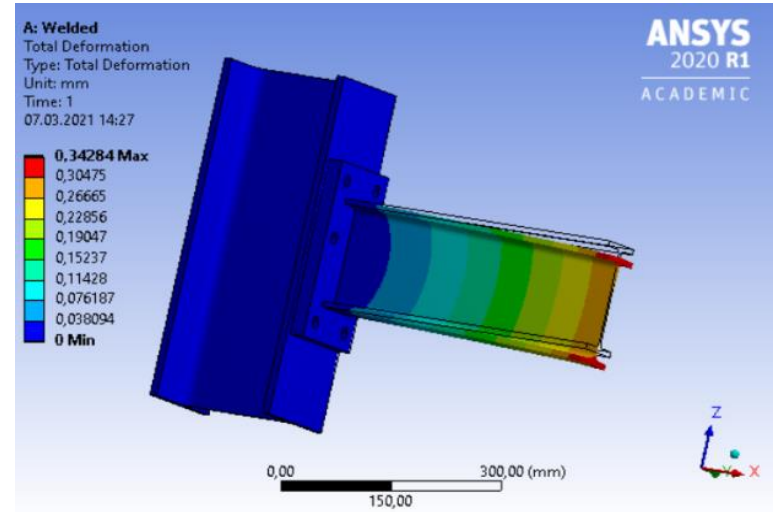
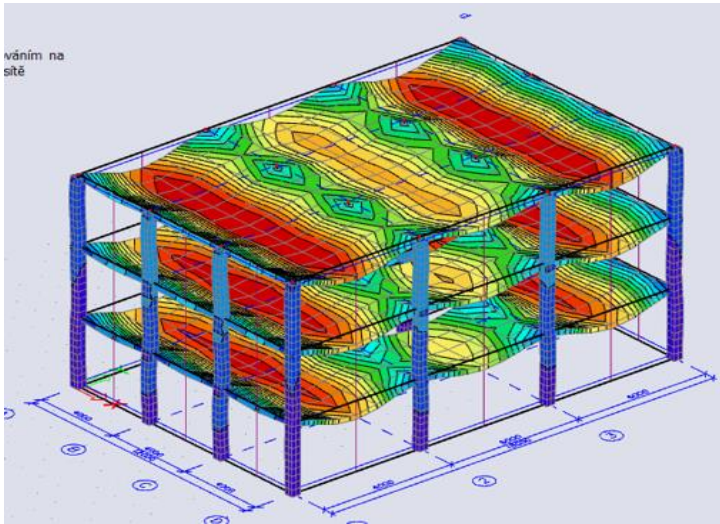
Solver

Postprocessor



# Jaký je pracovní postup v programu

## 5. Výsledky – kontrola!



# Co nás čeká příště?

*Energetické principy.*

*Potenciální energie systému.*

*Variační úlohy.*

*Ritzova metoda.*

*MKP checklist – co zkontrolovat než začnu s analýzou.*