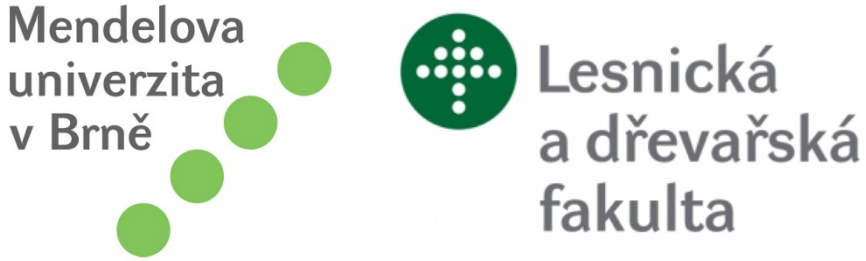
**Mendelova univerzita v Brně**

**Lesnická a dřevařská fakulta**




# Možnosti použití dřevěných příhradových vazníků se styčníkovými deskami

**2017**

**Lukáš Grof**

# Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci Možnosti použití dřevěných příhradových vazníků se styčníkovými deskami vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V dne

Podpis

# Poděkování

Rád bych poděkoval svým rodičům za jejich maximální podporu při studiu. Dále firmě Tesgrup s.r.o., svému dědovi a otci, kteří úspěšně již několik let tuto společnost budují a jsem velmi rád, že můžu být její součástí.

V neposlední řadě bych také poděkoval doc.Dr.Ing. Zdeňce Havířové za vedení mé bakalářské práce a odborné konzultace.

# Abstrakt

Autor: Lukáš Grof

Název práce: Možnosti použití dřevěných příhradových vazníků se styčníkovými deskami

Práce je zaměřena na problematiku příhradových vazníků od dodavatele technologií pro tento účel MITEK INDUSTRIES spol. s.r.o.. Je v ní zahrnuta teoretická část, kde budou rozebrány hlavní přednosti příhradové konstrukce a dále pak uveden kompletní postup od návrhu až po realizaci na rodinném domě, který byl vystavěn v Čejkovicích na Jižní Moravě. Vše je podloženo výkresovou dokumentací a fotodokumentací.

Klíčová slova:

Dřevo, příhradové vazníky, styčníkové desky

Abstract

Author: Lukáš Grof

Title: Possibilities of using wood trusses with punched connector plates.

Work deals with the trusses from the technology supplier for this purpose by MITEK INDUSTRIES spol. s.r.o.. One part talks about theoretical information where I am analysing the main advantages of truss and then I continue through the entire proces from design to implementation of the family house, which was built in Cejkovice, South Moravia. Everything is supported by drawing documentation and footages.

Key words:

Wood, trusses, connector plates

Obsah


**1 Úvod ..... 7**

**2 Cíl práce ..... 8**

**3 Metodika ..... 9**

**3.1 Textová část ..... 9**

**3.2 Výkresová část ..... 9**

**4 Literární přehled ..... 10**

**4.1 Co jsou příhradové vazníky? ..... 10**

**4.2 Historie příhradových vazníků ..... 10**

**4.3 Typy příhradových vazníků ..... 11**

**4.4 Styčníkové desky s prolisovanými trny ..... 12**

**4.5 Základní principy návrhu ..... 13**

**4.6 Hlavní výhody a nevýhody příhradových vazníků ..... 15**

4.6.1 Výhody ..... 15

4.6.2 Nevýhody ..... 16

**5 Možnosti řešení návrhu nosné konstrukce s příhradovými vazníky ... 17**

**5.1 Návrh nosné konstrukce pro skutečnou stavbu rodinného domu ..... 17**

5.1.1 Kontaktování od stavební firmy ..... 17

5.1.2 Projekce střešní konstrukce ..... 17

5.1.3 Před-výrobní proces ..... 23

5.1.4 Výrobní proces ..... 24

5.1.5 Transport na staveniště ..... 25

5.1.6 Montáž ..... 27

5.1.7 Předání stavby ..... 29

**6 Závěr ..... 30**

**7 Summary ..... 31**

**8 Použitá literatura ..... 32**

**9 Seznam obrázků a tabulek ..... 33**

**9.1 Obrázky ..... 33**

**9.2 Tabulky ..... 33**

**10 Seznam výstupů z programu Pamir ..... 34**

**11 Přílohy ..... 35**

**11.1 Fotodokumentace rodinného domu v Čejkovicích..... 35**

# 1 Úvod

Příhradové vazníky jsou v posledních třech letech čím dál více využívány, a to díky mnoha faktorům. Jedním z nich je fakt, že momentálně jsou stavěny z velké části přízemní domy. Jestliže je stavební parcela vhodná pro tento typ stavby, je rozumnější stavět bungalovy téměř bez schodů, které v pozdějším věku mohou být značnou obtíží. U těchto staveb bez podkrovního prostoru je vazníková konstrukce jasná volba. Do značné míry jsou sníženy náklady, které by jinak byly investovány do betonového stropu. Ve vaznících jsou součástí konstrukce střechy i stropní konstrukce. Další klady a zápory budou rozvedeny na následujících stranách, kde výhodám bude věnován dostatečný prostor. Hlavním důvodem, proč je zde rozebíráno toto téma, je dlouholetá praxe autora s touto problematikou u rodinné firmy Tesgrup s.r.o., sídlící ve Velkých Bílovicích. Jeho zkušenosti a poznatky tedy budou promítnuty do této bakalářské práce, a tím tak bude umožněno čtenářům nahlédnout „pod pokličku“, a bude odhalena většina možných úskalí při projekci a následném provádění stavby.

# 2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je vypracovat stručnou charakteristiku, možnosti využití a výhody popřípadě nevýhody příhradových vazníků se styčníkovými deskami s prolisovanými trny. Budou taktéž uvedeny možnosti řešení návrhu nosné konstrukce střešního pláště, postup návrhu a způsob realizace pomocí technologií nabízených společností MITEK INDUSTRIES, spol. s.r.o.. V poslední fázi práce bude uveden příklad přímo z praxe na skutečném rodinném domě, jehož výstavba byla provedena pod vedením autora práce. Budou zde uvedeny všechny kroky k úspěšném zvládnutí střešní konstrukce.

# 3 Metodika

## 3.1 Textová část

V textové části jsou stručně charakterizovány příhradové vazníky, popsány jejich klady i zápory včetně různých konstrukčních možností a detailů, které vychází přímo z praxe. Také bude vysvětleno, jak probíhá projekce v programu PAMIR, technologické postupy výroby a shrnutí, jak probíhá celá zakázka od A do Z, od kontaktu investora až po následné předání stavby.

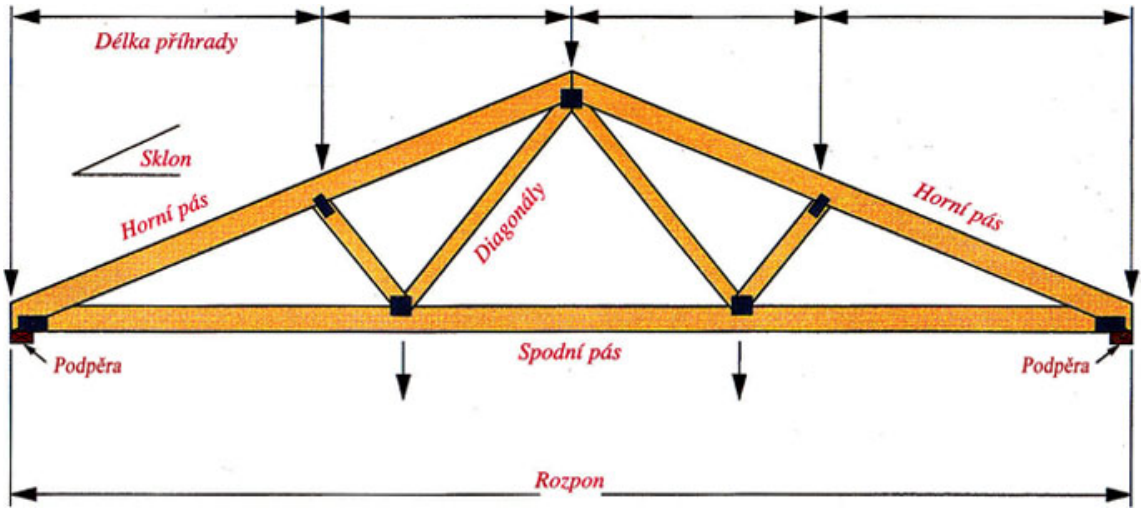
## 3.2 Výkresová část

V této části je obsažen návrh střešní konstrukce konkrétního případu výstavby rodinného domu v Čejkovicích na Jižní Moravě. V příloze je taktéž uveden výpis materiálů a prvků potřebných pro zdárné dokončení stavby a nebude chybět ani statický výpočet celé střechy.

# 4 Literární přehled

## 4.1 Co jsou příhradové vazníky?

Příhradové vazníky jsou obecně trojrozměrné konstrukce s rozpětím v rozmezí 1-30 metrů. „Vazníky jsou konstrukčně vytvořeny z prutů takovým způsobem, že každý prut je součástí nejméně jednoho trojúhelníku, který pozůstává ze tří prutových prvků. Pruty příhradového vazníku jsou staticky obecně charakterizovány jako prostorové přímé pruty, které mají na každém konci šest stupňů volnosti (tři posunutí a tři pootočení). Z hospodářských důvodů (statických i výrobně technických) se trojrozměrné příhradové konstrukce velmi často sestavují z dvojrozměrných svislých vazníků a vodorovných nebo skloněných vazníků. Svislé vazníky mohou být vzájemně uspořádány rovnoběžně nebo soustředně a mohou být vzájemně spojeny dalšími vazníky.“[1]




**Obrázek 1. Příhradový vazník (http://www.lusta.cz/stresni-pritahove-vazniky.php)**

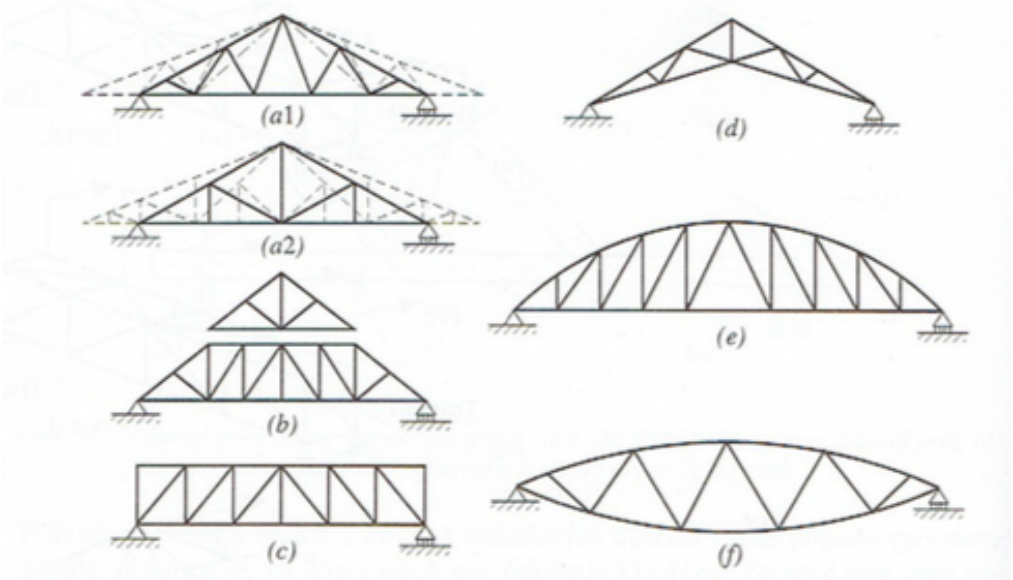
## 4.2 Historie příhradových vazníků

Příhradové vazníky se styčníkovými deskami pochází ze severní Ameriky. Do Evropy se tato technologie prosadila v posledních třiceti letech. Významný podíl na tomto systému mají předchůdci firmy, MITEK – společnosti Gang-Nail a Hydro-Nail, ze kterých sloučením vznikla firma Mitek v roce 1987. Společnost začala působit ve Švýcarsku a Belgii, odkud se postupně dostala do Německa a v roce 1964 byl vydán schvalovací protokol. Předcházející zkušební testy řídil profesor Moehler z Technické

University v Karlsruhe. V současnosti jsou používány téměř v celé Evropě. Česká republika vydala Státním zkušebním ústavem stavebním v Praze svůj vlastní schvalovací protokol v roce 1993.[2]

## 4.3 Typy příhradových vazníků

Nejčastějším a nejpoužívanějším je trojúhelníkový vazník. Mezipásové pruty volíme tak, aby bylo možné co nejhospodárněji dimenzovat pruty a spoje. Abychom minimalizovali ohybové napětí pásu a vzpěrných délek tlačeného pásu, můžeme volit vzdálenost vaznic popřípadě soustředění zatížení předem. Zvolení směru mezipásových prutů děláme tak, že krátké mezipásové pruty jsou namáhány tlakem a dlouhé tahem, abychom nemuseli přidávat vyztužení mezipásových prutů s ohledem na vzpěr. Vazníky mohou být i jiného tvaru než jen trojúhelníkového. Při větších vaznících se používají i lichoběžníkové tvary, které jsou následně spojeny trojúhelníkem, a to za pomoci FSP desek. Další rozměry jsou ovšem limitovány z důvodu jejich prefabrikace a přepravy. Tvar dolního pásu můžeme taktéž měnit, a to hlavně z architektonických důvodů vnitřního prostoru. Máme-li ovšem horní pás zakřiven málo, že ho lze prakticky označit jako přímkový mezi podporami, vzniká nám tedy stabilitní problém, protože spodní vrchol dolního pásu může vybočit (Kessel, 1988).[1]

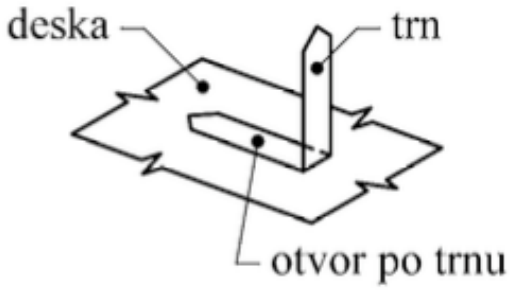



*Typy příhradových vazníků: (a1, a2) trojúhelníkový vazník, (b) složený trojúhelníkový vazník, (c) přímopásový příhradový vazník, (d) nůžkový vazník, (e) obloukový vazník, (f) nosník čočkového tvaru.*

**Obrázek 2. Typy příhradových vazníků (Koželouh, 1998)**

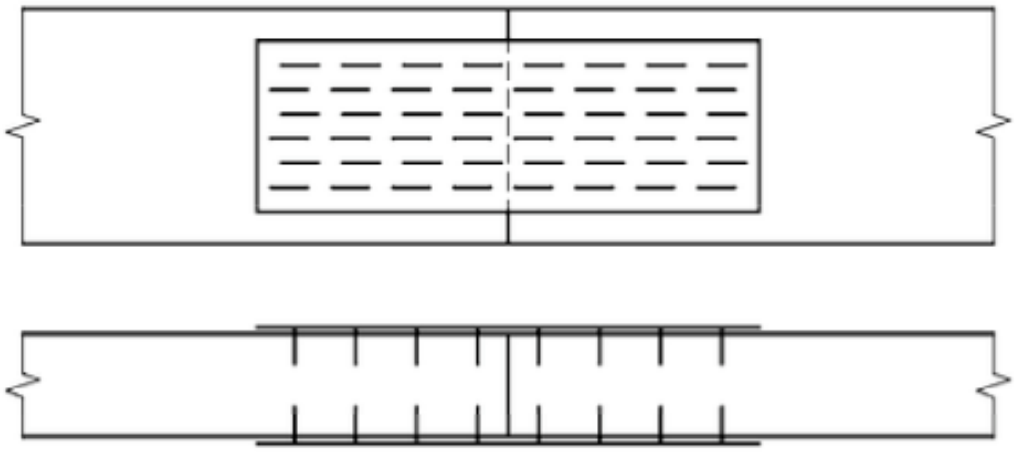
## 4.4 Styčníkové desky s prolisovanými trny

Styčníkové desky s prolisovanými trny jsou vyráběny z konstrukční pozinkované měkké oceli nebo nerezové oceli. Používáme je pro spojování dřevěných prvků stejné tloušťky, většinou ve styčnících vazníků. Prolisovány jsou na způsob hřebíků, tak, že vznikají jednostranné trny, které jsou ohnuté kolmo k rovině desky.[3]




**Obrázek 3. Prolisovaný trn [3]**

Spoje jsou prováděny zalisováním desek do dřeva oboustranně. Obě desky jsou stejného typu, orientace i rozměru.



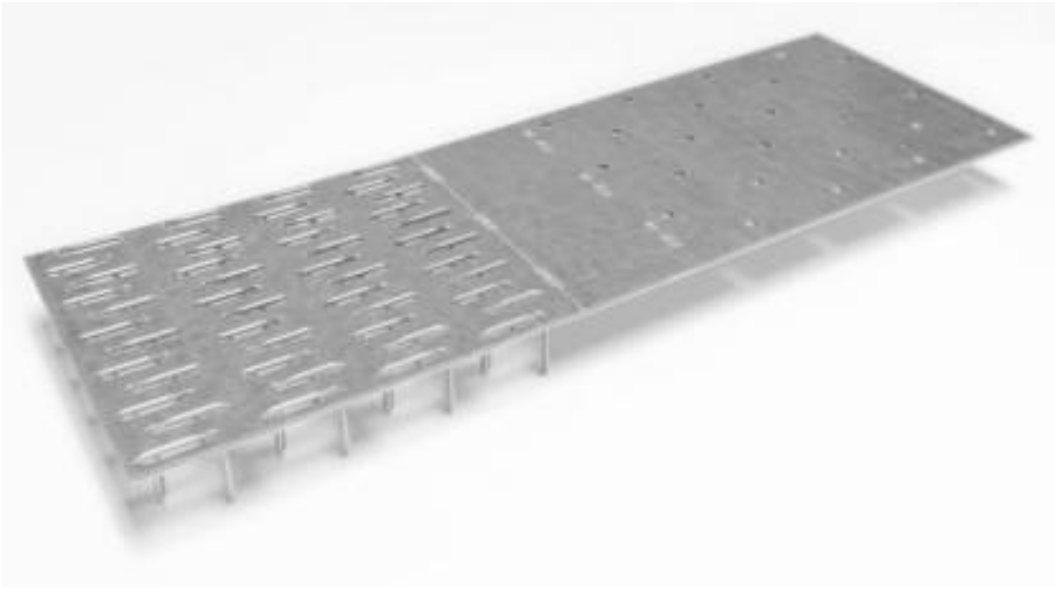
**Obrázek 4. Spoj s deskou s prolisovanými trny [3]**

Spoje s těmito deskami se posuzují na přenos sil ze dřeva na desku (pevnost připojení) a přenosu sil deskou (vlastní únosnost).[3]

Konkrétně styčníkové desky od firmy Mitek industries spol s.r.o. jsou vyráběny ve třech variantách. Tloušťka 1 milimetr pro GNA20, 1,5 mm pro T150 a 2

mm pro M14 a několik dalších, ale ne tak používaných desek např. M16S, která má redukovaný výběr a přesně dané uspořádané trny z nerezové oceli pro použití např. v průmyslových nebo zemědělských budovách. Liší se tedy tloušťkou, ale i délkou trnů.

Dalším neméně důležitým typem desky je tzv. FSP14 deska. Tento spojový prvek je využíván pro spojení dvou prefabrikovaných hotových vazníků až přímo na stavbě. Jedna strana této desky se zalisuje do jednoho vazníku a po přiložení druhého je další polovina desky spojena za pomoci děrovaného plechu, do kterého umístíme dané hřebíky nebo vruty z důvodu předvrtaných otvorů.



**Obrázek 5. Deska s typovým označením FSP14 – pro spojení na stavbě (www.mitek.cz)**

## 4.5 Základní principy návrhu

Příhradový vazník je konstrukce skládající se z konstrukčních dílů utvářejících zpravidla trojúhelník. Z tohoto geometrického uspořádání konstrukce je odvozena její únosnost. Obvodové prvky vazníku se nazývají pásy (horní a spodní). Vnitřní pruty vytvářející interní trojúhelníky se nazývají diagonály (šikmé) a svislice (vertikální). Příhradový vazník je vytvořen v případě, kdy diagonály vytvářejí tvary trojúhelníku mezi horním a spodním pásem. Podkrovní konstrukce a vazníky se zvýšeným spodním pásem nevytvářejí tyto trojúhelníky a nejsou proto technicky vzato příhradovými vazníkovými konstrukcemi.

Jakmile působí na vazníkovou konstrukci zatížení (od střešní krytiny, stropní konstrukce, sněhu atd.), jsou účinky zatížení přenášeny pruty soustavy vazníku. Velikost ohybového momentu v jednotlivých pásech je do značné míry závislá na délce příhrady (vzdálenost mezi spoji na každém konci prutu, obvykle měřená vodorovně). Všeobecné pravidlo je, že větší délka příhrady znamená větší ohybový moment, což vyžaduje větší průřez řeziva pro bezpečné přenesení sil. ČSN P ENV 1995-1-1 umožňuje vyčíslit maximální povolenou délku příhrady.

**Tabulka 1. Maximální délka příhrady horních a spodních pásů**[4]

| Tloušťka prvku | Maximální délka (délka v půdorysu mezi styčníky) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 35 mm tloušťka | | 47 mm tloušťka | |
| | Horní pás | Spodní pás | Horní pás | Spodní pás |
| mm | m | m | m | m |
| 72 | 1,9 | 2,5 | 3,3 | 3,3 |
| 97 | 2,3 | 3 | 3 | 4,3 |
| 120 | 2,6 | 3,4 | 3,9 | 5 |
| 145 | 2,8 | 3,7 | 4,1 | 5,3 |

Dalším důležitým kritériem, které musí být uvažováno, je velikost průhybu nebo deformace vazníku po jeho zatížení. ČSN P ENV 1995-1-1 definuje rozsah přípustné deformace při různých zavěšovacích podmínkách. Dále pak by si měl konstruktér být vědom problémů, které mohou nastat v důsledku rozdílných průhybů vazníků.

Rozdíl průhybů se může vyskytnout mezi dvěma sousedními vazníky ve střeše, kdy se změní podmínky podepření nebo zatížení. Například u valbového konce nebo nároží může být hodně zatížený valbový nosný vazník deformován více než nenosný vazník uložený hned vedle něj ve valbě. V případech, kde je použit asymetricky zkrácený vazník společně s vazníky v plném rozpětí, může být deformace standartního vazníku podstatně větší než u zkráceného.

V tomto případě by měl projektant zajistit, aby rozdíl v předpokládané odchylce průhybů mezi dvěma vazníky zůstal v určitém rozmezí tak, aby se vyhnul problémům při konstruování přesné roviny stropu ve spodních pásech.

Rozdílné průhyby mezi přilehlými vazníky jsou jedny z nejběžnějších příčin problémů. Jakmile je konstrukce střechy postavena, je velmi obtížné toto napravit. Opatřením je pro konstruktéra řešit možné problémy již ve fázi návrhu konstrukce.

Příhradové vazníky jsou konstruovány pro předem podrobně specifikovaný účel použití. Pro správný návrh je potřeba tyto informace v dostatečné míře od daného dodavatele technologie zajistit a umožnit tak projektantům neomezený přístup k těmto informacím.[4]

## 4.6 Hlavní výhody a nevýhody příhradových vazníků

### 4.6.1 Výhody

Nejzásadnější výhodou pro používání příhradových vazníků je konstrukce samotná - tedy většinou trojúhelníkového tvaru, která nám zároveň při konstrukci střechy tvoří i nosnou část pro strop. Čili nám odpadá nutnost výstavby betonového nebo dřevěného stropu. Nosnou konstrukci máme, takže ji jen doplníme například o hliníkové profily a sádrokarton. Úspora u bungalovu může být kolem 250 000,- Kč. Dalším podstatným plusem oproti klasickému tesařskému krovu je rozpětí bez vnitřních podpor. U vazníkové konstrukce za běžných podmínek nepotřebujeme vnitřní nosné zdivo a stačí nám zdivo obvodové. Vazníkové konstrukce mohou mít v rozpětí až 30 metrů bez vnitřní podpory. Tím pádem nejsou problémy projekty s velkými místnostmi, kde nechceme mít žádnou stojnu. U klasického krovu se u určitého rozpětí neobejdeme bez vaznic, které musíme podepřít. V roce 2012 jsme zpracovávali halu s rozpětím 30 metrů bez žádné vnitřní podpory. Velkou úsporu taktéž zjistíme u řeziva, kdy je na stejnou střechu v některých případech potřeba i o 40% méně. Zajímavá je taktéž výhoda v podobě libovolného tvaru střešní roviny. Běžným profilem je totiž tloušťka 5 cm, narozdíl od klasických dimenzí běžného krovu. Dalším plusovým bodem pro vazníkové konstrukce je určitě rychlost montáže. Největší čas spotřebovaný pro vazníkový krov náleží výrobnímu procesu v areálu firmy. Následná montáž může zabrat u rodinného domu s obdélníkovým tvarem půdorysu třeba i pouhý jeden den. Tuto výhodu můžeme uplatnit hlavně u rekonstrukcí, kdy můžeme za jeden den provést demontáž krovu starého a při správném načasování jsme schopni do 2 dnů mít střechu zalatovanou a pod folií, takže nedojde k zatečení obytných prostor kvůli povětrnostním vlivům. Rád bych ještě zmínil přesahovou část vazníků, o které se moc nemluví ani nepíše, ale při rozhodování, zda klasický krov nebo vazníky, mají taktéž velkou váhu. Jde o to, že se na přesazích střechy hodně využívá bednění osb deskou a následném natažení fasády, protože se jedná o téměř bezúdržbový systém a při konstrukci vazníkového krovu již od základu máme hotovou konstrukci. Stačí nám pouze rošt z desek a následné opláštění

osb deskou. U klasického krovu musíme ještě vytvořit nosnou konstrukci pro tento rošt, tím pádem máme zvýšené náklady na takto zhotovenou přesahovou část střechy.

### 4.6.2 Nevýhody

Použití pro obytné půdní prostory nebývá ve většině případů šťastné řešení a ani já nejsem zastáncem použití pro tento typ stavby. Cena je většinou téměř shodná s klasickou konstrukcí krovu a navíc bývá problém s podélným ztužením. Nika nebývá moc velká, a proto nemáme moc prostoru pro zavětrování. Řešit celou konstrukci ztužením za pomoci zavětrovacího vazníku, který se umísťuje mezi horní pásy rovnoběžně se střešní rovinou, je nákladné řešení. Jelikož dimenze nebývají tak veliké jako u dřevěného stropu za pomoci stropních trámů o velkých profilech, dochází taktéž k pružení celého stropu, takže pro půdní stavby to moc nedoporučuji. Toto tvrzení se ovšem nevztahuje na úložný prostor, kterého můžeme za pomoci vazníků dosáhnout velice lehce a odkládání ne zrovna používaných věcí bývá velice užitečné. Investoři na tuto možnost slyší a rádi této varianty využívají. Dalším, někdy i komplikovaným faktorem bývá přeprava vazníků. Větší stavby bývají tvořeny vazníky o délce až 30 metrů, a to bývá častým problémem pro přepravu. Více informací je napsáno v postupu výroby a montáže v další kapitole.

# 5 Možnosti řešení návrhu nosné konstrukce s příhradovými vazníky

## 5.1 Návrh nosné konstrukce pro skutečnou stavbu rodinného domu

### 5.1.1 Kontaktování od stavební firmy

V dnešní době, kdy zažívá internet neskutečný rozmach, je téměř každý dodavatel vazníků k dohledání na internetu. Jsou zde k nalezení krátké informace o firmě a následně možnosti kontaktování.

Z takového důvodu dochází k tomu, že investor/stavební firma kontaktuje s jedním projektem několik, v mnoha případech desítky firem, a to klade obrovský důraz na co nejnižší cenu. Vlastními zkušenostmi jsem došel k závěru, že pro investora není až tak podstatná kvalita dodavatele, nýbrž co nejnižší cena. Konkrétně naší firmě vychází, že uskuteční přibližně 1 zakázku z 10 naceněných. To je opravdu nízká bilance, a proto velká část naší práce spočívá v neustálé tvorbě cenových nabídek, jež jsme nuceni v drtivé většině pro správné nacenění projektovat, a musíme mít přesné výpisy materiálů.

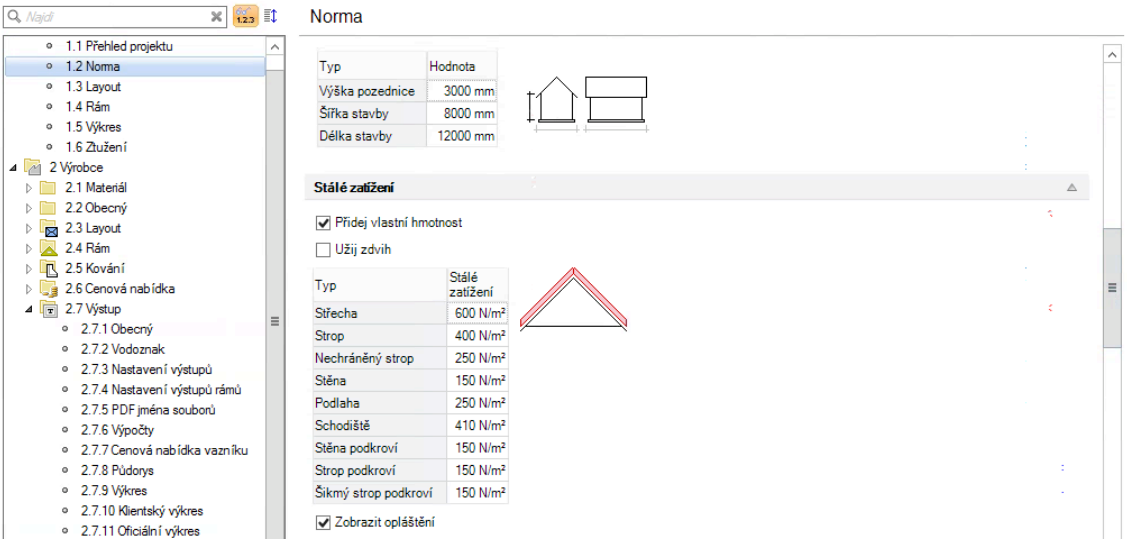
Po zaslání cenové nabídky nastává čekání pro odsouhlasení ceny a v případě, že je vše potvrzeno, dochází k upřesnění termínu realizace a následnému podpisu smlouvy o dílo.

Pro tento dům jsme byli osloveni firmou HOFRA, která provádí realizaci výstavby pro investora. Byli jsme kontaktováni na základě dlouhodobé spolupráce s touto firmou. Prvním krokem byla poptávka po cenové nabídce. Na základě toho jsme podle přiložené projektové dokumentace vyprojektovali, jak by měla střešní konstrukce vypadat a zjistili také výpis materiálu potřebného pro následné nacenění. Výsledná cena byla 305 000,- bez DPH a investor s touto cenou souhlasil.

### 5.1.2 Projekce střešní konstrukce

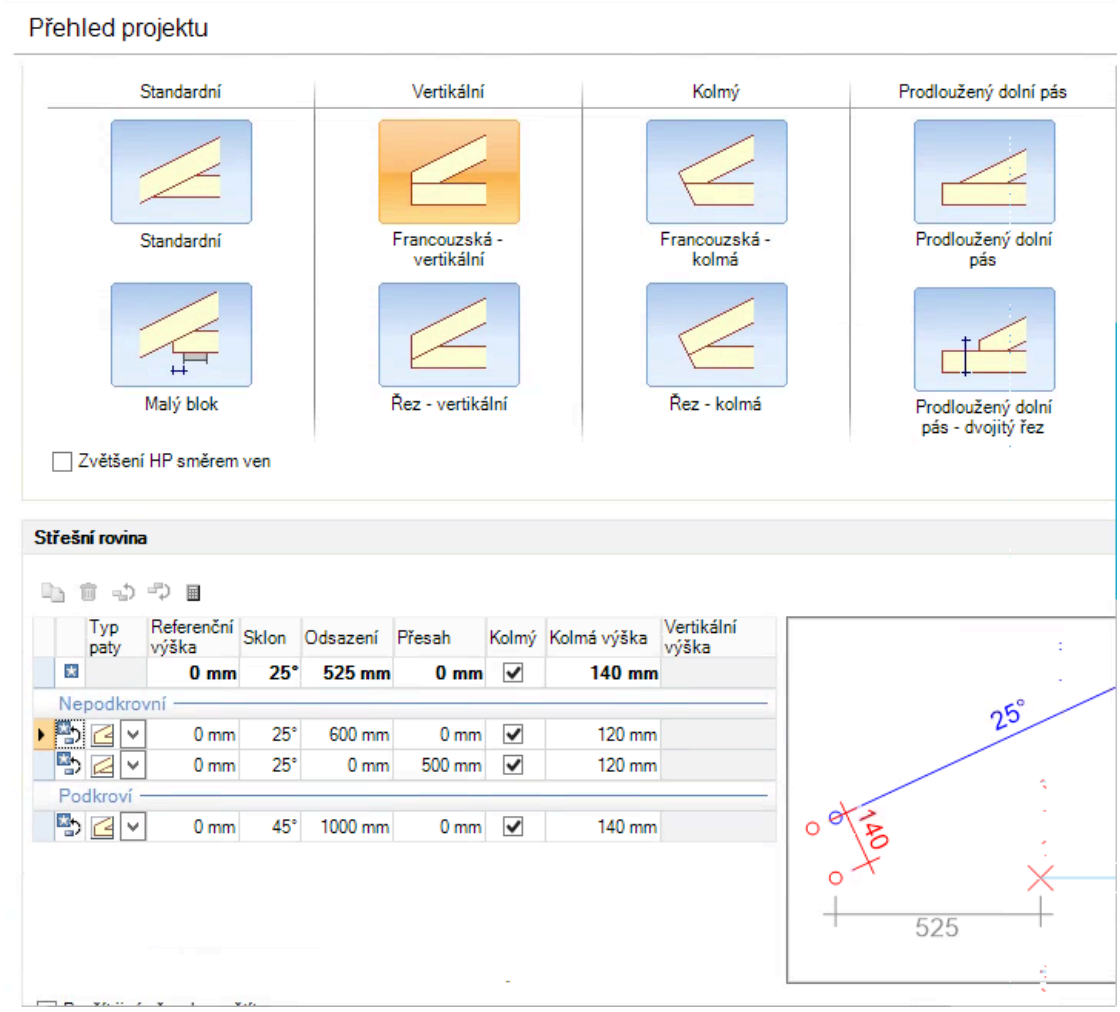
Všechny vazníkové konstrukce kreslíme za pomoci programu PAMIR od Mitek Industries spol s.r.o., který funguje od roku 2016, kdy nahradil předchozí verzi s názvem Mitek 2020.

Abychom mohli začít s návrhem, musíme mít pár základních informací, bez kterých se neobejdeme. Potřebujeme znát umístění stavby z důvodu sněhové oblasti – v tomto případě se jedná o stavbu v Čejkovicích na Jižní Moravě, okres Hodonín, a spadá pod sněhovou oblast číslo 1. Naše firma i v těchto kategoriích volí pro jistotu sněhovou oblast číslo 2. Dále musíme zjistit, jaké bude zatížení horního a spodního pásu vazníku. U tohoto rodinného domu se nepočítá s budoucí instalací solárních panelů ani fotovoltaiky, a proto nám horní pás zatěžují pouze laty, folie, střešní krytina (konkrétně pálená taška), a tak volíme zatížení 600 N/m$^2$. Spodní pás bude tvořen foukanou celulózovou izolací, hliníkovými profily UD a CD a 15 mm sádrokarton – proto volíme dostatečné zatížení 200 N/m$^2$ na spodní pás.

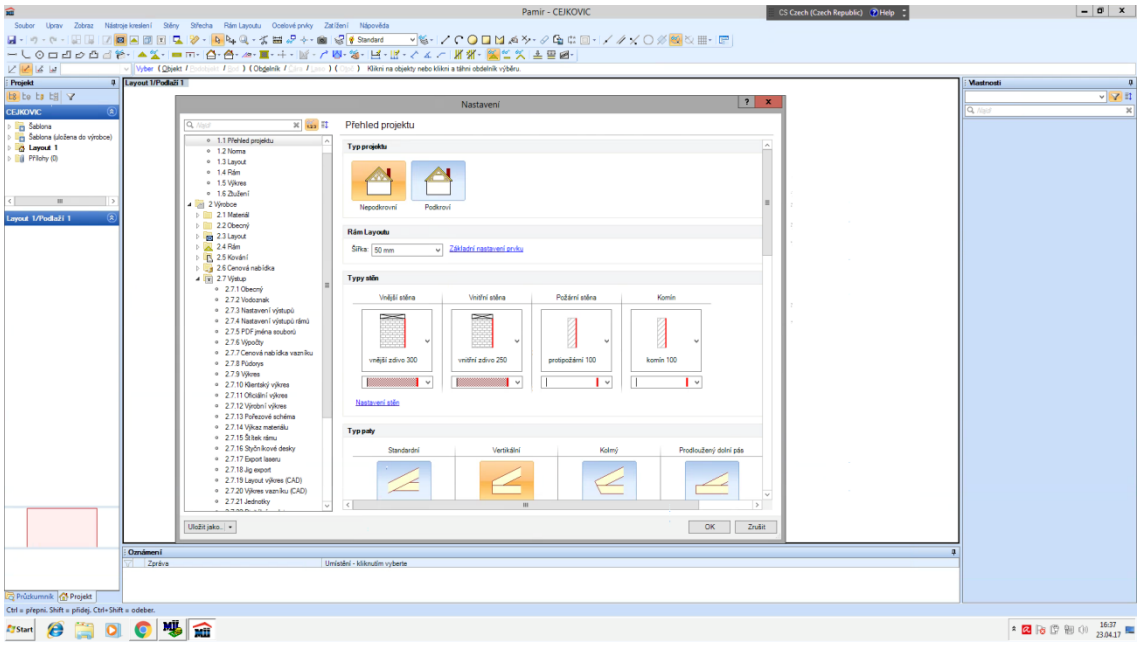



**Obrázek 6. Uživatelské prostředí programu PAMIR**

Dále si musíme nakonfigurovat, jaké bude mít střecha vlastnosti. Volíme konstrukci přesahu, délku přesahu, výšku okapu a sklon střechy.

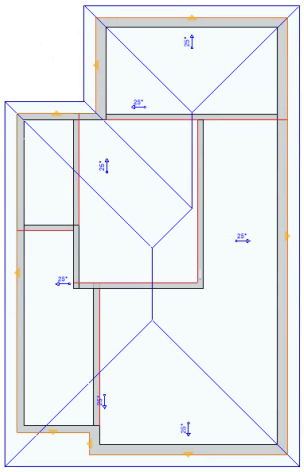



**Obrázek 7. Uživatelské prostředí programu PAMIR**



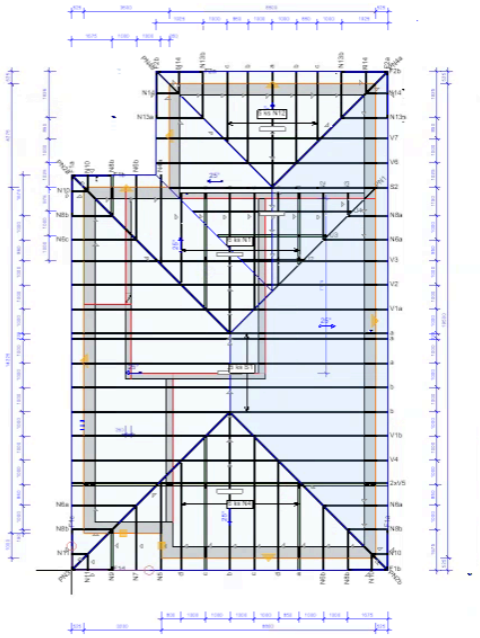

**Obrázek 8. Uživatelské prostředí programu PAMIR**

Jakmile máme veškeré vstupní data vyplněna, přecházíme k následné projekci. Vždy si jako první zakreslíme obvodové zdivo, následně vnitřní nosné příčky a poté již řešíme spády střešních rovin, úžlabí a nároží.



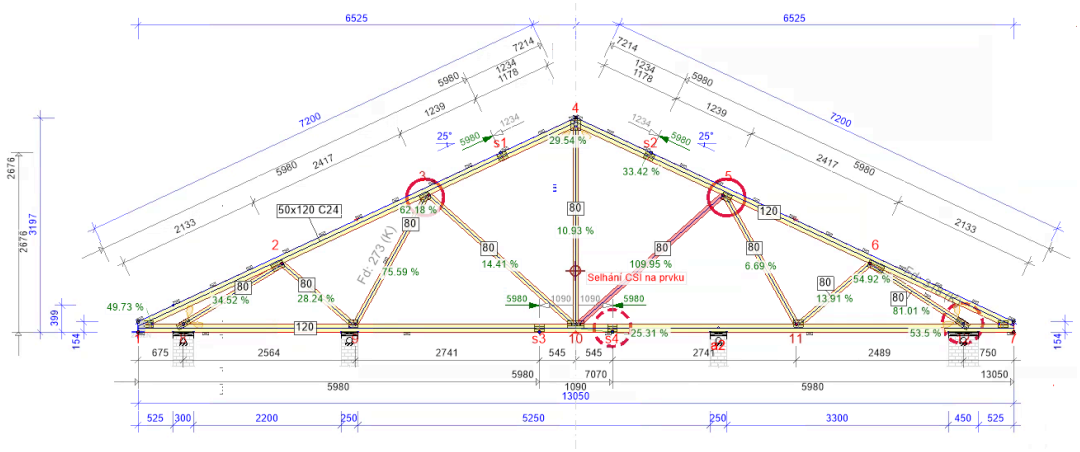
**Obrázek 9. Uživatelské prostředí programu PAMIR**

Dále postupujeme tak, že začneme půdorysně vytvářet umístění vazníků. K tomu nám může pomoci automatická funkce, ovšem nemůžeme se na ni ve všech případech spoléhat a musíme si vše řádně překontrolovat, případně složitější tvary udělat manuálně.

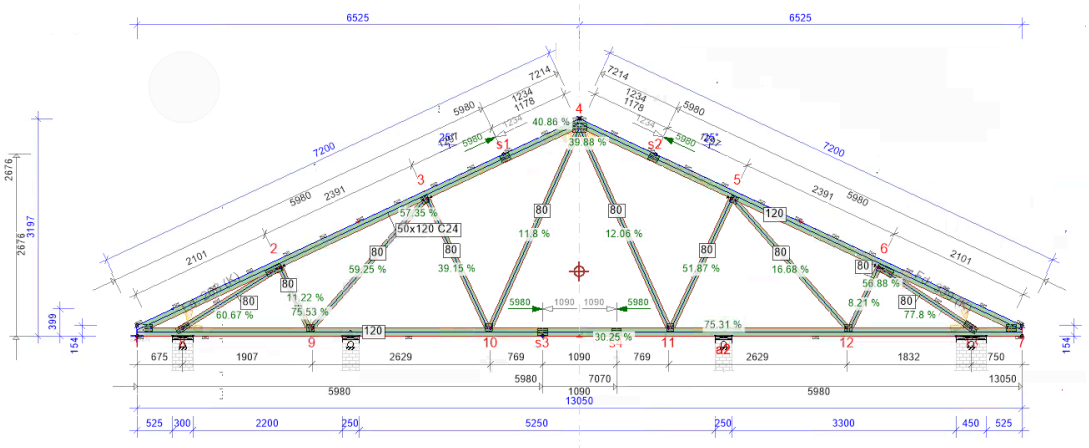


**Obrázek 10. Uživatelské prostředí programu PAMIR**

Půdorysně máme střechu hotovou. Přecházíme ke konstrukční fázi, kdy začínáme za pomoci Pamiru konstruovat jednotlivé vazníky a provádět výpočetní funkce, abychom daný vazník mohli následně použít ve výstavbě. Pomocí klávesy F9 a F10 se nám všechny vazníky spočítají, kdy máme defaultně nastaveno následující: horní pás má profil 5/12, spodní pás 5/12 a diagonální výplet 5/8. Takové nastavení nám ale samozřejmě nepokryje všechny nároky na vazníky, a proto se nám v půdorysu zobrazí červeně ty vazníky, které nevyhovují z hlediska základního nastavení a musíme je překontrolovat. V této fázi nám program řekne, kde musíme ručně zasáhnout v podobě navýšení výpletu diagonál, přizpůsobení spojů tím, že rozměry nebo typ styčníkových desek upravíme profil řeziva nebo změníme počet vrstev zvláště u vazníků, které jsou nosné pro další vazníky a tvoří nám podpůrnou konstrukci.



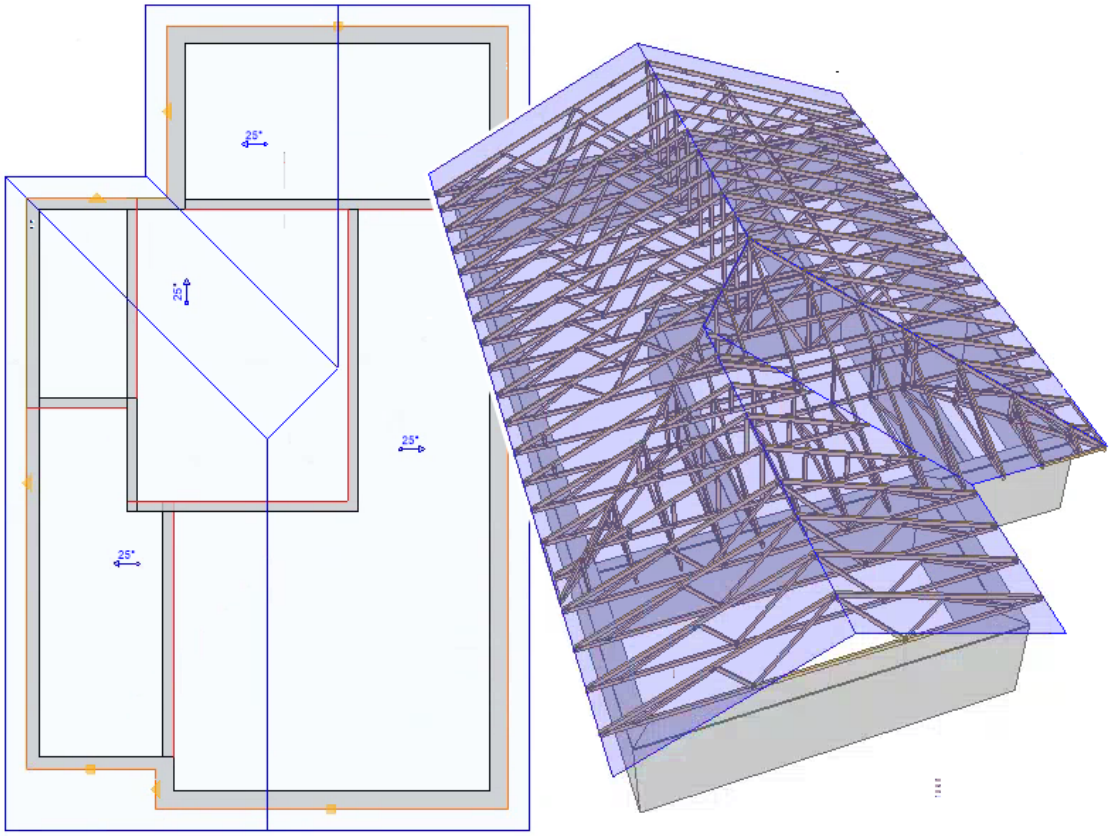

**Obrázek 11. Uživatelské prostředí programu PAMIR – chybové hlášení statického výpočtu**




**Obrázek 12. Uživatelské prostředí programu PAMIR – po upravení diagonálního výpletu nám následně statický výpočet splňuje požadavky a má zelenou barvu, která nám napovídá, že je již vše v pořádku**

Veškeré vazníky tedy již máme správně vytvořeny a spočítány a můžeme přejít k výstupu, kdy nám jde o půdorysné řešení konstrukce a výpis materiálů v podobě soupisu použitého řeziva, styčníkových desek a použitých závěsů pro kotvení popřípadě již výstup v podobě výrobních výkresů za předpokladu, že nám byla odsouhlasena cenová nabídka, kterou jsme vytvořili na základě výpisu materiálů.

Další možností řešení mohlo být taktéž nahrazení valbového typu střechy na konstrukci se zděnými štíty. Tato varianta by byla levnější co se týče výroby i následné montáže, ovšem již z příchozí projektové dokumentace a následném kontaktu investora nám bylo sděleno, že tento typ nesplňuje jejich estetické požadavky a byla zachována původní varianta s valbami.



**Obrázek 13. Uživatelské prostředí programu PAMIR – další možnost řešení návrhu střechy**

### 5.1.3 Před-výrobní proces

Po začátku výstavby je nutné důkladné zaměření nosných svislých konstrukcí, jelikož z 90% dochází k odchylce oproti projektové dokumentaci. Kdyby nedošlo k zaměření, tak u příhradových konstrukcí, které jsou prefabrikovány, by při následné montáži docházelo k velkým problémům. Proto při finální verzi projekce musíme vycházet ze skutečného stavu. Pro budoucí montáž se tím vyhneme nepříjemnostem a vše funguje, jak má.

Druhým bodem je tedy projekce, kdy celou stavbu překreslíme dle skutečných rozměrů a následně přecházíme k výstupu v podobě výpisu materiálů - tvoří jej soupis řeziva, kotvících prvků, výpis styčníkových desek. Poté následuje tisk jednotlivých výrobních výkresů pro každý vazník.

Výpis řeziva posíláme na pilařské provozy v dostatečném předstihu, aby na sebe vše navazovalo a mohli jsme dodržovat řádně termíny výstavby. V našem případě máme jistou výhodu, kdy součástí naší firmy je i pásová pila a vlastní sklad deskového materiálu, přičemž dokážeme velice operativně řešit například hektické termíny pro výrobu. Řezivo bývá v drtivé většině tloušťky 5 cm. Horní a spodní pás používáme minimálně v profilu 5/12 cm, kdy chceme předejít možným vadám dřeva v podobě suků, které mohou časem vypraskat a může tak dojít k vážnému konstrukčnímu poškození prvku. Obsluha tvořící profil vazníků a lisu by samozřejmě měla těmto situacím předcházet vizuální kontrolou, ovšem lidský faktor může být v tomto případě omylný. V těchto situacích je podobná chyba ale nepřípustná a může nás stát velké problémy. Je dobré tomuto předcházet, protože při projekci nám může staticky projít u horního nebo dolního pásu klidně i profil 5/10, kde už je riziko větší. Proto by v některých případech měla být hlavním faktorem bezpečnost a ne se hnát za co nejnižšími náklady v podobě úspory kubatury řeziva. Diagonální výplet vazníku bývá zpravidla tvořen profilem 5/8 cm.

Styčníkové desky jsou skladem ve výrobním závodu firmy Mitek industries spol s.r.o. ve Vyškově, kde po kontrole našeho skladu jezdíme pro doplnění našich zásob a tím tak zajišťujeme bezproblémový průběh výroby.

Kotvící prvky v podobě úhelníků pro kotvení do věnce nebo pozednice, trámové botky a ocelové děrované plotýnky pro šikmé spoje jsou taktéž součástí produktové nabídky vyškovského skladu a pořizujeme je souběžně se styčníkovými deskami na konkrétní zakázku.

### 5.1.4 Výrobní proces

Jestliže máme naskladněny veškeré prostředky pro výrobní proces, výroba může začít. V našem případě čtyř-členná směna začne samotnou výrobu. Dva pracovníci začnou správným nastavením podkladových stolů pro hlavní vazníky, od kterých se následně při stejném sklonu odvíjí i valbové vazníky. Samozřejmě za předpokladu, že střešní roviny mají stejný sklon a následně se pouze upravují dle stykových míst, kde dochází k zalisování. Podkladový stůl pro vazníky tvoří jak podkladní vrstvu pro vazník, tak i část přítlačné vrstvy pro styčníkové desky, takže musí být rovnoměrně rozmístěny a pod každými spoji. Další dva pracovníci vezmou část výrobního výkresu a přechází k naskladněnému materiálu, kde podle výpisu vybírají správné kusy, které následně zakracují na požadované délky.

Jakmile jsou podkladové stoly správně nastaveny, dochází k seskládání horního a dolního pásu vazníku, tedy obvodu, a na vazník se přesně zaznačí styková místa diagonál. Po přiložení se zaznačí přesný úřez, který se poté přepíše na všechny další stejného typu. Tato metoda je poměrně časově náročná, ale bohužel technologie pořezového centra je poměrně nákladná a ne každá firma si jej může dovolit. Výstupem z programu Pamir jsou v tomto případě data pro přenosné uložiště, které je nahráno do pořezového zařízení a následným vkládáním daných prvků se úřezy vytvoří automaticky. Díky tomu šetříme velké množství času a tím dochází i k úspoře na mzdách pracovníků. Tímto tedy zásadně můžeme ovlivnit naši konverzi úspěšných nacenění díky nižší ceně. Tato technologie bude doufáme již brzy součástí našeho výrobního procesu.

Jakmile je vazník správně sestaven, můžeme přejít k lisování. Musíme umístit styčníkové desky přesně do míst daných výrobním výkresem, a poté obsluha lisu začíná postupně lisovat jeden spoj za druhým. Máme zalisováno a vazník je vyvezen ven z haly pro uskladnění, proces se opakuje i u další kusů.

Uskladnění vazníků by mělo být v suchu, dostatečně proloženo od zemi a nemělo by být vystaveno povětrnostním vlivům. Skládáme je od největšího po nejmenší, abychom urychlili nakládku.

**Obrázek 14. Výrobní prostory pro sestavení a zalisování vazníků pro RD Čejkovice**

### 5.1.5 Transport na staveniště

Transport příhradových konstrukcí v mnoha případech nebývá jednoduchý. Pravidelně bojujeme s většími rozměry vazníků. U větších střech nebo u výrobních hal mohou vazníky dosahovat přibližně 30 metrů délky, které se samozřejmě nedají transportovat. Na tyto účely tedy slouží FSP desky, které jsem již popisoval v teoretické části. Můžeme tedy vazníky zkrátit. Ovšem i za těchto okolností jsou vazníky veliké. Proto často využíváme služeb například firmy MOSS logistics, která disponuje dlouhými vleky a zkušenými řidiči, takže i větší náklady jsme schopni přepravit na místo stavby. V naší režii jsme schopni naložit vazníky o délce až 10 metrů za pomoci autojeřábu značky MAN. Velice přínosná je hydraulická ruka o délce až 15 metrů, takže větší jeřáby pro nakládku a následnou montáž používáme jen na opravdu těžce dostupných místech.

Délka bývá problém z hlediska ložné plochy nákladního automobilu, dalším problémem bývá ale i výška vazníku. V některých vesnicích/městech se

setkáváme s ne tak vysoko uloženým elektrickým vedením a musíme vyřizovat speciální povolení pro přejezd. Při větší konstrukci si samozřejmě celou trasu projíždíme osobním automobilem, abychom zjistili stav a šířku komunikace a v neposlední řadě i podjezdné výšky.

Samozřejmostí je správné upevnění a zajištění nákladu a správné uvázání skupiny vazníků k sobě. Vazníky mají velkou tendenci se posouvat, jelikož lehce vyčnívající styčníkové desky ve spojích vazníku jsou hladké.

Součástí nadrozměrných nákladů bývá i doprovodné auto s majáky, abychom varovali protijedoucí řidiče, a tím zvýšili jejich pozornost při průjezdu kolem nákladního auta.

V případě rodinného domu v Čejkovicích nebyla potřeba složitějšího řešení a vše proběhlo v naší režii.

Jakmile dopravíme vazníky na stavbu, musíme zastavit na co nejlepším možném místě u stavby z důvodu dosahu hydraulické ruky. I toto bývá někdy problém například z důvodu deště nebo neupraveného povrchu kolem stavby.

**Obrázek 15. Příjezd na parcelu rodinného domu v Čejkovicích**

### 5.1.6 Montáž

Konkrétně náš případ v podobě rodinného domu v Čejkovicích nebyl nikterak atypickým projektem a montáž probíhala běžným způsobem. Časově montáž probíhala 5 dní včetně kompletního zavětrování a kotvení.

Montáž probíhá následujícím způsobem - 2 pracovníci musí na železobetonovém věnci přesně zakreslit, kde budou vazníky uloženy pomocí metru a kladeckého plánu. V případě, že se jedná o valbovou střechu, ostatní pracovníci pomáhají řidiči se složením menších vazníků, protože ty bývají díky své velikosti vždy nahoře. Jelikož vždy začínáme od hlavních vazníků, které zároveň tvoří nejvyšší místo hřebene, musí být největší vazníky ihned k dispozici a ostatní konstrukce nesmí zpomalovat výstavbu.

Po uložení prvního vazníku je nutné držet jeho stabilitu. Řeší se to přibitím delší laty/desky na vazník a pracovník jej musí držet, dokud nejsou postaveny minimálně 2 vedle sebe, aby se mohly následně ondřejskými kříži zavětrovat. Dle velikosti vazníku se volí adekvátní podélné ztužení. Ve většině případů se u délky vazníku například 8 metrů vazníky pantují ondřejskými kříži přibližně v 1/3 délky na každé straně, v blízkosti věnce na obou stranách a uprostřed se taktéž používají desky přibité na horní část spodního pásu vazníku. V začátcích montáže se taktéž desky přibijí i na horní pás a následně jsou potom demontovány z důvodů instalace folie a střešních latí.

**Obrázek 16.Montáž příhradových vazníků v Čejkovicích**

**Obrázek 17.Montáž příhradových vazníků v Čejkovicích**

### 5.1.7 Předání stavby

Jestliže je ze strany stavebníka všechno v pořádku a dílo je dokončeno, přecházíme k poslednímu kroku, a tím je předání stavby v podobě podepsání předávacího protokolu stavby a dochází také k vystavení faktury.

# 6 Závěr

Cílem této práce bylo uvést možnosti řešení návrhu nosné konstrukce střešního pláště s příhradovými vazníky, postup návrhu a způsob realizace pro systém nabízený společností MITEK INDUSTRIES spol. s.r.o. a její konkrétní příklad použití v praxi.

Proč spolupracujeme právě s firmou Mitek? Na českém trhu je více dodavatelů technologií spojených s výrobou příhradových vazníků, ovšem žádný dodavatel nemá takové renomé, historii a zázemí jako právě Mitek Industries spol s.r.o.. Společnost byla založena v polovině minulého století, figuruje na pěti kontinentech a je světovým lídrem v této oblasti. Při začátcích jsme byli řádně proškoleni co se týká montáží, výroby a projekčního programu, kde je taktéž možnost internetové podpory se sídlem v Brně. Podpora funguje na bázi kontaktování daného zaměstnance podpory, se kterým se spojíme přes program Teamviewer, kdy může třetí osoba vzdáleně ovládat náš počítač, a snadno vidíme postup při řešení případného problému a nemusíme tak kvůli tomu jezdit do Brna nebo řešit vše pouze přes telefonní hovor.

Volba tvaru střechy byla již z počátku téměř vybrána, jelikož již před oslovením naší firmy byla z tohoto pohledu vyřešena s projektantem. Další námi nabízená varianta tedy byla zamítnuta, a byl zvolen původní návrh s valbami. Dále jsme investorovi doporučili, aby v případě zateplení využil foukanou celulózovou izolaci z důvodu jednoduchosti montáže, díky tomu i finanční náročnosti a hlavně perfektnímu vyplnění všech prostor stropu – mezi i nad vazníky. V případě klasické minerální vaty nikdy nemůžeme dosáhnout takové přesnosti jako u foukané izolace.

Naše práce s příhradovými vazníky mne velmi naplňuje. Od prvního kontaktu s investorem až po hotovou realizaci. Je báječné sledovat, jak z prvního zaměření, přes projekci a následnou výrobu je vše dopraveno na stavbu a my potom vidíme, že vše funguje, jak má, jak je vše namontováno na své místo a během pár dní máme celou konstrukci hotovou. Dle mého názoru je tato technologie opravdu bezkonkurenční a myslím si, že do budoucna si bude více a více budovat své místo na trhu. Projektanti si tuto technologii oblíbili a v poslední době zažíváme v tomto odvětví velký rozmach, který bude jistě pokračovat.

# 7 Summary

In this bachelor thesis was designed and realised roof with truss technology of family house in Čejkovice in South Moravia, Czech Republic.

In the first phase, there was briefly explained concept of trusses with pressed thorns, looked about short part of history, types of trusses and connector plates. There was also described the basic design principles and looked at the advantages and disadvantages of this technology.

Then there was showed by the specific example of building how the construction works from the contact from the investor to the subsequent realisation and introduced another possible possibility of the construction. However, the roof solution was used from supplied project documentation. There was showed, how the program called PAMIR (created by company MITEK TECHNOLOGIES spol. s.r.o.) works. According to the composition of the structure was entered the required load, drew ground plan, roof planes and added a lattice structure, which was subsequently calculated with the aid of Pamir. Then was exported a list of materials, production drawings, floor plans and sent these informations into the production process. There was also desribed the assembly process, when was described the principles for the correct installation of the trusses. Attached here is the photodocumentation for the given building, the static calculation and the project documentation, which is necessary for proper installation.

# 8 Použitá literatura


1. KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály.* Zlín: Ing. Bohumil Koželouh, CSc.,KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
2. MITEK INDUSTRIES SPOL s.r.o.. *Svět střešních konstrukcí.* [online][cit. 2017-03-14] Dostupné také z: http://www.mitek.cz/PROSPEKTY/
3. PILGR, Milan. Cvičení Dřevěné konstrukce – Spoje se styčníkovými deskami s prolisovanými trny.[online][cit. 2017-03-14] Dostupné také z: http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO03/Spoje_se_stycnikovymi_deskami_s_prolisovanymi_trny.pdf

# 9 Seznam obrázků a tabulek

## 9.1 Obrázky


- Obr.1 Příhradový vazník
- Obr.2 Typy příhradových vazníků
- Obr.3 Prolisovaný trn
- Obr.4 Spoj s deskou s prolisovanými trny
- Obr.5 Deska s typovým označením FSP14 – pro spojení na stavbě
- Obr.6 Uživatelské prostředí programu PAMIR
- Obr.7 Uživatelské prostředí programu PAMIR
- Obr.8 Uživatelské prostředí programu PAMIR
- Obr.9 Uživatelské prostředí programu PAMIR
- Obr.10 Uživatelské prostředí programu PAMIR
- Obr.11 Uživatelské prostředí programu PAMIR – chybové hlášení statického výpočtu
- Obr.12 Uživatelské prostředí programu PAMIR – po upravení diagonální výpletu nám následně statický výpočet splňuje požadavky a má zelenou barvu, která nám napovídá, že je již vše v pořádku
- Obr.13 Uživatelské prostředí programu PAMIR – další možnost řešení návrhu střechy
- Obr.14 Výrobní prostory pro sestavení a zalisování vazníků pro RD Čejkovice
- Obr.15 Příjezd na parcelu rodinného domu v Čejkovicích
- Obr.16 Montáž příhradových vazníků v Čejkovicích
- Obr.17 Montáž příhradových vazníků v Čejkovicích


## 9.2 Tabulky


- Tab.1 Maximální délka příhrady horních a spodních pásů

# 10 Seznam výstupů z programu Pamir

- Výstup 1: Statický výpočet vazníku S1
- Výstup 2: Dávkový výrobní výkres
- Výstup 3: Výkaz materiálu
- Výstup 4: Dávkové pořezové schéma
- Výstup 5: 3D výkres
- Výstup 6: Půdorys krovu
- Výstup 7: Umístění styčníkových desek vazníku S1

# 11 Přílohy

## 11.1 Fotodokumentace rodinného domu v Čejkovicích

KROVY · PILA · ŘEZIVO