

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

Fakulta stavební
Katedra mapování a kartografie

Diplomová práce

**Měřická dokumentace krovu barokního divadla
zámku v Českém Krumlově**

2004

Alena Keilová

Prohlašuji, že jsem vypracovala celou diplomovou práci samostatně.

V Kralupech n. Vlt., únor 2004

.....
Alena Keilová

Na tomto místě bych ráda poděkovala Nadaci barokního divadla zámku Český Krumlov za finanční příspěvek, Ivě Růžičkové za pomoc při měření a Ph.D. J. Hodačovi za návrhy a připomínky týkající se vypracování této diplomové práce.

Obsah

1. Úvod	5
1.1 Cíl diplomové práce	5
1.2 Podklady	5
2. Popis krovu	5
2.1 Historie	5
2.2 Typologie	6
2.3 Terminologie	8
3. Měřické práce	11
3.1 Použitá technologie a přístrojové vybavení	11
3.2 Bodové pole	11
3.3 Zaměření podrobných bodů	12
4. Výpočty	13
4.1 Výpočet polygonového pořadu a rajonů	13
4.2 Výpočet podrobných bodů	15
4.3 Zhodnocení přesnosti	15
4.3.1 Přesnost polygonového pořadu	15
4.3.2 Přesnost rajonů	17
4.3.3 Přesnost podrobných bodů	18
5. Zpracování naměřených dat	18
5.1 Založení výkresu	18
5.2 Import bodů z programu Groma	19
5.3 3D prvky	19
5.4 Vrstvy	20
5.5 Tvorba prostorového modelu	20
5.6 Vizualizace	22
5.6.1 Rendering	22
5.6.2 Definice a přiřazení materiálů	23
5.7 Animace	23
5.8 Zhodnocení přesnosti modelu	24
5.9 Tvorba 2D výkresů	25
6. Závěr	28
7. Literatura	29
8. Obsah CD	30
9. Seznam příloh	31

1. Úvod

1.1 Cíl diplomové práce

Tato diplomová práce je součástí komplexního zaměření barokního divadla v Českém Krumlově. Cílem celého projektu je vytvoření digitálně zpracovaného 3d modelu, který bude sloužit Nadaci barokního divadla k prezentaci, bádání a vytváření simulací pohybu kulis a rumpálů. Projekt probíhá ve spolupráci Laboratoře fotogrammetrie Katedry mapování a kartografie, Správy zámku Český Krumlov a Nadace barokního divadla. V předchozích etapách bylo provedeno zaměření horního a dolního provaziště, hlediště a jeviště, v současné době probíhá zpracování exteriéru.

Úkolem této diplomové práce je zaměření krovu budovy divadla. Přestože neslouží k divadelním účelům, je důležitou součástí budovy a původní (spodní) část krovu je dokumentací výstavby krovů v polovině 18. století.

1.2 Podklady

Byla zapůjčena dokumentace od Ing. Arch. V. Girsy. Dokumentace obsahuje projekt přestavby divadla ze 70. let 20.století. Soubory s naskenovanými výkresy jsou pojmenovány 4.cit až 15.cit.

Vzhledem k návaznosti na dříve zpracovaná spodní patra byla použita diplomová práce Davida Košťála z roku 2001.

Současně se zaměřením krovu byla pořízena fotodokumentace (v digitální formě na CD v adresáři *fotodokumentace*), jejíž část je uvedena v příloze č. 1.

2. POPIS KROVU

2.1 Historie

Barokní divadlo, které se nachází na 5. nádvoří zámku v Českém Krumlově, je unikátní, kompletně dochovanou barokní divadelní scénou [1]. Budovu divadla nechal postavit v roce 1680 kníže Jan Kristián z Eggenberku v době, kdy dosud používané sály krumlovského zámku svou kapacitou již nestačily pro divadelní účely. Autor plánu divadla není jednoznačně určen, ale stavební práce řídili italští stavitelé Giacomo Antonio de Maggi a Giovanni Maria Spinetti, později Giovanni Canevalle. Tesařské práce na krovu provedl Laurentius Khuenmihner. Největší objem prací byl proveden do roku 1683.

Do poloviny 18. století se stav divadla natolik zhoršil, že musel v roce 1762 kníže Jan Adam ze Schwarzenberku nechat divadelní budovu přestavět. Plány na barokní přestavbu připravil pravděpodobně Andreas Altomonte, tesařské práce provedl Laurentius Makh. Při rekonstrukci byly posunuty hlavní zdi, proto byl nový krov udělán užší. Stará sedlová střecha o jednom hřebenu byla nahrazena střechou se dvěma hřebeny. Kromě střechy byla stržena i stará zahradní chodba, nová byla dokončena v roce 1767.

Z roku 1879 se dochoval plán na opravu divadla. Podle něj byly v krovu vyměněny vadné trámy.

Poslední oprava byla provedena v letech 1980 až 1984. Při ní byly ošetřeny tesařské konstrukce krovu a krov byl vztyčen do původní konstrukce sedlového krovu. Stav před opravou je na obr. 1.

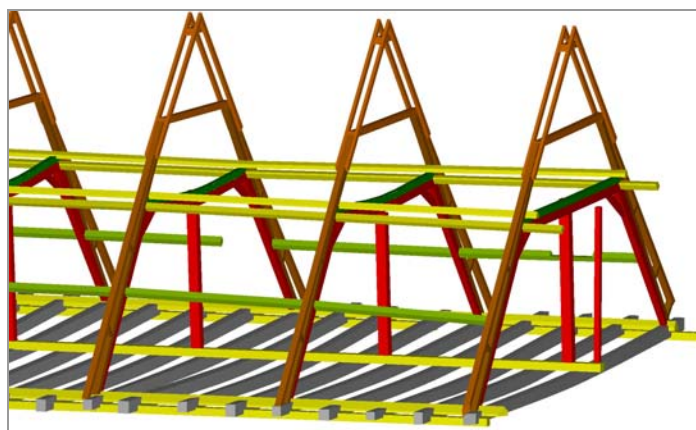


Obr. 1 Stav krovu před poslední úpravou, převzato z [2]

2.2 Typologie

Typologie krovu je převzata z [3].

Krov v barokním divadle v Českém Krumlově je podélně vázaný krov – hambalkový s ležatou stolicí. Pro tento typ krovu je charakteristické, že stolice podélného vázání v něm tvoří samostatnou konstrukci spočívající na vazných tráměch v plných vazbách. Tato konstrukce je samonosná (obr. 2). Krokve a hambalky jsou na této podpůrné stoličce uloženy, aniž by s ní byly tesařsky provázány.



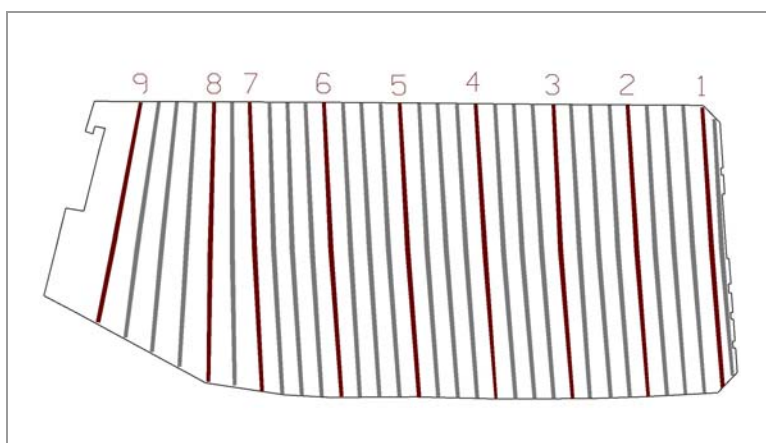
Obr. 2 Stolice podélného vázání

Krov s ležatou stolicí byl odvozen z hambalkového krovu s dvojitou stojatou stolicí. Nové technické řešení ulehčuje vazným trámům tím, že se skloněné sloupce opírají do vazných trámů v blízkosti jejich podepřených konců. Hlavy šikmých sloupků jsou proti sobě rozepřeny vodorovnou rozpěrou, příčnou

vazbu doplňují pásy ztužující rámové rohy tvořené rozpěrou a sloupky. Uprostřed je vodorovná rozpěra podepřena sloupkem. Zavětrování v podélném směru se přesouvá do rovin vymezených šikmými sloupky a skládá se z vodorovných rozpěr, šikmých vzpěr podélného ztužení a z horních (převázkových) a spodních (prahových) vaznic.

Krov tvoří 32 příčných vazeb, z toho 9 je plných (obr. 3). Plné vazby jsou nosné, zapojené do prostorového systému podélného vázání, mezilehlé vazby mají hambalky podporované pomocí podélných prvků stolic. V krovu se nevyskytují jalové vazby, to znamená, že všechny příčné vazby mají vazné trámy. Ty jsou na obvodové zdivo uloženy prostřednictvím pozednic.

Východní část krovu tvoří valba, na západní straně navazuje na budovu divadla Renesanční dům a krov je zakončen štítem.



Obr. 3 Rozložení plných vazeb v krovu

2.3 Terminologie

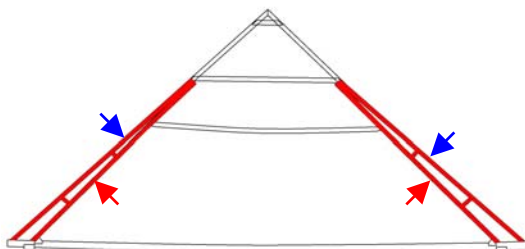
V následujícím textu jsou vysvětleny pojmy používané v diplomové práci. V ilustracích umístěných pod popisem jsou vyznačeny červenou barvou. Terminologie je převzatá z [3].

Příčná vazba

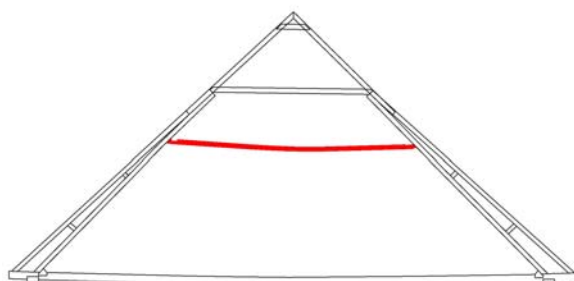
- *Krokve* – šikmé párové prvky krovu nesoucí střešní plášť, v nárožích střechy jsou nárožní krokve, k nim se připojují zkrácené krokve, neboli šifty (červené šipky)

Námětkové krokve (modré šipky)

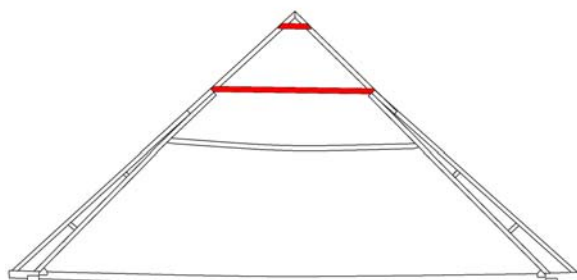
Rozpěra – vodorovný prvek začepovaný mezi nosné prvky



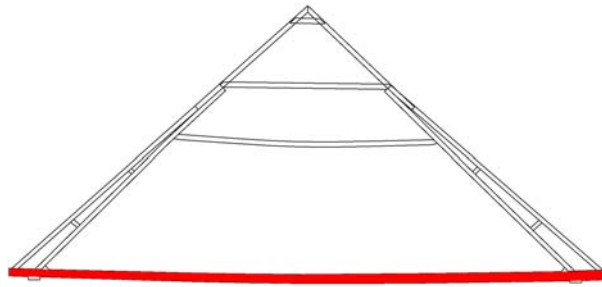
- *Hambalek* – vodorovný trám, slouží k podpoře a provázání krokví



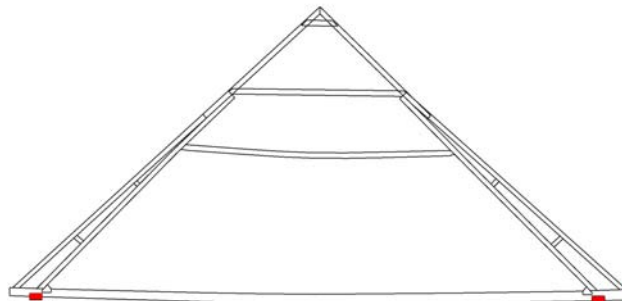
- *Kleština* – prvek sloužící k přenášení tahových sil v horizontálním směru



- *Vazný trám* – hlavní nosník v příčné vazbě



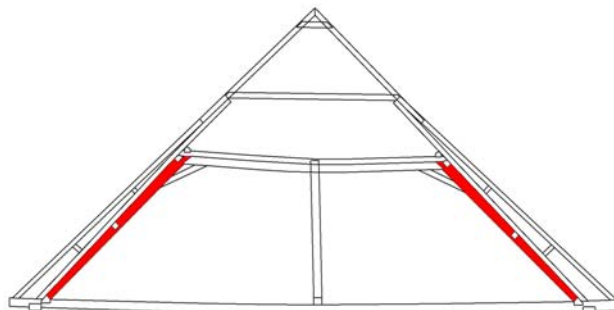
- *Pozednice* – prvek uložený na koruně obvodového zdiva, na které přenáší a roznáší tlaky spodních trámů konstrukce krovu, zvláště vazných trámů



Příčná plná vazba

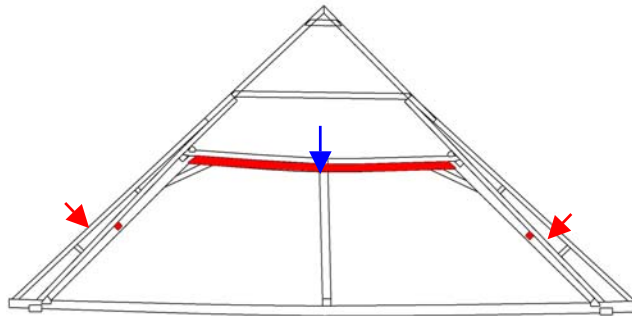
Ležatou stolicí tvoří ležaté sloupky, vodorovné rozpěry v příčném a podélném směru, pásy v příčném směru, horní a spodní (prahová) vaznice.

- *Ležaté sloupky*



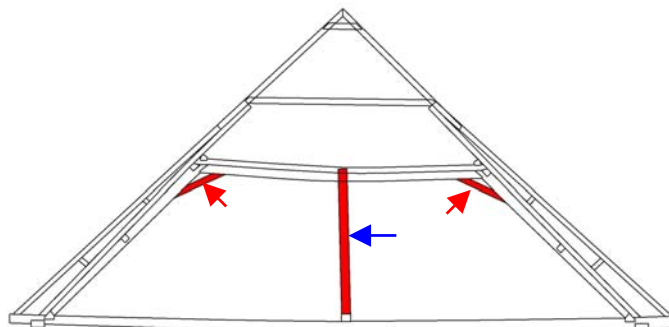
- *Podélná rozpěra* – vodorovný prvek zajišťující tuhost prostorové soustavy v podélném směru (červené šipky)

Příčná rozpěra - vodorovný prvek přenášející u ležaté stolice tlakové síly mezi ležatými sloupky (modrá šipka)



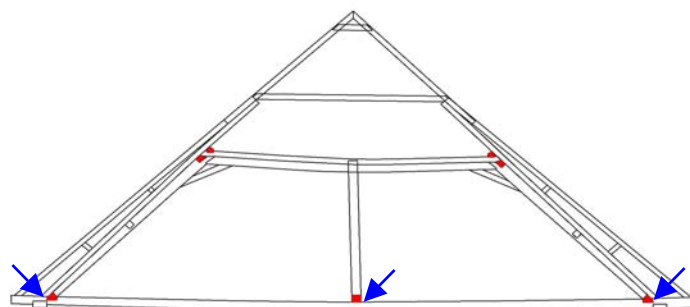
- *Šikmá vzpěra (pásek)* – šikmo orientovaný prvek ztužující rámové rohy tvořené rozpěrou a sloupky, je do nich začepovaný (červené šipky)

Věšák - svislý dřevěný prvek, na kterém jsou zavěšeny hambalky a vazný trám (modrá šipka)



- *Vaznice* – prvek orientovaný rovnoběžně s hřebenem, nese krokve

Práh – horizontální prvek umístěný na vazné trámy kolmo na jejich směr, slouží k usazení sloupků stolic a zavětrování (modré šipky)



Mimo vazby

Zavětrování – dřevěný prvek přibitý na spodní stranu krokví šikmo k hraně okapu, slouží jako podélné ztužení

3. MĚŘICKÉ PRÁCE

3.1 Použitá technologie a přístrojové vybavení

Vzhledem k velké členitosti a nepřehlednosti prostoru bylo nutno k zaměření zvolit geodetickou metodu. K připojení na stávající body místní měřické sítě, která byla vybudována v předchozích etapách zaměření barokního divadla, byl zvolen oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad. K zaměření podrobných bodů byla použita polární metoda. Vzhledem k obtížné přístupnosti některých podrobných bodů bylo zaměření provedeno totální stanicí **Trimble 3600** s pasivním odrazem.

Přístroje:

Totální stanice Trimble 3600

Hliníkový stativ 3x

Odrazný hranol Zeiss (konstanta + 30 mm) s výtyčkou

Odrazný hranol Meopta (konstanta + 0 mm)+ třínožka

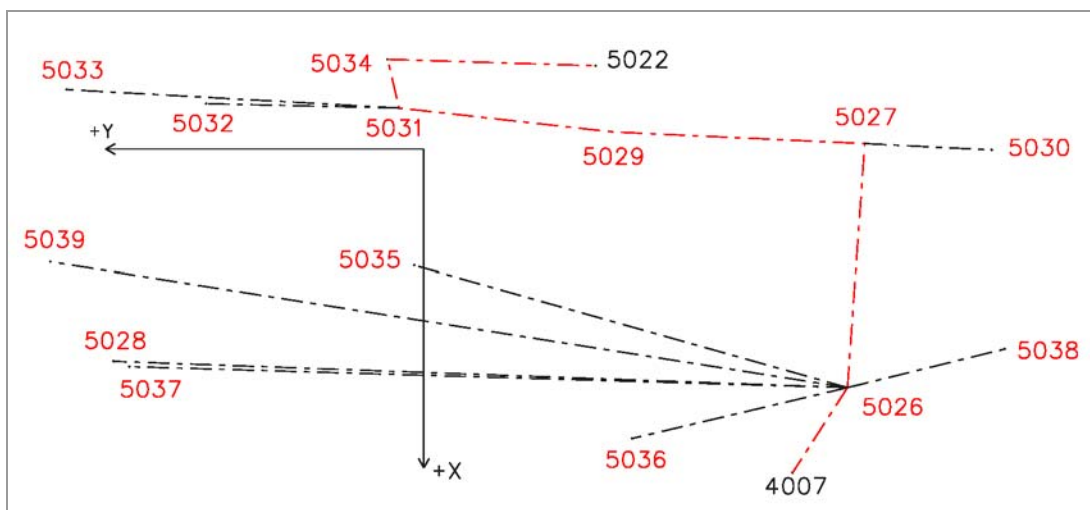
Pásmo 20 m

Dvoumetr

3.2 Bodové pole

V prostoru horního provaziště byly pomocí místopisů [4] vyhledány body stávající měřické sítě a byla ověřena jejich poloha. V prostoru krovu byly s ohledem na další měření vybrány a stabilizovány nové body pomocí napínáčků a vyhotoveny jejich místopisy (Příloha č. 2). Bylo zřízeno 5 bodů polygonového pořadu (5026, 5027, 5029, 5031, 5034) a 9 rajonů (9028, 9030, 9032, 9033, 9035, 9036, 9037, 9038, 9039) (obr. 4). Body 5031, 5035, 5036, 5038 a 5039 byly vybrány tak, aby nedošlo k jejich zničení při úpravě podlahy, která v současné době v prostoru krovu probíhá.

Polygonový pořad byl zaměřen pomocí dvojpodstavcové soustavy.



Obr. 4 Schéma polygonového pořadu a rajonů

3.3 Zaměření podrobných bodů

Podrobné body byly zaměřeny polární metodou. Před zahájením měření bylo rozhodnuto, které prvky bude - s ohledem na důležitost jejich přesné polohy - nutné zaměřit všechny (např. krokve) a které bude možné následně zkonstruovat pouze z několika zaměřených exemplářů, obvykle zvolených v plných vazbách. Mimo plné vazby nebyly měřeny námětkové krokve, rozpěry mezi krokvemi a námětkovými krokvemi a sloupky chodby.

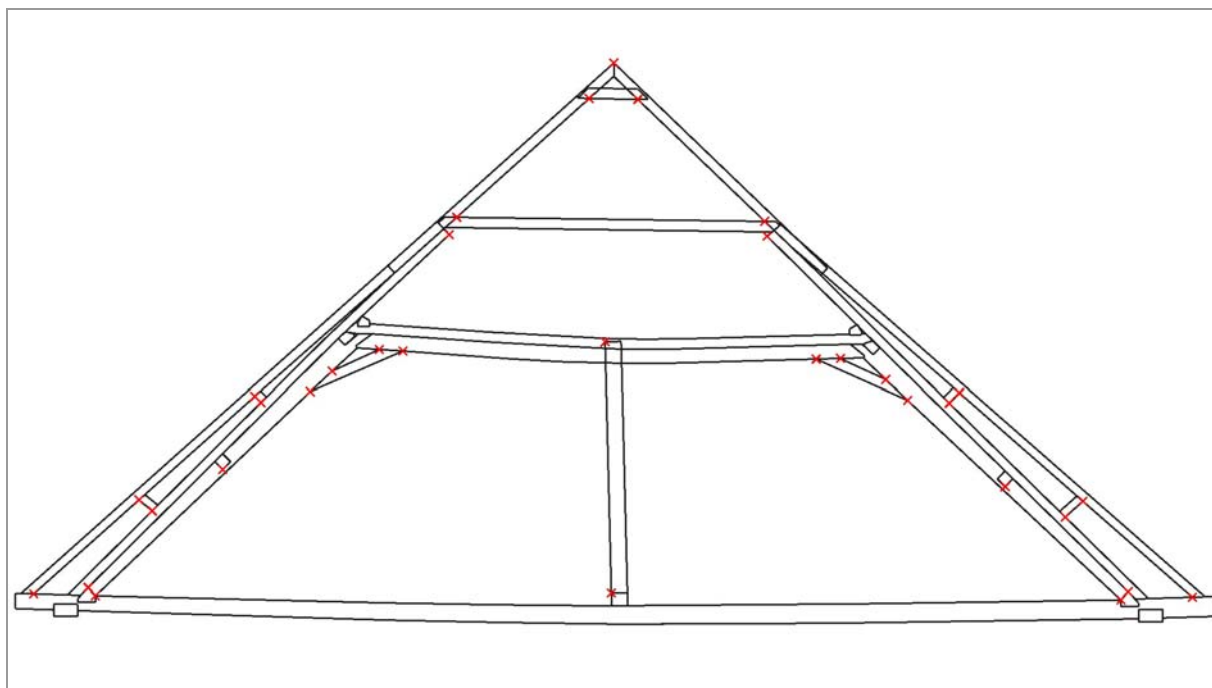
Body byly volené tak, aby bylo jednoznačně určené umístění jednotlivých prvků v prostoru. Pro určení rozměru byla zvolena metoda konstrukčních oměrných. U opakujících se prvků (krokve, námětky, hambalky, rozpěry aj.) bylo změřeno několik exemplářů a pro zpracování byla zvolena průměrná hodnota.

Prvky, u kterých bylo nutno zaznamenat průhyb, byly měřené na obou koncích a uprostřed. Tímto způsobem byly zaměřeny krokve, příčné rozpěry a hambalky.

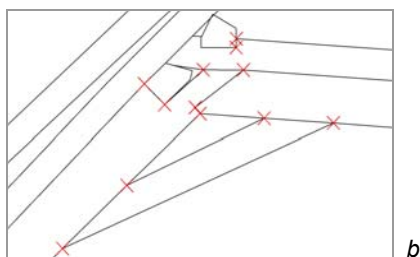
Celkově bylo zaměřeno 1377 podrobných bodů.

Zaměření plných vazeb:

Plné vazby byly zaměřeny vždy z jedné strany. Pouze 8. plná vazba, která se nachází v místě, kde dochází k zakřivení krovu, byla zaměřena z obou stran. Měřené body v plných vazbách jsou vyznačeny na obr. 5.



a



b

Obr. 5 Měřené body v plných vazbách, a – celkový pohled, b - detail

4. VÝPOČTY

Souřadnice polygonového pořadu, rajonů a podrobných bodů byly vypočteny v místní soustavě, zvolené v předchozích etapách zaměření divadla [4]. Počátek místní souřadné soustavy je v bodě 5010 a osa +X prochází bodem 5013.

4.1 Výpočet polygonového pořadu a rajonů

Výpočet byl proveden v programu Groma (verze 6.0). Měřená data byla pomocí softwaru GDMLink převedena do programu Groma (*KRUMLOV.job*) a vytvořen soubor měření *KRUMLOV.mes*. Současně s vytvářením souboru měření byly automaticky převedeny šikmé délky na vodorovné. Dále byly v souboru *KRUMLOV.mes* opraveny hrubé chyby a zpracována opakovaná měření.

K výpočtu polygonového pořadu slouží v programu Groma dialogové okno **Polygonový pořad**. Měření bylo pomocí funkce na záložce **Vstupy/výstupy** načteno ze zápisníku a na počátečním a koncovém bodě byly nastaveny vhodné kombinace orientací. Polygonový pořad byl počítán jako

oboustranně připojený a orientovaný. Na záložce **Výsledky** byl zvolen způsob vyrovnání transformací a bylo zatrženo políčko pro výškový výpočet. Výsledné parametry polygonového pořadu jsou uvedeny v tabulce 1.

Pro výpočet polygonového pořadu byl použit pouze soubor *KRUMLOV.mes*. Soubory měření *KRUMLOV2.mes* a *KRUMLOV3.mes* obsahují pouze měření potřebné pro výpočet podrobných bodů.

Tabulka 1: Parametry polygonového pořadu:

Délka pořadu	40.386 m
Úhlová odchylka	-0.0007 g
Odchylka Y/X	0.004m / -0.010 m
Polohová odchylka	0.010 m
Největší / nejmenší délka v pořadu	9.545 m / 1.886 m
Max. poměr sousedních délek	1 : 4.29
Největší rozdíl 2x měřené délky	0.002 m

Polygonový pořad splnil očekávanou přesnost.

Z nově určených bodů polygonového pořadu byly spočítány polární metodou rajony. Na všech bodech bylo měřeno více orientací a pro výpočet byly zvoleny jejich nejvhodnější kombinace. Bod č. 5033 byl spočítán s ohledem na špatnou viditelnost v zadní části krovu dvakrát (jednou z bodu polygonového pořadu a jednou z rajonu) a výsledné souřadnice byly určeny jako průměr.

Protokoly o výpočtu polygonového pořadu a rajonů jsou uvedeny v souborech *polygon.pro* a *rajony.pro* a v příloze č. 3.

Seznam souřadnic bodů polygonového pořadu a rajonů je v tabulce 2 a v digitální podobě je uložen v souboru *polygon.crd* (*polygon.txt*).

Tabulka 2: Souřadnice bodů polygonového pořadu a rajonů :

Číslo bodu	Y[m]	X[m]	Z[m]	popis
5026	84,013	108,975	110,160	
5027	83,359	99,794	110,152	
5028	111,710	107,986	109,970	rajon (zničen)
5029	92,899	99,352	110,112	
5030	78,564	100,034	110,264	rajon
5031	100,936	98,451	110,120	
5032	108,221	98,289	109,875	rajon
5033	113,474	97,753	109,916	rajon
5034	101,367	96,614	108,299	
5035	100,366	104,377	110,246	rajon
5036	92,146	110,897	110,148	rajon
5037	111,111	108,188	109,969	rajon
5038	78,082	107,520	110,184	rajon
5039	114,095	104,244	110,145	rajon

4.2 Výpočet podrobných bodů

K výpočtu podrobných bodů byla použita úloha **Polární metoda dávkou**. Byl zvolen vstupní a výstupní soubor a zaškrtnuto políčko Editovat orientace. Po spuštění výpočtu byly vybrány nejvhodnější kombinace orientací.

Souřadnice podrobných bodů jsou v souboru *podrbod.crd* (*podrbod.txt*) a protokol o jejich výpočtu v souboru *podrbod.pol*. Vzhledem k velkému množství bodů není seznam souřadnic ani protokol o výpočtu součástí dokumentace v papírové podobě.

4.3 Zhodnocení přesnosti

4.3.1 Přesnost polygonového pořadu

Pro n-tý bod volného polygonového pořadu se souřadnicemi X_n , Y_n , Z_n platí [5]:

$$X_n = X_1 + s_{1,2} * \cos(\sigma_{1A} + \omega_1) + s_{2,3} * \cos(\sigma_{1A} + \omega_1 + \omega_2 - 200) + \dots + s_{n-1,n} * \cos(\sigma_{1A} + \sum_{i=1}^{n-1} \omega_i - (n-2) * 200)$$

$$Y_n = Y_1 + s_{1,2} * \sin(\sigma_{1A} + \omega_1) + s_{2,3} * \sin(\sigma_{1A} + \omega_1 + \omega_2 - 200) + \dots + s_{n-1,n} * \sin(\sigma_{1A} + \sum_{i=1}^{n-1} \omega_i - (n-2) * 200)$$

$$Z_n = Z_1 + \sum_{i=1}^{n-1} (vs_i - vc_{i+1} + d_{i,j+1} \cdot \cos z_{i,j+1})$$

Ve vzorcích platí následující označení:

s ... vodorovná vzdálenost,

d ... šikmá vzdálenost,

vs ... výška stroje,

c ... výška cíle,

ω ... levostranný vrcholový úhel,

σ ... směrnik.

Vliv podkladu není znám, proto můžeme uvažovat skutečné chyby $\epsilon X_1 = 0$, $\epsilon Y_1 = 0$, $\epsilon Z_1 = 0$.

Dále platí: $m_{s1,2} = m_{s2,3} = \dots = m_{sn-1,n} = m_s = m_d = 0,0015$ m, m_s je střední chyba dvakrát měřené délky,

$m_{\omega 1} = m_{\omega 2} = \dots = m_{\omega n-1} = m_{\omega} = 1,5$ mgon, m_{ω} je střední chyba úhlu,

$m_{vs} = m_{vc} = m_v = 1$ mm, m_v je střední chyba určení výšky hranolu (stroje),

$m_{z1,2} = m_{z2,3} = \dots = m_{zn-1,n} = m_z = 1,5$ mgon, m_z je střední chyba zenitové vzdálenosti.

Hodnoty m_s , m_{ω} , m_v , m_z byly zvoleny dle použitých měřických pomůcek.

Po přechodu na střední chyby:

$$m_{X_n}^2 = \left(\sum_{j=2}^n \cos^2 \left(\sigma_{1A} + \sum_{i=1}^{j-1} \omega_i - (j-2) \cdot 200 \right) \right) \cdot m_s^2 + \left(\sum_{k=2}^n s_{k-1,k}^2 \cdot \sin^2 \left(\sigma_{1A} + \sum_{l=1}^{k-1} \omega_l - (k-2) \cdot 200 \right) \cdot (k-1) \right) \cdot \frac{m_{\omega}^2}{\rho^2}$$

$$m_{Y_n}^2 = \left(\sum_{j=2}^n \sin^2 \left(\sigma_{1A} + \sum_{i=1}^{j-1} \omega_i - (j-2) \cdot 200 \right) \right) \cdot m_s^2 + \left(\sum_{k=2}^n s_{k-1,k}^2 \cdot \cos^2 \left(\sigma_{1A} + \sum_{l=1}^{k-1} \omega_l - (k-2) \cdot 200 \right) \cdot (k-1) \right) \cdot \frac{m_{\omega}^2}{\rho^2}$$

$$m_{Z_n}^2 = 2 \cdot (n-1) \cdot m_v^2 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \cos^2 z_{i,j+1} \right) \cdot m_s^2 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} d_{i,j+1}^2 \cdot \sin^2 z_{i,j+1} \right) \cdot \frac{m_z^2}{\rho^2},$$

$$m_{XY}^2 = m_X^2 + m_Y^2,$$

kde m_X , m_Y , m_Z jsou střední chyby v jednotlivých souřadnicích a m_{XY} je střední chyba v poloze.

Výsledné hodnoty rozboru přesnosti bodů polygonového pořadu (středních chyb) jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Výsledné hodnoty:

Číslo bodu	m_x [m]	m_y [m]	m_z [m]	m_{xy} [m]
5026	0,0013	0,0008	0,0016	0,0015
5027	0,0020	0,0009	0,0021	0,0022
5029	0,0020	0,0017	0,0025	0,0026
5031	0,0020	0,0023	0,0029	0,0030
5034	0,0025	0,0023	0,0033	0,0034

4.3.2 Přesnost rajonů

Pro výpočet přesnosti rajonů vyjdeme ze vzorců:

$$X_R = X_A + s_{AR} \cdot \cos(\sigma_{AB} + \omega_1)$$

$$Y_R = Y_A + s_{AR} \cdot \sin(\sigma_{AB} + \omega_1)$$

$$Z_R = Z_A + v_S + d_{AR} \cdot \cos z_{AR} - v_C$$

X_R, Y_R, Z_R jsou souřadnice rajonu, souřadnice X_A, Y_A, Z_A jsou souřadnice bodu polygonového pořadu.

V tomto případě nemůžeme vliv podkladu zanedbat, a proto platí:

$$m_{X_R}^2 = \cos^2 \sigma_{AR} \cdot m_s^2 + s_{AR}^2 \cdot \sin^2 \sigma_{AR} \cdot \frac{m_\omega^2}{\rho^2} + \left(1 - \frac{s_{AR} \cdot \sin \sigma_{AR} \cdot \sin \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot m_{X_A}^2 +$$

$$+ \left(\frac{s_{AR} \cdot \sin \sigma_{AR} \cdot \cos \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot (m_{Y_B}^2 + m_{Y_A}^2) + \left(\frac{s_{AR} \cdot \sin \sigma_{AR} \cdot \sin \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot m_{X_B}^2$$

$$m_{Y_R}^2 = \sin^2 \sigma_{AR} \cdot m_s^2 + s_{AR}^2 \cdot \cos^2 \sigma_{AR} \cdot \frac{m_\omega^2}{\rho^2} + \left(1 - \frac{s_{AR} \cdot \cos \sigma_{AR} \cdot \cos \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot m_{Y_A}^2 +$$

$$+ \left(\frac{s_{AR} \cdot \cos \sigma_{AR} \cdot \sin \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot (m_{X_B}^2 + m_{X_A}^2) + \left(\frac{s_{AR} \cdot \cos \sigma_{AR} \cdot \cos \sigma_{AB}}{s_{AB}}\right)^2 \cdot m_{Y_B}^2$$

$$m_{Z_n}^2 = 2 \cdot (n-1) \cdot m_v^2 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \cos^2 z_{i,i+1}\right) \cdot m_s^2 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} d_{i,i+1}^2 \cdot \sin^2 z_{i,i+1}\right) \cdot \frac{m_z^2}{\rho^2}$$

Vypočtené hodnoty jsou v příloze č. 4.

4.3.3 Přesnost podrobných bodů

Pro výpočet přesnosti podrobných bodů bylo použito vzorců uvedených v kapitole 4.3.2. Bylo zvoleno 10 podrobných bodů měřených z různých stanovisek.

Podle výsledků uvedených v příloze č. 4 můžeme říci, že zvolená metoda vyhovuje požadované přesnosti.

5. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

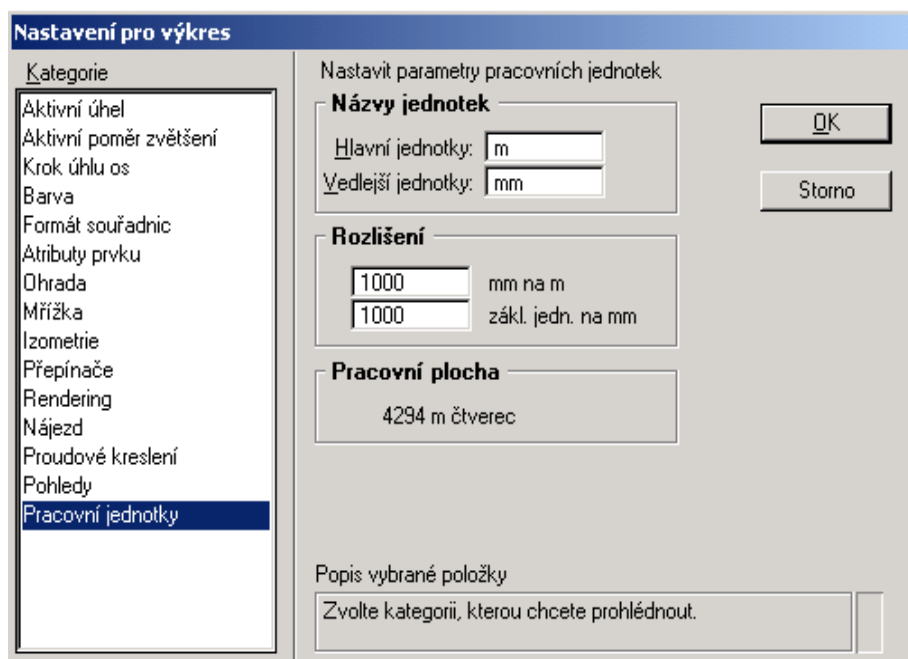
5.1 Založení výkresu

Pro tvorbu prostorového modelu byl s ohledem na předchozí práce zvolen grafický systém MicroStation (verze 7). Je produktem firmy Bentley Systems, Inc. a patří do skupiny grafických programů souhrnně označovaných jako CAD systémy. MicroStation umožňuje pracovat s objekty v rovině i prostoru, vizualizovat je, případně vytvářet animace.

Po spuštění programu MicroStation se otevře okno **MicroStation manažer**, ve kterém je možné buď otevřít existující výkres, nebo založit nový. Vytvořit nový výkres je možné po spuštění aplikace **Soubor** → **Nový** a zvolení základního výkresu.

Pro vytvoření výkresů *krov.dgn* a *body.dgn* byl použit základní výkres **seed3d.dgn**.

Po otevření výkresu je nutné nejprve nastavit parametry výkresu. Nastavení pracovních jednotek se provede v nabídce **Nastavení** → **Výkres** → **Pracovní jednotky** (obr. 6). Pracovní jednotky byly nastaveny s ohledem na předchozí etapy zaměření barokního divadla. Při volbě jiného rozlišení by mohlo dojít k problémům při spojování výkresů.



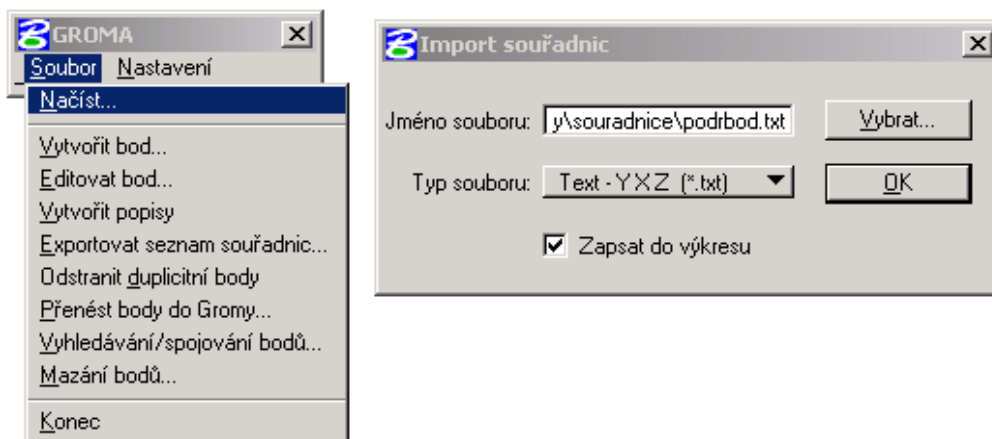
Obr. 6 nastavení pracovních jednotek

5.2 Import bodů z programu Groma

Import bodů z programu Groma do MicroStationu se provádí pomocí jazyka MDL. Propojení programu MicroStation s Gromou je popsáno v Gromě v adresáři Support jednotlivě pro různé verze MicroStationu.

Groma se v MicroStationu spouští v nabídce **Pomůcky** → **Aplikace MDL** → **Dostupné aplikace** → **Groma**. Po spuštění se objeví dvě dialogová okna. Jedno umožňuje běžnou práci v programu Groma, druhé slouží pro načítání bodů. Nejprve je potřeba v tomto okně provést nastavení atributů zobrazení bodů (**Nastavení** → **Atributy**) a nastavení souřadnic (**Nastavení** → **Souřadnice**). Pro práci v místní soustavě divadla je potřeba zaměnit souřadnice X a Y zaškrtnutím příslušného políčka a koeficient pro X a Y nastavit na -1 .

Body je možné načítat jednotlivě nebo může být z nabídky **Soubor** → **Načíst** načten celý soubor (obr. 7).

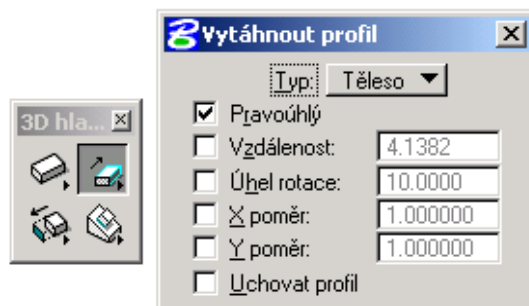


Obr. 7 Import podrobných bodů

Seznam souřadnic podrobných bodů *podrbod.txt* byl podle uvedeného postupu načten do výkresu *body.dgn*.

5.3 3D prvky

Program MicroStation nabízí dva základní typy 3d prvků – plochu a těleso. Vzhledem k tomu, že konstrukci krovu tvoří převážně trámy, bylo zvoleno jako vhodnější typ těleso. Těleso je možné konstruovat následujícími způsoby: umístěním základních těles, vytažením profilu (obr. 8), rotací profilu nebo vytažením podél trasy.



Obr. 8 Tvorba těles, vytažení profilu

Výsledné těleso je možné upravit pomocí funkce **Upravit prvek** nebo do něj můžeme vytvářet zářezy. Zářez lze zkonstruovat pomocí řezacího profilu nebo jako rozdíl dvou prvků. Všechny typy úprav jsou součástí panelu nástrojů **3D hlavní**.

5.4 Vrstvy

Použitá verze programu MicroStation umožňuje využít 63 vrstev. Vrstvy je možné pojmenovat, případně rozřadit do skupin (**Nastavení** → **Vrstvy** → **Názvy**). Názvy a skupiny vrstev je možné uložit do souboru *.lvl.

Při tvorbě modelu krovu byly vrstvy voleny tak, aby každá vrstva obsahovala pouze jeden prvek a aby bylo rozlišeno, zda se jedná o prvek v plné nebo mezilehlé vazbě.

Názvy vrstev jsou uloženy v souboru *krov.lvl*.

Přehled použitých vrstev, jejich názvy a popisy jsou uvedeny v příloze č. 5.

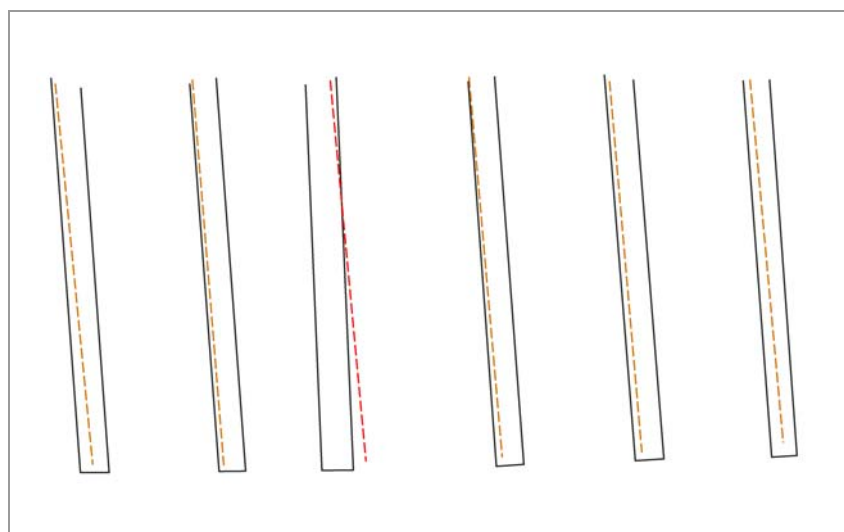
5.5 Tvorba prostorového modelu

Pro tvorbu prostorového modelu byl založen výkres *krov.dgn*. Po nastavení pracovních jednotek podle výše uvedeného postupu, byly připojeny referenční výkresy. **Referenční výkresy** jsou výkresy, které je možné zobrazit současně s aktivním výkresem, ale není možné do nich zasahovat. Připojení se provádí v nabídce **Soubor** → **Referenční výkresy** → **Nástroje** → **Připojit**. V nabídce **Obsah** je možné zvolit, zda bude připojen rastrový soubor nebo vektorový.

K výkresu *krov.dgn* byly jako reference připojeny výkresy *body.dgn* s načtenými podrobnými body a výkres s modelem horní mašinerie (*masinerie_horni.dgn*), vytvořeným v jedné z předchozích etap [4]. Kromě těchto 2 vektorových výkresů byl připojen rastrový soubor *8usour.tif*, který byl vytvořen transformací rastrového výkresu 8.cit. Tento výkres obsahuje naskenovaný plán s půdorysem divadla (viz. Kapitola 1.2). Při tvorbě modelu sloužil pouze ke kontrole problematických míst.

Vazné trámy, které jsou jedním ze základních prvků krovu, byly zaměřeny již při tvorbě prostorového modelu horní mašinérie [4]. Kvůli logickému uspořádání byly převzaty do této diplomové práce, ale vzhledem k tomu, že nebyly zaměřeny v plné délce, bylo nutno je dokonstruovat až k okraji střechy. Převzaté vazné trámy jsou ve výkresu uloženy ve vrstvě 4.

Prvky, které stojí na vazných trámech (krokve a námětkové krokve), byly při konstrukci výškově vazným trámům přizpůsobeny, polohově byla zachována jejich zaměřená poloha. Na obr. 9 je uveden příklad poslední krokve před třetí plnou vazbou (krokvě zvýrazněná červeně), kde je dobře patrný nesoulad obou zaměření. Odchylna osy námětkové krokve od osy vazného trámu v místě, kde by měla námětková krokvě dosedat na vazný trám je 0.25 m. V tomto případě byla dodatečně provedena kontrola a vzdálenost vazných trámů a krokví byla změřena pásmem. Při kontrolním měření byla zjištěna chyba v poloze vazného trámu, a proto byly krokve ponechány tak, jak byly zaměřeny.



Obr. 9 Nesoulad zaměření horní mašinérie a krovu

Při tvorbě prostorového modelu se vycházelo z plných vazeb. Nejprve byly ze zaměřených bodů zkonstruovány dvě sousední plné vazby. V mezilehlých vazbách byly zkonstruovány ty prvky, které byly zaměřené (krokve, hambalky, prodloužení krokví, kleštiny), námětkové krokve a rozpěry mezi krokví a námětkovou krokví byly vytvořeny s ohledem na sousední plné vazby.

V případě opakujících se prvků (krokve, hambalky, sloupky chodby aj.) byl zvolen jeden rozměr trámů v celém prostoru krovu. Výjimkou jsou krokve mezi 8. a 9. plnou vazbou, kde dochází k výraznému zakřivení krovu a průřez trámů není obdélníkový. Tyto krokve byly zkonstruovány podle skutečnosti.

Ke konstrukci profilů prověšených prvků (příčné vzpěry, hambalky) byla použita proudová křivka.

Po dokončení prvků tvořících konstrukci krovu byly zkonstruovány ostatní prvky nacházející se v prostoru krovu. Mezi tyto prvky patří trámy položené na vazných trámech a sloužící k připevnění táhel z horní mašinérie. Dalším zajímavým prvkem je lavice s válečkem, které pravděpodobně původně souvisely s provozem divadla. Nejvýraznější objekt nesouvisející s konstrukcí krovu je chodba spojující zámek se zahradou. Součástí chodby jsou vikýře, které byly zkonstruovány tak, aby

mohly být snadno spojeny s jejich vnější částí, která je součástí zaměření exteriéru. Součástí prostorového modelu nejsou zděné prvky (komíny, zeď, štít) a římsa.

Při zpracování byly použity přibližně tři čtvrtiny zaměřených bodů, čtvrtina bodů se ukázala nadbytečnou a nebyla proto použita.

5.6 Vizualizace

5.6.1 Rendering

Vizualizace je proces, při kterém se obsah pohledu zpracuje tak, aby co nejlépe odpovídal skutečnosti. MicroStation nabízí několik způsobů zobrazení 3D výkresů:

Drátový model – zobrazují se hrany, neuvažuje se neprůhlednost objektu

Drátová síť – jedná se o stejné zobrazení jako u drátového modelu, s výjimkou zakřivených ploch, které se zobrazují pomocí sítí

Skryté hrany – je brána v úvahu neprůhlednost těles, zobrazují se pouze viditelné hrany

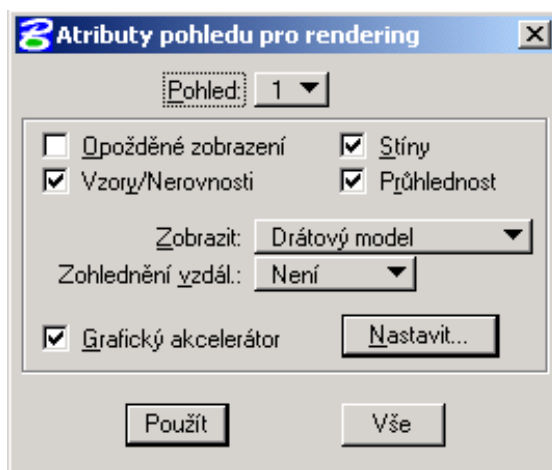
Vyplněné hrany – skryté hrany s vyplněním ploch podle obrysů prvků

Konstantní stínování – plochy jsou vyplněny jednou barvou, sytost je odvozena od tvaru, materiálu a osvětlení objektu

Hladké stínování – plochy jsou zobrazeny jako mnohoúhelníky, barvy jsou určeny zvlášť pro vrcholy mnohoúhelníku, uvnitř jsou aproximovány hladkou funkcí

Phongovo stínování – barva je počítána pro každý bod zvlášť s ohledem na materiál a osvětlení

Jejich nastavení se provádí v nabídce **Nastavení** → **Rendering**. Trvalý rendering některého z pohledů je možné nastavit v **Nastavení** → **Rendering** → **Atributy pohledu** (obr. 10), okamžitá změna, která se po překreslení pohledu vrátí zpět na pevné nastavení se nastavuje nabídce **Pomůcky** → **Rendering**.



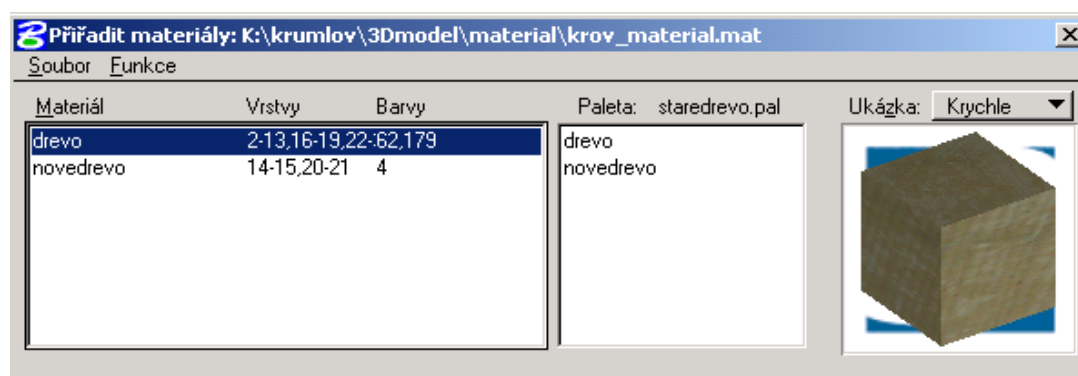
Obr. 10 Nastavení způsobu zobrazení

Výkres byl tvořen jako drátový model, na výsledné vizualizace bylo použito Phongovo stínování a Skryté hrany (Příloha č. 6).

5.6.2 Definice a přiřazení materiálů

Aby výsledný model odpovídal skutečnosti, je potřeba přiřadit jednotlivým plochám odpovídající materiál. MicroStation kromě výběru z předdefinovaných materiálů umožňuje definici vlastních materiálů. K tomu slouží dialogové okno **Nastavení** → **Rendering** → **Definovat materiály**. Výřezy nutné pro definování materiálů byly provedeny z fotografií a uloženy ve formátu *.jpg (*staredrevo.jpg*, *novedrevo.jpg*). Nadefinované materiály včetně nastavení byly uloženy do palety *staredrevo.pal*.

Přiřazení materiálů jednotlivým objektům se provádí v dialogovém okně **Přiřadit materiály** (**Nastavení** → **Rendering** → **Přiřadit materiály**) (obr.11).



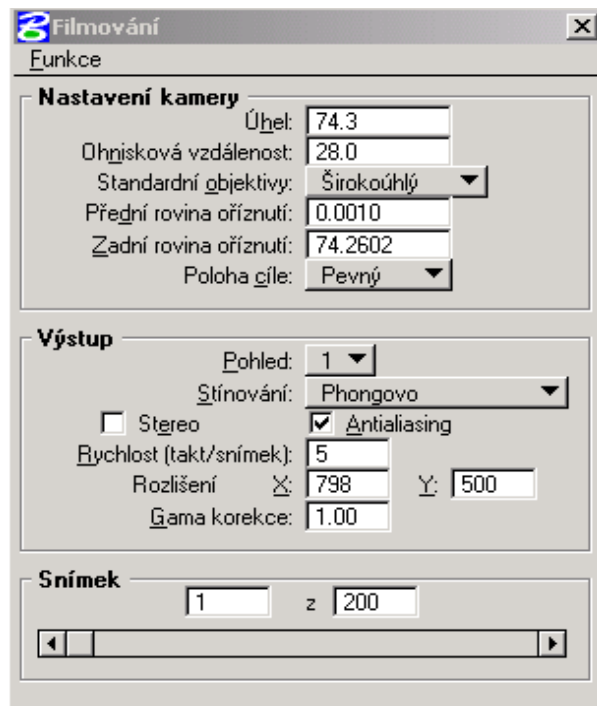
Obr.11 Přiřazení materiálů

V nabídce **Soubor** je nutné nejprve otevřít tabulku materiálů (*krov_material.mat*), do které se ukládají údaje o přiřazení materiálů podle vrstev a barev. Přiřazení je možné provést dvěma způsoby: pomocí funkce **Přiřadit**, kde je materiál přiřazen na základě informace o vrstvě a barvě prvku, nebo pomocí funkce **Přiřadit výběrem**, kde je materiál přiřazen vrstvě na základě výběru objektu ve výkresu.

V modelu krovu byly použity dva typy materiálů: staré dřevo a nové dřevo. Staré dřevo bylo přiřazeno trámům z 18. a 19. století, nové dřevo bylo použito na trámy z 80. let 20. století, kdy proběhla rekonstrukce horní části krovu.

5.7 Animace

MicroStation umožňuje tvorbu animací modelu. Buď je možné si zvolit animaci, kdy je pohled statický a pohybuje se zdroj světla (**Pomůcky** → **Rendering** → **Sluneční studie**), nebo je možné vytvořit průlet kamery modelem. K tomu slouží dialogové okno **Filmování** (**Pomůcky** → **Rendering** → **Filmování**) (obr.12).



Obr.12 Filmování

Nejprve je nutné nastavit typ objektivu, přední a zadní rovinu oříznutí, polohu cíle, pohled, způsob stínování, rychlost, rozlišení a počet snímků. Před zahájením filmování je potřeba zvolit trasu, po které se bude kamera pohybovat a cíl, který bude sledovat. V nabídce **Funkce** → **Nahrávání** je možné uložit jednotlivé snímky animace jako grafické soubory, nebo vytvořit soubor s videozáznamem (formát *.avi).

Pro prezentaci diplomové práce byly vytvořeny 2 animace (*krov_okolo.avi* a *krov_průlet.avi*). Nastavení animací je na obr.12.

5.8 Zhodnocení přesnosti modelu

K určení přesnosti výsledného modelu bylo zvoleno 10 kontrolních měř. Body byly vybrány na prvcích, které mají v konstrukci krovu velký význam a byly měřené. Vhodné byly např. body na věšácích, ležatých sloupcích, podélných vzpěrách, sloupcích chodby a trámech na zemi. Aby mohla být posouzena prostorová přesnost modelu, byly voleny body v různých výškách.

V případě čtvrté měřené hodnoty, pravděpodobně došlo k hrubé chybě v odečtení na pásmu a tato hodnota nebyla započítána do výsledného průměru.

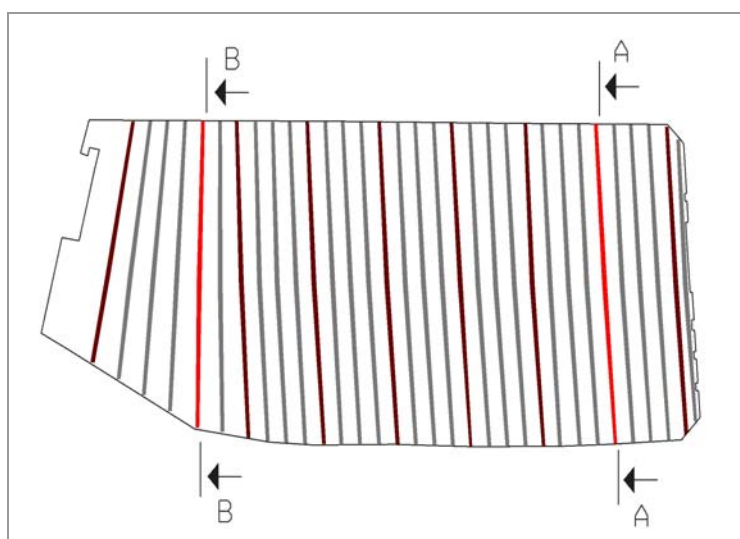
Srovnání hodnot naměřených pásmem ve skutečnosti a ve výsledném modelu je v následující tabulce.

Tabulka 4: Srovnání délek měřených ve skutečnosti a v modelu

Model [m]	Skutečnost [m]	Rozdíl [m]
9,26	9,23	0,03
9,23	9,25	-0,02
5,67	5,68	-0,01
4,16	5,76	
4,26	4,20	0,06
12,38	12,43	-0,05
6,60	6,59	0,01
6,57	6,58	-0,01
17,50	17,49	0,01
5,25	5,21	0,04
Průměr		0,027

5.9 Tvorba 2D výkresů

Vzhledem k časové náročnosti zpracování prostorového modelu bylo upuštěno od původně plánované kompletní 2d dokumentace a byly zpracovány pouze 2 příčné řezy. Byl zvolen řez 2. (A-A) a 8. (B-B) plnou vazbou. Přehled řezů je na obr. 13.



Obr. 13 Umístění příčných řezů

Při tvorbě výkresů se vycházelo z prostorového modelu. Byla zvolena rovina řezu a pomocí funkce **Otočit pohled** → **3 body** byl otočen pohled do roviny řezu. Zobrazení vrstev se nastavilo tak, aby v příslušném pohledu byla zobrazena pouze vybraná plná vazba. Převedení pohledu se provedlo v nabídce **Soubor** → **Export** → **2D**. Na provedení řezu chodby byla použita funkce **Pomůcky** → **Vytvořit řez** → **Řez rovinou**. Při použití této funkce se objevily problémy (nesoulad v poloze v důsledku rozpadu prvků), a proto nebyla použita pro tvorbu celého řezu, ale byl zvolen výše uvedený postup.

Pro vytvoření prázdného výkresu pro příčný řez byl použit zakládací výkres **seed2d.dgn**. Pracovní jednotky byly nastaveny shodně jako při tvorbě prostorového modelu.

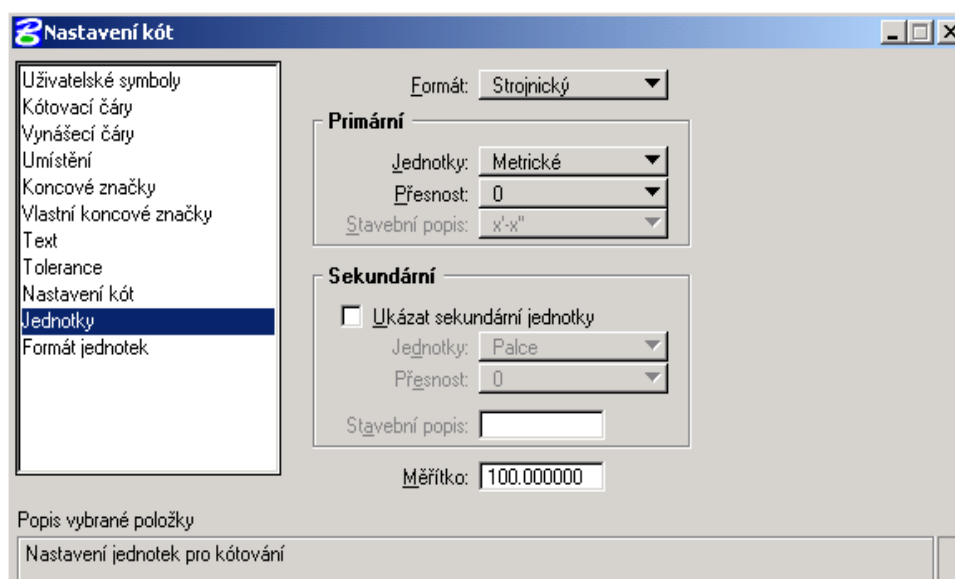
Po připojení 2D výstupu z prostorového modelu jako reference (**Soubor** → **Referenční výkresy** → **Nástroje** → **Připojit**), byla provedena vektorizace. V kresbě byly použity tři typy čar. Plnou tenkou čarou byly nakresleny viditelné obrysy hran v pohledu a kótovací čáry. Pro zakryté obrysy a hrany v pohledu byla použita čárkovaná tenká čára. Viditelné obrysy konstrukcí v řezu byly nakresleny plnou tlustou čarou.

Přehled použitých vrstev je v tabulce 5.

Tabulka 5: Přehled vrstev

Vrstva	Popis
1	Kresba
2	Kóty
3	Hlavička

Po dokončení kresby bylo v nabídce **Prvek** → **Kóty** provedeno nastavení kót, obr. 14.



Obr. 14 Nastavení kót

Grafický systém MicroStation nabízí několik různých druhů kót. Pro daný účel byla zvolena **Řetězcová kóta s úsečkami**.

Při zpracování 2D výkresů byla dodržována pravidla pro tvorbu výkresů uvedených v [6].

2D výkresy jsou v příloze 7.

6. ZÁVĚR

Výsledkem diplomové práce je prostorový model krovu a částečná 2D dokumentace (2 příčné řezy), která vznikla jako výstup z prostorového modelu.

Prostorový model byl vytvořen na základě geodetického zaměření. V prostoru krovu byla vybudována nová měřická síť. Podrobné body byly zaměřeny polární metodou a tato metoda byla doplněna metodou konstrukčních oměrných. K zaměření podrobných bodů byla použita totální stanice Trimble 3600 s pasivním odrazem.

Kromě vlastní konstrukce krovu byla zaměřena také zahradní chodba procházející prostorem krovu. Součástí zaměření není střecha a vnější část vikýřů. Při měření byly zanedbány tesařské spoje.

Pro vyhodnocení zvolené metody měření byla určena přesnost zaměření podrobných bodů. U všech vybraných bodů byla dodržena přesnost do 1 cm a zvolená metoda zaměření je tedy vyhovující.

Ke zpracování naměřených dat byly použity programy Groma a MicroStation. Z důvodu zachování celistvosti modelu celého divadla byl výkres napojen na zaměření horní mašinérie [4]. Z modelu horní mašinérie byly převzaty vazné trámy.

Pro určení přesnosti modelu byly porovnány hodnoty kontrolních délek zaměřených pásmem ve skutečnosti a délky změřené v modelu. Maximální rozdíl délek byl 6 cm a průměrná hodnota byla 2,7 cm.

Aby byly dodrženy uvedené přesnosti, bylo nutné zaměřit velký počet bodů a při zpracování byla použita malá míra generalizace. Vzhledem k časové náročnosti zpracování by bylo v podobných projektech dobré zvážit, zda je takto vysoká přesnost využitelná.

Výsledky práce byly již prezentovány na 3. konferenci stavebněhistorického průzkumu „Střechy – krovky“ v Třebíči.

Součástí diplomové práce je CD-ROM, jeho obsah je uveden v Kapitole 8.

7. LITERATURA

- [1] Slavko, P.: Dvacet let obnovy zámeckého divadla na Státním hradu a zámku Český Krumlov, 2004
- [2] Zámecké divadlo v Českém Krumlově, propagační materiál Nadace barokního divadla zámku Český Krumlov, 2001
- [3] <http://www.roofs.cz>
- [4] Košťál, D.: Dokumentace části provaziště barokního divadla v Českém Krumlově. Praha, Diplomová práce 2001
- [5] Ratiborský, J.: Geodézie (polohopis). Praha, vydavatelství ČVUT 1995
- [6] Doseděl, A. a kol.: Čítanka výkresů ve stavebnictví. Praha, Sobotáles 1995

8. OBSAH CD

2Dvykresy – výkresy příčných řezů

3Dmodel – prostorový model krovu, seznam vrstev

animace

fotodokumentace

mereni – měření, výpočetní protokoly, souřadnice bodů polygonového pořadu, rajonů a podrobných bodů

podklady – skenované výkresy ve formátu cit (projekt přestavby divadla)

text – text diplomové práce a přílohy

vizualizace

9. SEZNAM PŘÍLOH

1. Fotodokumentace
2. Místopisy bodů polygonového pořadu a rajonů
3. Výpočetní protokoly
4. Zhodnocení přesnosti
5. Použité vrstvy
6. Výkresy prostorového modelu
7. 2D výkresy v měřítku 1:50

Příloha č. 1

Fotodokumentace



Horní vaznice



Chodba



Chodba



Lavice



Osmá plná vazba



Plná vazba - pásek



Roh valby



Štítová zed'



Tesařské značky



Valba



Váleček

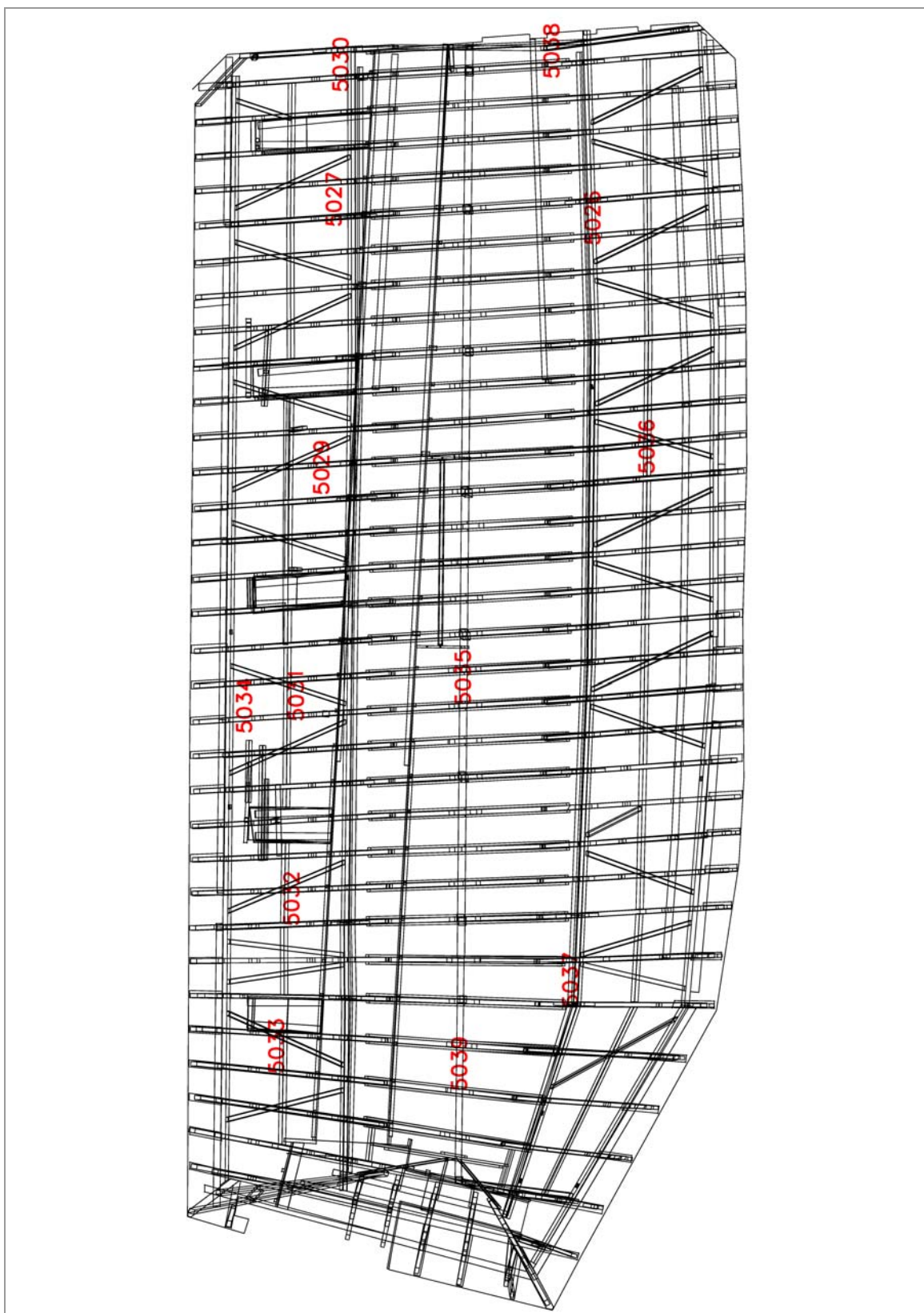


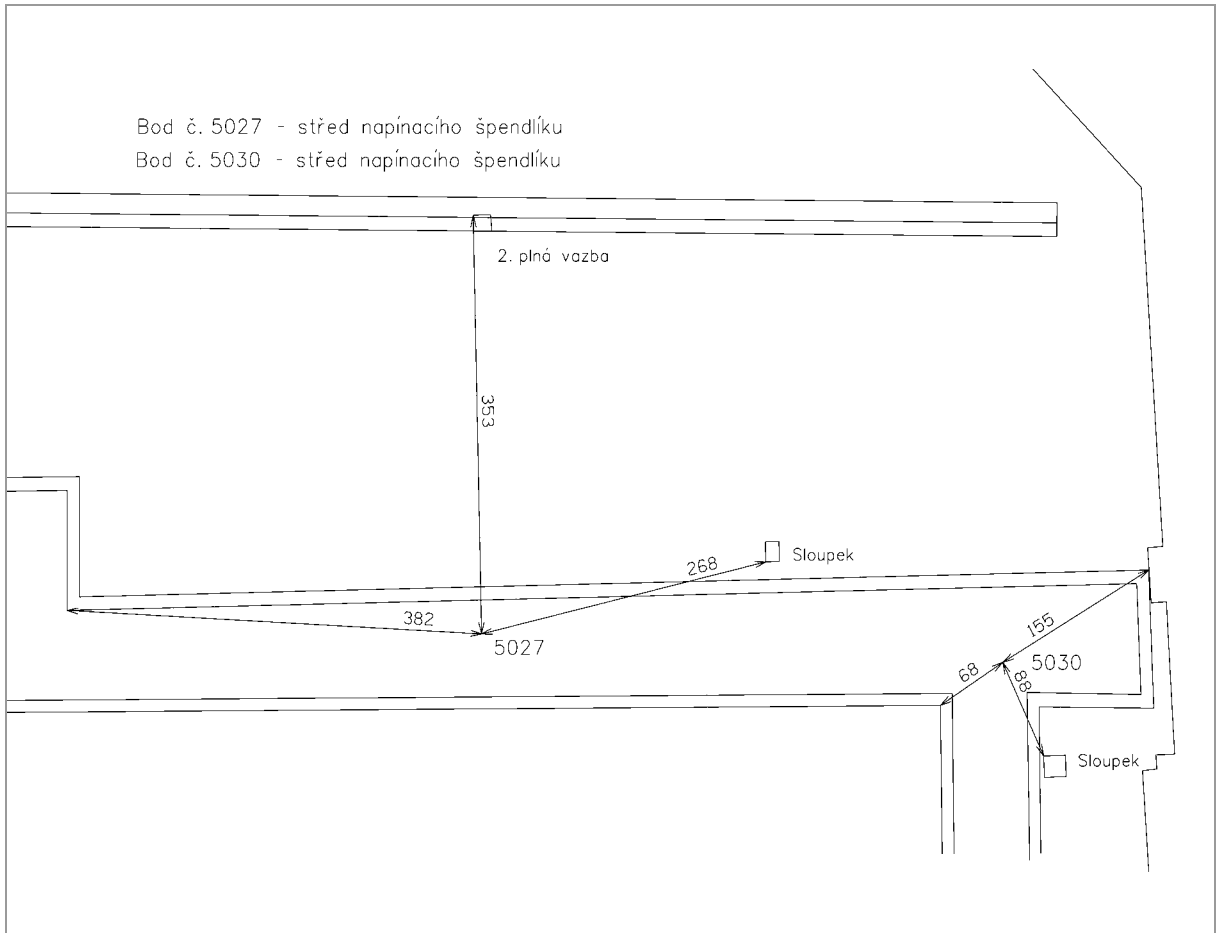
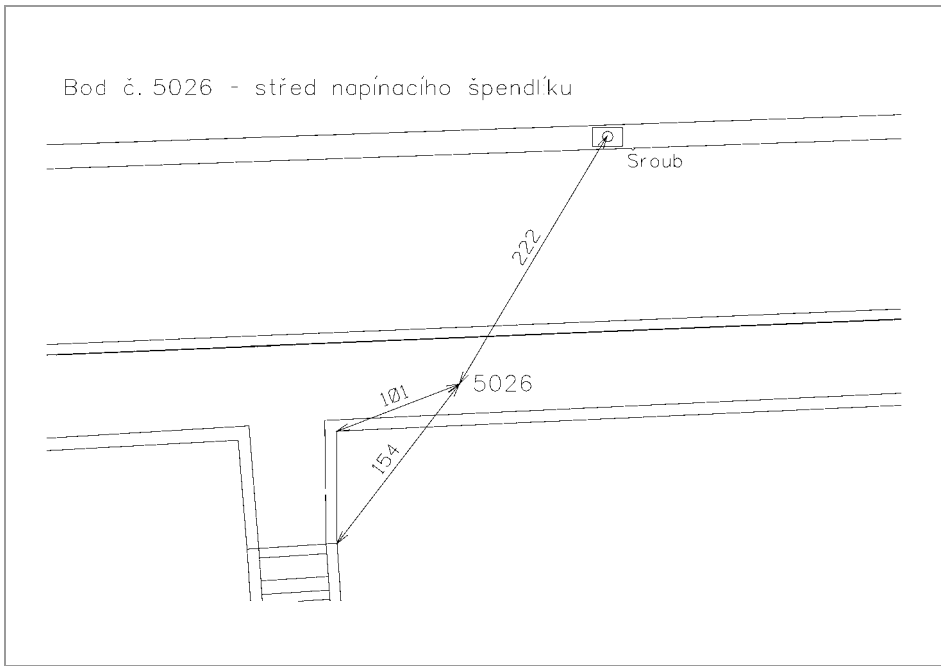
Vikýř

Příloha č. 2

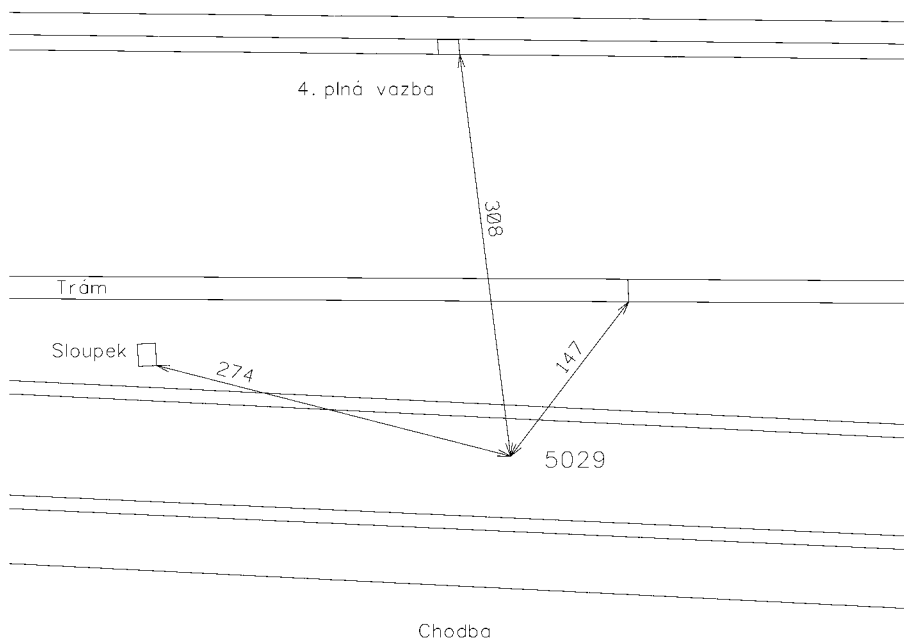
Místopisy bodů polygonového pořadu a rajonů

Přehled bodů polygonového pořadu a rajonů



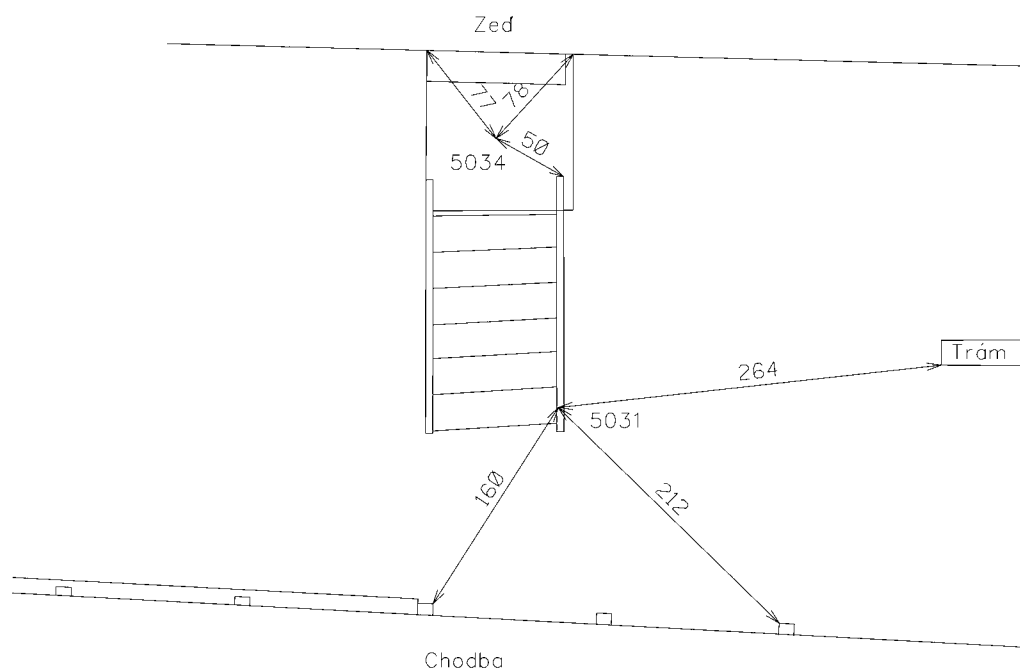


Bod č. 5029 - střed napínacího špendlíku

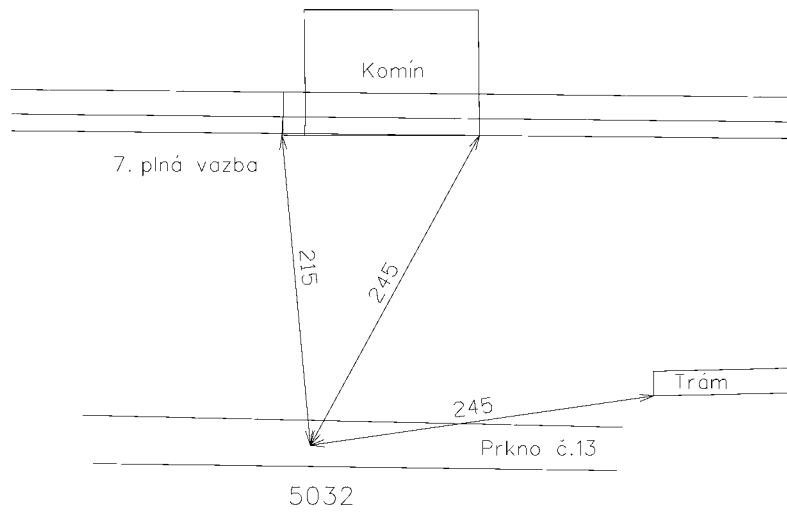


Bod č. 5031 - střed napínacího špendlíku

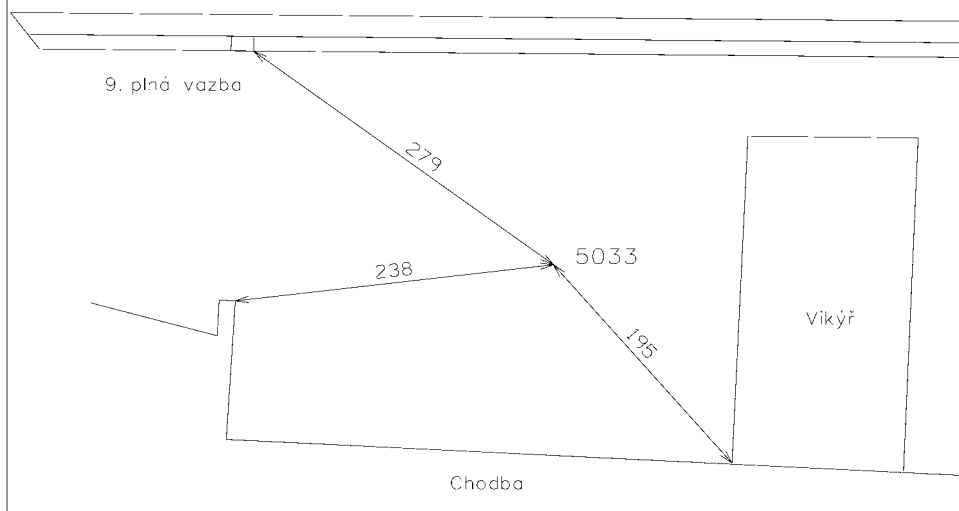
Bod č. 5034 - hřebík

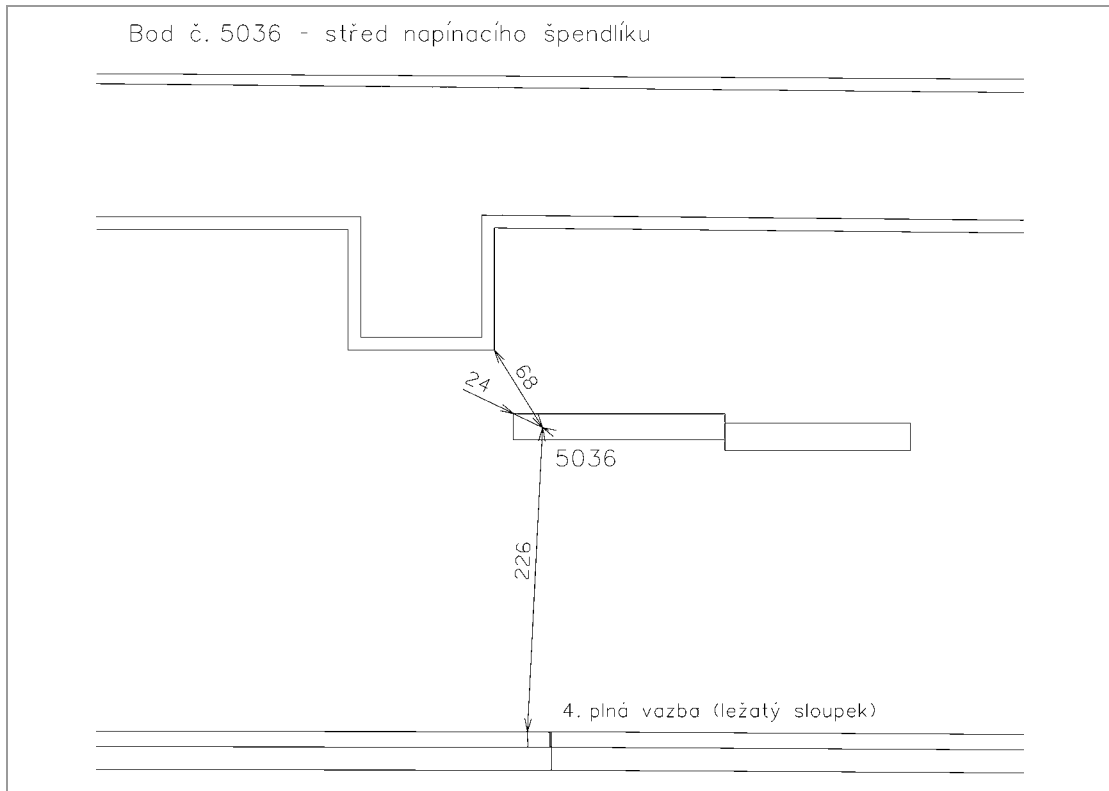
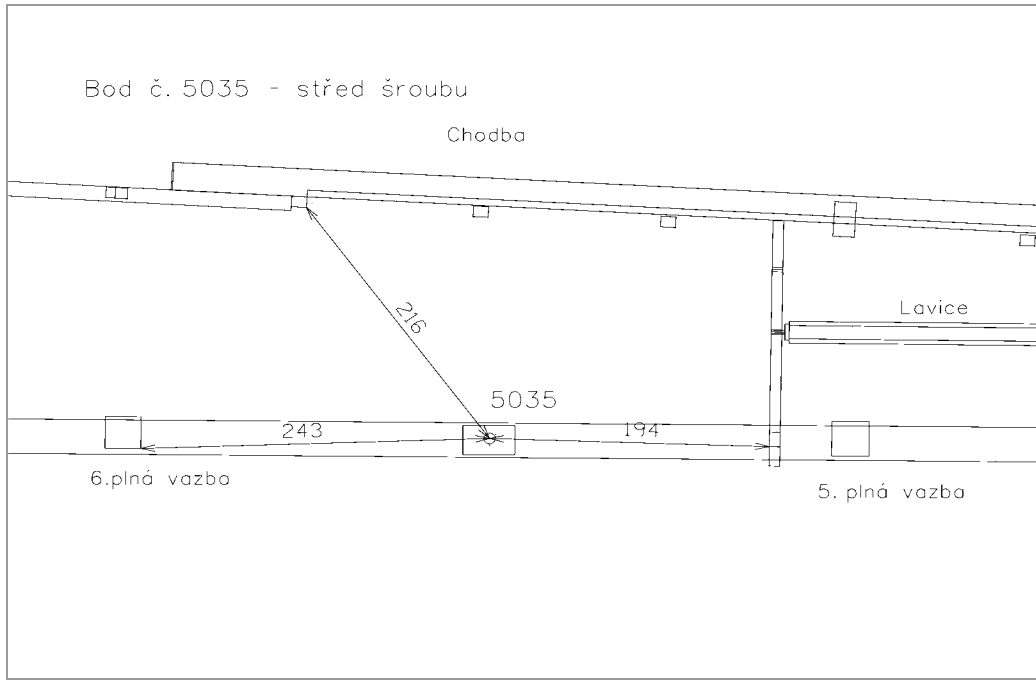


Bod č. 5032 - střed napínacího špendlíku



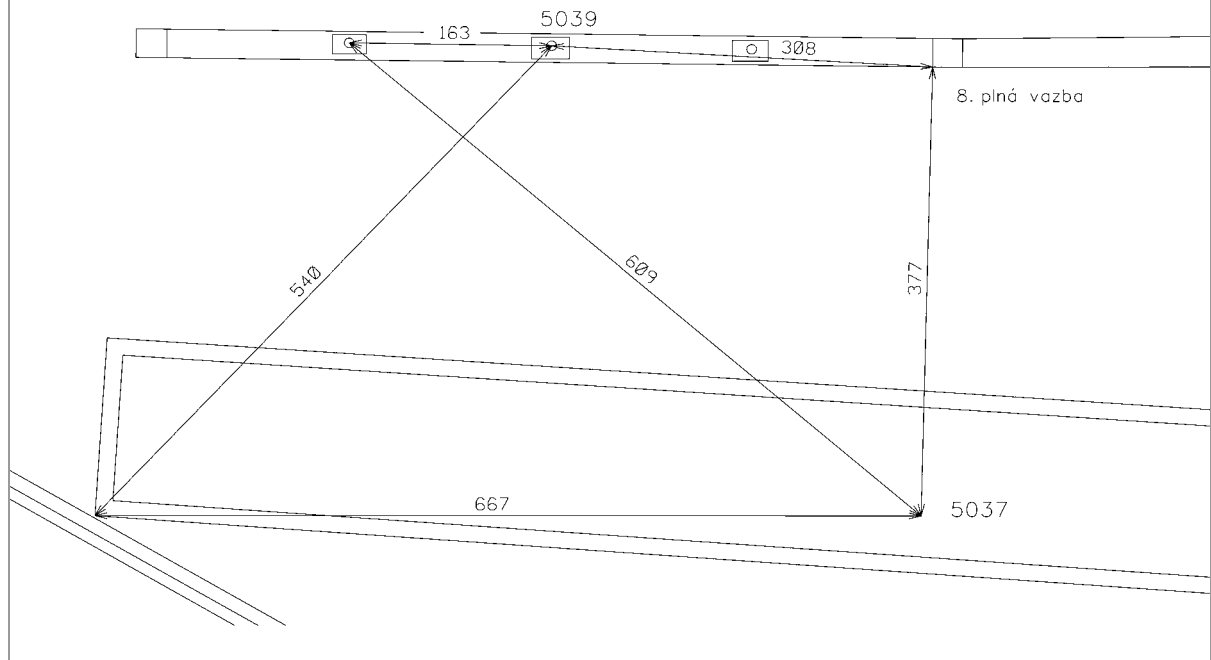
Bod č. 5033 - střed napínacího špendlíku





Bod č. 5037 - střed napínacího špendlíku

Bod č. 5039 - střed šroubu



Příloha č. 3

Výpočetní protokoly

POLYGONOVÝ POŘAD

=====

Orientace osnovy na bodě 4007:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
	5023	293.4874	95.0767	0.0007				
	5024	299.7059	101.2965	-0.0007				

 --
 Orientační posun : 201.5899g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0010g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0007g

Orientace osnovy na bodě 5022:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
	5021	268.4052	94.3456	0.0000				

 --
 Orientační posun : 225.9404g

Naměřené hodnoty:

Bod	S zpět Směrník	S vpřed D vpřed	Úhel D zpět	V úhlu D	Dp - Dz
4007	201.5899 0.0000 236.4180	34.8282 3.824	34.8282 3.826	-0.0001 3.825	-0.002
5026	15.3629 204.5262	183.4712 9.200	168.1083 9.198	-0.0001 9.199	0.002
5027	370.9320 102.9424	69.3483 9.544	98.4163 9.545	-0.0001 9.545	-0.001
5029	10.9842 107.1040	215.1459 8.082	204.1617 8.083	-0.0001 8.083	-0.001
5031	226.2687 185.3117	104.4765 1.886	278.2078 1.886	-0.0001 1.886	0.000
5034	141.4025 301.9431	58.0340 7.849	316.6315 7.849	-0.0001 7.849	0.000
5022	276.0026 225.9404	0.0000	123.9974	-0.0001	

Identické body:

Bod	I. Y	I. X	II. Y	II. X
5022	93.517	96.854	93.513	96.864
4007	86.085	112.193	86.085	112.193

Transformační parametry:

Rotace : -0.0034
 Měřítko : 1.000606155175 (60.6 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava Y X

I. 89.801 104.524
 II. 89.799 104.528

Bod	I. Y	I. X	II. Y	II. X
5026	84.013	108.975	84.014	108.977
5027	83.359	99.794	83.361	99.801
5029	92.899	99.352	92.895	99.360
5031	100.936	98.451	100.927	98.460
5034	101.367	96.614	101.359	96.624

Parametry polygonového pořadu:

Typ pořadu : Vetknutý, oboustranně orientovaný
 Délka řádu : 40.386m
 Úhlová odchylka : -0.0007g
 Odchylka Y/X : 0.004m / -0.010m
 Polohová odchylka : 0.010m
 Největší / nejmenší délka v pořadu : 9.545m/ 1.886m
 Poměr největší / nejmenší délka : 1:5.06
 Max. poměr sousedních délek : 1:4.29
 Největší rozdíl 2x měřené délky : 0.002m
 Nejmenší vrcholový úhel : 83.3685g

Vypočtené body:

Bod	Y	X
5026	84.013	108.975
5027	83.359	99.794
5029	92.899	99.352
5031	100.936	98.451
5034	101.367	96.614

VÝŠKOVÝ VÝPOČET POLYGONOVÉHO POŘADU

V dH	Bod1	Bod2	Z tam	Z zpět	dH tam	dH zpět	dH
0.001	4007	5026	67.8117	133.1717	1.709	1.708	1.709
-0.001	5026	5027	99.6241	100.9807	-0.010	-0.008	-0.009
-0.002	5027	5029	101.3122	99.2454	-0.042	-0.040	-0.041

0.000	5029	5031	100.7722	99.8436	0.008	0.008	0.008
0.007	5031	5034	150.6946	53.4884	-1.818	-1.825	-1.821
0.004	5034	5022	99.1172	101.5106	0.127	0.123	0.125

Výškový uzávěr: 0.004

Výškové vyrovnání

Bod1	Bod2	dH	dH vyr	V dH
4007	5026	1.709	1.709	0.000
5026	5027	-0.009	-0.008	0.001
5027	5029	-0.041	-0.040	0.001
5029	5031	0.008	0.009	0.001
5031	5034	-1.821	-1.821	0.000
5034	5022	0.125	0.126	0.001

Vypočtené výšky:

Bod	Výška
5026	110.160
5027	110.152
5029	110.112
5031	110.120
5034	108.299
5022	108.425

Test polygonového pořadu:

Úhlová odchylka	[g]:	Skutečná hodnota:	-0.0007,	Mezní hodnota:	0.0283
Polohová odchylka	[m]:	Skutečná hodnota:	0.010,	Mezní hodnota:	0.132
Mezní délka pořadu	[m]:	Skutečná hodnota:	40.386,	Mezní hodnota:	5000.000
Mezní délka strany	[m]:	Skutečná hodnota:	9.545,	Mezní hodnota:	400.000
Mezní poměr délek	:	Skutečná hodnota:	1:4.29,	Mezní hodnota:	1:3.00

[1] POLÁRNÍ METODA

=====

Orientace osnovy na bodě 5026:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
	4007	15.3629	36.4184	0.0003	3.826	0.001		
	5027	183.4712	204.5273	-0.0003	9.200	0.004		

 --
 Orientační posun : 21.0558g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0004g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0003g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0003, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5028	81.2223	27.716	111.711	107.983	OR

[1] POLÁRNÍ METODA

=====

Orientace osnovy na bodě 5031:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
	5029	226.2687	307.1072	0.0069	8.083	0.004		
	5034	104.4765	185.3289	-0.0069	1.886	0.001		

 --
 Orientační posun : 80.8455g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0098g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0069g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0069, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5032	20.5691	7.287	108.221	98.289	OR
5033	22.6984	12.558	113.475	97.752	OR

[1] POLÁRNÍ METODA

=====

Orientace osnovy na bodě 5027:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
	5026	370.9320	4.5273	0.0019	9.198	0.006		
	5029	69.3483	102.9474	-0.0019	9.544	0.006		

Orientační posun : 33.5972g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0027g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0019g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0019, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5030	269.5852	4.801	78.564	100.034	OR

[1] POLÁRNÍ METODA

Orientace osnovy na bodě 5026:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
--	5028	308.1242	102.2723	0.0000	27.726	-0.011		

Orientační posun : 194.1481g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0000, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5035	323.3031	16.987	100.366	104.377	O
5036	291.0766	8.357	92.146	110.897	OR

[1] POLÁRNÍ METODA

Orientace osnovy na bodě 5032:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
--	5029	386.4122	304.4096	0.0031	15.353	0.006	0.011	
	5031	383.4118	301.4154	-0.0031	7.292	-0.005	0.006	

Orientační posun : 318.0005g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0044g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0031g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0031, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5033	188.4502	5.280	113.474	97.755	OR

Oprava souřadnic bodu číslo 5033

Bod	Y	X	Z	Popis
-----	---	---	---	-------

Starý	113.475	97.752	109.919	rajon
Nový	113.474	97.755	109.913	OR
Rozdíl	0.001	-0.003	0.006	rajon
Uložený	113.474	97.753	109.916	rajon

[1] POLÁRNÍ METODA

Orientace osnovy na bodě 5026:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
--								
	5027	10.4105	204.5273	0.0009	9.211	-0.007		
	5035	323.3309	117.4494	-0.0009	16.982	0.005		

Orientační posun : 194.1176g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0012g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0009g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0009, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5037	307.7302	27.109	111.111	108.188	OR
5038	90.5625	6.107	78.082	107.520	OR

[1] POLÁRNÍ METODA

Orientace osnovy na bodě 5026:

Red.	Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0
--								
0.0006	5037	307.7144	101.8484	-0.0002	27.107	0.002		
0.0001 *	5035	323.3161	117.4494	0.0005	16.983	0.004		
0.0005	5027	10.3931	204.5273	-0.0003	9.207	-0.003		

Orientační posun : 194.1338g
 $m0 = \text{SQRT}([vv]/(n-1))$: 0.0004g
 $\text{SQRT}([vv]/(n*(n-1)))$: 0.0003g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0005, Mezní hodnota: 0.0800

Bod	Hz	Délka	Y	X	Popis
5039	315.7963	30.452	114.095	104.244	OR

Příloha č. 4

Zhodnocení přesnosti

Polygonový pořad

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	m_x [m]	m_y [m]	m_z [m]	m_{xy} [m]
5026	84,013	108,975	110,160	0,0013	0,0008	0,0016	0,0015
5027	83,359	99,794	110,152	0,0020	0,0009	0,0021	0,0022
5029	92,899	99,352	110,112	0,0020	0,0017	0,0025	0,0026
5031	100,936	98,451	110,120	0,0020	0,0023	0,0029	0,0030
5034	101,367	96,614	108,299	0,0025	0,0023	0,0033	0,0034

Rajony

Číslo bodu	Měřeno ze stanoviska	Y [m]	X [m]	Z [m]	σ [g]	s [m]	z [g]
5030	5027	78,564	100,034	110,264	303,1838	4,801	100,5062
5032	5031	108,221	98,289	109,875	101,4154	7,287	101,8454
5033	5031	113,474	97,753	109,916	103,5405	12,557	100,8468
5037	5026	111,111	108,188	109,969	101,8484	27,109	100,6720
5038	5026	78,082	107,520	110,184	284,6848	6,107	100,7400

Číslo bodu	m_x [m]	m_y [m]	m_z [m]	m_{xy} [m]
5030	0,0022	0,0017	0,0025	0,0028
5032	0,0042	0,0028	0,0032	0,0050
5033	0,0060	0,0028	0,0032	0,0066
5037	0,0039	0,0017	0,0022	0,0043
5038	0,0015	0,0016	0,0021	0,0022

Podrobné body

Číslo bodu	Měřeno ze stanoviska	Y [m]	X [m]	Z [m]	σ [g]	s [m]	z [g]
529	5026	115,736	104,232	110,210	109,4483	32,076	102,5101
725	5038	77,904	104,966	118,301	238,8599	9,321	82,5880
815	5037	105,768	100,550	114,055	204,4297	2,560	23,1224
1093	5030	79,127	94,867	110,191	193,0906	5,198	118,3294
1153	5027	87,918	100,561	110,058	89,3890	4,623	119,9963
1252	5029	101,798	99,893	110,088	96,1345	8,915	110,7750
1357	5031	95,826	100,246	114,119	321,5055	5,416	71,7120
1412	5032	110,625	99,439	112,574	71,5944	2,665	72,1953
1443	5033	112,119	98,975	112,648	346,7173	1,825	58,4993
1453	5033	117,881	95,794	109,974	126,6290	4,823	116,5473

Číslo bodu	m_x[m]	m_y[m]	m_z[m]	m_{xy}[m]
529	0,0045	0,0016	0,0023	0,0048
725	0,0021	0,0019	0,0029	0,0028
815	0,0034	0,0022	0,0027	0,0040
1093	0,0026	0,0020	0,0029	0,0033
1153	0,0014	0,0017	0,0026	0,0022
1252	0,0043	0,0023	0,0029	0,0049
1357	0,0016	0,0027	0,0033	0,0031
1412	0,0049	0,0031	0,0036	0,0058
1443	0,0055	0,0031	0,0036	0,0063
1453	0,0082	0,0033	0,0035	0,0088

Příloha č. 5

Použité vrstvy

Použité vrstvy v prostorovém modelu

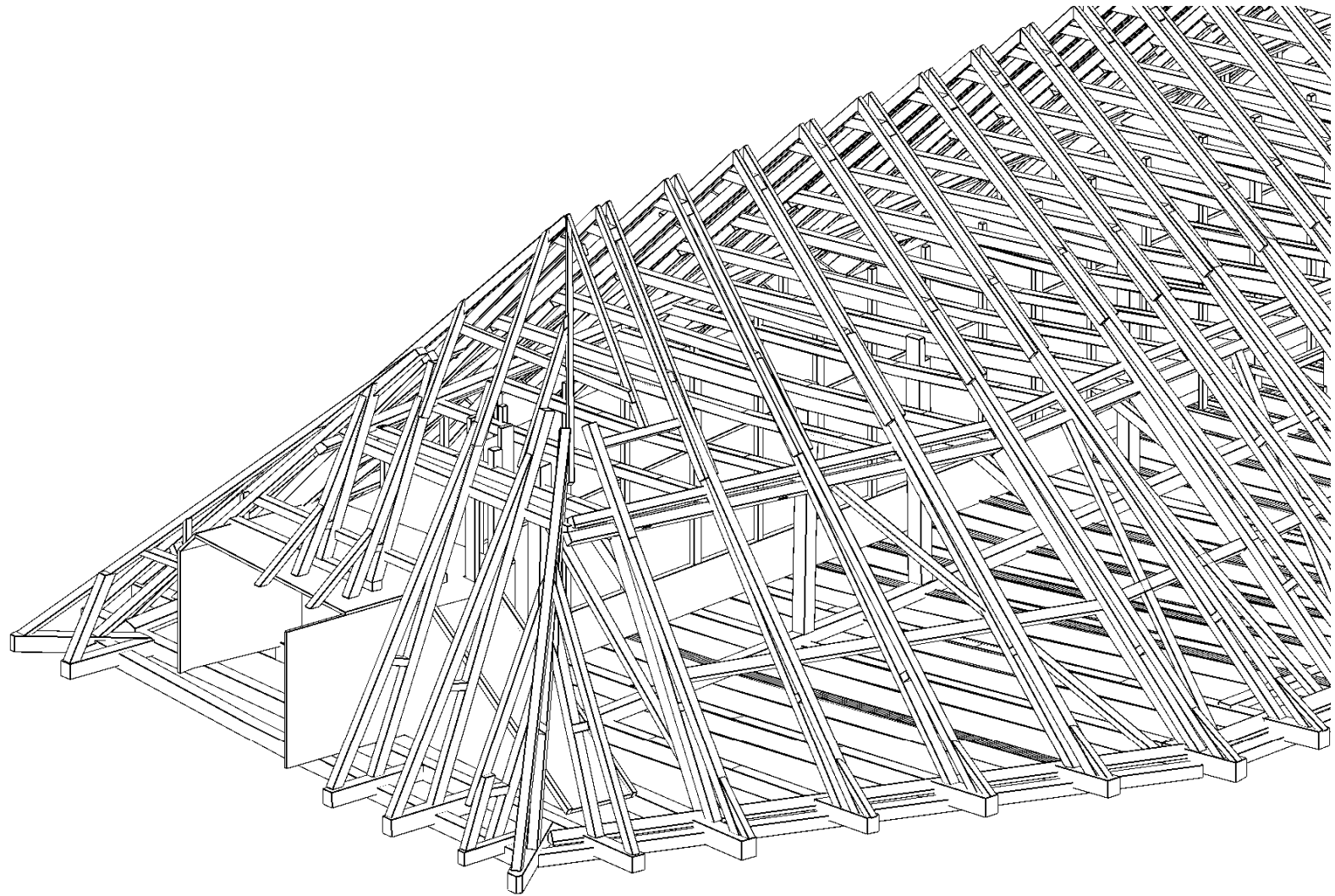
Číslo	Název	Popis
2	Vaznice	Prahy + vaznice
3	Pozednice	
4	Vazne tramy	Konce vazných trámů
5	Prevzate vazne	Převzaté vazné trámy
6	P Lezaty sloupek	Ležaté sloupky v plných vazbách
7	P Krokev	Krokve v plných vazbách
8	P Nametek	Námětkové krokve v plných vazbách
9	P Rozpery	Rozpěry mezi krokví a námětkovou krokví – v plných vazbách
10	P Vesak	Věšáky v plných vazbách
11	P Pasek	Pásky v plných vazbách
12	P Pricna rozpera	Příčné rozpěry v plných vazbách
13	P Hambalek	Hambalky v plných vazbách
14	P Prodlouzeni	Prodloužení krokví v plných vazbách
15	P Klestiny	Kleštiny v plných vazbách
16	Krokev	Krokve
17	Nametek	Námětkové krokve
18	Rozpery	Rozpěry mezi krokví a nám. krokví
19	Hamabalek	Hambalky
20	Prodlouzeni	Prodloužení krokví
21	Klestiny	Kleštiny
22	Podelne rozpery	Podélné rozpěry
23	Zavetrovani	Zavětrování
24	Sloupky	Ostatní sloupky
25	Tramy na zemi	Trámy na zemi
26	Lavice	Lavice+ váleček
27	Ch Sloupky	Chodba – sloupky + trámy pod chodbou
28	Ch Steny	Chodba – stěny
29	Ch Bedneni	Chodba – bednění
30	Ch Tramy	Trámy pod vikýři
31	Ch Vikyre	Vikýře

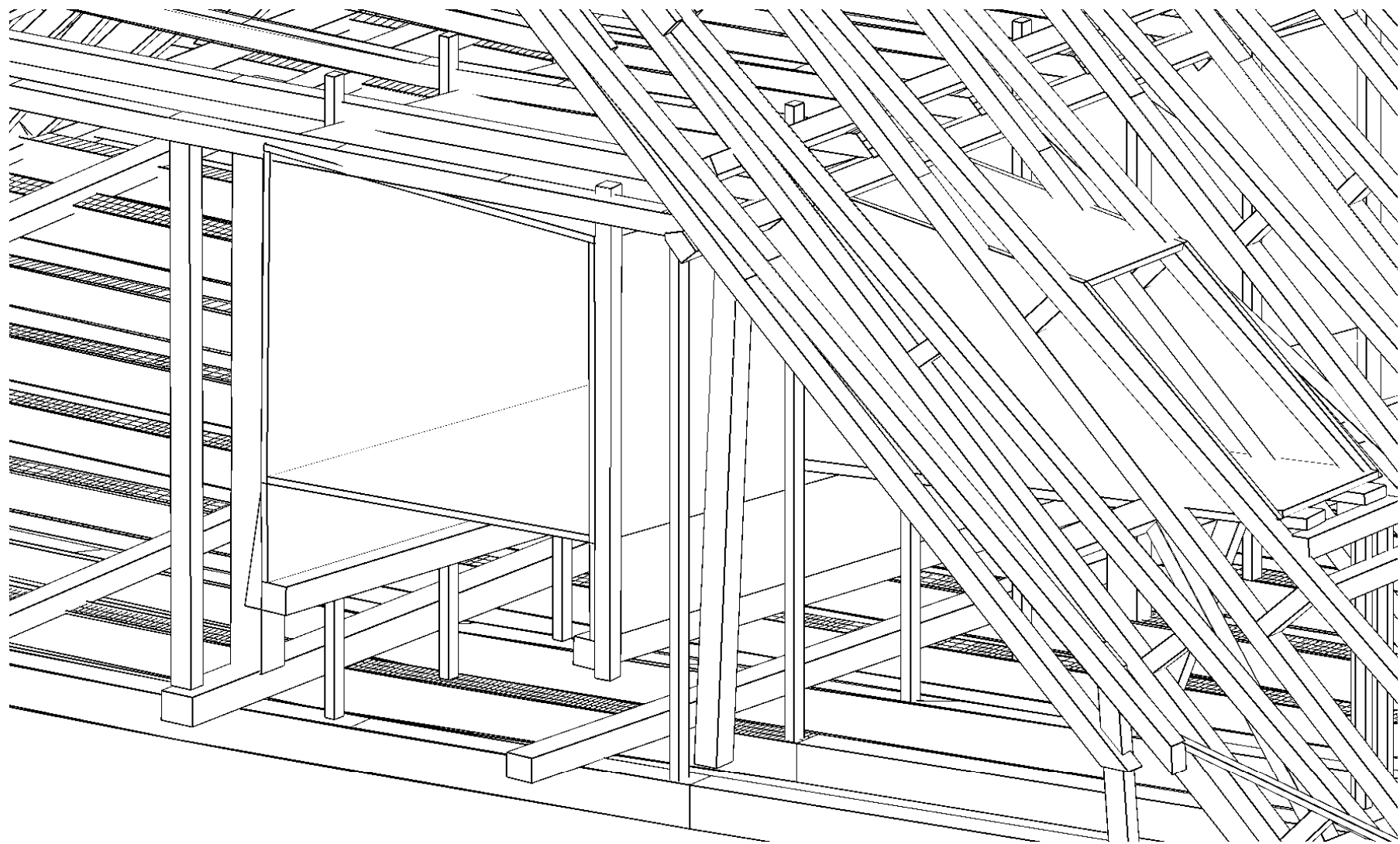
Použité vrstvy ve 2D výkresech

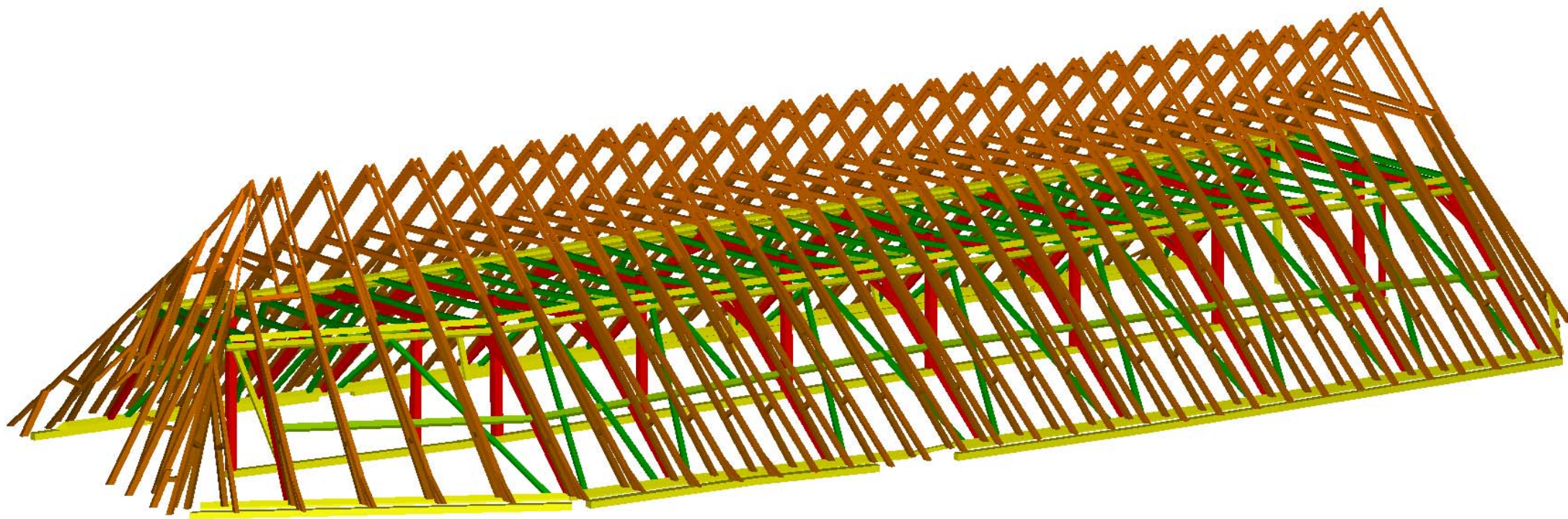
Vrstva	Popis
1	Kresba
2	Kóty
3	Hlavička

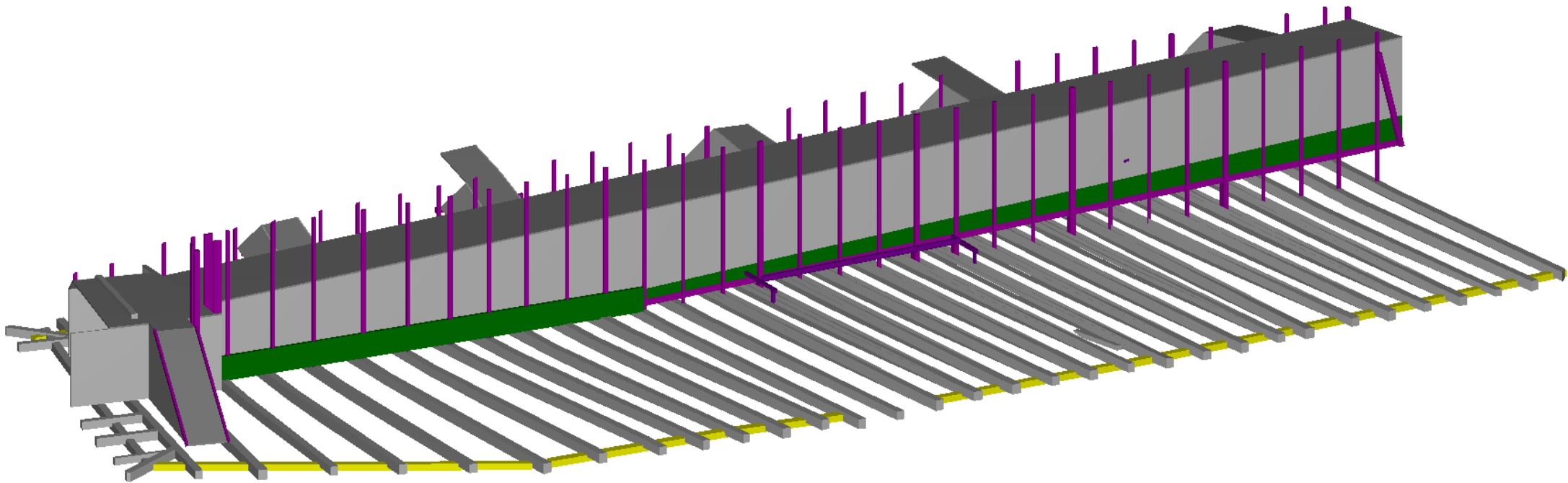
Příloha č. 6

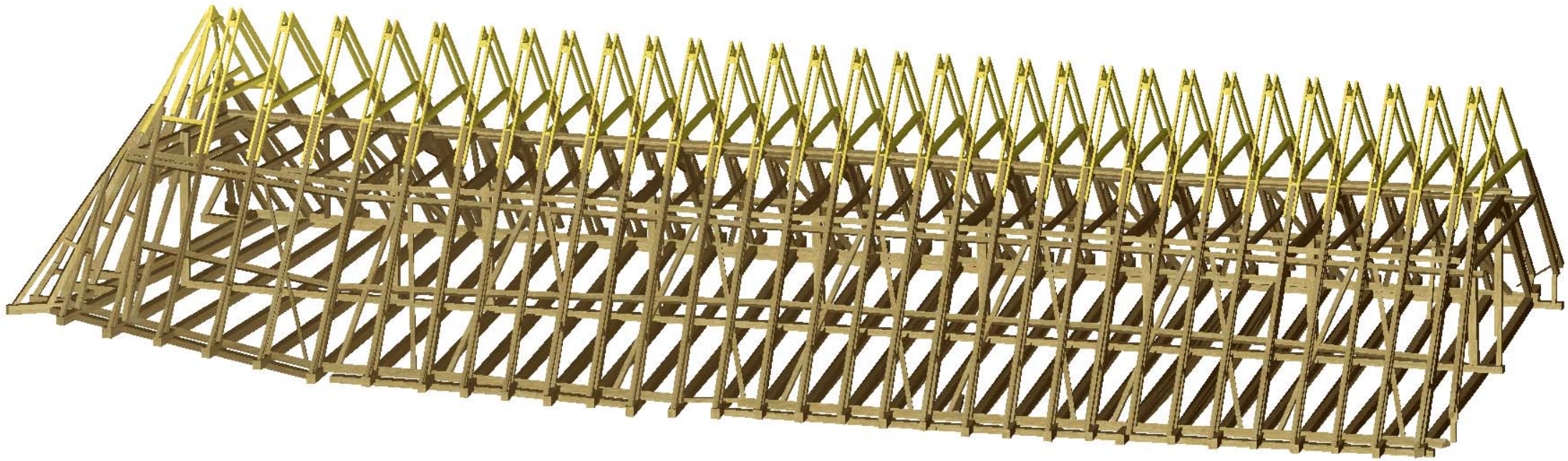
Výkresy prostorového modelu

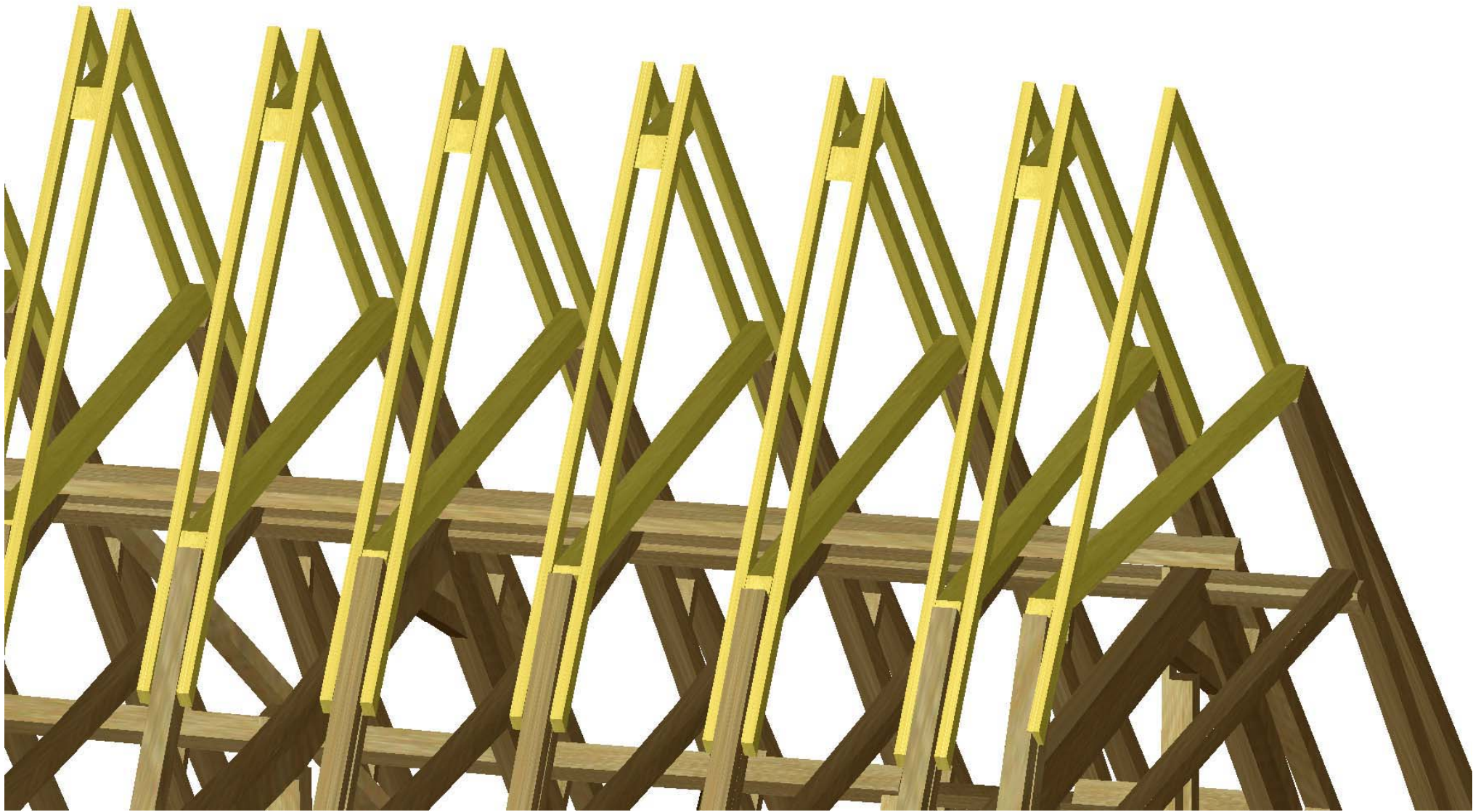


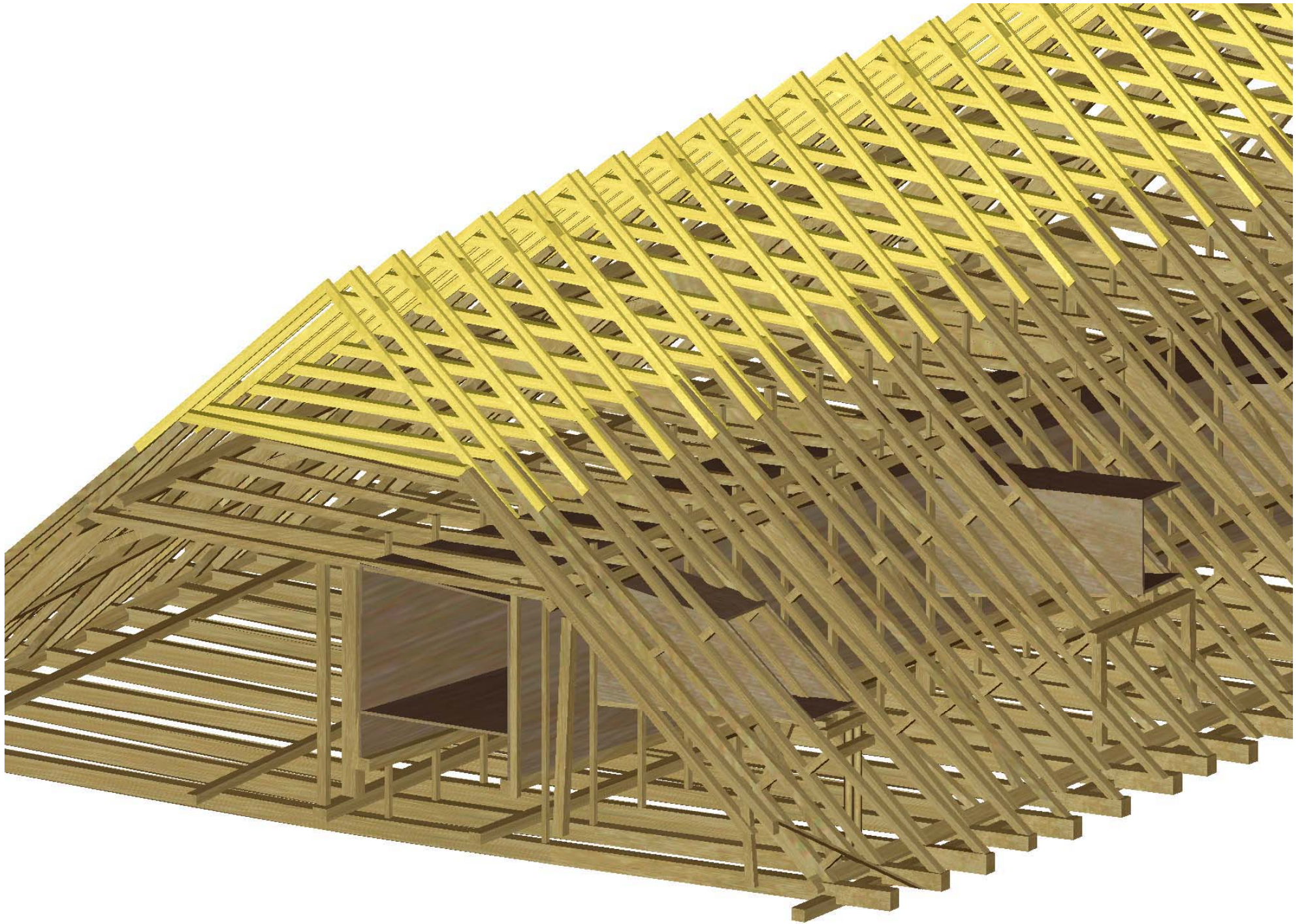




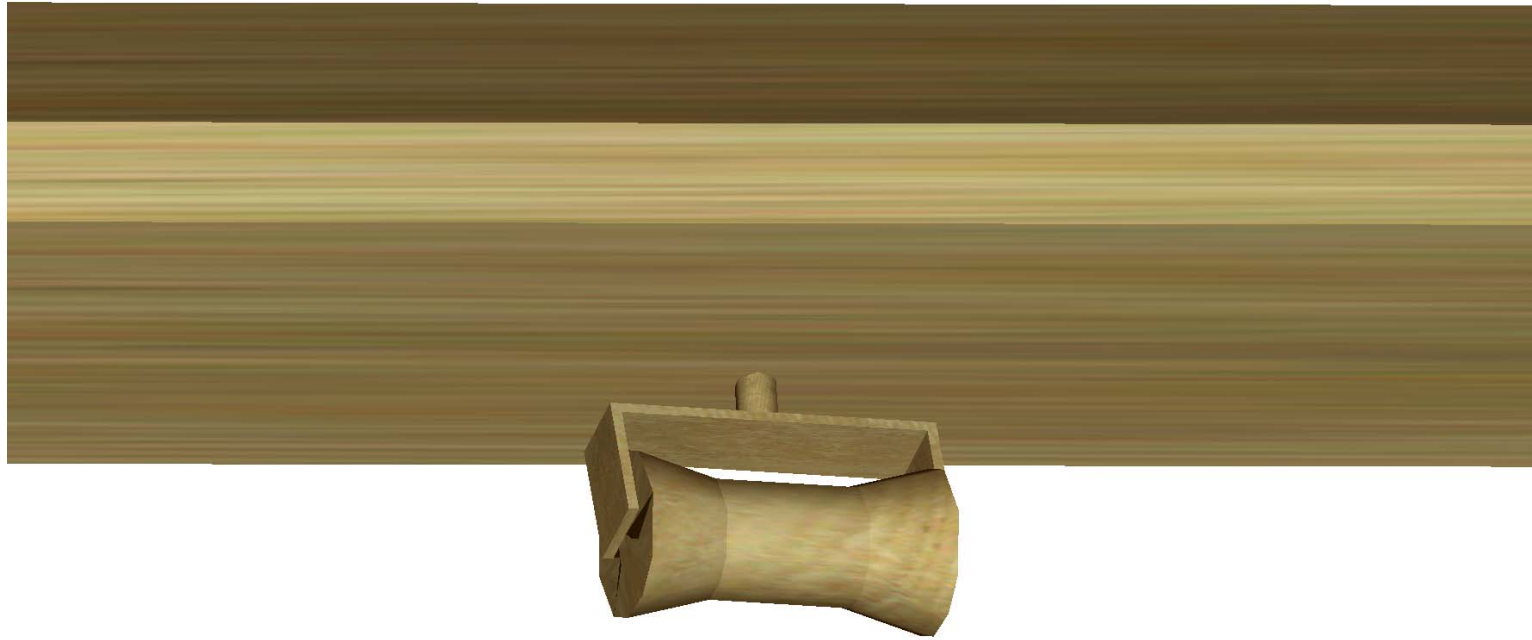












Příloha č. 7

2D výkresy v měřítku 1:50