

Simulace jako nástroj v projektování nábytku

Asi každý projektant či konstruktér nábytku zažil situaci, kde měl za úkol vytvořit správnou konstrukci složitého nábytkového prvku. S přibývajícím léty praxe v oboru přibývá i množství zkušeností, jak takovéto složité problémy řešit. I tato skutečnost však není stoprocentní zárukou úspěšnosti projektu, zvláště v případech, které konstruktér ještě neřešil. Vhodným pomocníkem, určeným pro zjištění, zda je nábytkový prvek správně zkonstruován, mohou být programy, s nimiž lze vytvořit konstrukci, kterou následně můžeme ověřit pomocí metody konečných prvků.

Autori: Ing. Tomáš Siwy

Doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Ing. Daniel Ruman PhD.

Fakulta lesnická a dřevařská ČZU v Praze

Kontakty: siwytomas@gmail.com

gaffmilan@gmail.com

ruman@fld.czu.cz

Rendery a grafy: archiv autorů

Uvedené programy nám umožňují podrobit vymodelovaný prvek simulacím mechanických zátěžových zkoušek. Tato funkce je velkým pomocníkem při navrhování zejména atypických složitých nábytkových prvků. Výsledné obrázky po dokončení simulací konstruktérovi napoví, která místa jsou kritická. Konstruktér pak tyto nedostatky může ještě v návrhu odstranit. Kromě statických analýz lze řešit pomocí simulačních programů

i frekvenční a tepelné analýzy, pádové zkoušky, nelineární zkoušky, únavové zkoušky apod.

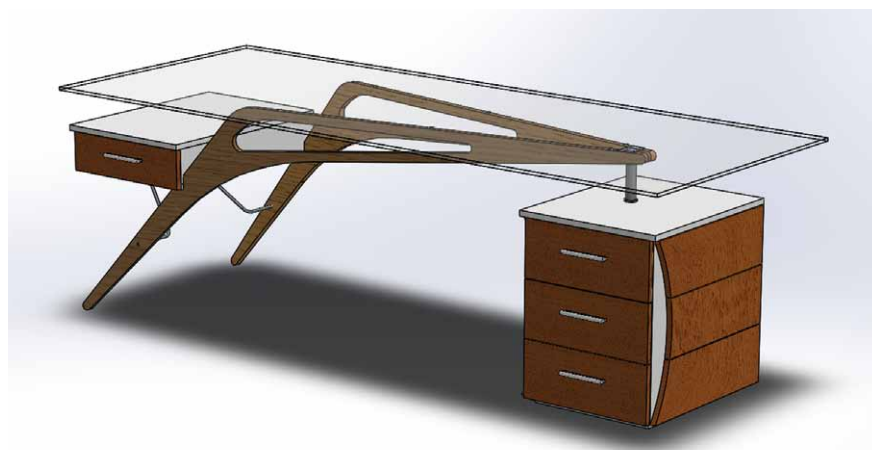
Jako první je potřebné zadat programu samotný model sestavy, který se dá zpravidla nakreslit přímo v daném programu podporujícím výpočty pomocí metody konečných prvků. Když už máme model sestavy nakreslený, zadáme materiálové vlastnosti každého prvku, který je součástí sestavy. Pokud chceme dělat jenom jednoduché statické výpočty bez teplotních zatížení, postačí hodnoty modulů pružnosti, poissonových čísel, mez úměrnosti materiálu a hustoty. Všechny hodnoty se do programu zadávají v jednotkách SI soustavy. Když už máme zadané mechanicko-fyzikální vlastnosti jednotlivých dílčích komponentů, následuje vytvoření a odladění sítě, kde se sestava rozdělí na konečný počet malých elementů, např. jehlanů. Každý

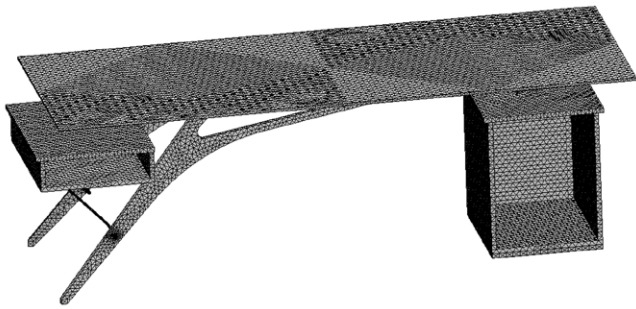
takový prvek má ve svých vrcholech (uzlech) námi nadefinované vlastnosti. Pokud se v sestavě nachází tvarově složitější prvek, program povoluje opatřit takové těleso jemnější sítí. Je třeba však upozornit na hustotu sítě. Čím jemnější je hustota sítě, tím delší je čas potřebný na výpočet. Správné odladění sítě je nevyhnutelné, aby výpočet pomocí metody konečných prvků proběhl úspěšně. Následuje zadání podpěr sestavy, kde určíme sestavě počet stupňů volnosti, a zadání venkovního zatížení. Před samotným výpočtem musíme ještě nastavit délky časových kroků výpočtů tzv. iterací. Po skončení simulace si můžeme vybrat, které výsledky nám má program zobrazit.

Modelový úkol

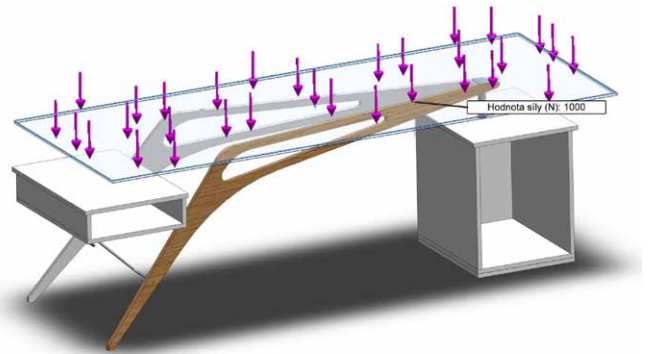
Naším modelovým úkolem bylo navržení pracovního stolu, který bude svými tvary velmi atypický. Podnož stolu tvoří dvě dubové překližky o tloušťce 20 mm a kontejner z laminované DTD tl. 18 mm. Dubové překližky jsou spojeny s dřevotřískovým kontejnerem pomocí ocelové podpěry. Pracovní deska 900 x 2300 mm ze skla tl. 10 mm je přilepena k podnoži pomocí silikonu. Výška stolu byla navržena 760 mm. Po schválení návrhu jsme vytvořili konečnou verzi pracovního stolu, který je uvedený na obrázku 1. Tento stůl, ačkoli na první pohled tak nevypadá, je konstrukčně poměrně náročný. Pro jistotu, že jsme pracovní stůl dobře navrhli a bude tak splňovat všechny požadavky, jenž jsou na něj kladené, jsme jej podrobili statickým zátěžovým zkouškám. Tyto jsme simulovali metodou

Obr. 1 Finální návrh pracovního stolu o půdorysných rozměrech 900 x 2300 mm a výšce 760 mm





Obr. 2 Zjednodušený model se sítí – řešení pomocí metody konečných prvků

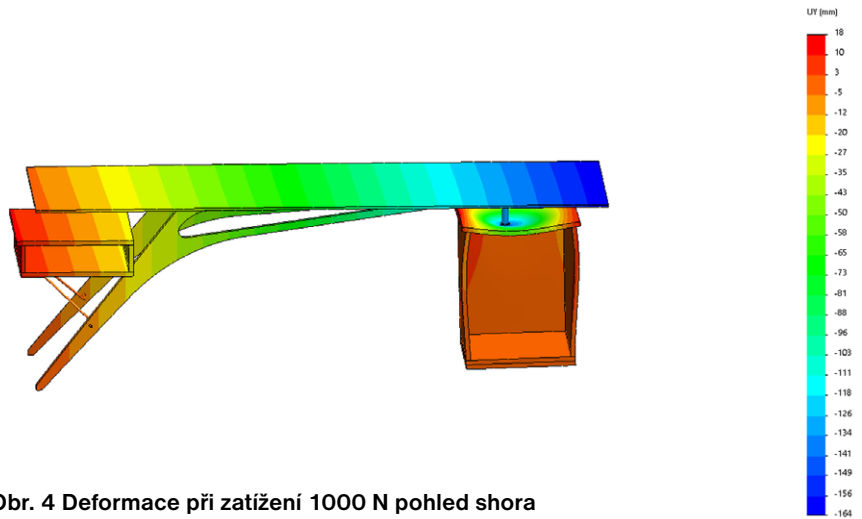


Obr. 3 Zatížení stolové desky – model metody konečných prvků

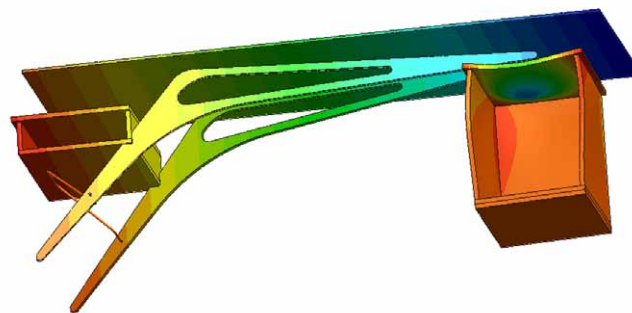
konečných prvků. Všechny zkoušky byly simulované v lineární oblasti. Výrobci obvykle nezveřejňují údaje o mechanických vlastnostech konstrukčních materiálů. Návrháři je tak běžně nemají k dispozici a musí výpočty zjednodušit. Abychom se s naší simulací co nejvíce přiblížili podmínkám v praxi, postupovali jsme stejným způsobem. Proto byly tyto materiály považovány za lineární elastické izotropní (ve všech směrech stejné vlastnosti), přestože ve skutečnosti se jedná o materiály rovinně izotropní. Parametry objemové sítě byly nastaveny pomocí Jakobiho bodů s vysokou kvalitou. Na obrázku 2 je zobrazený zjednodušený výpočtový model se sítí řešený pomocí metody konečných prvků.

Pracovní stůl jsme podrobili třem simulacním zkouškám:

1. První zkouška sloužila pouze jako test. Pracovní desku jsme zatížili závažím o hmotnosti 100 kg (obr. 3). Test byl zaměřený hlavně na koncentraci napětí v nebezpečných místech. Tato zkouška není podle norem. Z obrázků 4 a 5 vidíme velké prohnutí dřevotřískové půdy kontejneru. Na obrázku 6 jsou znázorněny koncentrace napětí na ocelové podpoře. Tyto informace jsou důležité pro konstruktéra, protože podle výsledných deformací a napětí určuje, na které prvky v návrhu má zacílit svoji pozornost. (Simulační programy neumožňují modelovat porušení materiálů, ke kterému by s velkou pravděpodobností došlo při provedení praktické zkoušky. Program na modelu zobrazí deformace a napětí a je už na konstruktérovi, aby určil, zda se jedná o velkou deformaci anebo o nebezpečné napětí.)
2. Ve druhém testu působila svisle na roh pracovní desky síla 750 N, 50 mm od hrany v místě nejpravděpodobnějšího převržení (obr. 7 a 8). Test se podle normy ČSN EN 527-3 nazývá Stabilita za působení vertikální síly. Podobně

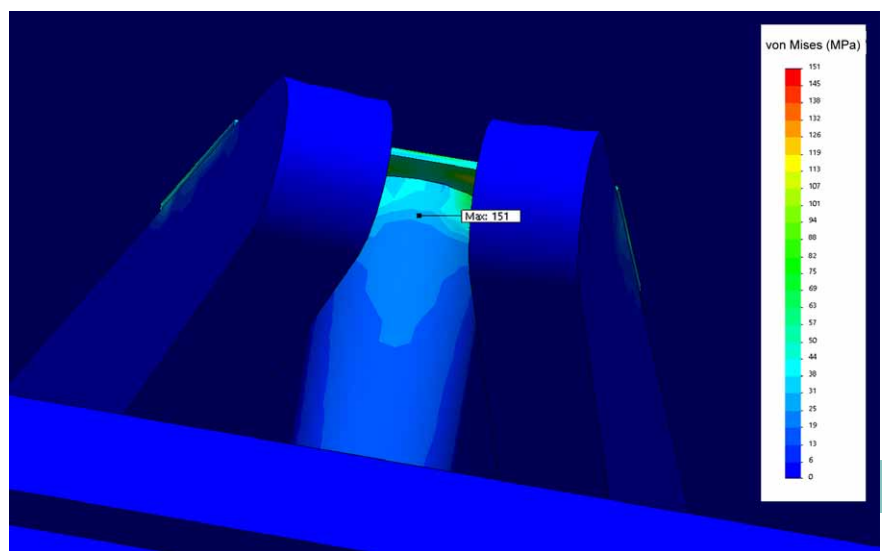


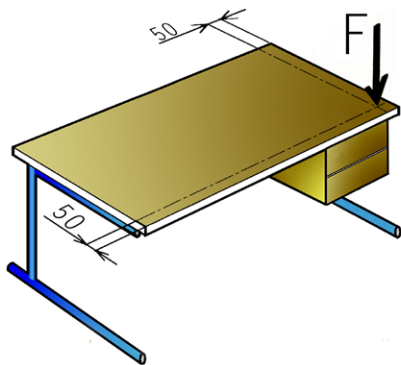
Obr. 4 Deformace při zatížení 1000 N pohled shora



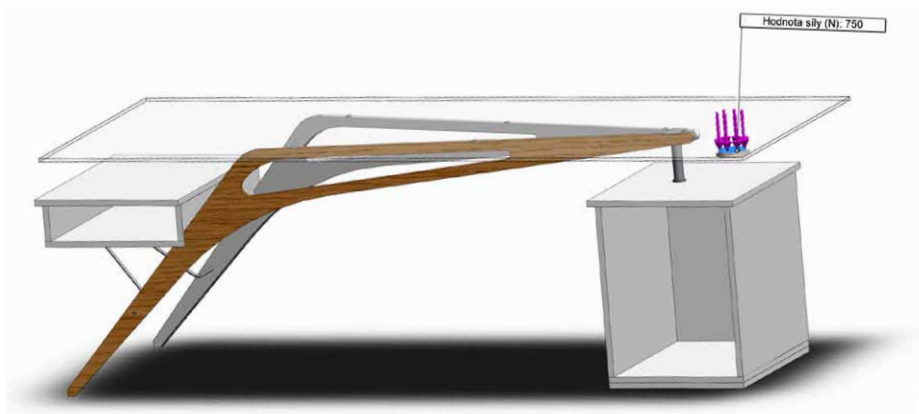
Obr. 5 Deformace při zatížení 1000 N pohled zdola

Obr. 6 Koncentrace napětí na ocelové podpoře

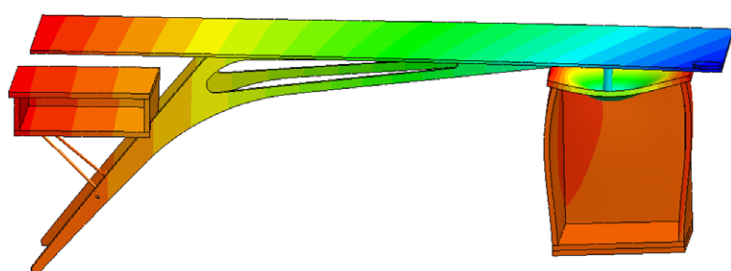




Obr. 7 Stabilita za působení vertikální síly podle normy



Obr. 8 Zatížení stolové desky – model metody konečných prvků



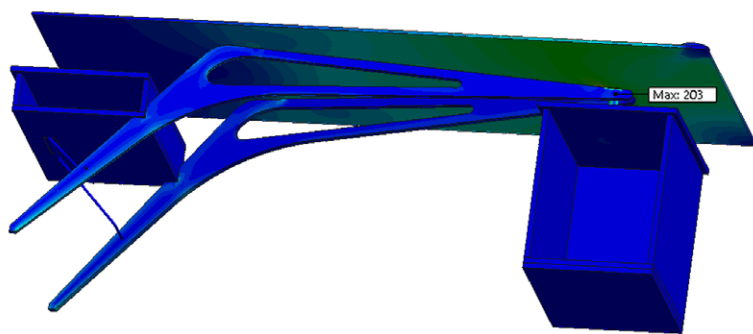
Obr. 9 Deformace při působení vertikální síly 750 N

jako při první zkoušce vycházelo velké prohnutí dřevotřískové půdy kontejneru i jeho boků a koncentrace napětí na ocelové podpoře (obr. 9 a 10).

3. Třetí zkouška se jmenovala horizontální zátěžová zkouška. Při této zkoušce síla o velikosti 450 N působila horizontálně střídavě z jedné strany na druhou v místech uvedených na obrázku 11 (ČSN EN 527-3). Při simulaci jsme použili zjednodušený zatěžovací model (obr. 12).

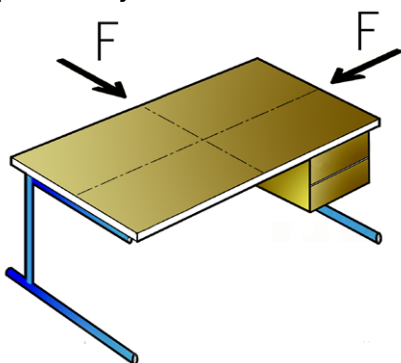
Na základě těchto simulací je zřejmé, že aby byl pracovní stůl technicky správně navržený a splňoval podmínky mechanických testů, je nutné zesílit půdu a popřípadě i boky kontejneru.

Z tohoto názorného případu je patrné, že i když se pracovní stůl zdál být správně konstrukčně navržený, simulace, při které jsme pracovní desku zatížili 75 kg, ukázala značný průhyb půdy a boků kontejneru, které by znemožňovaly jeho používání (v praxi by pravděpodobně vedly k porušení materiálů). Výhodou těchto funkcí je to, že už v konstrukční přípravě výroby nábytku můžeme předejít problémům týkajícím se stability, deformací a podobně. Snižuje se tak riziko reklamací vyrobených nábytkových prvků, s čímž rostou jak finanční úspory podniku, tak i efektivita práce.



Obr. 10 Koncentrace napětí na ocelové podpoře

Obr. 11 Horizontální zátěžová zkouška podle normy



Obr. 12 Deformace při horizontální zátěžové zkoušce

