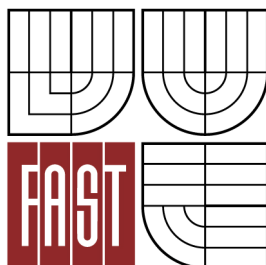




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# ZASTŘEŠENÍ VÍCEÚČELOVÉ SPORTOVNÍ HALY V BRNĚ

THE ROOF STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE SPORT HALL IN BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

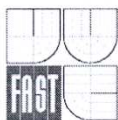
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN GRUSSMANN

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |                                                       |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Studijní program</b>        | B3607 Stavební inženýrství                            |
| <b>Typ studijního programu</b> | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Studijní obor</b>           | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby                 |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí                 |

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

|                                             |                                              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Student</b>                              | Jan Grussmann                                |
| <b>Název</b>                                | Zastřešení víceúčelové sportovní haly v Brně |
| <b>Vedoucí bakalářské práce</b>             | Ing. Milan Šmak, Ph.D.                       |
| <b>Datum zadání<br/>bakalářské práce</b>    | 30. 11. 2011                                 |
| <b>Datum odevzdání<br/>bakalářské práce</b> | 25. 5. 2012                                  |
| V Brně dne 30. 11. 2011                     |                                              |

  
doc. Ing. Marcela Karmázinová, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT



**Podklady a literatura**

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla – společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

**Zásady pro vypracování**

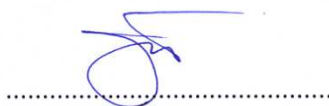
Vypracujte návrh nosné dřevěné konstrukce zastřešení víceúčelové sportovní haly v Brně. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu.

Sportovní hala má obdélníkový dispoziční tvar, půdorysné rozměry jejího zastřešení jsou uvažovány cca 40 x 45m, výška haly nejvýše 13m.

**Předepsané přílohy**

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků a základních směrných detailů nosné konstrukce
3. Výkresová dokumentace – projekční výkresy v rozsahu dle pokynů vedoucího práce
4. Výkaz materiálu

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací



Ing. Milan Šmak, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá návrhem a statickým posouzením hlavních nosných prvků konstrukce zastřešení víceúčelové sportovní haly v Brně. Je přitom kladen důraz na optimalizaci návrhu z hlediska spotřeby materiálu. Příčná vazba konstrukce je tvořena zakřivenými vazníky z lepeného lamelového dřeva a připojenými krajními krokviemi. Podklad pro bednění z OSB desek nesoucích střešní plášť je zajištěn rastrem ortogonální soustavy vaznic a krokví. Součástí statického výpočtu jsou i posudky jednotlivých prvků na požární odolnost.

## **Klíčová slova**

zastřešení, střešní plášť, zakřivený vazník, vaznice, krokev, OSB, ztužidlo, lepené lamelové dřevo, kolíkový spoj, ČSN EN 1995-1-1, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, požární odolnost

## **Abstract**

Bachelor's thesis describes the design and static assessment of the main roof structure supporting elements of the multipurpose sport hall in Brno. It is the emphasis on the optimization of the proposal in terms of material consumption. Curved girders made of glued laminated timber and on the edge connected rafters forms together the cross-link structure. Basis of OSB sheathing carrying the roof deck is secured by the orthogonal grid system purlins and rafters. The static calculation also includes fire resistance reports of single elements.

## **Keywords**

roof, roof deck, curved girder, purlin, rafter, OSB, bracing, glued laminated timber, pin joint, ČSN EN 1995-1-1, ultimate limit state, serviceability limit state, fire resistance

**Bibliografická citace VŠKP**

GRUSSMANN, Jan. Zastřešení víceúčelové sportovní haly v Brně. Brno, 2012. 23 s., 54 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 25.5. 2012



.....  
podpis autora

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D., a to za čas věnovaný konzultacím, za odborné rady a především za pomoc při tvorbě výpočtového modelu v software Scia Engineer.

Neméně velký dík patří také mamce. Bez její morální pomoci a vytvoření příhodných podmínek pro studium, by se strasti a úskalí vyplývající ze studia na fakultě stavební, překonávaly jen stěží.

## Obsah

|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| Zadání bakalářské práce .....           | 2 |
| Abstrakt a klíčová slova (CZ, EN) ..... | 4 |
| Bibliografická citace VŠKP .....        | 5 |
| Prohlášení o původnosti práce .....     | 6 |
| Poděkování .....                        | 7 |
| Obsah .....                             | 8 |
| Úvod .....                              | 9 |

## A - TEXTOVÁ ČÁST

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Technická zpráva .....</b>             | <b>10</b> |
| 1.1 Dispoziční řešení .....                 | 10        |
| 1.2 Zatížení .....                          | 10        |
| 1.3 Konstrukční prvky .....                 | 11        |
| 1.3.1 Střešní plášť .....                   | 11        |
| 1.3.2 Krokev .....                          | 11        |
| 1.3.3 Vaznice .....                         | 11        |
| 1.3.4 Krajní krokev .....                   | 12        |
| 1.3.5 Vazník .....                          | 12        |
| 1.3.6 Příčné ztužidlo .....                 | 12        |
| 1.3.7 Montážní spoj vazníku .....           | 12        |
| 1.4 Softwarový výpočet .....                | 13        |
| 1.5 Závěr .....                             | 13        |
| <b>2 Varianty zastřešení .....</b>          | <b>13</b> |
| 2.1 Dispoziční řešení a popis variant ..... | 13        |
| 2.2 Obrázková část .....                    | 14        |
| 2.2.1 Varianta 1 .....                      | 14        |
| 2.2.2 Varianta 2 .....                      | 15        |
| 2.2.3 Varianta 3 .....                      | 16        |
| 2.3 Přehled průřezů a výkaz materiálu ..... | 17        |
| 2.3.1 Varianta 1 .....                      | 17        |
| 2.3.2 Varianta 2 .....                      | 17        |
| 2.3.3 Varianta 3 .....                      | 17        |
| 2.4 Jednotkové posudky .....                | 18        |
| 2.4.1 Varianta 2 .....                      | 18        |
| 2.4.2 Varianta 3 .....                      | 18        |
| Seznam použitých zdrojů .....               | 19        |
| Seznam použitých symbolů .....              | 21        |
| Seznam obrázků v textové části .....        | 23        |
| Seznam příloh .....                         | 23        |

## Úvod

Bakalářská práce se zabývá řešením zastřešení nad částí sportoviště, tribuny a komunikačního koridoru víceúčelové sportovní haly. Stavba se nachází ve městě Brně, v městské části Bohunice, v areálu univerzitního kampusu Masarykovy univerzity a v bezprostřední blízkosti obchodního centra Campus Square. Hala a přilehlé parkoviště se rozkládají na parcelách č. 1333/2, 1333/21, 1333/22, 1334/5 a 1338/72.

Hrubé podklady, dispozice a rozměry haly vycházejí z architektonického návrhu Ing. arch. Kateřiny Váňové, jenž byl vytvořen v rámci její bakalářské práce v akademickém roce 2008/2009 na fakultě stavební VUT v Brně.

Vznikl řešitelský tým, který se ztotožnil s architektonickým návrhem stavby a na sportovní halu se zaměřil z pohledu tří různých oborů stavebního inženýrství. Studenti David Klodner a Jakub Šobáň se v rámci vypracování svých bakalářských prací zabývali problematikou návrhu a posouzení betonové a geotechnické části nosné konstrukce. Iniciátor mezioborového řešení David Klodner se ujal výpočtu železobetonového skeletu dvoupodlažní administrativní části budovy a Jakub Šobáň založením vybraných částí haly na velkopřůměrových vrtaných železobetonových pilotách.

Mým zadáním se stal návrh nosné konstrukce zastřešení, především z lepeného lamelového dřeva. Tento materiál byl pro mě společně s výpočtem zakřivených plostěnných vazníků výzvou a zároveň obohacujícím poznatkem v oblasti moderních materiálových technologií.

K výběru této části konstrukce mě také inspirovalo zastřešení bazénu v areálu Aquaparku Kohoutovice, které se svým vzhledem, provedením a podílem k navození příjemné atmosféry, řadí mezi mé nejoblíbenější stavby vůbec.

## 1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 1.1 Dispoziční řešení

Dřevěná konstrukce tvoří zastřešení nad půdorysem obdélníkového tvaru víceúčelové sportovní haly 36,84 x 45,00 m; myšleno jako vnější osově rozměry hlavních nosných prvků.

Příčná vazba konstrukce je tvořena zakřivenými vazníky z lepeného lamelového dřeva a připojenými krajními krokviemi. Vazníky překonávají vzdálenost 32,730 m nad sportovištěm a tribunou pro diváky a krajní krokve vzdálenost 4,695 m nad komunikačním koridorem. Na vaznicích jsou v ortogonálním směru prostě uloženy vaznice, které jsou rovnoměrně rozmístěny po celé zakřivené ploše nosníkového oblouku a na přímé části krajních krokví. K vaznicím jsou potom kloubově připojeny krokve tak, aby se jejich horní okraje nacházely ve stejné horizontální rovině. Mezi dvěma vaznicemi se v poli nacházejí 3 krokve. Osově vzdálenosti vazníků a krajních krokví jsou 5,000 m, vaznic 2,495 m v rovině obloukové střechy a krokví 1,250 m. Rozměry a tvar konstrukce jsou patrné ze schémat na stranách 4 a 5 v příloze B1 „Statický výpočet“.

Prostorová stabilita konstrukce je zajištěna příčnými ocelovými ztužidly, která se nacházejí ve 3 polích mezi příčnými vazbami: v obou krajních a v jednom poli uprostřed. V podélném směru nebylo ztužení v rámci této práce konkrétně řešeno, avšak bylo zohledněno na definováním pevných složek vazeb v podporách. Ve skutečném provedení by se jednalo například o příhradové ocelové ztužidlo připojené v horní části k vazníku a ve spodní do podpory.

Rozhodujícím kritériem pro návrh výšky byla světlost mezi palubovkou v hale a spodním lícem nosné konstrukce. V nejvyšším místě je navržena hodnota +10,420 m. Z toho plynou i ostatní relativní výšky, jako horní povrchy ŽB sloupů spoluvytvářejících příčnou vazbu, +7,610, +7,425 a +8,640 m a nejvyšší bod budovy včetně střešního pláště +12,764 m.

Vztažnou výškou  $\pm 0,000 = 274,55$  m n.m. je horní povrch pochozí vrstvy podlahy.

### 1.2 Zatížení

Návrh konstrukce na účinky zatížení je ověřen statickým výpočtem dle zásad Eurokódu. Tedy ve dvou hlavních posudcích, a to na I. mezní stav - únosnosti a na II. mezní stav - použitelnosti.

Pro samotné posouzení bylo vytvořeno 13 zatěžovacích stavů (viz. str. P3 „Přílohy k statickému výpočtu“) a 4 kombinace.

Stálou složku tvoří vlastní tíha nosných prvků a stálé zatížení od střešního pláště. Proměnné zatížení lze jednoduše rozdělit na klimatické - sníh, vítr a užité montážní. Hodnoty a tvary zatížení jsou definovány v ČSN EN 1991-1. Stavba se nachází ve městě Brně, spadá tedy do II. sněhové i II. větrné oblasti.

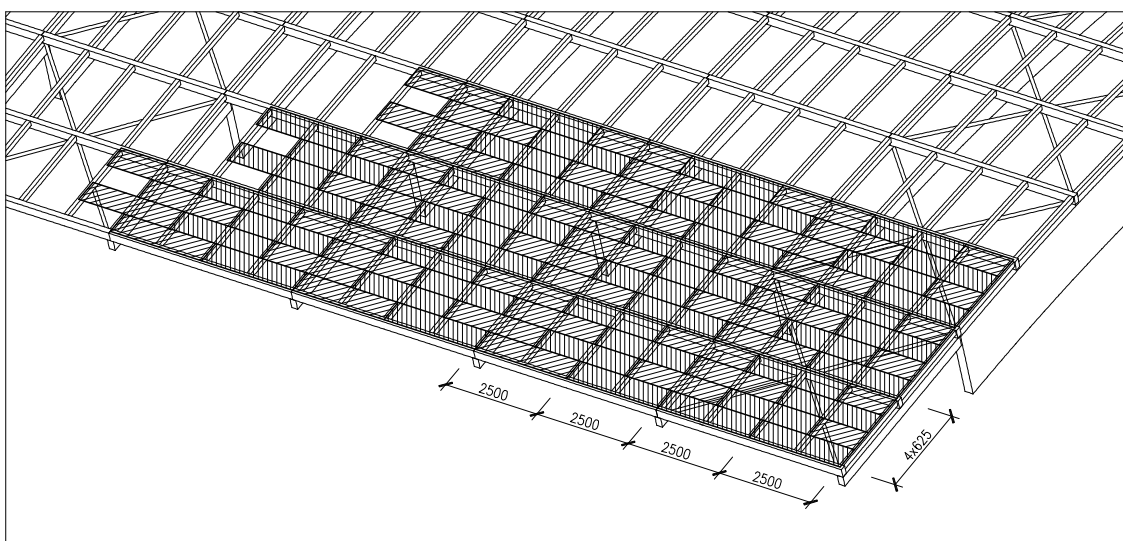
Do výpočtu je také zahrnut vliv imperfekce geometrie vazníku z lepeného lamelového dřeva, a to vodorovnou složkou zatížení působící při horním tlačném líci nejvíce namáhaného nosníku. Stabilitní zatížení je definováno v ČSN EN 1995-1-1.

Všechny nosné prvky a montážní spoj jsou navíc navrženy na požární odolnost R30 (30 min). Návrh je proveden dle ČSN EN 1995-1-2. Pro porovnání výsledků jsou prvky posouzeny jak metodou redukovaného průřezu, tak i metodou redukovaných vlastností.

### 1.3 Konstrukční prvky

#### 1.3.1 Střešní plášť

Skladba střešního pláště byla volena vzhledem k účelu stavby a k jejímu geometrickému tvaru. Spodní a zároveň plošně nosný okraj střešního pláště tvoří 2 OSB desky typu 4 (SUPERFINISH BAU ECO) o tloušťce 2 x 12 mm. Desky o rozměrech 625 x 2500 mm jsou kladeny svým delším rozměrem v podélném směru zastřešení na krokve a vaznice, ke kterým jsou připojeny ocelovými sponkami. Vzniká tak statické schéma spojitého nosníku o 2 polích. Spáry desek musí být prostřídány. Geometrie rozmístění vaznic umožňuje dodržení výrobcem stanoveného rozměru dilatační spáry min. 3 mm. Rozmístění a způsob pokládky OSB desek je patrný z následujícího schématu:



Obr. 1 Schéma rozmístění OSB desek

Dalšími vrstvami střešního pláště jsou v tomto pořadí: oxidovaný asfaltový pás extrasklobit DEHTOCHEMA BITUMAT tl. 4 mm, studené asf. lepidlo PC11 tl. 1 mm, první vrstva tepelné izolace FOAMGLASS READYBOARD tl. 140 mm, studené asf. lepidlo PC11 tl. 2 mm, druhá vrstva tepelné izolace FOAMGLASS READYBOARD tl. 120 mm, pojistná hydroizolace z modifikovaného asf. pásu tl. 4 mm, hydroizolace DELTA TRELA tl. 8 mm a titanzinkový plech RHEINZINK tl. 0,8 mm (přehledněji viz. str. 8 přílohy B1 „Statický výpočet“).

#### 1.3.2 Krokve

Krokve jsou ze statického hlediska navrženy jako prosté nosníky délky 2,495 m kloubově připojeny k vaznicím přes ocelové třmeny s předvrtanými otvory značky BOVA. Krokve kopírují zakřivený tvar vazníku a vytváří tak polygon s vrcholy ve vaznicích. Jejich příčnou a torzní stabilitu zajišťuje bednění z OSB desek. Osová vzdálenost mezi krokviemi je 1,250 m. Průřez je definován rozměrem 100 x 140 mm a materiálem z rostlého dřeva pevnostní třídy C20.

#### 1.3.3 Vaznice

Vaznice mají stejné statické schéma jako výše popsané krokve. Jsou uloženy na horní povrch vazníků a kotveny ocelovými úhelníky s předvrtanými otvory značky BOVA. Délka vaznic je 5,000 m a jejich osová vzdálenost 2,495 m v rovině obloukové střechy. Průřez je definován rozměrem 140 x 240 mm a materiálem z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h.

#### 1.3.4 Krajní krokev

Jedná se o další prutový prvek, prostý nosník, tentokrát uložený na jedné straně přes ocelové ložisko na ŽB sloup rozměru 250 x 250 mm a na straně druhé připojený přes vnitřní ocelovou desku k horní části vazníku. Délka prvků i jejich osová vzdálenost je 5,000 m. Průřez je definován rozměrem 160 x 280 mm a materiálem z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h.

#### 1.3.5 Vazník

Vazník je hlavním nosným prvkem celého zastřešení, který přenáší zatížení ze střechy do podpor. Jedná se o obloukově zakřivený nosník s vnitřním poloměrem 62 100 mm. Přes ocelová čepová ložiska je uložen na 2 ŽB sloupech o rozměrech 600 x 600 mm o osově vzdálenosti 32,040 m, které tvoří pevnou (vnitřní) a posuvnou (krajní) podporu. Délka vazníků po střednici je mezi teoretickými podporami 32,442 m a jejich osová vzdálenost jakožto příčných vazeb je 5,000 m. Průřez je definován rozměrem 220 x 1 800 mm a materiálem z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h. Tloušťka lamely je uvažována 40 mm.

Z důvodu velkých rozměrů, musí být vazník rozdělen na 3 díly v poměru délek po střednici 30 : 40 : 30 % a na stavbě smontován montážními spoji.

#### 1.3.6 Příčné ztužidlo

Ztužidlo je kloubově připojeno ke spodní části vaznic přes šroubový spoj do ocelových úhelníků. Ztužidla jsou navržena jako křížová, sestávající ze 4 prutů uprostřed spojených přes přípoj k vaznici. Průměrná délka 1 prutu je 3,535 m. Z důvodu sudého počtu vaznic a tedy lichého počtu polí je ztužidlo ve vrcholové oblasti přes celou délku mezi vazníky a jeho délka je 5,590 m. Příčná ztužidla přenášejí jak osově namáhání tahem, tak i tlakem, respektive vzpěrem. Trubkový průřez válcovaný za tepla je definován průměrem 82,5 mm a tloušťkou stěny 4 mm. Materiál ocel S235.

#### 1.3.7 Montážní spoj vazníku

Montážní spoj je navržen jako spoj s vnitřní ocelovou deskou tl. 8 mm z materiálu S235.

Velký ohybový moment přenášejí 2 desky umístěné při horním a spodním okraji vazníku o rozměrech 550 x 2 130 mm se 60 kolíky pevnosti 8.8, Ø 24 mm a délky 180 mm a 20 přesnými svorníky pevnosti 8.8, Ø 24 mm a délky 160 mm opatřené maticí M24 a na obou stranách podložkami pro M24 tl. 6 mm s vnějším Ø 85 mm.

Kolíky jsou navíc z důvodu požární ochrany opatřeny vlepenými dřevěnými zátkami Ø 24 mm a tl. 20 mm. Svorníky zátkami Ø 100 mm a tl. 16 mm.

Pro přenos posouvající síly slouží 1 vnitřní zalomená deska o vnějších rozměrech 550 x 300 mm umístěná v těžišti průřezu. Skrz ni jsou umístěny 4 kolíky pevnosti 8.8, Ø 20 mm a délky 180 mm a 4 přesné svorníky pevnosti 8.8, Ø 20 mm a délky 160 mm opatřené maticí M20 a na obou stranách podložkami pro M20 tl. 6 mm s vnějším Ø 72 mm.

Kolíky jsou opatřeny vlepenými dřevěnými zátkami Ø 20 mm a tl. 20 mm. Svorníky zátkami Ø 90 mm a tl. 16 mm.

Průměr otvoru ve dřevě odpovídá Ø spojovacího prostředku a velikost otvoru ve vnitřním ocelovém plechu je zvětšena o 2 mm.

## 1.4 Softwarový výpočet

Pro provedení globální analýzy konstrukce byl vytvořen prostorový prutový model za užití software Scia Engineer 9.0. Model byl vytvořen v souladu s výše popsány předpoklady statického působení prvků. Na základě těchto skutečností byly výpočtem zjištěny hodnoty vnitřních sil a deformací na každém definovaném prutu, které posléze sloužily jako podklad pro samotné dimenzování jednotlivých nosných částí konstrukce.

## 1.5 Závěr

Dřevěná nosná konstrukce zastřešení víceúčelové sportovní haly je navržena dle platných norem tak, aby byla schopna odolávat veškerým zatížením uvažovaným pro daný účel a umístění stavby. Jsou posouzeny mezní hodnoty průhybů. Prvky jsou navíc navrženy na požární odolnost 30 min. Pro návrh byly použity podklady citované níže v seznamu použitých zdrojů.

# 2 VARIANTY ZASTŘEŠENÍ

## 2.1 Dispoziční řešení a popis variant

Tvar a vzhled nosné konstrukce zastřešení vychází z architektonického řešení Ing. arch. Kateřiny Váňové a je proto závazný a neměnný. Přesto byla pro představu o hospodárnosti a ekonomičnosti návrhu hrubě zpracována také 2 alternativní řešení k navržené plošné variantě č. 1.

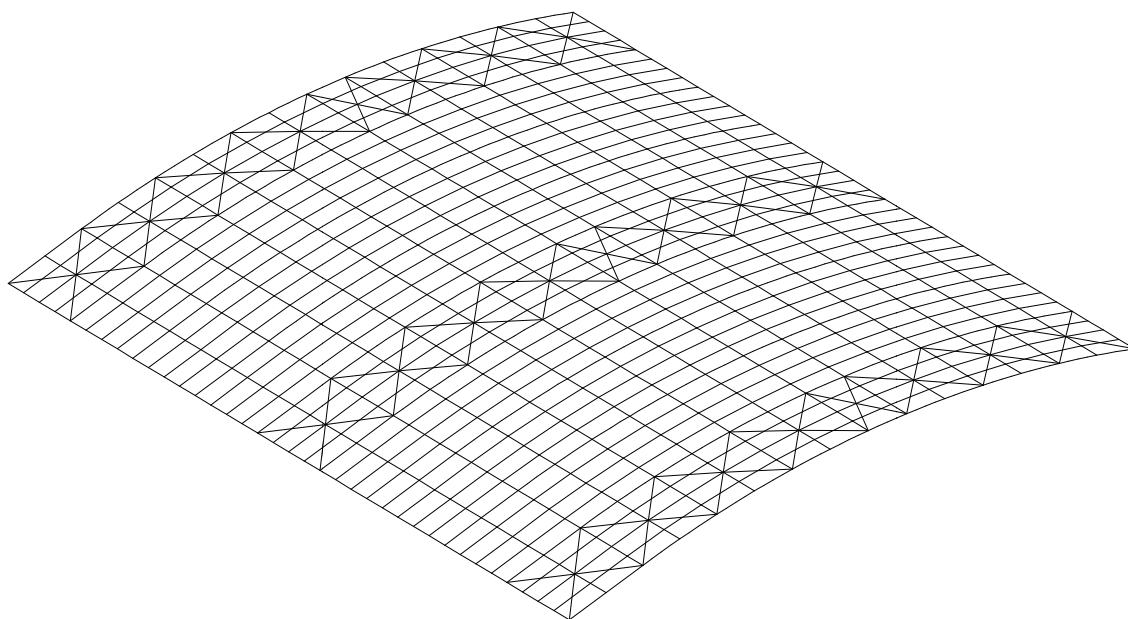
Obě varianty jsou svým dispozičním členěním velmi podobné variantě 1. Příčná vazba je však tvořena příhradovými nosníky s kosoúhlou soustavou a podružnými svislicemi. Z důvodu symetrického rozmístění diagonál v příhradové konstrukci jsou osové vzdálenosti vaznic v krajních polích vazníku změněny na 2 x 1,870 m. Tímto je dosaženo zvýšení počtu polí mezi vaznicemi ze 13 na 14 a příhradová konstrukce tak získává symetrický charakter. Dále jsou varianty 2 a 3 doplněny o 2 podélná příhradová ztužidla kosoúhlé soustavy. Výška nosníků ve střednicové rovině je oproti variantě 1 zvětšena min. o 0,2 m a dále potom podle použitého průřezu horního a dolního pásu.

Varianta 2 je opět převážně z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h až na krokve z rostlého dřeva C20. Pro příčné i podélné ztužidlo je použita ocel S355. Příhradové vazníky jsou sestaveny za pomoci technologie MKD, tedy 2 vrstvy o stejné tloušťce jsou k sobě připojeny za pomoci vnitřní ocelové desky s prolisovanými trny.

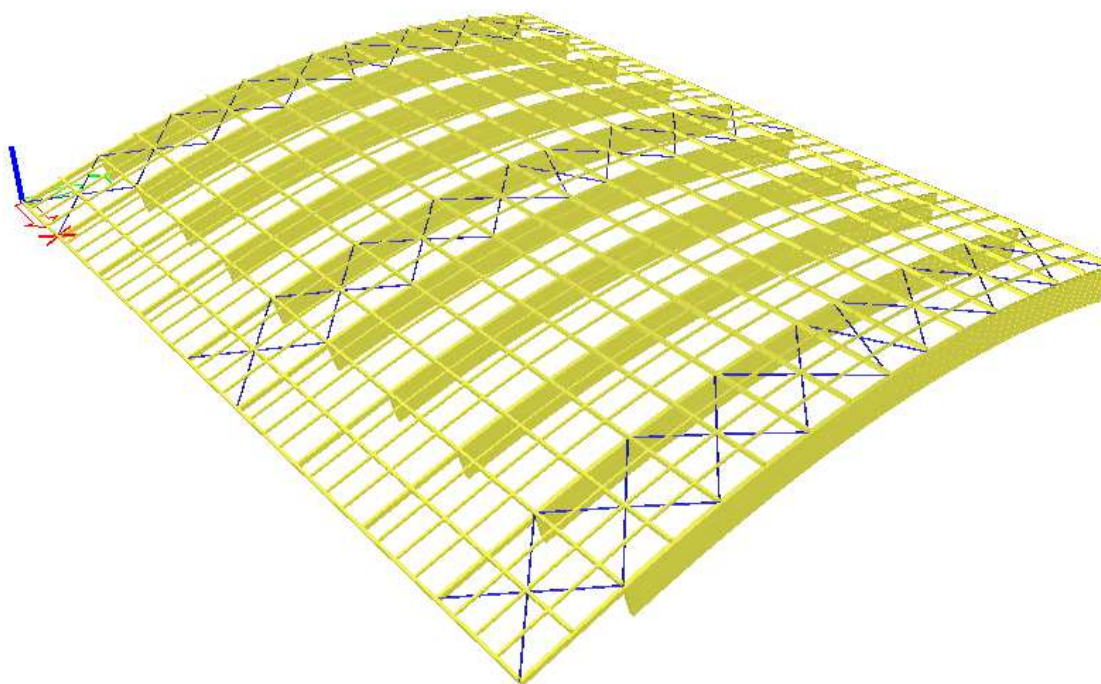
Varianta 3 je navržena z oceli vyšší pevnosti S355. U této varianty by s největší pravděpodobností se změnou hlavního materiálu konstrukce došlo i ke změně typu střešního pláště, nespíše za panely KINGSPAN.

## 2.2 Obrázková část

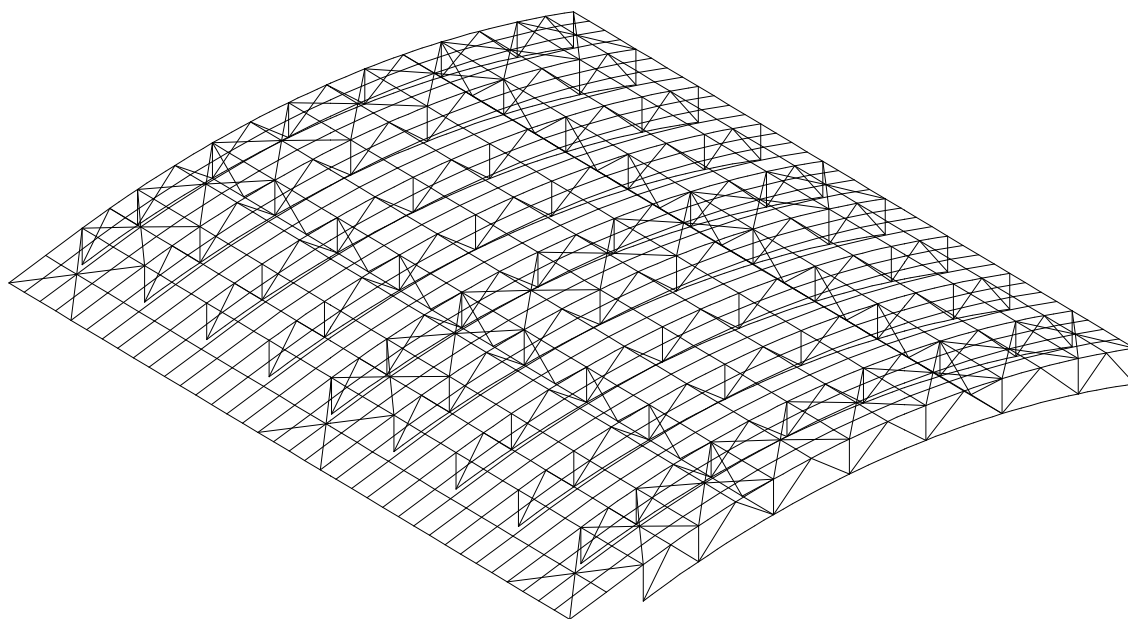
### 2.2.1 Varianta 1



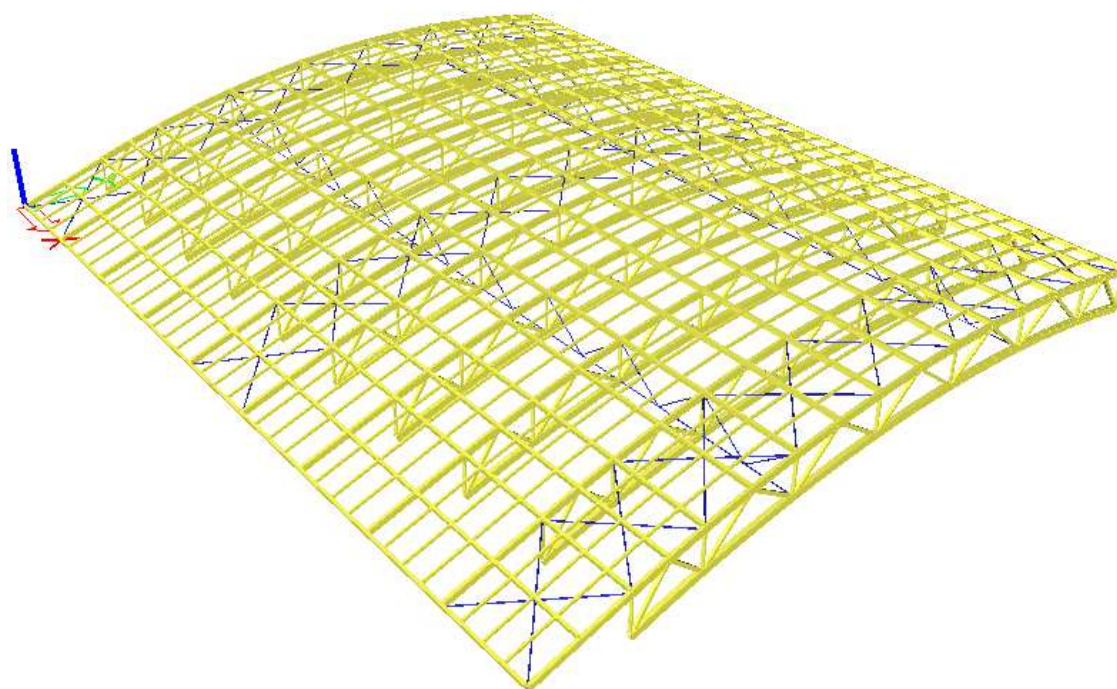
Obr. 2 Prutový model varianty 1



Obr. 3 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 1

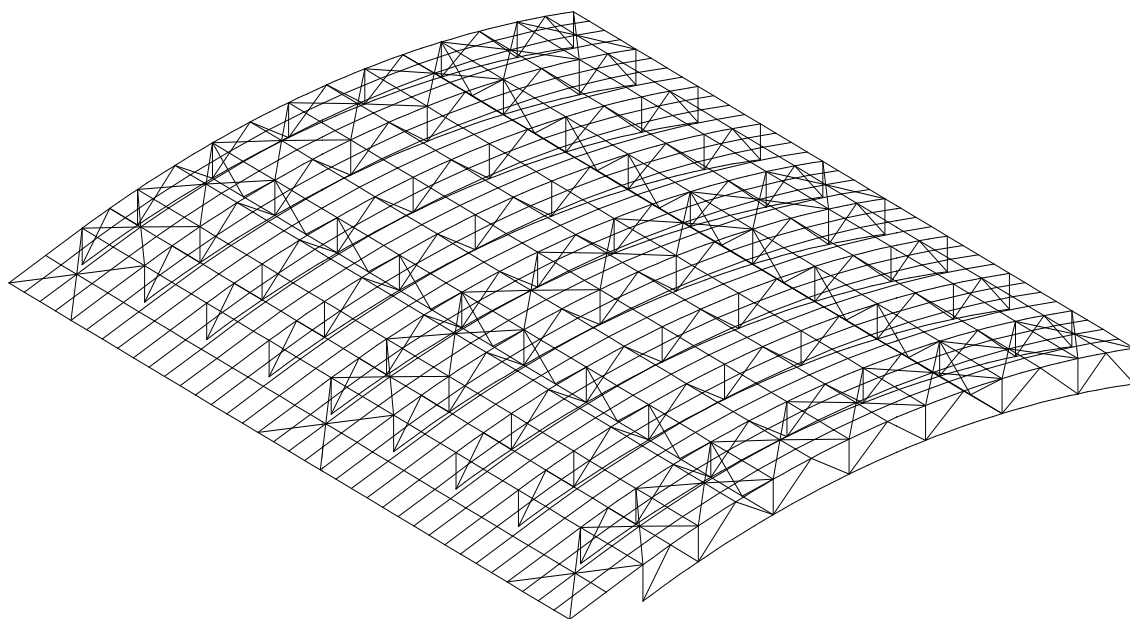
**2.2.2 Varianta 2**

Obr. 4 Prutový model varianty 2

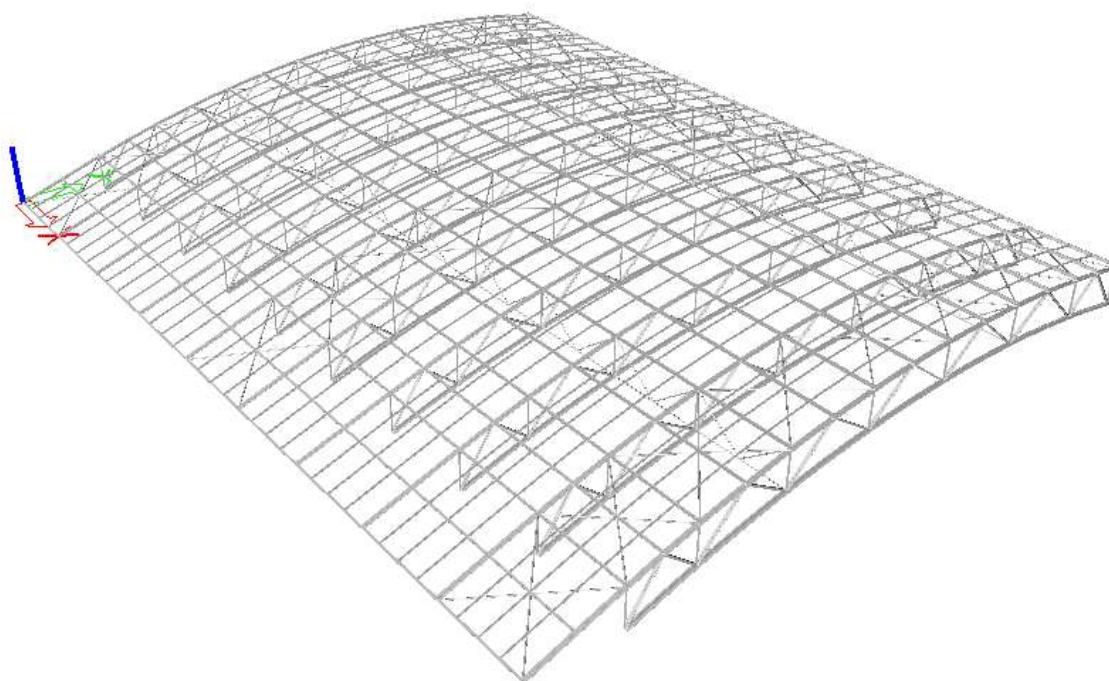


Obr. 5 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 2

### 2.2.3 Varianta 3



Obr. 6 Prutový model varianty 3



Obr. 7 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 3

## 2.3 Přehled průřezů a výkaz materiálu

### 2.3.1 Varianta 1

| Název           | Průřez           | Materiál | Délka [m] | Objem [m <sup>3</sup> ] | Obj. hmotn. [kg/m <sup>3</sup> ] | Hmotnost [kg]    |
|-----------------|------------------|----------|-----------|-------------------------|----------------------------------|------------------|
| Vazník          | OBDEL 220 x 1800 | GL24h    | 324,35    | 128,44                  | 380                              | 48 808,20        |
| Vaznice         | OBDEL 140 x 240  | GL24h    | 720,00    | 24,19                   | 380                              | 9 192,94         |
| Krokev          | OBDEL 100 x 140  | C20      | 1 387,50  | 19,43                   | 330                              | 6 411,90         |
| Krokev krajní   | OBDEL 160 x 280  | GL24h    | 50,10     | 2,25                    | 380                              | 852,90           |
| Příčné ztužidlo | TR 82,5 x 4      | S235     | 330,29    | 0,33                    | 7 850                            | 2 556,50         |
| CELKEM          |                  |          |           |                         |                                  | <b>67 822,44</b> |

### 2.3.2 Varianta 2

| Název               | Průřez            | Materiál | Délka [m] | Objem [m <sup>3</sup> ] | Obj. hmotn. [kg/m <sup>3</sup> ] | Hmotnost [kg]    |
|---------------------|-------------------|----------|-----------|-------------------------|----------------------------------|------------------|
| HP vazníku          | 2 OBDEL 80 x 380  | GL24h    | 324,35    | 19,72                   | 380                              | 7 493,78         |
| DP vazníku          | 2 OBDEL 120 x 380 | GL24h    | 324,57    | 29,60                   | 380                              | 11 248,28        |
| Svislice vazníku    | 2 OBDEL 80 x 80   | GL24h    | 163,17    | 2,09                    | 380                              | 793,64           |
| Diagonála vazníku   | 2 OBDEL 80 x 160  | GL24h    | 435,32    | 11,14                   | 380                              | 4 234,83         |
| Vaznice             | OBDEL 160 x 260   | GL24h    | 765,00    | 31,82                   | 380                              | 12 093,03        |
| Krokev              | OBDEL 100 x 140   | C20      | 1 387,50  | 19,43                   | 330                              | 6 411,90         |
| Krajní krokev       | OBDEL 180 x 300   | GL24h    | 50,10     | 2,71                    | 380                              | 1 028,05         |
| Příčné ztužidlo     | TR 70,0 x 3,6     | S355     | 329,33    | 0,25                    | 7 850                            | 1 941,50         |
| DP podél. ztužidla  | TR 57,0 x 3,0     | S355     | 90,00     | 0,06                    | 7 850                            | 462,77           |
| Diag. pod. ztužidla | TR 57,0 x 3,0     | S355     | 115,82    | 0,05                    | 7 850                            | 359,61           |
| CELKEM              |                   |          |           |                         |                                  | <b>46 067,39</b> |

### 2.3.3 Varianta 3

| Název               | Průřez            | Materiál | Délka [m] | Objem [m <sup>3</sup> ] | Obj. hmotn. [kg/m <sup>3</sup> ] | Hmotnost [kg]    |
|---------------------|-------------------|----------|-----------|-------------------------|----------------------------------|------------------|
| HP vazníku          | 2 L 130 x 12 / 10 | S355     | 324,35    | 1,95                    | 7 850                            | 15 276,91        |
| DP vazníku          | 2 L 140 x 14 / 10 | S355     | 324,57    | 2,43                    | 7 850                            | 19 109,00        |
| Svislice vazníku    | 2 L 50 x 5 / 10   | S355     | 163,17    | 0,16                    | 7 850                            | 1 229,61         |
| Diagonála vazníku   | 2 L 90 x 10 / 10  | S355     | 435,32    | 1,49                    | 7 850                            | 11 687,13        |
| Vaznice             | IPE 160           | S355     | 765,00    | 1,54                    | 7 850                            | 12 070,47        |
| Krokev              | IPET 180          | S355     | 1 387,50  | 1,21                    | 7 850                            | 9 502,67         |
| Krajní krokev       | 2 L 125 x 12 / 10 | S355     | 50,10     | 0,29                    | 7 850                            | 2 273,19         |
| Příčné ztužidlo     | TR 70,0 x 3,6     | S355     | 329,33    | 0,25                    | 7 850                            | 1 941,50         |
| DP podél. ztužidla  | TR 57,0 x 3,0     | S355     | 90,00     | 0,06                    | 7 850                            | 462,77           |
| Diag. pod. ztužidla | TR 57,0 x 3,0     | S355     | 115,82    | 0,05                    | 7 850                            | 359,61           |
| CELKEM              |                   |          |           |                         |                                  | <b>73 912,86</b> |

## 2.4 Jednotkové posudky

### 2.4.1 Varianta 2

Navržené průřezy dřevěné příhradové varianty č. 2 byly posouzeny funkcí Autodesign pro dřevo v software Scia Engineer 9.0 dle přednormy EC ENV, která však již byla nahrazena platným Eurokódem EC 5. Proto se obdržené výsledky musí brát s rezervou a pro přesné a bezpečné posouzení se musí podrobit statickému výpočtu.

### 2.4.2 Varianta 3

Navržené průřezy ocelové příhradové varianty č. 3 byly posouzeny funkcí Autodesign pro ocel v software Scia Engineer 9.0 dle platného Eurokódu EC 3. Za limitní štíhlost byla zvolena hodnota  $\lambda = 180$ , která nebyla u žádného průřezu překročena. Prvky vyhověly i na II. mezní stav použitelnosti.

| Název                   | Prut  | Stav      | dx<br>[m] | Jednotkový<br>posudek | Pevnost | Stabilitní<br>posudek |
|-------------------------|-------|-----------|-----------|-----------------------|---------|-----------------------|
| HP vazníku              | B867  | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,94                  | 0,50    | <b>0,94</b>           |
| DP vazníku              | B1990 | CO1 - MSÚ | 0,624     | 0,87                  | 0,87    | <b>0,62</b>           |
| Svislice vazníku        | B1944 | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,80                  | 0,18    | <b>0,80</b>           |
| Diagonála vazníku       | B1874 | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,85                  | 0,20    | <b>0,85</b>           |
| Vaznice                 | B2486 | CO1 - MSÚ | 1,250     | 0,70                  | 0,40    | <b>0,70</b>           |
| Krokev                  | B3057 | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,91                  | 0,11    | <b>0,91</b>           |
| Krajní krokev           | B847  | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,91                  | 0,03    | <b>0,91</b>           |
| Příčné ztužidlo         | B3268 | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,66                  | 0,17    | <b>0,66</b>           |
| DP podélného ztužidla   | B3386 | CO1 - MSÚ | 0,000     | 0,11                  | 0,11    | <b>0,11</b>           |
| Diagonála podélného zt. | B3381 | CO1 - MSÚ | 3,212     | 0,39                  | 0,06    | <b>0,39</b>           |

## Seznam použitých zdrojů

### Technické normy a odborná literatura

- [1] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 51 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 126 s.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 127 s.
- [6] ČSN EN 1995-1-1 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 114 s.
- [7] ČSN EN 1995-1-2 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 67 s.
- [8] KUKLÍK, Petr; KUKLÍKOVÁ, Anna. *Navrhování dřevěných konstrukcí - Příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s.
- [9] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005, 172 s.
- [10] KARMAZÍNOVÁ, Marcela. *Prvky kovových konstrukcí - Modul BO02-M02 - Spoje kovových konstrukcí*. Brno: CERM, 2005, 48 s.
- [11] PULKRÁBKOVÁ, Zdeňka. *Nosná konstrukce bazénové haly*. Diplomová práce, FAST VUT v Brně, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Brno, 2010.
- [12] MATUŠKA, Martin. *Dřevěná nosná konstrukce bazénové haly*. Bakalářská práce, FAST VUT v Brně, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Brno, 2011.
- [13] CHALUPA, Miroslav. *Logistické centrum v Bystřici nad Pernštejnem*. Bakalářská práce, FAST VUT v Brně, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Brno, 2011.

### Internetové zdroje

- [14] FOAMGLAS [online]. [cit. 2012-05-25] Konstrukční řešení pro plošnou skladbu šikmé střechy. Dostupné z WWW: <[http://www.foamglas.cz/detaily/pa\\_det/53310.htm](http://www.foamglas.cz/detaily/pa_det/53310.htm)>.
- [15] KRONOSPAN [online]. [cit. 2012-05-25]. Katalogy a podklady pro desky OSB SUPERFINISH ECO. Dostupné z WWW: <<http://www.kronospan.cz/download/slozka/?dir=101>>.
- [16] ŠTIMÁK [online]. [cit. 2012-05-25]. Sortiment a ceník OSB desek. Dostupné z WWW: <<http://www.rezivo.cz/osb-desky-cenik.php>>.

- [17] KOTALOVÁ, Kateřina. ABS portál [online]. [cit. 2012-05-25]. Aquapark Kohoutovice. Dostupné z WWW: <<http://www.asb-portal.cz/architektura/stavby-a-budovy/sportovni-a-wellnes/aquapark-kohoutovice-2200.html>>.
- [18] TESKO. České dřevařské závody Praha [online]. [cit. 2012-05-25]. Reference - Občanské stavby. Dostupné z WWW: <<http://www.konstrukce-tesko.cz/konstrukce/reference/obcanske-stavby>>.
- [19] STRAKA, Bohumil. tzb info [online]. 04.04.2011. [cit. 2012-05-25] Některé možnosti využití dřeva v nosných konstrukcích. Dostupné z WWW: < <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby-nove/7319-nektere-moznosti-vyuziti-dreva-v-nosnych-konstrukcich>>.
- [20] KATEDRA STAVEBNÝCH KONŠTRUKCÍ A MOSTOV. Žilinská univerzita v Žilině, Stavebná fakulta [online]. [cit. 2012-05-25] Charakteristické hodnoty tried pevností dřeva. Dostupné z WWW: <[http://svf.uniza.sk/kskm/web/images/pomocky/bac/DK/pevnosti\\_dreva.pdf](http://svf.uniza.sk/kskm/web/images/pomocky/bac/DK/pevnosti_dreva.pdf)>.
- [21] OCEL.WZ.CZ [online]. [cit. 2012-05-25]. Spoje ocelových konstrukcí. Dostupné z WWW: <<http://ocel.wz.cz/sroubove-spoje/index.php>>.
- [22] KILLICH. Spojovací materiály [online]. [cit. 2012-05-25]. Katalogy a geometrické parametry spojovacích materiálů. Dostupné z WWW: <<http://eshop.killich.cz/spojovaci-material>>.

**Seznam použitých symbolů** (přímo nevysvětlených v textu)**Písmena latinské abecedy**

|              |                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|
| $A$          | plocha                                                              |
| $A_r$        | plocha zbytkového nebo účinného průřezu                             |
| $A_s$        | plocha jádra dřívku spojovacího prostředku                          |
| $a_1$        | rozteč rovnoběžně s vlákny mezi spojovacími prostředky v jedné řadě |
| $a_2$        | rozteč kolmo k vláknům mezi řadami spojovacích prostředků           |
| $a_{3,t}$    | vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým koncem           |
| $a_{4,t}$    | vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým okrajem          |
| $a_{fi}$     | tloušťka požární ochrany                                            |
| $b$          | šířka                                                               |
| $b_{fi}$     | šířka zbytkového nebo účinného průřezu                              |
| $d$          | průměr spojovacího prostředku; základna oblouku střechy             |
| $d_0$        | průměr otvoru pro spojovací prostředek                              |
| $d_{ef}$     | účinná hloubka zuhelnatění                                          |
| $d_{char}$   | hloubka zuhelnatění                                                 |
| $C_{dir}$    | součinitel směru větru                                              |
| $C_e$        | součinitel expozice                                                 |
| $C_o(z)$     | součinitel orografie ve výšce "z"                                   |
| $C_{pe,10}$  | součinitel vnějšího tlaku větru pro velké zatěžovací plochy         |
| $C_r(z)$     | součinitel drsnosti ve výšce "z"                                    |
| $C_{season}$ | součinitel ročního období                                           |
| $C_t$        | tepelný součinitel                                                  |
| $e$          | rozměr pro výpočet oblastí pro zatížení podélným větrem             |
| $E_{0,05}$   | hodnota 5 % kvantilu modulu pružnosti                               |
| $e_1$        | vzdálenost od konců a okrajů ve směru síly pro ocel                 |
| $e_2$        | vzdálenost od konců a okrajů kolmo ke směru síly pro ocel           |
| $f$          | vzepětí oblouku střechy                                             |
| $f_{c,0,k}$  | charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny                |
| $f_{c,0,d}$  | návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny                        |
| $f_{c,90,k}$ | charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům                    |
| $f_{c,90,d}$ | návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům                            |
| $f_{h,k}$    | charakteristická pevnost v otláčení                                 |
| $f_{m,k}$    | charakteristická pevnost v ohybu                                    |
| $f_{m,d}$    | návrhová pevnost v ohybu                                            |
| $f_{t,0,k}$  | charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny                 |
| $f_{t,0,d}$  | návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny                         |
| $f_u$        | mez pevnosti oceli                                                  |
| $f_{u,k}$    | charakteristická pevnost v tahu svorníků                            |
| $f_{v,k}$    | charakteristická pevnost ve smyku                                   |
| $f_{v,d}$    | návrhová pevnost ve smyku                                           |
| $f_y$        | mez kluzu oceli                                                     |
| $g_k$        | charakteristická hodnota stálého rovnoměrného zatížení              |
| $h$          | výška                                                               |

|               |                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|
| $h_{ap}$      | výška nosníku ve vrcholu                                            |
| $h_{fi}$      | výška zbytkového nebo účinného průřezu                              |
| $I$           | moment setrvačnosti                                                 |
| $I_v(z)$      | součinitel turbulence ve výšce "z"                                  |
| $k_c$         | součinitel vzpěrnosti                                               |
| $k_{crit}$    | součinitel používaný pro příčnou a torzní stabilitu                 |
| $k_{def}$     | součinitel dotvarování                                              |
| $k_{fi}$      | modifikační součinitel za požáru                                    |
| $k_{mod}$     | modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti |
| $k_r$         | součinitel terénu pro vítr                                          |
| $k_{shape}$   | součinitel tvaru                                                    |
| $k_{vol}$     | součinitel objemu                                                   |
| $L_{ef}$      | efektivní délka                                                     |
| $L_s$         | délka po střednici                                                  |
| $M_{Ed}$      | působící složka ohybového momentu                                   |
| $N_{Ed}$      | působící složka normálové síly                                      |
| $n_s$         | počet rovin stříhu                                                  |
| $p$           | obvod zbytkového nebo účinného průřezu                              |
| $p_1$         | rozteč ve směru síly pro ocel                                       |
| $p_2$         | rozteč kolmo ke směru síly pro ocel                                 |
| $q_k$         | charakteristická hodnota proměnného rovnoměrného zatížení           |
| $Q_k$         | charakteristická hodnota proměnného zatížení                        |
| $q_p(z)$      | maximální dynamický tlak větru ve výšce "z"                         |
| $r_{in}$      | vnitřní poloměr                                                     |
| $s_i$         | charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše                  |
| $s_k$         | charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi                    |
| $t$           | tloušťka; čas                                                       |
| $u_{inst}$    | okamžitý průhyb                                                     |
| $u_{lim}$     | limitní průhyb                                                      |
| $u_{net,fin}$ | čistý konečný průhyb                                                |
| $V$           | objem                                                               |
| $v_b$         | základní rychlost větru                                             |
| $V_b$         | objem vrcholové části nosníku                                       |
| $v_m(z)$      | střední rychlost větru ve výšce "z"                                 |
| $V_{z,Ed}$    | působící složka posouvající síly                                    |
| $W$           | průřezový modul                                                     |
| $w_e(z)$      | vnější tlak větru na plochu ve výšce "z"                            |
| $W_{fi}$      | průřezový modul zbytkového nebo účinného průřezu                    |
| $X_{fi}$      | obecně hodnota týkající se požáru                                   |
| $z_0$         | parametr drsnosti terénu                                            |

### Písmena řecké abecedy

|            |                                                                              |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $\beta_n$  | nominální návrhová rychlost zuhelnatění, která zahrnuje účinek zaoblení rohů |
| $\gamma_G$ | součinitel zatížení pro stálé zatížení                                       |
| $\gamma_M$ | dílčí součinitel spolehlivosti materiálu                                     |

|                   |                                                     |
|-------------------|-----------------------------------------------------|
| $\gamma_{M,i}$    | dílčí součinitel spolehlivosti oceli                |
| $\gamma_{M,fi}$   | dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při požáru |
| $\gamma_Q$        | součinitel zatížení pro proměnné zatížení           |
| $\varepsilon$     | poměrné přetvoření                                  |
| $\lambda$         | štíhlostní poměr                                    |
| $\lambda_{rel,m}$ | poměrná štíhlost při ohybu                          |
| $\mu_i$           | tvarový součinitel zatížení sněhem                  |
| $\rho$            | měrná hustota vzduchu                               |
| $\rho_k$          | charakteristická hustota materiálu                  |
| $\sigma_{c,0,d}$  | návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny         |
| $\sigma_{m,crit}$ | kritické ohybové napětí                             |
| $\sigma_{m,d}$    | návrhové napětí v ohybu                             |
| $\sigma_{t,0,d}$  | návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny          |
| $\sigma_{t,90,d}$ | návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům              |
| $\sigma_v$        | tlak větru                                          |
| $\tau_{tor,d}$    | návrhové napětí v kroucení                          |
| $\tau_{v,d}$      | návrhové napětí ve smyku                            |
| $\psi_i$          | kombinační součinitel zatížení                      |

## Seznam obrázků v textové části

- Obr. 1 Schéma rozmístění OSB desek
- Obr. 2 Prutový model varianty 1
- Obr. 3 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 1
- Obr. 4 Prutový model varianty 2
- Obr. 5 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 2
- Obr. 6 Prutový model varianty 3
- Obr. 7 Rendrovaný perspektivní pohled na variantu 3

## Seznam příloh

B1 Statický výpočet

B2 Výkresová dokumentace

01 Dispozice zastřešení a 2.NP (M 1:100)

02 Příčný řez A-A (M 1:100)

03 Geometrie vazníku a montážního spoje (M 1:100, 1:15)