**České vysoké učení technické v Praze**
**Stavební fakulta**

Studentská vědecká odborná činnost
Akademický rok 2009/2010

# ANALÝZA HISTORICKÉHO KROVU KOSTELU PANNY MARIE ANDĚLSKÉ

PŘI KLÁŠTEŘE MEŠNÍCH BRATŘÍ KAPUCÍNŮ V PRAZE NA HRADČANECH

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení, ročník a obor : | Bc. Ondřej Štumpour 5.ročník C |
| | Bc. Richard Valek 5.ročník C |
| | Bc. Jiří Kačírek 5.ročník C |
| Konzultant : | Doc. Ing. Pavel Kuklík, CSc. |
| Katedra : | mechaniky (K 132) |

## Anotace:

*Pro svou zajímavou historii, pro svůj řád typickými, skromnými prostory, zaujímá Klášter menších bratří kapucínů na Hradčanech neoddiskutovatelné místo v českém kulturním dědictví. Výstavba kláštera byla rozdělena do několika fází, čímž dala vzniknout dnešní podobě. Krov nad tímto kostelem je svou konstrukcí obvyklý pro tehdejší dobu, a proto dobrým zástupcem k prezentaci. Příspěvek se zabývá porovnáním původního historického dimenzování jednotlivých prvků s dnešními normami a požadavky. Dále se věnuje vlivu zvýšené vlhkosti vlivem zatékání vody na narušení stability a únosnosti vlivem přítomnosti biotických škůdců. Skutečností je, že nedostatečnou údržba způsobila zatékání do půdních prostorů, následné napadení biotickými škůdci a signifikantní snížení spolehlivost a míry stability díla.*

## Klíčová slova:

*Kulturní dědictví, teorie II. řádu, normy, dimenze, biotičtí činitelé, krov*

## Anotation:

*The monastery of Friars Minor Capuchins in Hradcany occupies indisputable place in the Czech cultural heritage. It is caused by its interesting history, its ghost and its modest rooms. The construction of the monastery was realized in several steps to its nowaday appearance. Roof of this church has the typical design according to the epoch requirements, and therefore it is a good representative for the analysis. The paper compares the original design with valid standards. The impact of increased humidity due to water soaking is discussed, as well. The poor maintenance caused the leakage into the attic and consequently deterioration. Thus, this attack finaly reduce the reliability and the stability of the structure.*

**Obsah:**


1. **Úvod – Historie** 1.
2. **Popis nosného systému** 2.
3. **Statické působení spojů, výpočtové modely krovů** 7.
4. **Základní mykologický průzkum** 8.
5. **Výpočet konstrukce dle teorie druhého řádu** 11.
6. **Posouzení stability konstrukce krovu jako celku** 13.
7. **Závěr** 14.

# 1. Úvod – Historie

Severní stranu Loretánského náměstí od počátku 17. Století až dodnes uzavírá nejstarší kapucínský klášter v Čechách.

Řád kapucínů přišel do Prahy na konci 90. let 16. století z iniciativy pražského arcibiskupa Zbyňka Berky z Dubé a stavba jeho konventu souvisela s náboženskými zápasy mezi katolíky a nekatolíky v Čechách ve 2. polovině 16. a 1. čtvrtině 17. století. Řád, proslulý svými kazateli a skromným způsobem života, se měl stát významnou zbraní katolické strany při rekatolizaci země.

Poměrně rozsáhlý areál tvoří chrám, patrové klášterní budovy, soustředěné kolem tří dvorů, a zahrada. Každý z dvorů uzavírají stavby z různých období výstavby. Nejstarší část při chrámu, první kvadratura s rajským dvorem, pochází s pozdně renesanční fáze, budovy kolem druhého dvora jsou raně barokní a třetí dvůr uzavírají stavby vrcholně barokní.

V první fázi výstavby (v letech 1600-1602) byl vybudován typicky neorientovaný kostel a klášterní budovy na východní straně, s rajským dvorem určeným pro kontemplaci. Severní jednotraktové křídlo skrývá refektář (jídelnu), který je svými rozměry v rámci kapucínských regulí neobvykle velký. Stejně jako v ostatních místnostech kláštera tvoří strop mohutná trámová konstrukce. Kuchyně je situována, jak bylo obvyklé v křídle kolmém na refektář (zajímavostí je dodnes zachovaná kamenná nádrž na ryby z r. 1738 – tzv. vivárium). Kuchyň odděluje od rajského dvora chodba, která měla jednak komunikační funkci a jednak bránila pronikání libých vůní do míst, kde by mohla rušit rozjímání bratří. Cely řeholníků v patře konventní budovy, řešeném jako trojtrakt se střední spojovací chodbou, mají skutečně minimální rozměry – přesně tak, jak to předpisují regule. V celém klášteře byl vytápěn pouze refektář, učebna, cely pro nemocné a přijímací místnosti. Po r. 1663 byl rozšířen kostel a uzavřen druhý dvůr. V rámci kláštera existovala proslulá řádová lékárna, jejíž vybavení je nyní zčásti vystaveno v expozici historie Lékáren Nár. muzea (místnost bývalé lékárny kryje malovaný kazetový strop ze 17. Století). Nejmladší částí kláštera z let 1739 – 1748 je velký východní dvůr, jehož budovy na severní a jižní straně však mají starší základ (severní křídlo skrývá bývalou věžovitou stavbu umýváren a záchodů). V patře východního a jižního křídla je situována klášterní knihovna s původními barokními skříněmi v polychromii imitující intarzii.

V době josefínských reforem měl být klášter zrušen, ale nakonec k tomu nedošlo. Za války r. 1944 budovy kláštera zabralo velitelství SS a zřídilo zde vězení pro německé zběhy, teprve r. 1946 byl konvent navrácen řádu, aby mu byl komunistickým režimem r. 1950 opět násilně odebrán. Do kláštera se bratři navrátili teprve r. 1990, kdy se zároveň znovu ujali správy sousední Lorety, s níž budovy kláštera spojuje barokní visutá chodba.

Kostel Panny Marie Andělské byl zřízen jako prostá jednolodní stavba s pravoúhlým kněžištěm v roce 1600 na ploše bývalé Lobkovické zahrady. Zařízení kostela kapucínského typu je jednoduché z poloviny 17. století. Kostel má klasickou kapucínskou dispozici jednolodní s klenutou valenou klenbou, s prodlouženým předěleným chórem a dvojicí bočních kaplí. Kruchta je z r. 1769.

Fasáda kostela vrcholí typickým trojúhelníkovým štítem – věže u žebravých řádů vyloučeny, siluetu stavby obohacuje pouze tzv. sanktusová vížka nad chórem. Koule ve zdivu kostela jsou „upomínkou“ na pohnutou historii stavby v letech 1741-42 a 1757, kdy byl klášter silně poškozen při obléhání Prahy.

Oltář Panny Marie Rottenburské byl pořízen v letech 1680-90 a později doplněn rokokovými plastikami andílků. Hlavní oltář byl vztyčen r. 1735. Ve středu nese obraz zjevení sv. Františka Serafínského, jenž pro původní hlavní oltář kostela namaloval r. 1602 italský malíř Paolo Piazza, školený u Palma il Giovanne. Kazatelna je barokní, z doby kol. r. 1750, její řečniště nese charakteristický atribut františkánských ambonů – řezanou paži v řehoním rouše, držící Krucifix, jenž má být kazateli stále na očích a vést tak jeho řeč.

Sakristie patří k nejstarší části architektury kostela, její vybavení tvoří prosté skříně ze 17. Století, doplněné barokní kredenční skříní s tabernáklovým nástavcem z 18. století. Druhotně je zde umístěn rokokový reliéf Boha Otce sesílajícího holubici Ducha svatého.

**Obr. 1 Pohled na Klášter**

**Obr. 2 Pohled na samotný kostel**

## 2. Popis nosného systému

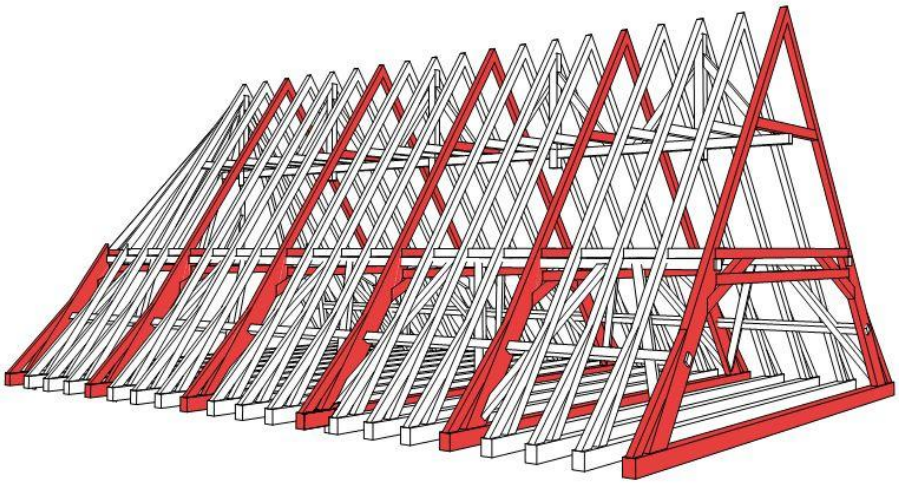
Půdorysné rozměry krovu jsou cca 17,76m x 11,56m. Výška krovu je cca 7,3m a sklon hlavní střešní roviny je cca 55°.

Konstrukci krovu tvoří ležatá stolice. Stolice přenáší účinky svislého a vodorovného zatížení ze střechy do nosné zděné konstrukce. Nosnou konstrukci krovu tvoří vazný trám, šikmé sloupky, vaznice, střední vaznice, šikmé vzpěry, rozpěry, hambálky, krokve a zavětrování ondřejskými kříži. Plné vazby jsou kladeny z jižní strany, kde se nachází štítová stěna. Rozmístění plných vazeb cca po 3,5m, celkem 6 plných vazeb. Poslední plná vazba ale není kompletní, protože se zde tvar střechy mění na polovalbu. Poslední plná vazba zasahuje pouze do výšky hambálku. Poté následují už námětky valby.

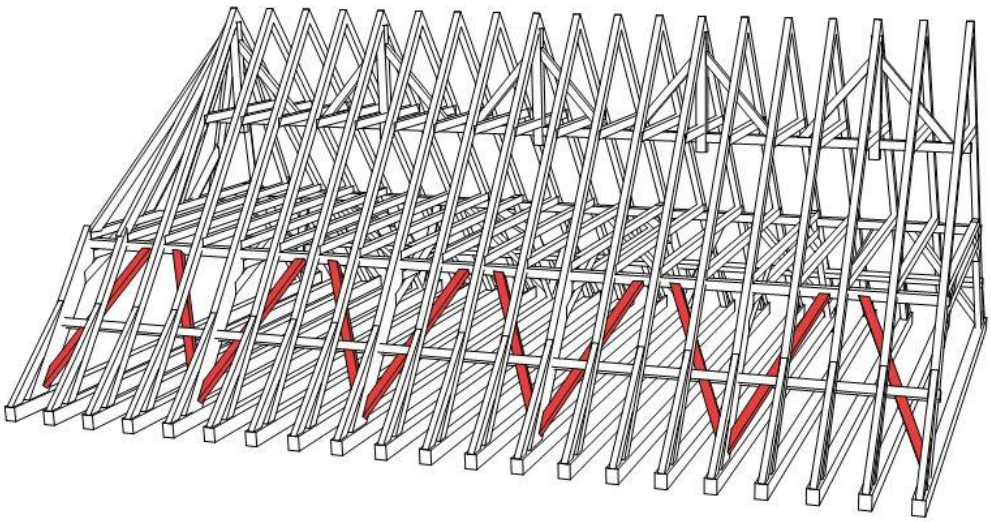
Stabilita krovu je zajištěna pomocí už výše zmíněných ondřejských křížů. Dále stabilitu krovu zajišťuje podélné ztužení ve vrcholu krovu, které je tvořeno sloupky, které končí cca 260 mm pod horní ztužující vaznicí.

„V materiálu staroměstských krovů datovaných do 14. a 15. století naprosto dominuje borovice (94%), zbytek tvoří dub a jedle. Ke změně dochází koncem první třetiny 16. Století, kdy se podíl borovice snižuje, naopak stoupá podíl jedle a objevuje se smrk se stoupajícím podílem. Od poloviny 17. Století se v pražských krovech borovice objevuje jen zcela výjimečně. Krovy jsou tvořeny prakticky jen jedlovým a smrkovým dřevem. Po postupném vyčerpávání zdrojů borového dřeva, musely být otevřeny další zdroje.“ Z tohoto je předpokládáno složení krovu jedlovým a smrkovým dřevem.

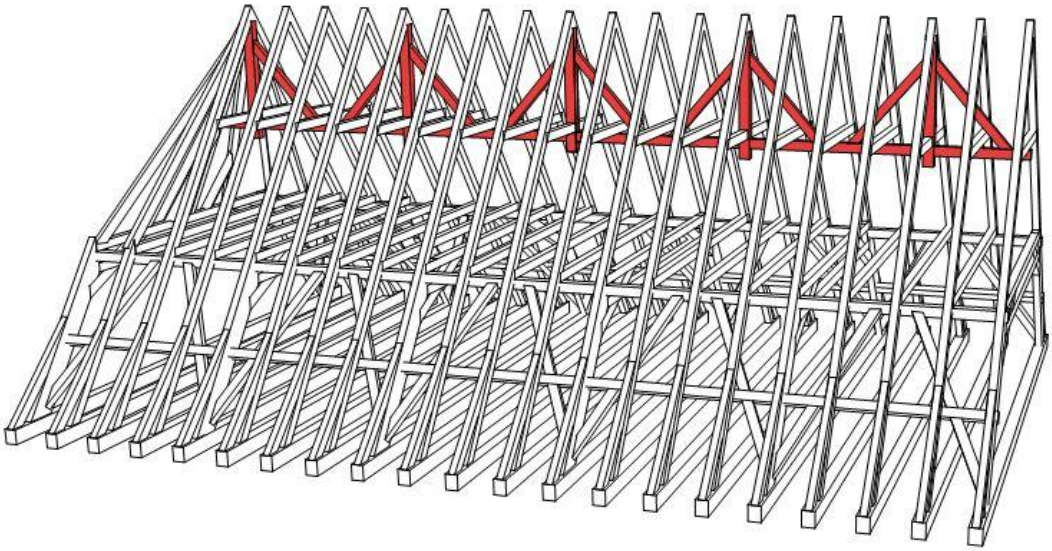
## Popis vybraných částí krovu a jejich funkce:



**Plná vazba: přenáší zatížení od několika vazeb jalových na zdivo. Jejími prvky jsou: vazný trám, šikmé sloupky, šikmé vzpěry, horní a dolní rozpěry, krokve, námětky.**



**Podélné zavětrování: Podélné zavětrování tvoří ondřejské kříže a jsou umístěny mezi plnými vazbami.**

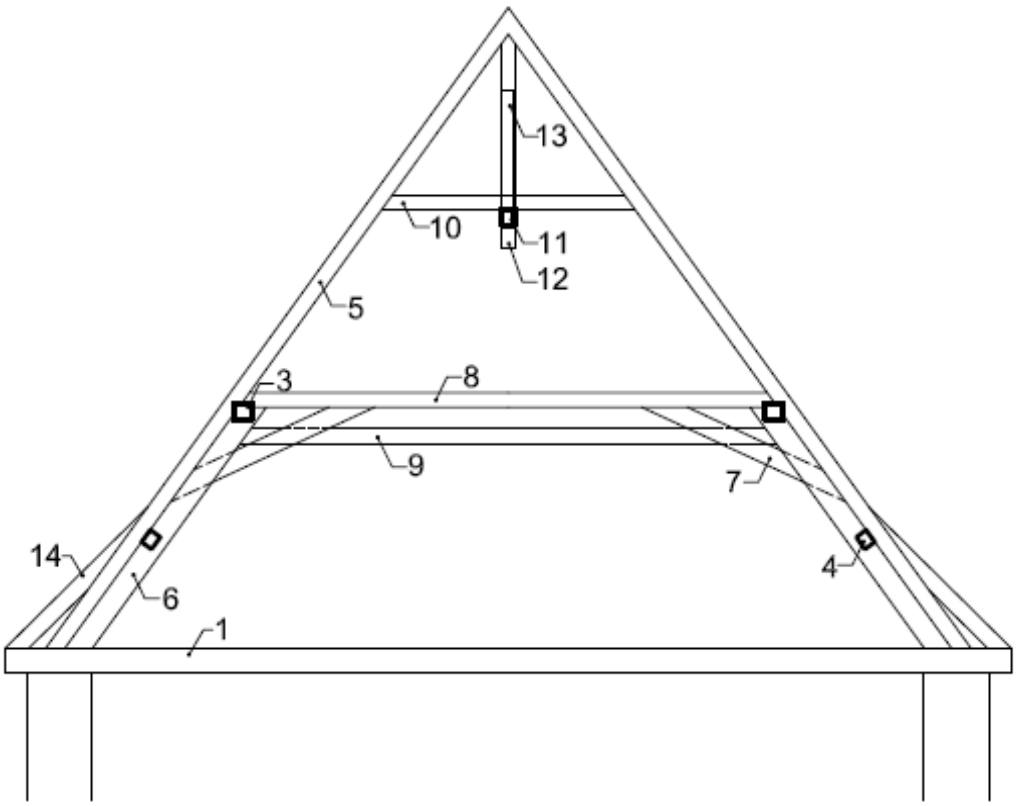


**Podélné ztužení: Podélné ztužení je tvořeno ztužující vaznicí, do které jsou průběžným plátem přichyceny sloupky. Z těchto sloupků vedou vzpěry, které jsou do vaznice přichyceny úplným přeplátováním se zapuštěním. Tímto ztužením dochází ke zvýšení prostorové stability celé konstrukce.**

**Tesařské spoje: Ležatá stolice s pásky přes krokve a rozpěry (každý spoj jiný typ plátu) nese lichoběžníkovou střední a obdélníkovou mezilehlou vaznici.**

Výpis jednotlivých prvků krovu na plné vazbě

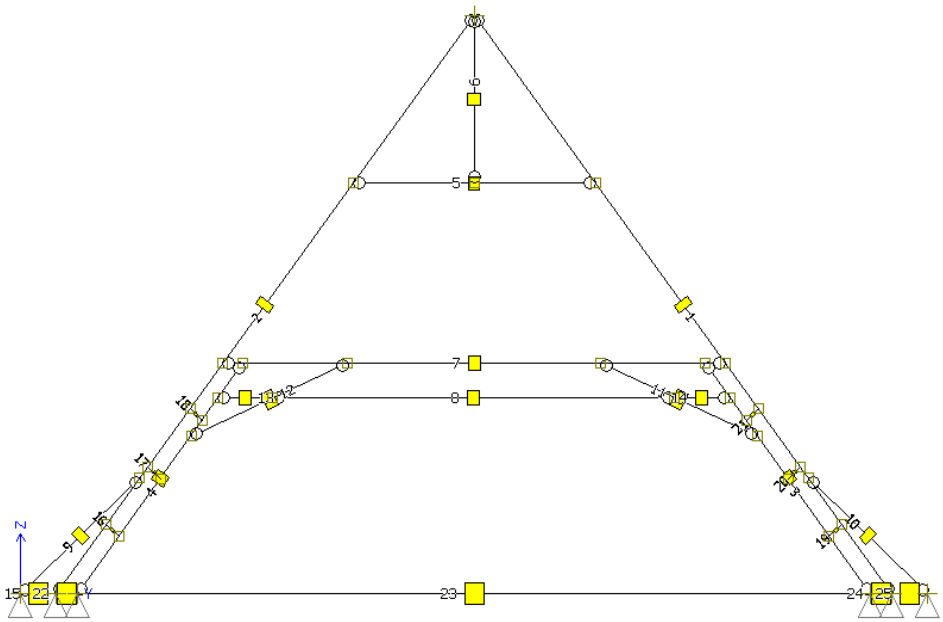
| Ozn. | Název | Rozměr [mm] | Ks | Množtví [$m^3$] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Vazný trám | 220/280/11560 | 6 | 4,27 |
| 2 | Vazný trám | 220/240/11560 | 15 | 9,16 |
| 3 | Vaznice | 200/180/17720 | 2 | 1,28 |
| 4 | Střední vaznice | 140/170/17720 | 2 | 0,84 |
| 5 | Krokev | 140/180/9050 | 15 | 3,42 |
| 6 | Ležatý sloupek | 145/170/3610 | 12 | 1,07 |
| 7 | Vzpěra šikmá | 145/220/2580 | 12 | 0,99 |
| 8 | Hambálek | 150/165/6300 | 21 | 3,27 |
| 9 | Rozpěra dolní | 145/175/6160 | 6 | 0,94 |
| 10 | Rozpěra horní | 140/160/2910 | 19 | 1,24 |
| 11 | Ztužující vaznice | 150/180/16750 | 1 | 0,45 |
| 12 | Horní sloupek | 160/200/2440 | 5 | 0,39 |
| 13 | Horní pod. ztužidlo | 140/160/1900 | 9 | 0,38 |
| 14 | Námětek | 120/190/2290 | 21 | 1,09 |
| 15 | Námětek | 120/190/1010 | 5 | 0,11 |
| 16 | Ztužidla podélná | 160/160/2500 | 20 | 1,28 |



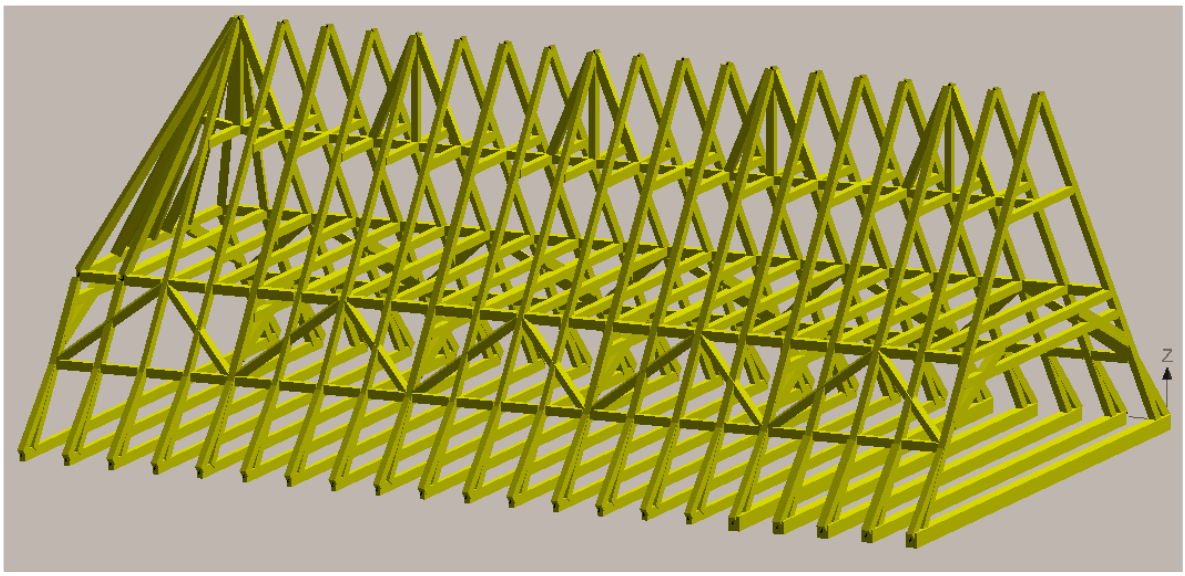
## 3. Statické působení spojů, výpočtové modely krovů

Spoje jednotlivých prvků krovu mají rozhodující význam pro vzájemné spolupůsobení jednotlivých prvků krovu, pro zajištění jeho tuhosti a stability. Souhrnně je lze klasifikovat jako netuhé, poddajné styčníky, které pokud je příslušnou úpravou bráněno vzájemnému posunu prvků ve spoji, považujeme za klouby. V případě, kdy nelze spolehlivě předpokládat, že ve spoji nedochází k posunu, považujeme spoj za prosté uložení (vedení po přímce ve směru předpokládaného posuvu). Kloubové spojení krovových prvků-např. krokví ve vrcholu, vzpěry a hambalku apod. – doplněné v bezprostřední blízkosti páskem má již charakter ohybově nepoddajného styku, který lze klasifikovat jako tuhý styk. Za předpokladu tuhé střešní roviny lze statické posouzení krovové konstrukce zjednodušeně provést na jednotlivých „vyjmutých“ rovinných plných a prázdných vazbách. Ve výsledku se jedná o staticky neurčité rovinné prutové příhradové soustavy, jejichž zatížení vypočteme z příslušné zatěžovací šířky.

## Výpočtové modely:



**Obr. 3 Výpočtový 2D model krovu**




**Obr. 4 Výpočtový 3D model krovu**

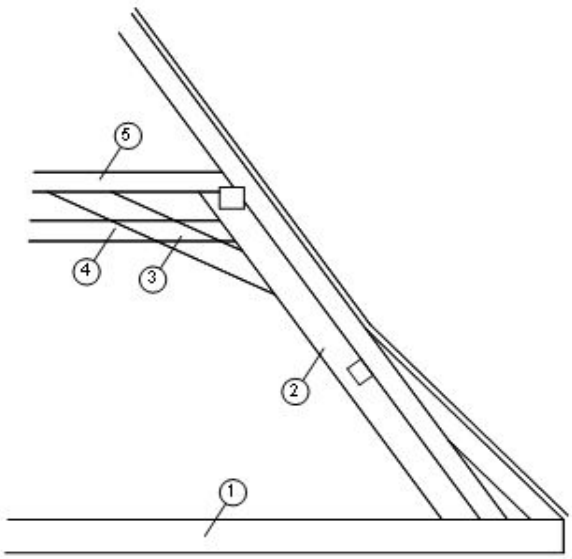
## 4. Základní mykologický průzkum

Zdravotní stav dřevěné konstrukce krovu je s ohledem k předchozí výměně střešního pláště dobrý - až překvapivě dobrý i přes průnik většího množství vlhkosti do prostoru konstrukce. (Obr 5.) Celkové poškození prvků je však max. do 5 % celkového objemu krovu, všechny hlavní konstrukční prvky jsou nadále schopné plnit svou funkci, kromě části plné vazby u jižní strany kostela. (Obr 6.)

**Obr. 5 Místo se zvýšenou vlhkostí**

**Obr. 6 Část krovu napadená Trámovkou plotní**

Na krovu bylo provedeno měření vlhkosti přístrojem VIVA. Hodnoty byly měřeny na hlavních částech krovu a v místech zjevného porušení dřevěných prvků od vlhkosti a jejich následků. Hodnoty tohoto měření jsou vyčísleny v tabulce (Tab 1.) a konkrétní místa měření jsou naznačena ve schématu. (Sch 1.)

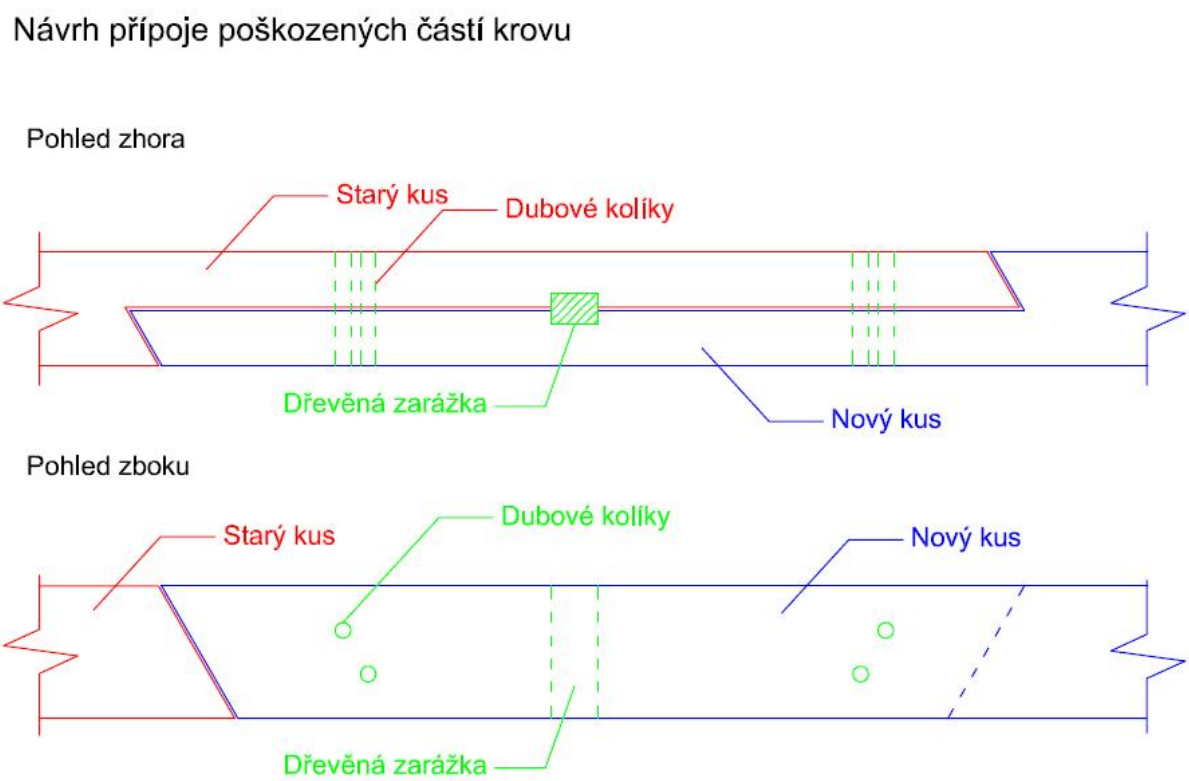



**Sch. 1**

| oz. | POPIS | VLHKOST [%] |
|---|---|---|
| 1 | VAZNÝ TRÁM | 15,7 |
| 2 | KROKEV | 17,4 |
| 3 | PÁSEK | 21,5 |
| 4 | VZPĚRA | 19,6 |
| 5 | HAMBÁLEK | 18,3 |

**Tab. 1**

Na krovové konstrukci bylo na několika místech, z odebraných vzorků, zjištěné napadení trámovkou plotní – (Gloeophyllum sepiarium). (Obr 6) Z důvodu napadení bude krov vyžadovat úplnou sterilizaci celé konstrukce následnou preventivní chemickou ochranou. Důležitá je také výměna již napadených částí. Na obr 6 můžeme vidět možnost napojení nového prvku na stávající trám.

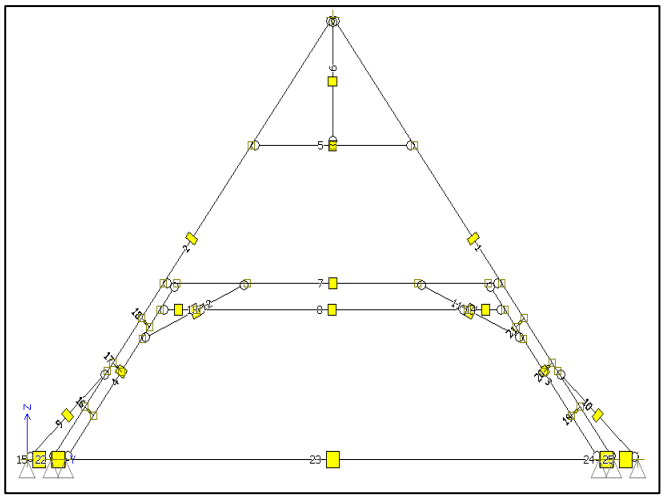



## Gloeophyllum sepiarium – Trámovka plotní

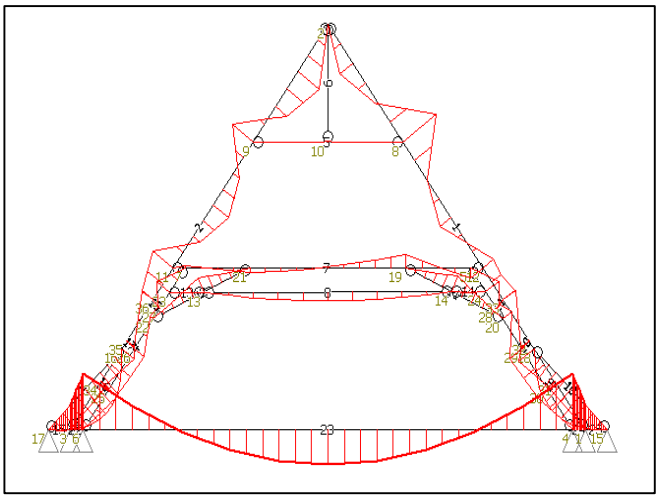
Výskyt vlhké místnosti, především sklepy, na půdách, kde zatéká nebo kde je dřevo ve styku s vlhkým zdivem. Vlhkost substrátu kolem 34-40%. Teplota prostředí v rozmezí mezi 5-45°C, nejintenzivněji při teplotě 31°C. Klobouk plodnice je rezavý až kaštanově hnědý, později černohnědý, má velikost 2-10mm, je tuhý, polokruhový až kruhovitý, vějířovitý, přirostlí ke dřevu. Trámovka plotní je velmi nebezpečná, rozkládá dřevo zevnitř, napadený trám je zvenku na první pohled neporušený a pevný, dřevo je kostkovitě rozpadlé uvnitř.

## 5. Výpočet konstrukce dle teorie druhého řádu

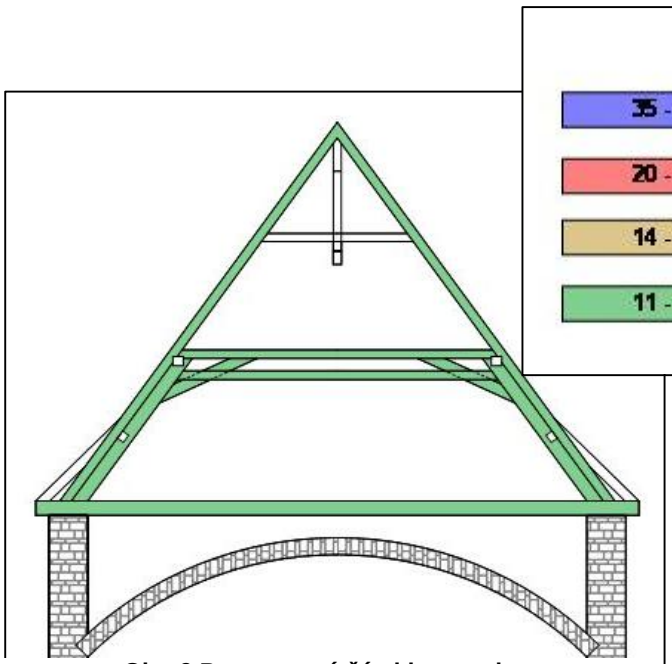
Pro zjištění rezerv nosné konstrukce krovu, provedli jsme výpočet střední a plné vazby softwarem FIN 10, modulem Fin 2D, a to dle teorie I. i II. řádu.



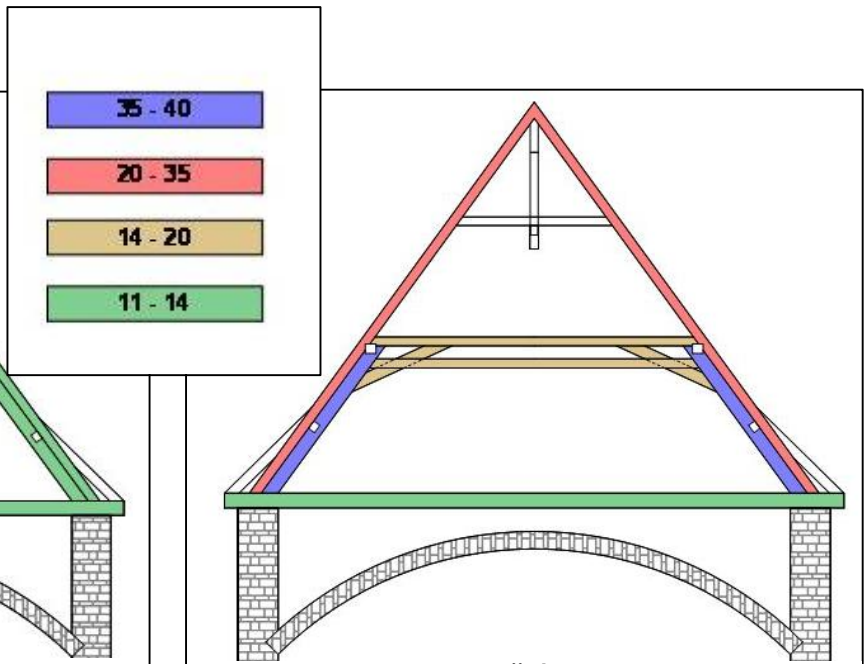
**Obr. 7 Statický model plné vazby**



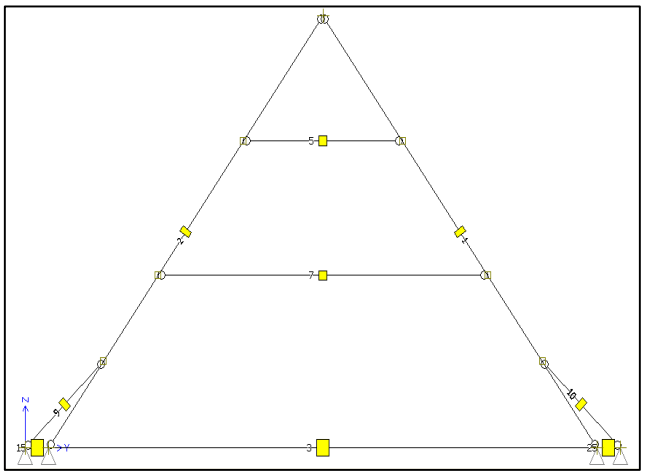
**Obr. 8 Průběh ohybových momentů dle teorie II. řádu**



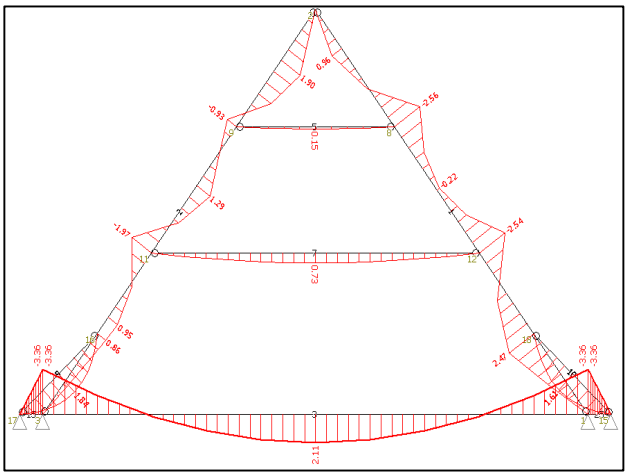
**Obr. 9 Posuzované části konstrukce**



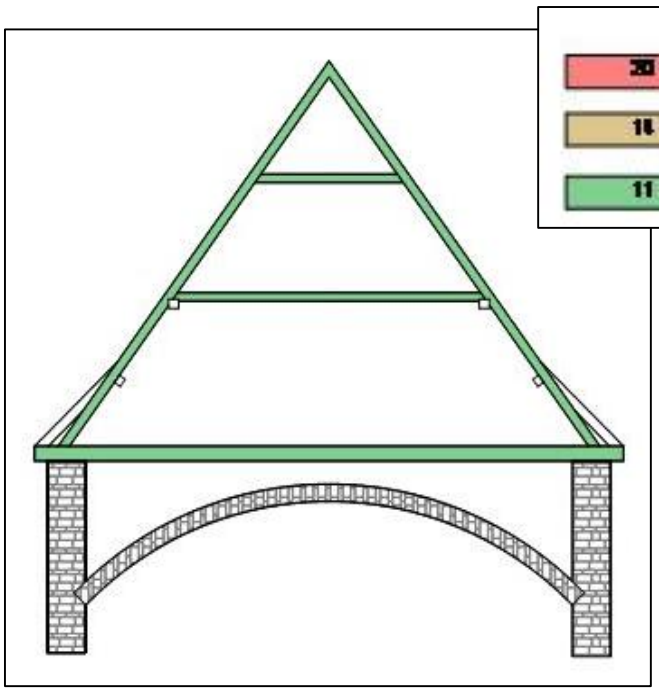

**Obr. 10 Max. využití konstrukce v %**



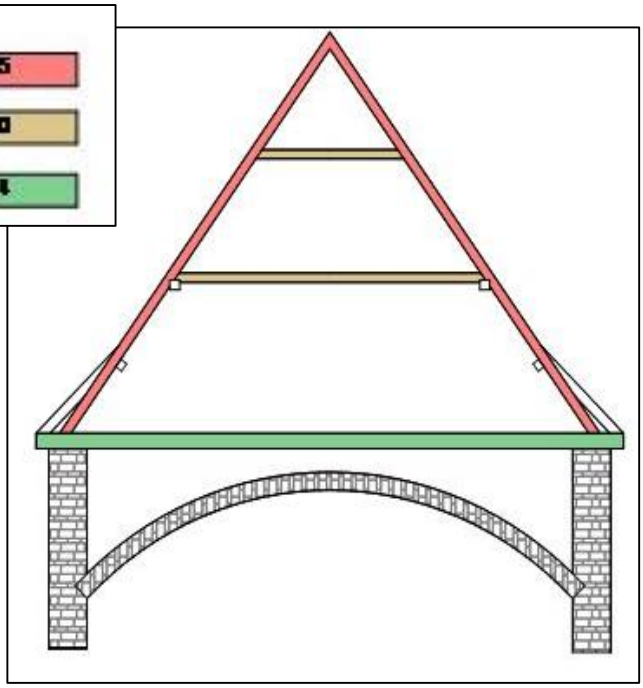
Obr. 11 Statický model pole



Obr. 12 Průběh ohybových momentů dle teorie II. řádu



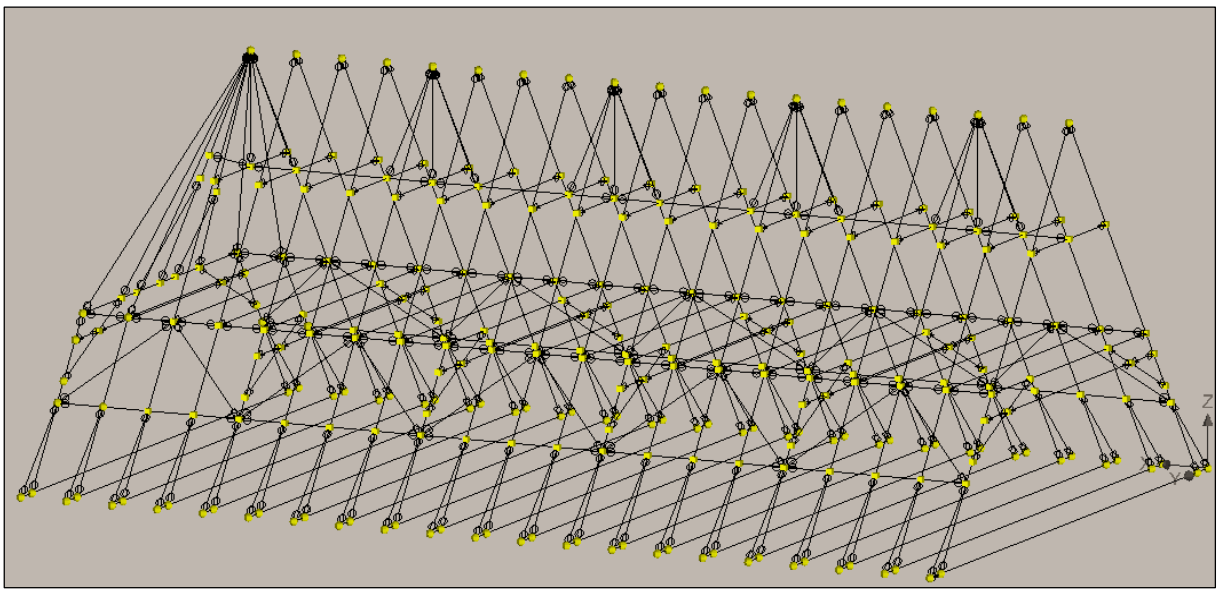

Obr. 13 Posuzované části konstrukce



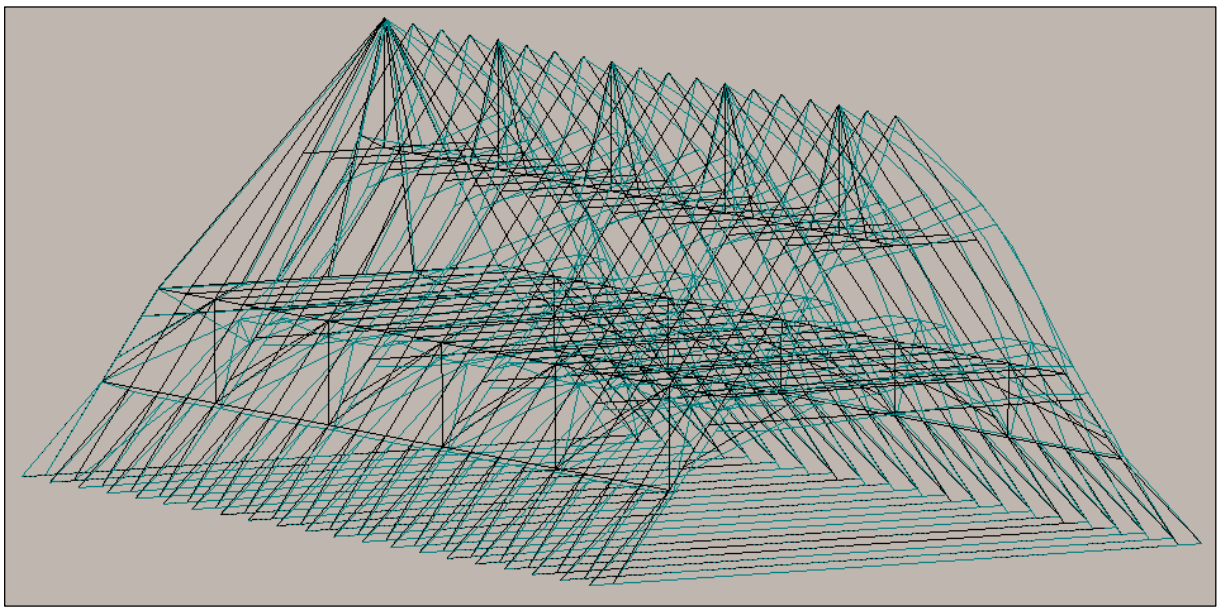
Obr. 14 Max. využití konstrukce v %

## 6. Posouzení stability konstrukce krovu jako celku

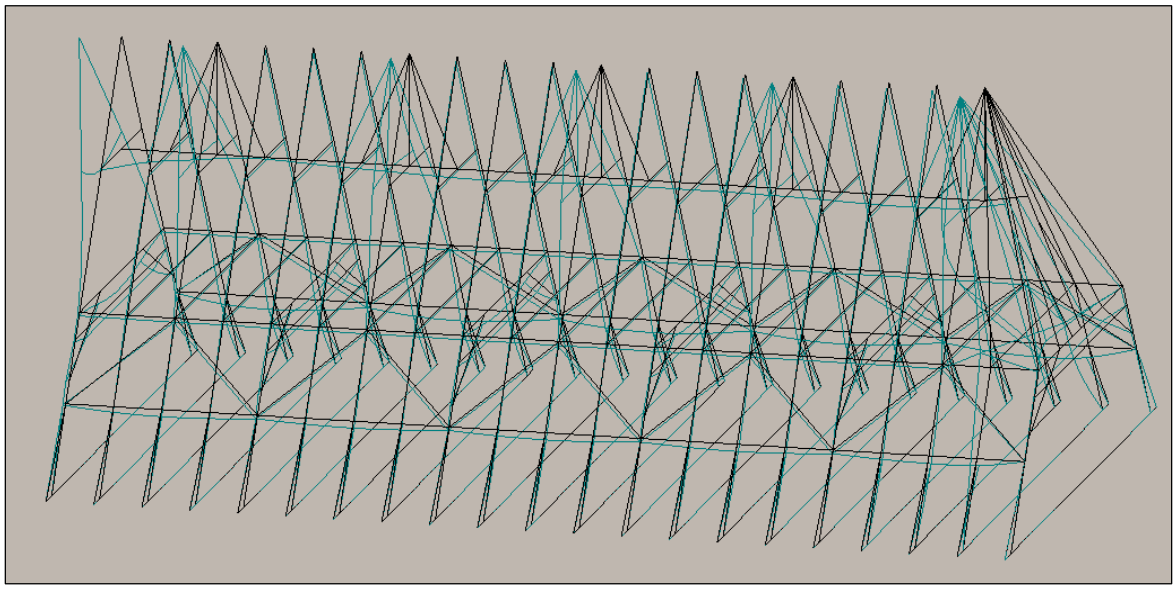
Stabilitní výpočet prostorové konstrukce byl proveden softwarem FIN 10, modulem Fin 3D, s uvážením lineární stability.



**Obr. 15 3D-Model 340 dílců a 296 styčníků**



**Obr. 16 Příčná deformace od kombinace zatížení**



**Obr. 17 Podélná deformace od kombinace zatížení**

Krov z dnešního technického hlediska se jeví jako značně předimenzován. Celková konstrukce má rezervu cca. 52%, dle současných návrhových norem. Většina prvků plní svou přesně předepsanou funkci. Velmi dobrým příkladem nám je zajištění stability, pomocí vhodně umístěných ondřejských křížů. Díky modelaci různých zatížení na 3D model můžeme říci , že celková stabilita a tuhost krovu je více jak dostačující.

## 7. Závěr

Dochovaný historický krov je působivým dokladem řemeslné dovednosti a konstrukčně-technické invence našich předků. Tvoří tak významný podíl v našem kulturním dědictví. Současně na něj můžeme nahlížet jako na cenný hmotný pramen historického studia, pramen, jehož kritický rozbor přináší zpravidla řadu údajů o vzniku a úpravách konkrétního architektonického či stavebního díla a zároveň rozšiřuje naše poznatky o stavební výrobě v příslušném časovém období.

Celkové technické provedení krovu po tesařské stránce je velmi kvalitní. Snad všechny námi zkoumané tesařské spoje a přípoje jsou velmi čistě a hlavně přesně opracovány. Což dokazuje velmi vysokou řemeslnou úroveň. I celkové opracování většiny prvků krovu je velmi kvalitní. Konstrukce celkově nevykazuje mnoho vad ani nedodělků ze strany řemeslného zpracování. Tato dobře odvedená práce se velkou měrou podílí na tom, že krov dokázal vzdorovat zubu času. Celá konstrukce krovu může plnit svou funkci ještě mnoho desítek let.

Práce na této analýze historického krovu Kostelu Panny Marie Andělské byla pro nás potěšením. Nyní jen doufejme, že i ostatní podobné historické krovy budou udržovány tak jako tento, aby jejich hodnota byla zachována i do budoucna. A snad i mi, touto prací, jsme k tomuto alespoň v malé míře přispěli.

**Poděkování:**

Především br. Markovi Sochovi za zpřístupnění celého krovu, velmi užitečné informace o kostelu a umožnění celkové prohlídky kláštera kapucínů. Rovněž finanční podporou výzkumného záměru **MSM 6840770001** bychom nechtěli opomenout**.**

**Literatura:**

1. FINE, s.r.o. FIN 2D, FIN 3D, www.fine.cz, 2007