



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A BIOMECHANIKY

Komentovaný metodický list č. 08

Vytvořil: Ing. Petr Marcián, Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Michal Mrázek v rámci grantového projektu FRVŠ 1402/2010/G1

Téma: Řešení deformace a napětí na 3D segmentu dolní čelisti s válečkovým implantátem.

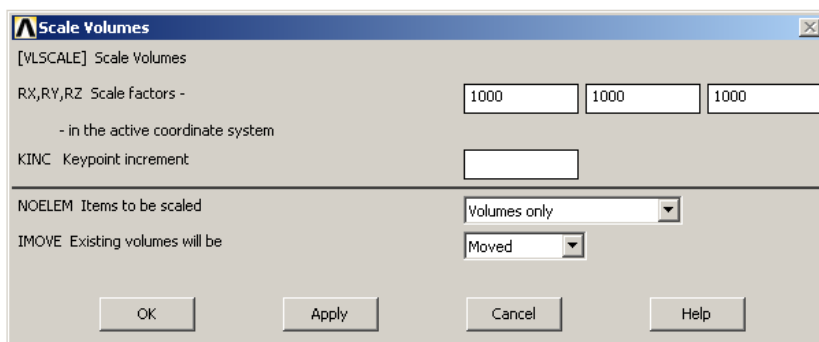
Zadání: Vytvořte výpočtový model dolní čelisti na 3D úrovni a provedte řešení deformace a napětí interakce implantátu s kostní tkání.

Řešení:

Cílem tohoto cvičení je vytvořit výpočtový model 3D segmentu dolní čelisti. Model geometrie je dodaný ve formátu *.x_t a po jeho načtení bude provedena řada úprav pro vytvoření konečnoprvkové sítě.

Model geometrie

Model geometrie byl vytvořen v programu SolidWorks (metodický list 07) a uložen ve formátu parasolid [model_geometrie.x_t](#). Po importu geometrie do programu ANSYS je nejprve nutné změnit měřítko, objekt je 1000 krát menší „Preprocessor/Modeling/Operate/Scale/Volumes“. Nastavte do všech souřadnic hodnotu 1000 a zadejte změnu měřítka pouze objemům bez kopírování (obr. 1).

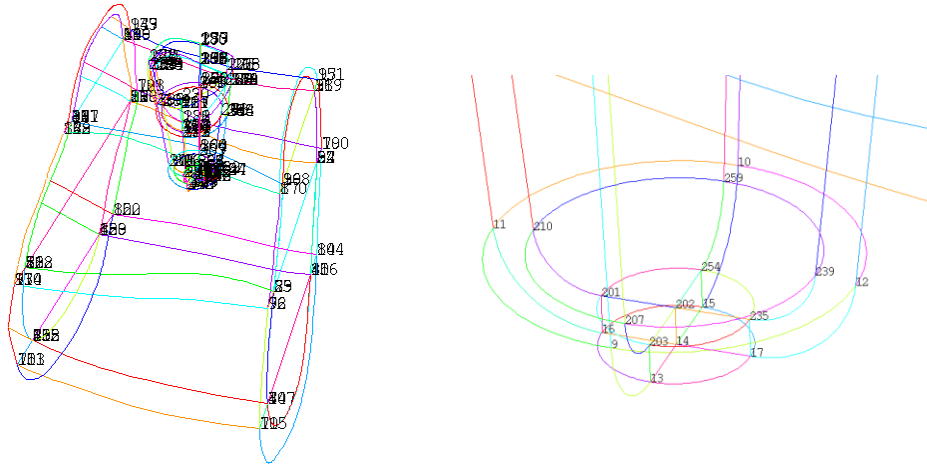


Obr. 1: Změna měřítka objemu.

Kostní tkáně jsou k sobě pevně spojeny, to znamená, že budou mít společnou síť. Tohoto spojení docílíte tím, když sousedící plochy budou mít společnou geometrii, v našem případě keypointsy, liny a plochy (obr. 2 vpravo). Že objemy nejsou spojeny, poznáte podle zdvojených keypointsů a křivek (obr. 2 vlevo). Spojení implantátu a kosti bude simulováno pomocí kontaktu, proto selektujte pouze objemy plochy liny a keypointsy patřící ke geometrii kosti. Poté pomocí

operace Merge Items „Preprocessor/ Numbering Ctrl“ spojíte dohromady geometrii a mezi dvěma sousedními objemy bude vždy jedna plocha. Stejným způsobem spojte i objemy implantátu.

Pozn.: vždy je nutné mít vybrané entity přiřazené objemům, to provedete v menu „Selected/Everything Below/Selected Volumes“.



Obr. 2: Merge Items – vytvoření společné geometrie sousedících ploch na objemech.

Model materiálu

Všechny prvky soustavy jsou modelovány stejně homogenním lineárně pružným izotropním modelem materiálu. Tento model je určen dvěma parametry, modulem pružnosti a poissonovým číslem. Materiálové konstanty je nutné zadat „Preprocessor/MaterialProps/MaterialModels“. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

	E [MPa]	μ [-]
Kortikála	13 700	0.3
Spongióza	750	0.3
Titan	110 000	0.33

Tab. 1: Materiálové charakteristiky.

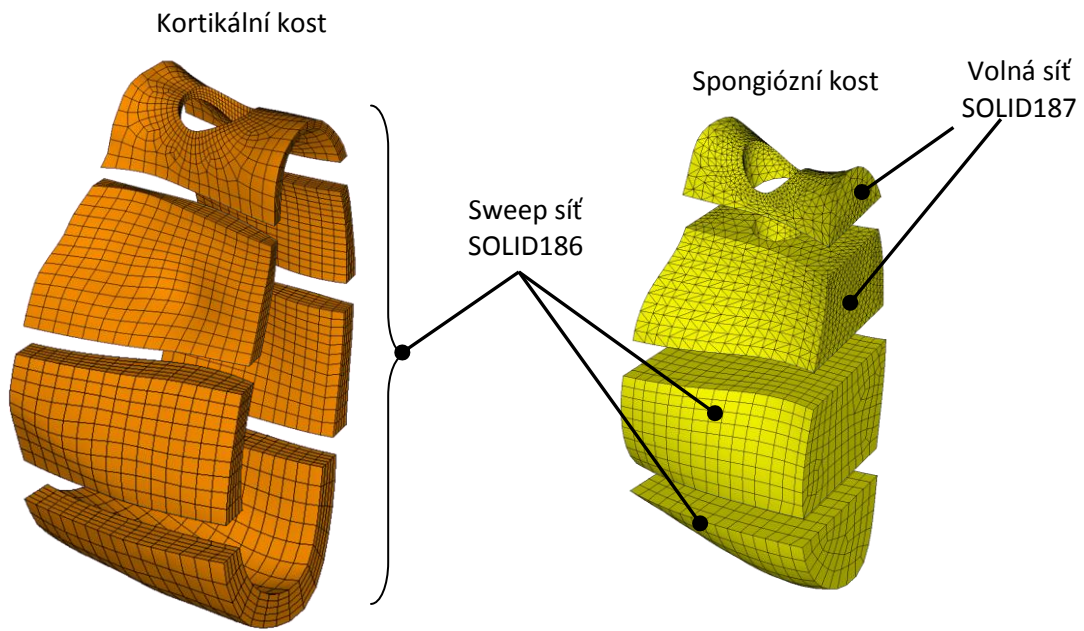
Model MKP síť

Úloha je prostorová a proto bude použito objemových elementů SOLID186, který má základní tvar hexaedru o 20 nodech (může vytvářet i prvky pyramidové a tetraedry) a SOLID187, který má tvar tetraedru o 10 nodech „Preprocessor/Element type/Add Edit Delete“.

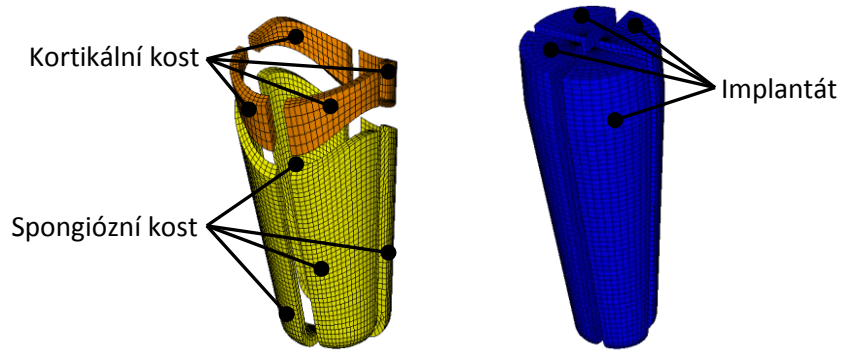
Přiřadte objemům jejich materiály a typ elementu. Kromě dvou objemů je možné u všech použít element SOLID186 (obr. 3).

Jelikož jsou objemy nařezány, je možné na těch, kterým je předepsaný element 186p vytvářet pravidelnou síť z hexaedrů. To provedete pomocí metody Sweep v panelu MeschTool „Preprocessor/Meshing/MeshTool“.

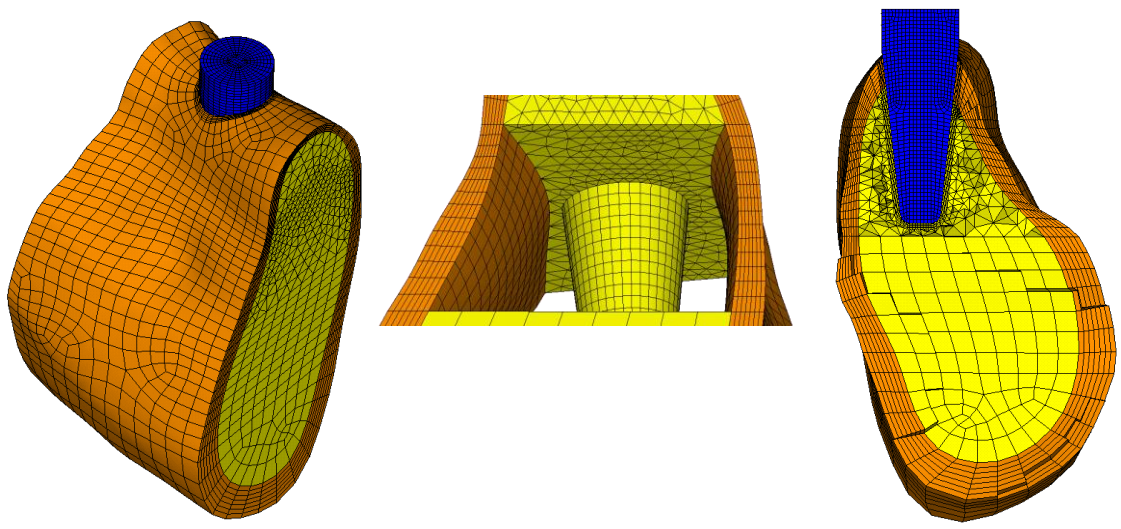
Výsledná podoba sítě je ukázána na obrázcích 3, 4 a 5.



Obr. 3: Sweepovaná a volná síť.



Obr. 4: Sweepovaná síť implantátu a jeho okolí.

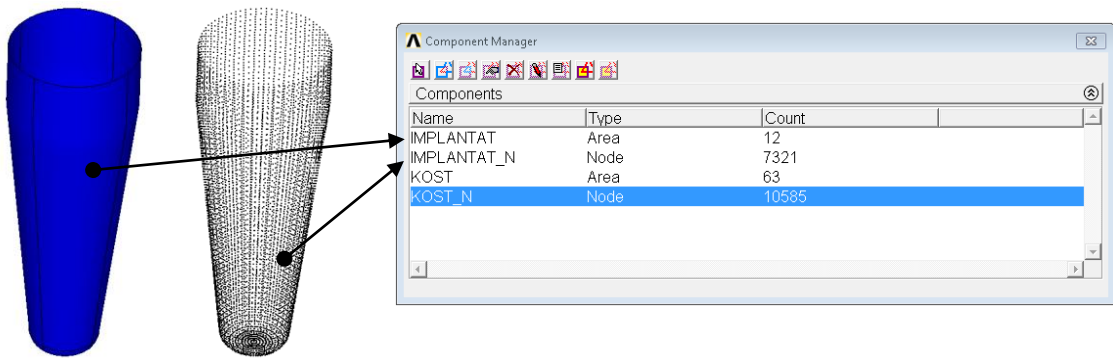


Obr. 5: Celá MKP síť.

Model vazeb - kontakt

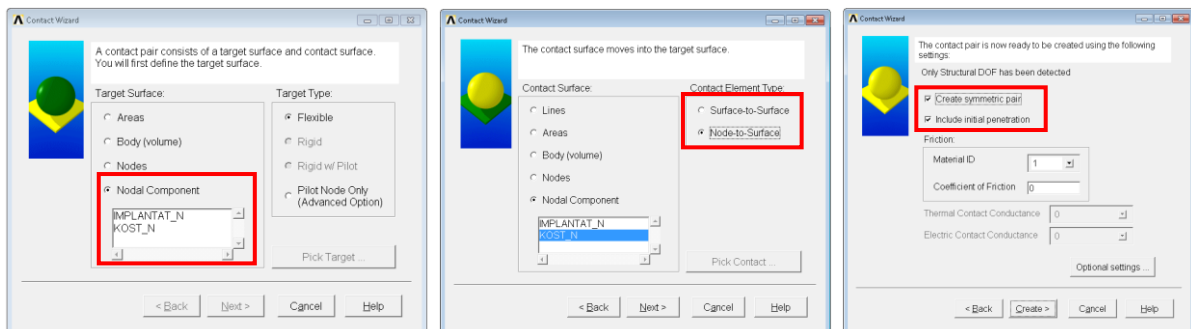
Mezi implantátem a kostní tkání dochází k interakci. Po zavedení implantátu, než dojde k jeho vhojení (osseointegraci), může mezi kostí a implantátem docházet k relativním posuvům. V případě, že kost přiroste k implantátu dojde k pevnému spojení. Tyto dva stavy je možné simulovat kontaktem.

Nejprve vyberte plochy na implantátu a vytvořte z nich komponentu „Menu - Select - CompAssembly - Create component“ a pojmenujte ji „IMPLANTAT“. Poté vyberte pouze nody patřící této komponentě „Menu-Select-Entities...“. Nastavte výběr „Nodes“ a typ „Attached to“. Vyberte možnost „Areas,all“ a vytvořte stejným způsobem jako u ploch komponentu z nodů (obr. 6) a pojmenujte ji „IMPLANTAT_N“. Stejným způsobem vytvořte i komponentu z ploch a nodů na geometrii patřící kostem.



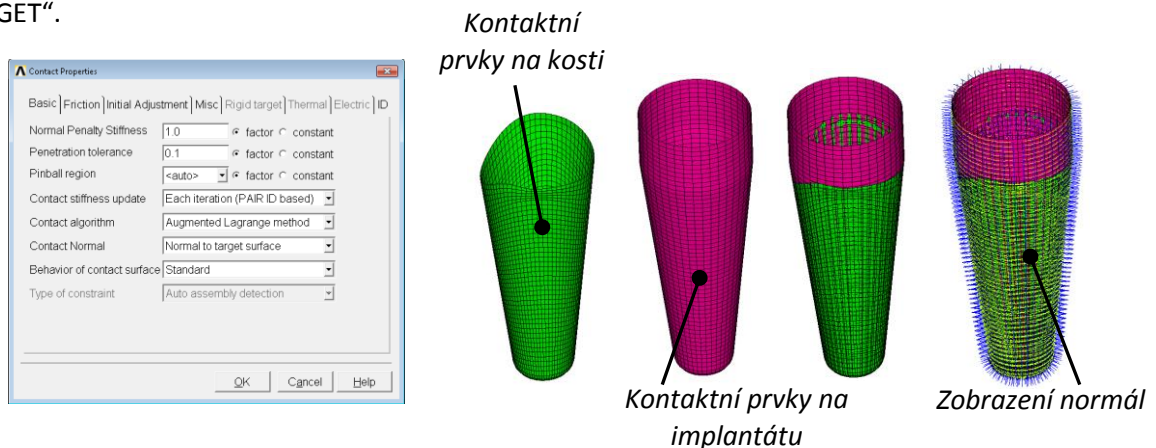
Obr. 6: Vytvoření komponenty na implantátu.

Otevřete „Contact Wizard“ (obr. 7) a pomocí komponent vytvořte kontaktní dvojice (obr. 3d), pro implantát volte elementy typu TARGET a pro kost CONTA. V Contact Wizardu vyberte možnost vytvořit kontakt z „Nodal Component“ a vyberte komponentu „IMPLANTAT_N“ dejte možnost „next“. Vyberte druhou komponentu „KOST_N“ a zadejte v části „Contact Element Type“ možnost „Surface-to-Surface“. Zadejte „next“ a v dalším okně zatrhněte volbu „Create symmetric pair“.



Obr. 7: Vytvoření kontaktních dvojic v „Contact Wizardu“.

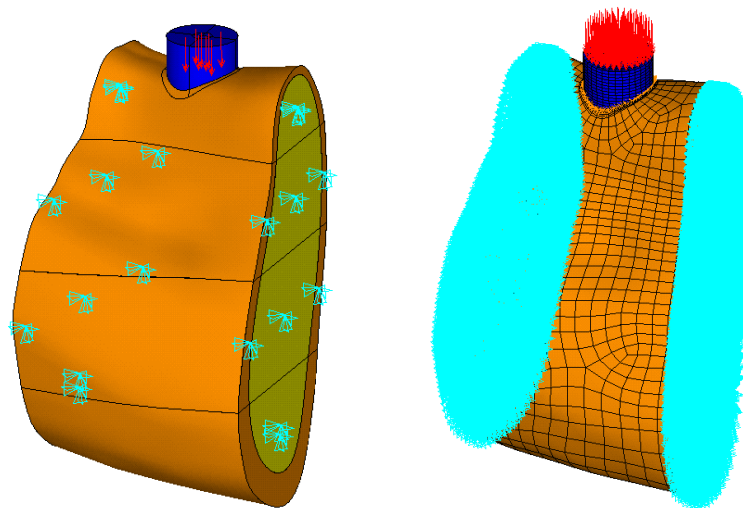
Tření nezadávejte a nastavení kontakt nechte na defaultních proměnných a hodnotách (obr. 8). Mezi uzly se vytvoří automaticky kontaktní dvojice jak na kosti, tak na implantátu „CONTA“ i „TARGET“.



Obr. 8: Vytvoření kontaktních dvojic v „Contact Wizardu“.

Model vazeb - zatížení

Statické řešení deformace a napjatosti vyžaduje nepohyblivě uložená tělesa, což představuje jejich jednoznačné vymezení v prostoru. K největším posuvům mezi čelistí a implantátem dochází ve spongiózní kostní tkáni, proto v modelu zamezíme posuvy podle obrázku 9. Zamezte posuvům ve všech směrech. „Preprocessor/Loads/ DefineLoads/Apply/Structural/Displacement/OnNodes“. Silové působení v koronoapikálním směru, tj. na hlavičku implantátu se v literatuře uvádí v rozmezí 150-250N. Zadejte na hlavičku implantátu zatížení 200 N.



Obr. 9: Okrajové podmínky.

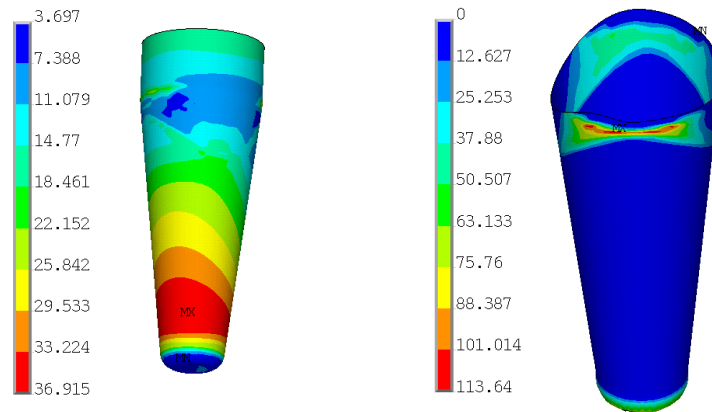
Nastavení řešiče

Jelikož součástí modelu je spongiózní kost, která jakožto měkká tkáň vykazuje velkou deformaci, je vhodné nastavit řešič na řešení včetně velkých deformací (large displacement) tzn., že souřadnice tenzoru deformace jsou rozšířeny o derivace vyššího řádu, které jsou v případě malých deformací nepodstatné.

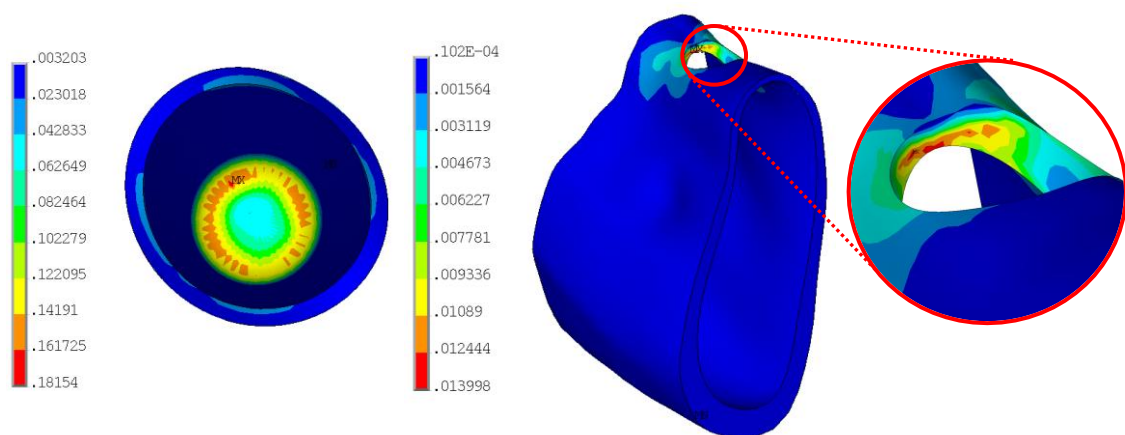
Pozn.: pro zrychlení výpočtu nastavte PCG řešič.

Prezentace výsledků

Vykreslete napětí redukované napětí na implantátu a kontaktní tlak v kosti (obr. 10). V kosti vykreslete intenzitu přetvoření (obr. 11).



Obr. 10: a) redukované napětí podle podmínky HMH [MPa], b) kontaktní tlak kostní tkáni [MPa].



Obr. 11: Přetvoření v kostní tkáni [-].

Závěr

Cílem tohoto cvičení bylo na 3D úrovni vytvořit výpočtový model dolní čelisti s implantátem a provést řešení a vytvoření kontaktu mezi implantátem a kostí.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Změňte typ kontaktu ze „Standart“ na „Bonded Always“ a nastavte MPC algoritmus a tím simulujte pevné spojení (oseointegraci).
2. Měňte modul pružnosti spongiózní kosti v rozmezí 100-750 MPa a simulujte tak sníženou kvalitu kostní tkáně.