



Lesnická
a dřevařská
fakulta

NUMERICKÁ OPTIMALIZACE DŘEVAŘSKÉHO VÝROBKU

Jan Tippner, LDF MENDELU

Úvod do předmětu, úvod do problematiky CAE a MKP
(přehled nástrojů a obecné postupy, vazby součástí)

Mendelova
univerzita
v Brně



http://www.youtube.com/watch?v=HmlcUc3A_5Y&feature=related

<http://www.youtube.com/watch?v=Q1c9YifTG7Q&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=hrfcROMz2II&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=6vWbfKKJUD8>

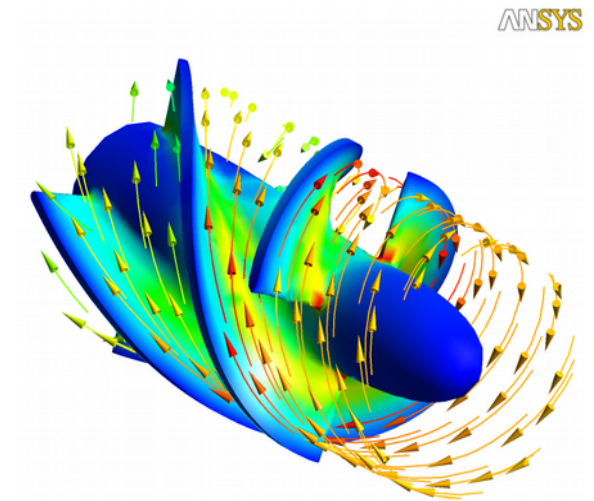
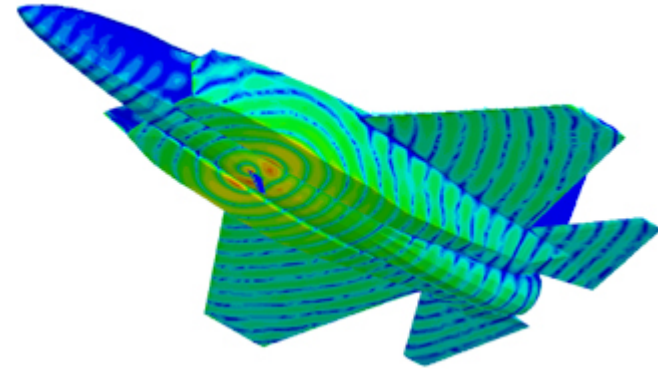
<http://www.youtube.com/watch?v=WNsiOMVhEhE&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=4r0mcv5kkIY>

<http://www.youtube.com/watch?v=UiuX7lwJ3tA&feature=related>

<https://www.youtube.com/watch?v=bYwJ75j7NDM>

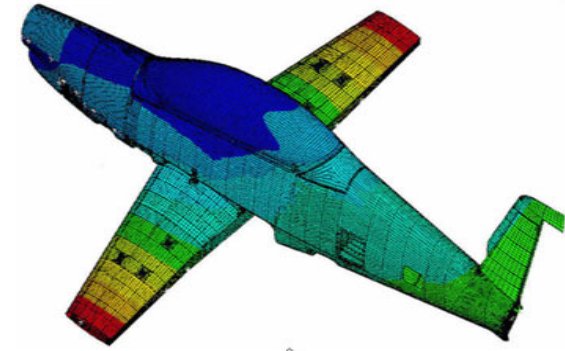
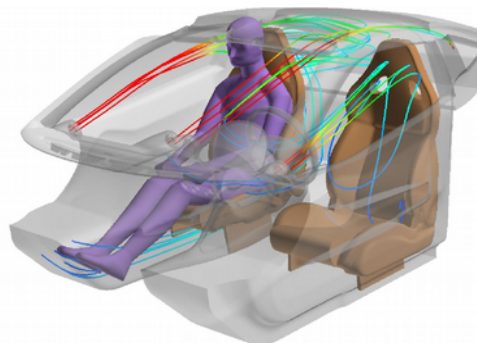
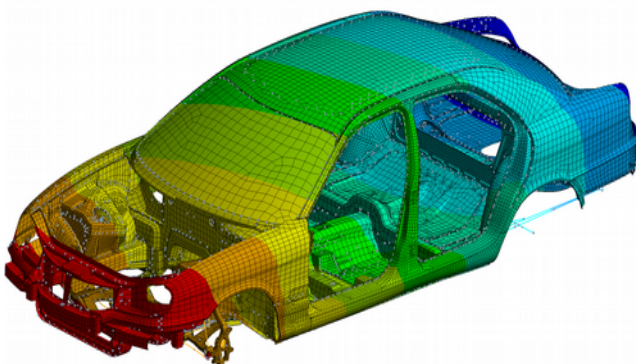
- 1) Úvod do předmětu CAD/CAE
- 2) Náplň přednášek a cvičení
- 3) Požadavky pro úspěšné absolvování předmětu
- 4) Úvod do CAE a MKP - „definice”
- 5) Přehled nástrojů CAE, vazby součástí CAE
- 6) Obecné postupy CAD/CAE



Cílem předmětu CAD/CAE:

Osvojení si **znalostí a dovedností** z oblasti CAE (Computer Aided Engineering) se zaměřením na **simulační nástroje využívající numerické analýzy** a vazbu těchto nástrojů na ostatní oblasti CAE. Seznámení se s nástroji, jejich specifiky, užívanými metodami, požadavky na CAD modely pro potřeby CAE analýz, **základní postupy analýz**, procesy výstavby **výpočtových modelů pro nasazení MKP** (metody konečných prvků).

Dotace: 14 týdnů á 1 hod. př. / 2 hod. cv. (povinná - docházka)



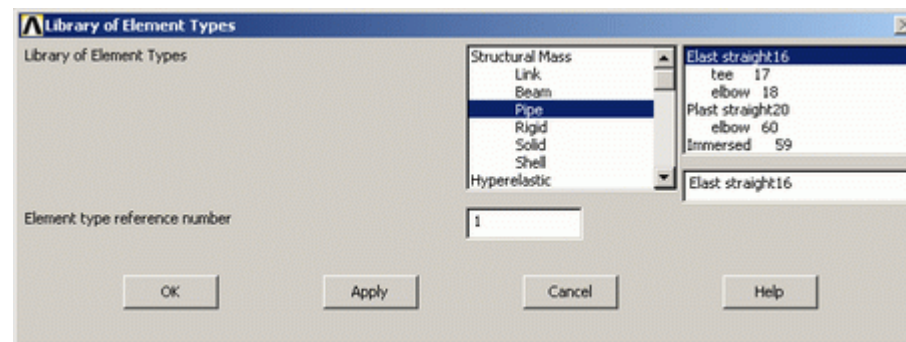
Seminární práce: projekt - „step by step“ **postup numerické simulace** tělesa/konstrukčního prvku. Téma (tvar, typ analýzy) bude zvoleno/zadáno ve 4. cvičení, zpracováno v průběhu semestru, poslední cvičení pro konzultace a připomínky k obsahu, odevzdáno **v předepsané formální podobě** (struktura dané šablonou) do konce zkouškového období.

Příklad části projektu:

4. Definice typu prvku (elementu)

Z menu preprocesoru (Preprocessor Menu), vyberte *Element Type > Add/Edit/Delete*.

Klikněte na 'Add...' tlačítko. Zobrazí se následující okno (obr. 4)



V tomto případě volíme 3D elastický přímý „pipe“ prvek (výběr viz obr. 4). Vyberte prvek a klikněte na 'OK'. Nyní je zobrazen 'Type 1 PIPE16' v 'Element Types' okně.

CAE = Computer-aided Engineering - „počítačem podporované inženýrství“, „inženýrství pomocí počítače“.

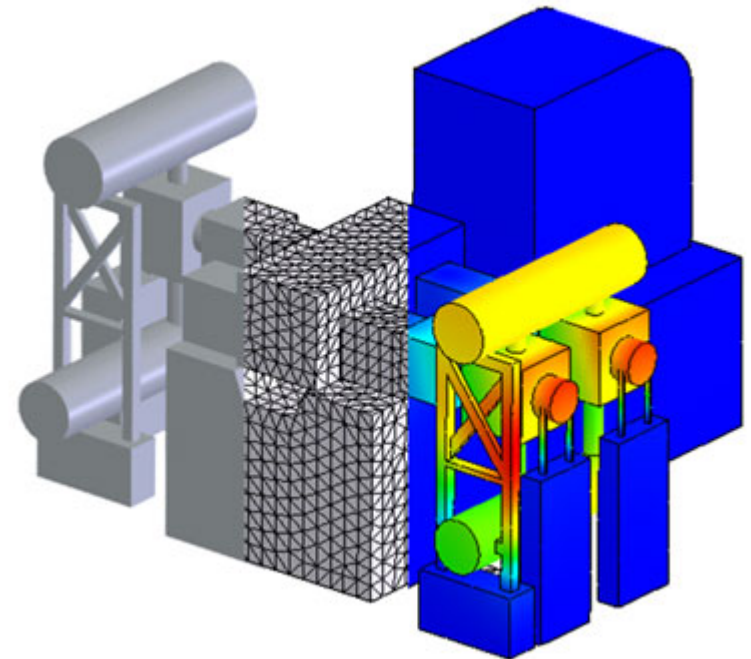
Jedná se o komplexní podporu inženýrských činností ve vývoji a návrhu.

Jedná se o postupy zahrnující CAD, CAA, CAPP, CIM, MRP, PPC, ERP, CAM a CAQ.

Jedná se o soubor výpočtových, modelovacích a simulačních prostředků nejčastěji využívající metodu konečných prvků (MKP).

Termín CAE běžně užíván ve smyslu inženýrské analýz

Pojen se jménem Jason Lemon,
Structural Dynamics Research Corporation,
konec roku 1970.



CAD = Computer-aided Design - „návrh pomocí počítače“, „počítačem podporovaný návrh“, „automatizované projektování“ a pod.), podporovaný návrh součástí, konstrukce, podpora tvorby dokumentace. SW pro geometrické a matematické modelování. Zejm. grafické činnosti příp. omezené výpočty a analýzy.

CAA = Computer-aided Analysis – „analýza pomocí počítače“ zahrnuje zejména postupy numerické analýzy (FEA).

CAPP = Computer-aided Production Planning - „plánování výroby pomocí počítače“. PC podporované plánování: zhotovení pracovních plánů, výběr prostředků, zhotovení návodů na montáž, programování numerického řízení.

CAQ = Computer-aided Quality - „kontrola a řízení kvality, zkouška kvality výrobku (rozměrové tolerance, vlastnosti)

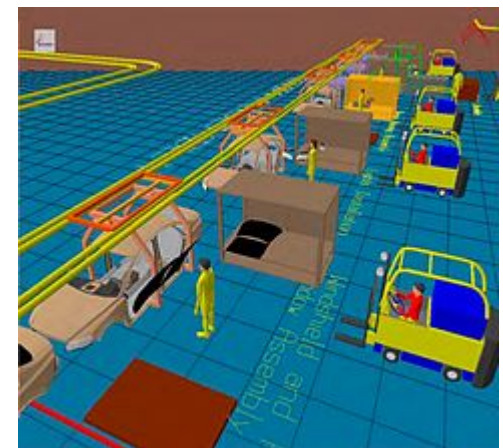
CIM = Computer-integrated Manufacturing

CAM = Computer-aided Manufacturing - „výroba s využitím počítače“, zhotovení objektu pomocí počítačem řízeného obráběcího stroje.

CAQ = Computer-aided quality assurance

PPC = Production planning and control

ERP = enterprise resource planning



Softwarové nástroje pro podporu CAE v oblasti:

- analýzy robustnosti a výkonosti součástí a celků
- simulace, verifikace, optimalizace produktů a výrobních nástrojů
- podpora obchodu (business process), výrobní modely s přesahem do obchodu

Jednotlivé nástroje vystupují samostatně ale mohou interagovat mezi sebou (networking).

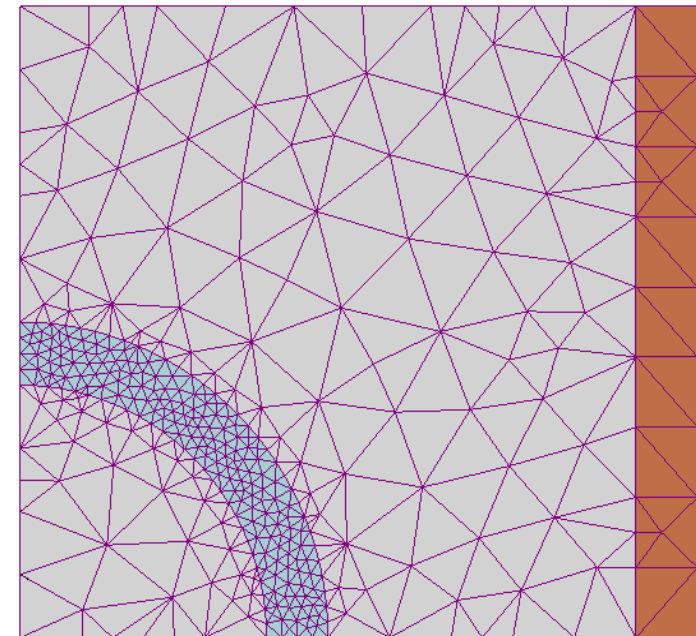
CAE oblasti:

- Strukturální analýza FEA
- Teplotní analýza a analýza tekutin Computational fluid dynamics (CFD)
- Kinematika
- Analýza mechanických jevů (MES)
- An. procesů (tváření, obrábění, lisování)
- Optimalizace součástí a procesů
- Bezpečnostní analýzu (chlazení, jištění...)

Finite element method (FEM), Finite element analysis (FEA) Metoda konečných prvků (MKP)

- numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací, vlastních frekvencí, proudění tepla, jevů elektromagnetismu, proudění tekutin atd. na vytvořeném fyzikálním modelu.
- princip spočívá v diskretizaci spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvků, přičemž zjišťované parametry jsou určovány v jednotlivých uzlových bodech.
- užívána především pro kontrolu již navržených zařízení, nebo pro stanovení kritického (nejnamáhanějšího) místa konstrukce
- ačkoliv jsou principy této metody známy již delší dobu, k jejímu masovému využití došlo teprve s nástupem moderní výpočetní techniky.

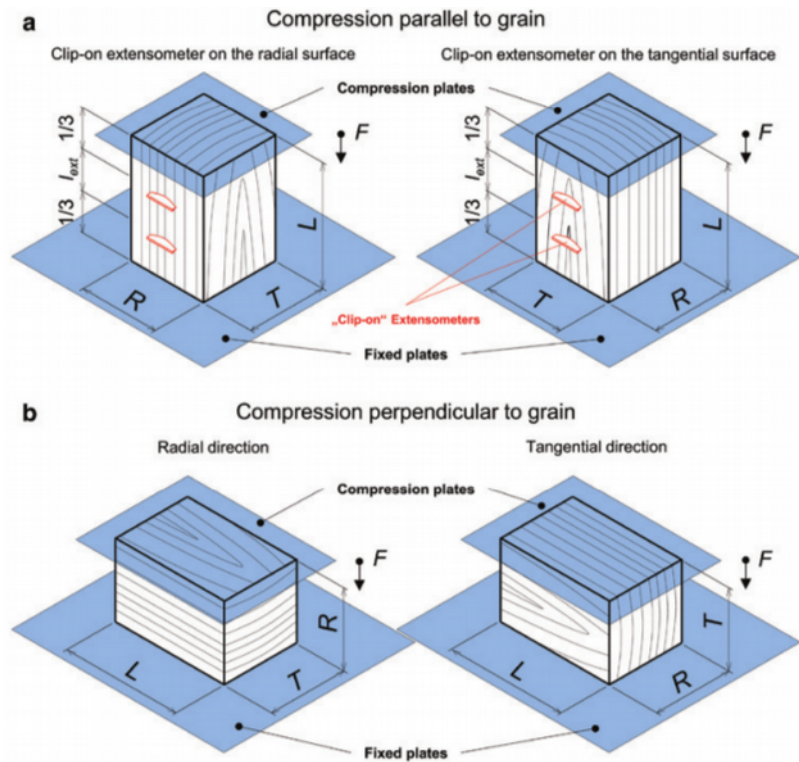
Výhody: zkrácení vývojového času,
snížení výrobních nákladů na zavedení do výroby,
zvyšování kvality, inovace



Metoda konečných prvků je založena na Lagrangeově principu: Těleso je v rovnováze, jestliže celková potenciální energie deformace soustavy je minimální.

Preprocesor (přípravení modelu, diskretizace) → Solver (výpočet) → Postprocesor (zobrazení)

1. Geometrický (CAD) model
2. Diskretizace modelu (nahrazení nekonečného objemu modelu konečným počtem prvků, resp. uzlových bodů)
3. Pro každý diskrétní bod získáme 3 rovnic - pole posuvů do všech směrů (x,y,z) a snažíme se spočítat pole deformací(6 rovnic) a pole napětí(6 rovnic)
4. Nahrazení funkce posuvů polynomem a vyjádření funkce posuvů
5. Zavedení okrajových podmínek
6. Výpočet soustavy lineárních algebraických rovnic
7. Výpočet deformací a napětí pro jednotlivé uzlové body
8. Většinou grafické zobrazení na modelu s výpisem důležitých hodnot



1. Geometrický model: 20x20x30
2. Diskretizace modelu: SOLID
3. Material: SM, BK
5. Zavedení okrajových podmínek U_{xyz} , F_y
6. Výpočet (linear static, 3D)
7. Export a zobrazení (U_y , S_y , $EPTO_y$...)