

# DŘEVOSTAVBY 2017

stavební systém budoucnosti  
dřevo, surovina moderního člověka  
ekologie, úspory energií, suchá výstavba

Sborník přednášek z odborného semináře  
se zahraniční účastí

12. a 13. dubna 2017

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola  
Resslova 440, 387 01 Volyně



Ministerstvo životního prostředí

[www.vos.volyne.cz](http://www.vos.volyne.cz)

tel./fax. 383 372 817

e-mail: [vos\\_sps@volyne.cz](mailto:vos_sps@volyne.cz)



## LITERATURA A POUŽITÉ MATERIÁLY:

- [1] Vinař, J.: Historické krovy - Typologie, průzkum, opravy. Grada, Praha, 2010, 448 s.
- [2] Kunecký, J.; Fajman, P.; Hasníková, H.; Kuklík, P.; Kloiber, M.; Sebera, V.; Tippner, J. Celodřevěné plátové spoje pro opravy historických konstrukcí. [Lapped scarf joints for repairs of historical structures.] (in Czech) Praha : Institute of theoretical and applied mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, v.v.i, 2016. 81 p. e-ISBN: 978-80-86246-67-3, DOI: 10.21495/67-3.
- [3] Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1 - 1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 2006.
- [4] ČSN 73 1702 - Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby; platná od 11/2007.
- [5] ČSN 73 1701 - Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí (norma je zrušená).



▲ Celkový pohled na vzducholod z Osadní ulice (foto: Jan Slavík)

# Dřevěná konstrukce vzducholodi Gulliver

**Unikátní architektonická intervence, inspirovaná elegantními tvary vzducholodí z počátku dvacátého století, vyrostla v průběhu roku 2016 nad střechami Centra současného umění DOX v Praze – Holešovicích. Tato 42 m dlouhá ocelovo-dřevěná konstrukce nazvaná Gulliver se stane novým místem pro setkávání současného umění a literatury.**

## Úvod

Stavba obří dřevěné vzducholodi je dalším dokladem osobního přesvědčení ředitele centra DOX Leoše Války, které se odráží i v celkovém přístupu centra, že dokonce i v dnešním rychle se měnícím globalizovaném světě, kde platí, že nic, co nelze vypočítat, vyhodnotit nebo předvídat, nemá cenu riskovat, se věci dají dělat jinak. Jak říká, myšlenkou vytvořit nad moderní sklo-betonovou budovou centra DOX jakousi „parazitní“ strukturu se zabýval několik let. Zpočátku snil o absurdně fascinujícím organickém tvaru, který by byl v kontrastu s existující architekturou DOXu.

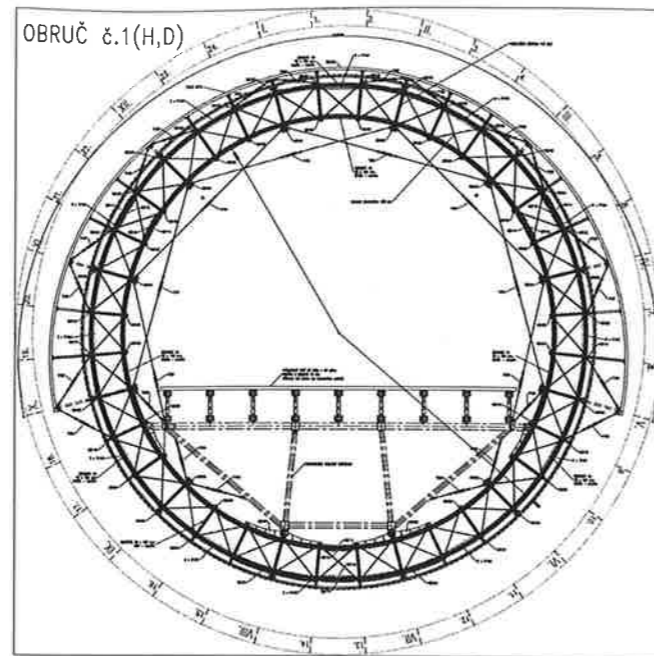
V roce 2013 Leoš Válka oslovil mezinárodně uznávaného architekta Martina Rajniše, držitele Ceny za přínos architektuře v oblasti udržitelného rozvoje za rok 2014 (Global Prize for Sustainable Architecture, 2014), aby se s ním podílel na realizaci toho, co sám nazývá „snem dvanáctiletých kluků“. Více než dva roky pak společně s odborníky na dřevěné a ocelové konstrukce pracovali na návrhu 42 m dlouhé a 10 m široké konstrukce inspirované tvary obřích vzducholodí, které začaly křížovat oblohu na počátku 20. století.

Tvar vzducholodi je symbolický. První vzducholodě představovaly optimistické ideály nového bezprecedentního technologického pokroku. Svou pozoruhodnou monumentalitou a hypnotizující důstojností nepřestávaly fascinovat generace i dlouho poté, co zmizely z oblohy. Vzducholodě vždy ztělesňovaly věčnou lidskou touhu létat a zároveň určitý utopický ideál. Vzducholod nad Centrem DOX nese jméno jedné z nejznámějších postav fantastické literatury.

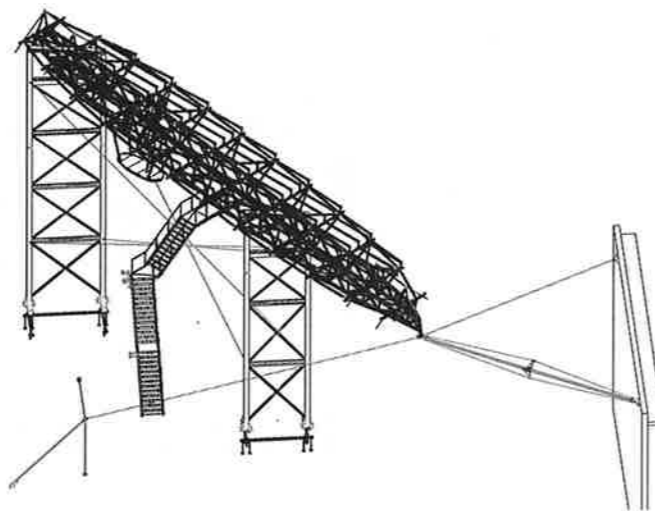
## Konstrukční řešení

Vzducholod se vznáší nad budovami galerie DOX a je orientována úhlopříčně přes vnitřní dvůr. Uvnitř těla vzducholodi je vytvořen prostor pro návštěvníky galerie s omezenou kapacitou 120 lidí.

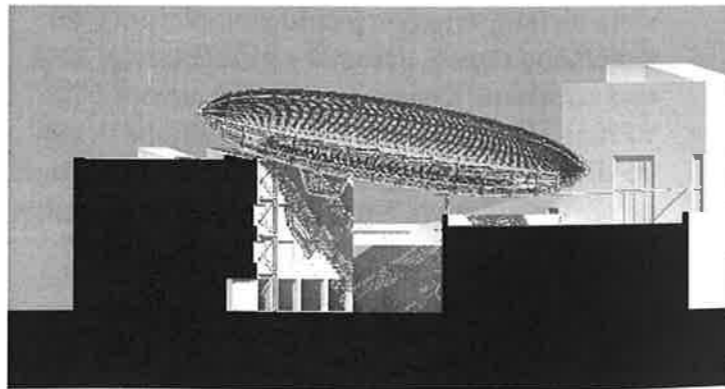
Konstrukční aktivity započaly ihned po vypracování základní studie architektury Martinem Rajnišem a Davidem Kubíkem. Od počátku byl pro kon-



▲ Typický příčný řez vzduchodolí (obruč č. 1)

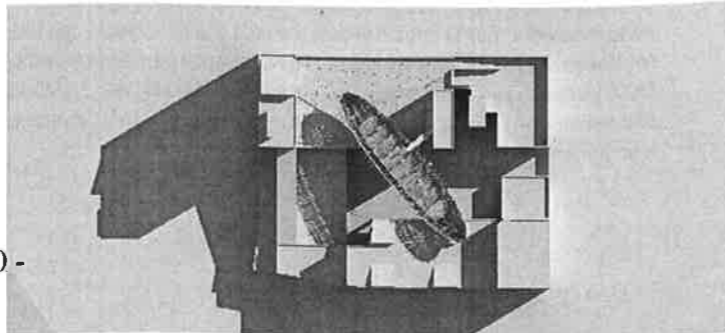


▲ 3D model ocelové konstrukce, na kterou je ukotvena dřevěná konstrukce vzduchodolí



▲ Řez v podélné ose vzduchodolí, vizualizace

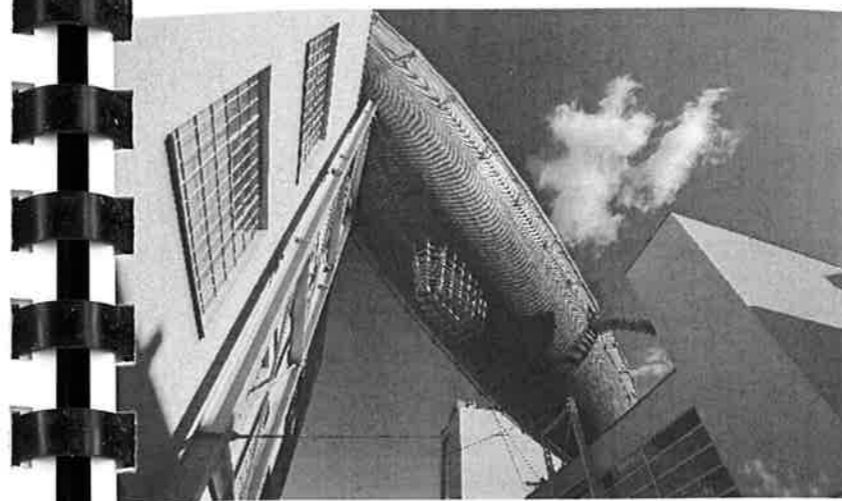
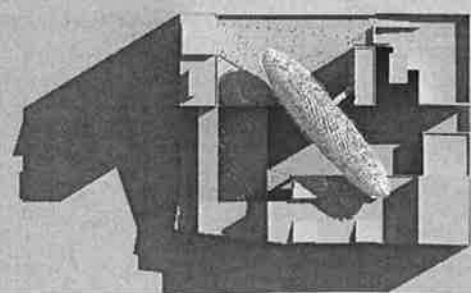
▼ Pohled shora (nakloněný horizontální řez v ose vzduchodolí), vizualizace



struční samotné vzduchodolí zvoleno jako základní materiál dřevo. Takto hozená rukavice se stala pro stavební odborníky na dřevěné konstrukce velkou výzvou poprat se s tímto zadáním a mít možnost posunout hranice použití dřeva opět o kousek dále. Současně s řešením nosné dřevěné konstrukce se hledal způsob, jak vzducholoď udržet ve volném prostoru a zároveň nenarušit iluzi letu. Tento požadavek se ukázal jako nejnáročnější fáze projektu, kdy se po mnoha variantních návrzích, jak ukryt podpůrnou konstrukcí dovnitř stávajících budov, nakonec přistoupilo k opačnému řešení, tj. k jejímu přiznání, mj. především z ekonomických důvodů, ale s maximálním důrazem tuto konstrukci co nejvíce „zneviditelnit“.

Základní podpůrný systém nosné konstrukce vzduchodolí je sestaven z dvojice ocelových bárek vedených podél dvorních fasád galerie, které podepírají ocelovou mostovku. Hlavním nosným prvkem mostovky jsou dva podélné příhradové nosníky, umístěné ve sklonu a kloubově osazené na bárky, a nad nižší budovu galerie jsou přes bárku překonzolovány. Sloupky bárek jsou v obou směrech vetknuty do nově vybudovaných železobetonových základových bloků s navazujícím pilotovým založením. Základová a podpůrná konstrukce bárek je tedy plně autonomní a nedochází tak k interakci s okolními budovami. Tuhost ocelové konstrukce ve vodorovném směru v úrovni vzduchodolí je zajištěna několika vzájemně sladěnými systémy. V rovině kolmé na podélnou osu vodorovnou tuhost

▼ Pohled shora na vzducholoď, vizualizace



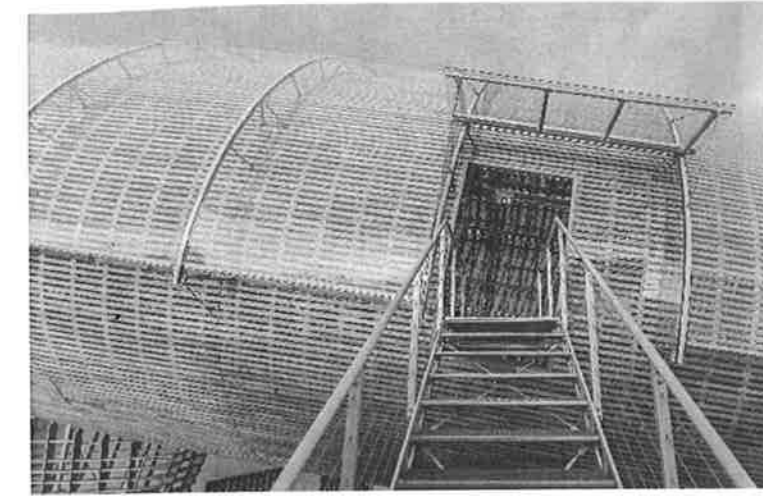
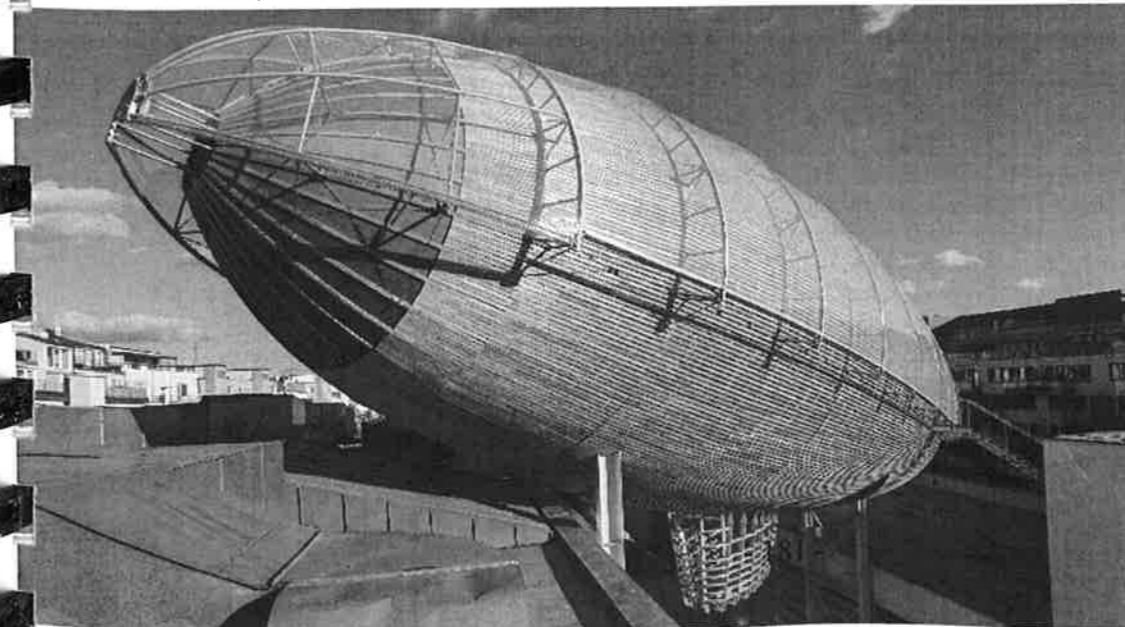
▲ Pohled z vnitřního dvora galerie DOX (foto: René Volfík)

zajišťují především příhradové bárky a na vykonzolovaném konci mostovky předepnutá lana kotvená k sousedním objektům. Ve směru podélné osy přebírá vodorovné síly ocelové ráhno horizontálně vložené mezi špičky mostovky a železobetonový objekt. Ráhno je s mostovkou spojeno přes sadu talířových pružin, které redukují normálovou sílu v ráhnu, tak aby nebylo překročeno maximální povolené zatížení do železobetonové konstrukce stávajícího objektu. Tímto pružným uložením bylo zároveň umožněno zaktivovat vetknuté, předepnutými lany vzájemně křížem propojené bárky pro přenesení potřebné části vodorovného zatížení ve směru podélné osy vzduchodolí.

Hlavní příhradové nosníky mostovky jsou doplněny dalšími ocelovými prvky, jež společně tvoří prostorovou příhradovou konstrukci. Jsou základním kotvením bodem pro dřevěnou nosnou konstrukci vzduchodolí a současně zajišťují podporu pro podlahu uvnitř vzduchodolí, která je z dřevěných modřínových hranolů 50 x 60 mm splňujících požární odolnost R15, kterou mají i ostatní nosné ocelové prvky mostovky.

Dřevěnou nosnou kostru vzduchodolí můžeme rozdělit na dva základní směry. Kolmo na podélnou osu vzduchodolí (radiální směr) je osazeno čtrnáct prstenců v roztečích 2,2–3 m. Kruhové příhradové nosné obruče, jsou složeny ze dvou dřevěných dílčích obručí z lepeného lamelového modřínového dřeva 75 x 120 mm třídy GL28h SI vyrobených pro třídu provozu 3, které tvoří vnější a vnitřní pás příhrady. Pasy jsou vzájemně propojeny dostředně orientovanými dřevěnými sloupkovými rozpěrami 40 x 120 mm vymezujícími statickou výšku obruče. Dřevěné prvky jsou vzájemně přes sloupek staženy nerezovou závitovou tyčí M12 a doplněny dvojicemi diagonál z nerezových táhel M8. Táhla jsou s dřevěnou kostrou propojena přes ocelové žárově zinkované kotvení prvky. Základní konstrukce obruče je doplněna o systém vnitřních lanových táhel, která zajišťují tuhost konstrukce. Výplet táhel se liší podle požadavku na využití vnitřního prostoru vzduchodolí. Obruče jsou kotveny v dolní polovině k ocelové mostovce přes ocelové svařence vysokopevnostními šrouby (čtyři kusy/obruč). Každá obruč je z výrobního a montážního důvodu

▼ Pohled ze střešky vyššího objektu galerie DOX (foto: René Volfík)



▲ Hlavní vstup do vzduchodolí (foto: Jan Slavík)

rozdělena na třetiny. Spojení jednotlivých dílů je navrženo ocelovými příložkami sepnutými svorníky.

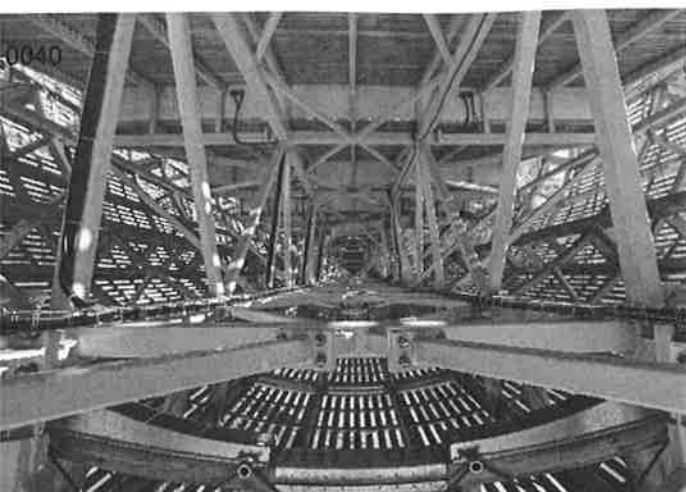
V druhém směru jsou navrženy podélné ztužující prvky, které probíhají po celé délce vzduchodolí. Podílejí se na přenosu zatížení v tomto směru a současně stabilizují kruhové obruče v úrovni vnějšího a vnitřního pasu. Ztužující prvky jsou navrženy stejným principem jako kruhové obruče, tj. dřevěná kostra tvořená vnějšího a vnitřního pasu, ze sušeného modřínového dřeva třídy C30 SI (T profil 40 x 120 + 40 x 120 mm). Pasy jsou propojeny dřevěnými sloupky, stažené nerezovou závitovou tyčí M12 a ztužené dvojicemi diagonálně orientovaných nerezových táhel M8. Rovina podélných ztužujících prvků směřuje do osy vzduchodolí s úhlem pootočení 30° (tj. dvanáct podélných ztužujících pasů). Hlavní podélné ztužující příhradové prvky jsou kloubově připojeny přes ocelové spojky s obručemi pomocí vysokopevnostních šroubů a tvoří tak základní „ortogonální“ kostru vzduchodolí, která je doplněna v každém poli při vnější straně příhradových prvků diagonálním křížným ocelovým lanovým ztužením.

Doplňkové podélné ztužující prvky jsou navrženy z dřevěných sušených modřínových fošen 40 x 160 mm třídy C30 SI, které jsou radiálně umístěny mezi hlavní podélné ztužující příhradové prvky s úhlem pootočení 10° (tj. 24 doplňkových ztužujících dílů). Prvky jsou přisazeny k vnějšímu povrchu vzduchodolí a podílejí se na stabilizaci horních pasů hlavních podélných ztužujících prvků a kruhových obručí. Současně tvoří podklad pro připevnění pláště vzduchodolí, který je také nedílnou součástí zajišťující stabilitu celého systému.

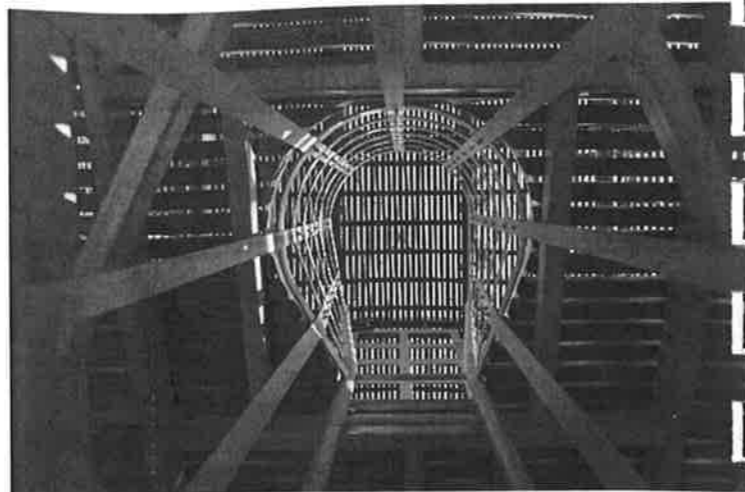
Ukončení na špičkách vzduchodolí je navrženo z dřevěných zakřivených modřínových prvků z lepeného lamelového dřeva, jež se radiálně sbíhají ve vrcholu vzduchodolí s úhlem pootočení 10°. Ve dvanácti paprscích navazujících na hlavní podélné ztužující příhradové prvky jsou zakřivené prvky doplněny o další díly, které vytvářejí příhradový ztužující prvek (T průřez a sloupky). Všechny prvky ve vrcholu jsou připojeny na ocelový kruhový svařenec, do kterého bude umístěn ventilátor.

Opláštění vzduchodolí podírají v radiálním směru zakřivené modřínové lamely 26 x 80 mm, slepenými ze dvou lamel a vzájemně propojenými v místech hlavních podélných příhradových prvků na půlplát. Rozteč zakřivených lamel je 500 mm. Na tuto základní kostru, která tvoří stahující obruče okolo celého těla vzduchodolí (podílejí se na stabilitě základní kostry), jsou v podélném směru umístěny obkladové hoblované modřínové lamely tloušťky 20 mm a šířky 65–47 mm (288 linií lamel na obvodu vzduchodolí). Připojení pláště

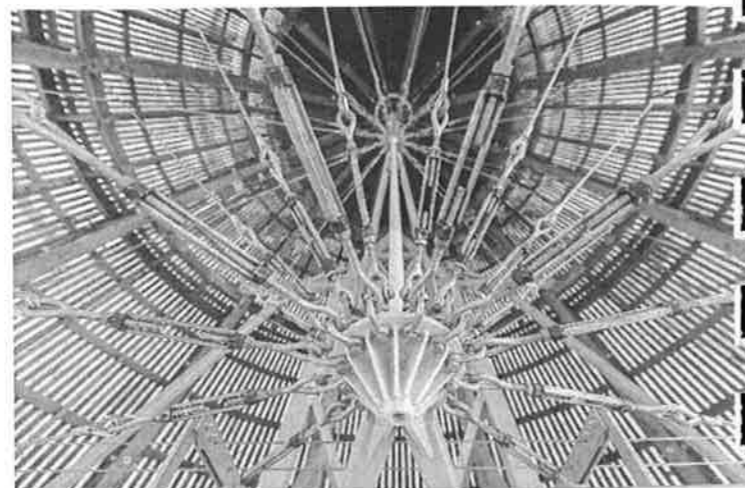




▲ Pohled do podpalubí vzducholodi (foto: René Volfík)



▲ Žebřík do gondoly (foto: René Volfík)



▲ Výztužný lanový systém v koncových částech vzducholodi (foto: Jan Slavík)

k základní kostře je realizováno pomocí dvouzávitových vrutů. Špičky vzducholodi jsou opláštěny vodovzdornou překližkou s lamelovým zališťováním stykových spár v ose nosných paprsků. V rámci projektových příprav byla současně řešena životnost celé konstrukce. Z toho důvodu byl vybrán pro dřevěnou část konstrukce modřín, který nabízí v tuzemských podmínkách nejlepší přirozenou trvanlivost z jehličnatých dřevin. Investor už od počátku pracoval s faktem, že pokud dřevo nebude pravidelně ošetřováno ochrannými nátěry, bude u něho docházet přirozeně k změně barvy z krásné medové na stříbrnou. Systém pro zastřešení musel zajistit především celoroční provoz uvnitř vzducholodi, vizuálně co nejméně narušit její celkový koncept a zároveň co nejlépe ochránit konstrukci jako celek před působením atmosférických srážek, jejichž dlouhodobé působení se zásadně podílí na snížení životnosti dřevní hmoty, a v neposlední řadě splnit přísné požadavky požárních norem. Z toho důvodu byl jako vhodný systém nakonec navržen systém mechanicky napínané jednovrstvé transparentní membránové fólie ETFE. Tato fólie vytváří nad horní polovinou vzducholodi velký deštník, který levituje nad tělem vzducholodi a umožňuje tak nerušené proudění vzduchu kolem všech dřevěných částí kostry, čímž je zajištěn základní předpoklad pro dlouhodobou životnost celé konstrukce. Vzducholod má samozřejmě i gondolu, která je přístupná z vnitřní paluby po žebříku a je zavěšena na základní kostru vzducholodi. Přístup do samotné vzducholodi zajišťuje dvojice bočních visutých schodišť, která jsou vedena ze střešních protilehlých budov galerie. Ocelová schodiště jsou oddílována od těla vzducholodi. Vzducholod je vybavena audiovizuální a světelnou technikou s možností celoročního provozu díky instalovaným infrapanelům a je přístupná veřejnosti v rámci návštěvy galerie DOX. Komplexní statický návrh na 3D modelu vzducholodi byl realizován pomocí softwaru RFEM a jeho přídatných modulů. Zatížení byla generována v souladu s normovými požadavky. Vzhledem ke složitosti tvaru a exponované poloze vzducholodi byl pro zatížení větrem vypracován pod vedením Ing. Jaroslava Váchy v ÚTAM AV ČR analytický model působení větru na konstrukci vzducholodi, který zohledňuje okolní zástavbu, tvar vzducholodi a propustnost pláště. Hodnoty z této analýzy byla převzata pro výpočet konstrukce vzducholodi. Celý proces výstavby byl založen na principu, že celá konstrukce vzducholodi byla rozdělena do dílčích částí, které byly vyrobeny a na stavbu dovezeny jako zkompletované prefabrikáty, které na stavbě byly osazeny a vzájemně propojeny bez dodatečných úprav. Výjimečný projekt vyžadoval výjimečný přístup k práci, při které se využívaly jednak moderní CNC technologie, ale současně se na vzducholodi nachází významné množství prvků a sestav kompletně vyrobených ručně. Všem, kteří se na výrobě dílčích komponentů, prefabrikátů a montáži konstrukce vzducholodi podíleli, patří velké poděkování. Náročná práce jistě všem přinesla vnitřní uspokojení z výjimečného počínu, který by nevznikl bez nejdůležitější osoby v celém procesu, tj. Leoše Války, duchovního otce celého projektu. Projekt Gulliver může hrdě nést označení Made in Czech Republic ve všech svých úrovních od návrhu až po montáž. ■

**Identifikační údaje o stavbě:**  
**Název:** Gulliver  
**Investor:** Centrum současného umění DOX  
**Autoři:** Leoš Válka, prof. Ing. arch. Martin Rajniš, MgA. David Kubík  
**Spoluautoři:** Ing. Zbyněk Šrůtek  
**Hlavní projektant:** Dvořák & partneři  
**Statika a konstrukce:** Ing. Zbyněk Šrůtek (dřevo, ocel, membrána ETFE), Ing. Pavel Kocourek (ocel), Ing. Jana Divíšková (zakládání)  
**Software:** Dlubal Software s.r.o.  
**Požární ochrana:** Ing. Eva Fajkusová  
**Generální dodavatel:** STYLBAU, s.r.o.  
**Hlavní subdodavatelé:** TIMBER DESIGN s.r.o., ELEKTRO MOSEV spol. s r.o.  
**Dřevěná kostra**  
**Délka:** 42,13 m  
**Průměr:** 9,34 m  
**Nejvyšší bod:** 24,22 m  
**Zastavěná plocha:** 322 m<sup>2</sup>  
**Pochozí vnitřní plocha:** 161 m<sup>2</sup>  
**Obestavěný prostor:** 2050 m<sup>3</sup>  
**Autor:** Ing. Zbyněk Šrůtek  
 TIMBER DESIGN s.r.o., Havlíčkova 680, CZ 552 03 Česká Skalice  
 T: +420 732 303 693, E: zbynek.srutek (at) timberdesign.cz  
[www.timberdesign.cz](http://www.timberdesign.cz)

Uvedený příspěvek byl otisknut v časopisu Stavebnictví 01-02/17

## Aktuální problematika navrhování tesařských spojů

Martin Hataj<sup>1</sup>, Petr Kuklík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT, Třínecká 1024, 273 43 Buštěhrad

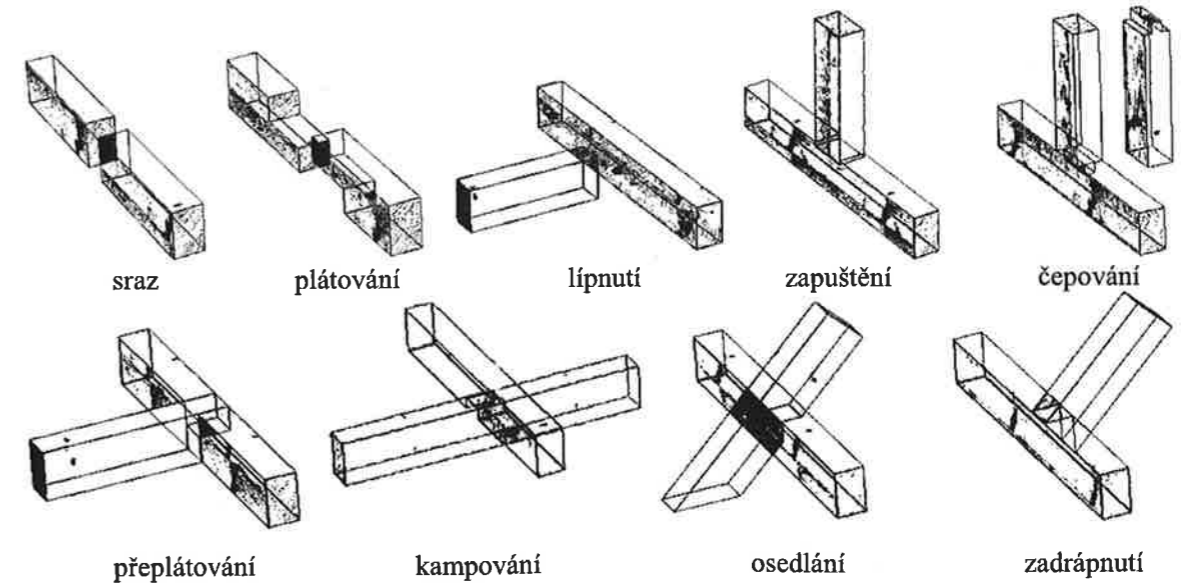
### Abstrakt

Růst nároků na environmentální prostředí, udržitelnost výstavby a zdravých životních podmínek vyvolal především v Evropě vyšší poptávku po konstrukcích ze dřeva. Rychlost a přesnost CNC opracování dřevěných konstrukčních prvků umožňuje efektivní výrobu dřevostaveb tradičními tesařskými postupy. Příspěvek reaguje na aktuální problematiku návrhových postupů pro výpočet únosnosti tradičních tesařských spojů. Tento způsob propojení prvků nemá velkou oporu v současně platných normách, a proto návrh spočívá v použití jednoduchých empirických vztahů, které vycházejí ze zkušenosti. Tento článek prezentuje experimentální a výpočetní metody pro vyšetřování statického chování a únosnosti tesařských spojů.

**Klíčová slova:** tesařské spoje, dřevěné konstrukce, numerický model, experiment, analytický výpočet

### 1 Úvod

Spoje dřevěných konstrukcí je možné rozdělit na mechanické a lepené. Lepené konstrukční spoje nacházejí své uplatnění především v halové výstavbě např. zemědělského nebo sportovního charakteru. Mechanicky prováděné spoje je možné dále dělit na spoje s kovovými spojovacími prostředky (hřebíkové, svorníkové, vrutové, kolíkové, sponkové, hmoždíkové, s perforovanými deskami s prolisovanými trny, s ocelovými úhelníky, apod.) a na spoje tesařské. Tesařské spojování získává v poslední době oblibu právě díky efektivní výrobě pomocí CNC strojů, estetice výsledného spoje a také vyšší požární odolnosti ve srovnání s kovovými spojovacími prostředky. Na obrázku 1 jsou patrné kategorie podélných a příčných tesařských spojů podle základního dělení.



Obr. 1. Základní rozdělení tesařských spojů