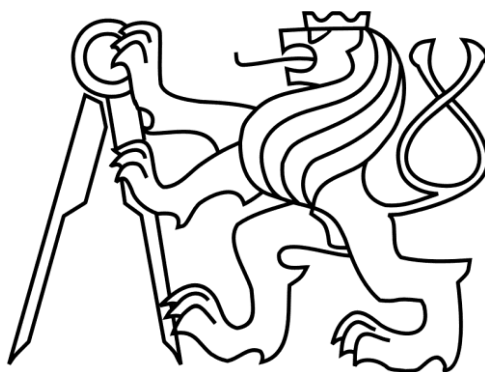


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Bakalářská práce

Těžký skelet dřevostavby se spřaženým dřevo-betonovým stropem

Heavy timber structure with composite timber-concrete
flooring system

Statické řešení za požáru

Fire protection design – structural design part

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Lukáše Blesáka, PhD.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Lukáši Blesákovi, PhD. za vedení bakalářské práce, ochotu a laskavost po celou dobu vypracování, a také za poskytnutí materiálů a cenných rad.





ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

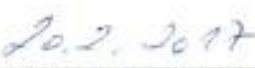

| | | |
|---|-------------|----------------------|
| Příjmení: Jurečka | Jméno: Jiří | Osobní číslo: 423037 |
| Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí - K134 | | |
| Studijní program: Stavební inženýrství | | |
| Studijní obor: Požární bezpečnost staveb | | |

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

| | |
|--|---|
| Název bakalářské práce: Těžký skelet dřevostavby se spáženými dřevobetonovými stropy. | |
| Název bakalářské práce anglicky: Heavy timber structure with composite timber-concrete flooring system. | |
| Pokyny pro vypracování: V rámci bakalářské práce bude zhotoven statický výpočet a výkresová dokumentace hlavních nosných prvků a vybraných detailů dřevěné konstrukce těžkého skeletu dřevostavby a vybrané ocelové prvky se zaměřením na požární odolnost staveb. Bude vypracována technická zpráva. | |
| Seznam doporučené literatury: | |
| Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | |
| Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017 | Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017 |
| <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i> | |
|  Podpis vedoucího práce |  Podpis vedoucího katedry |

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

| | |
|--|---|
|  Datum převzetí zadání |  Podpis studenta(ky) |
|--|---|

Anotace:

Předkládaná bakalářská práce se věnuje spřažené dřevobetonové stropní konstrukci, která je součástí dřevostavby s těžkým skeletovým systémem. Řešený objekt se řadí do skupiny budov občanské vybavenosti a jedná se o mateřskou školu. Předmětem práce je částečné zpracování požárně bezpečnostního řešení, návrh a posouzení nosných prvků za běžné teploty a posouzení dřevobetonové stropní konstrukce za požáru. Dále se v bakalářské práci věnuji spřahovacím prvkům dřevobetonové konstrukce, spojům trámů a průvlaků, respektive průvlaků a sloupů.

Klíčová slova: *dřevostavba, statické požární řešení, dřevobetonová stropní konstrukce*

Abstract:

The bachelor thesis deals with composite timber – concrete flooring structure, which is part of heavy timber structure. Object is a kindergarten so it belongs to group of public facilities buildings. Main topic of my thesis is partly worked out fire safety concept of construction, design and check of load – bearing elements during normal temperature conditions, check of timber – concrete flooring structure during fire conditions. Minor topic is design of composite elements of timber – concrete structure and joints of girders and beams and also of beams and columns.

Keywords: *timber structure, fire protection design, composite timber – concrete flooring structure*

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Seznam vybraných použitých symbolů | 3 |
| 1 Úvod..... | 5 |
| 2 Teoretická část..... | 5 |
| 2.1 Historický vývoj dřevobetonových konstrukcí | 5 |
| 2.2 Dělení dřevobetonových stropů | 8 |
| 2.2.1 Podle podélného řezu | 8 |
| 2.2.1.1 Trámová soustava..... | 8 |
| 2.2.1.2 Masivní dřevěná soustava | 9 |
| 2.2.2 Podle použití..... | 10 |
| 2.2.2.1 Strop s betonovou deskou nad dřevěnými nosníky | 10 |
| 2.2.2.2 Strop s betonovou deskou mezi dřevěnými nosníky | 11 |
| 2.2.2.3 Masivní dřevobetonový strop..... | 11 |
| 2.2.2.4 Dřevobetonová stěna | 12 |
| 2.2.2.5 Dřevobetonový most | 12 |
| 2.3 Technologie | 13 |
| 2.3.1 Prefabrikace..... | 14 |
| 2.3.2 Spojovací prostředky..... | 15 |
| 3 Požárně bezpečnostní řešení objektu..... | 18 |
| 3.1 Požárně technické údaje o stavbě..... | 18 |
| 3.2 Požární úseky | 18 |
| 3.3 Výpočet požárního rizika a určení stupně požární bezpečnosti | 19 |
| 3.4 Požadovaná požární odolnost stavebních konstrukcí..... | 20 |
| 4 Statické výpočet..... | 20 |
| 4.1 Statické schéma a popis konstrukce | 21 |
| 4.2 Použité materiály..... | 22 |
| 4.3 Zatížení..... | 22 |
| 4.3.1 Stálé zatížení | 22 |
| 4.3.1.1 Vlastní tíha vláknobetonová deska..... | 22 |
| 4.3.1.2 Podlahy..... | 23 |
| 4.3.1.3 Střešní plášť..... | 23 |
| 4.3.1.4 Příčky | 24 |
| 4.3.2 Proměnné zatížení | 24 |
| 4.3.2.1 Užité zatížení..... | 24 |
| 4.3.2.2 Zatížení sněhem..... | 24 |
| 4.3.2.3 Zatížení větrem..... | 25 |
| 4.4 Návrh a posouzení dřevobetonové stropní konstrukce za běžné teploty | 27 |
| 4.5 Návrh a posouzení dřevěného průvlaku za běžné teploty | 36 |
| 4.6 Návrh a posouzení dřevěného sloupu za běžné teploty..... | 42 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.7 | Posouzení dřevobetonové stropní konstrukce za požáru..... | 48 |
| 4.7.1 | Posouzení dřevobetonového stropního nosníku za požáru – tabulka..... | 65 |
| 4.7.2 | Vyhodnocení posouzení dřevobetonového nosníku za požáru | 69 |
| 4.8 | Spoje..... | 69 |
| 4.8.1 | Spoj stropní konstrukce a průvlaku..... | 69 |
| 4.8.2 | Spoj průvlaku a sloupu | 70 |
| 5 | Závěr..... | 72 |
| | Literatura..... | 73 |
| | Seznam příloh | 75 |
| | Seznam obrázků | 76 |
| | Seznam tabulek..... | 78 |

Seznam vybraných použitých symbolů

| | | |
|-------------------|--------|---|
| $f_{m,g,k}$ | [MPa] | charakteristická pevnost lepeného lamelového dřeva v ohybu |
| $f_{v,g,k}$ | [MPa] | charakteristická pevnost lepeného lamelového dřeva ve smyku |
| $f_{t,0,g,k}$ | [MPa] | charakteristická pevnost lepeného lamelového dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny |
| $f_{c,0,g,k}$ | [MPa] | charakteristická pevnost lepeného lamelového dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny |
| $f_{c,90,g,k}$ | [MPa] | charakteristická pevnost lepeného lamelového dřeva v tlaku kolmo k vláknům |
| f_{ck} | [MPa] | charakteristická pevnost vláknobetonu v tlaku |
| f_{ctk} | [MPa] | charakteristická pevnost vláknobetonu v tahu |
| $f_{m,g,d,fi}$ | [MPa] | návrhová pevnost lepeného lamelového dřeva v ohybu za požáru |
| $f_{v,g,d,fi}$ | [MPa] | návrhová pevnost lepeného lamelového dřeva ve smyku za požáru |
| $f_{t,0,g,d,fi}$ | [MPa] | návrhová pevnost lepeného lamelového dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny za požáru |
| E_{cm} | [GPa] | střední hodnota modul pružnosti vláknobetonu |
| $E_{0,g,mean}$ | [GPa] | modul pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny |
| $E_{0,g,05}$ | [GPa] | 5%-tní kvantil modulu pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny |
| $E_{0,g,mean,fi}$ | [GPa] | modul pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny za požáru |
| K_{ser} | [N/mm] | modul prokluzu spřahovacího prvku v MSP |
| K_u | [N/mm] | modul prokluzu spřahovacího prvku v MSÚ |
| k_{mod} | [-] | modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti |
| k_{def} | [-] | součinitel zohledňující třídu provozu |
| $k_{mod,fi}$ | [-] | modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti za požáru |
| $E_{0,g,mean}$ | [GPa] | modul pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny |
| $E_{0,g,05}$ | [GPa] | 5%-tní kvantil modulu pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny |
| $E_{0,g,mean,fi}$ | [GPa] | modul pružnosti lepeného lamelového dřeva rovnoběžně s vlákny za požáru |

| | | |
|-----------------|----------------------|--|
| $\rho_{g,k}$ | [kg/m ³] | charakteristická objemová tíha lepeného lamelového dřeva |
| $\rho_{c,k}$ | [kg/m ³] | charakteristická objemová tíha vláknobetonu |
| β_n | [mm/min] | nominální návrhová rychlost zuhelnatění |
| β_{par} | [mm/min] | návrhová rychlost zuhelnatění podle parametrické teplotní křivky |
| $d_{char,n}$ | [mm] | nominální návrhová hloubka zuhelnatění |
| $d_{char,par}$ | [mm] | návrhová hloubka zuhelnatění podle parametrické teplotní křivky |
| $d_{ef,n}$ | [mm] | nominální účinná hloubka zuhelnatění |
| $d_{ef,par}$ | [mm] | účinná hloubka zuhelnatění podle parametrické teplotní křivky |
| t_{req} | [min] | požadovaná požární odolnost |
| η_{fi} | [-] | redukční součinitel zatížení za požáru |
| ψ_2 | [-] | kombinační součinitel zatížení |
| γ_c | [-] | součinitel spolehlivosti materiálu – vláknobeton |
| γ_m | [-] | součinitel spolehlivosti materiálu – lepené lamelové dřeva |
| $\gamma_{m,fi}$ | [-] | součinitel spolehlivosti materiálu za požáru – lepené lamelové dřeva |

pozn. ostatní použité symboly jsou popsány ve statickém výpočtu

1 Úvod

Dřevostavby se v posledních letech v České republice a vlastně i v celé střední Evropě dostávají hodně do popředí. Hlavní zásluhu na tom má ekologický aspekt výrobků ze dřeva. Evropská směrnice 32/2010/EU, která stanovuje společný cíl snížit spotřebu energie v budovách o 20 % při současném zvýšení podílů využití obnovitelných zdrojů energie na 20 % a snížení skleníkových plynů o 20 % a to všechno do roku 2020, což dělá z dřevostaveb v oblasti stavitelství velmi atraktivní obor.

V dnešní době se dřevobetonové stropy využívají hlavně při rekonstrukcích starších objektů a to hlavně z důvodu zesilování stávajících stropů s dřevěnými stropními nosíky, protože při správném sprážením dřeva s betonem může stropní konstrukce dosáhnout až trojnásobné únosnosti a může až 6krát zvýšit ohybovou tuhost oproti klasickému trámovému stropu. Velký potenciál však mají i u novostaveb vícepodlažních dřevostaveb. Avšak tento perspektivní stavební prvek není v současné době dostatečně využíván. U rodinných domů jsou aplikovány pouze cca v 10 % a výstavby vícepodlažních staveb pro bydlení a občanskou vybavenost prakticky nulové. Tyto čísla by se však mohly v blízké budoucnosti zásadně změnit. [1] [2]

K významným přednostem dřevobetonových stropů patří jejich požární odolnost. Betonová deska markantně snižuje šíření plamene po konstrukci a z toho důvodu má jednoznačně vyšší požární odolnost než klasický dřevěný trámový strop. Právě tento fakt je také velice důležitý pro některé investory a projektanty, protože u nich vládne nejistota ze dřeva, jakožto hořlavého stavebního prvku. [2]

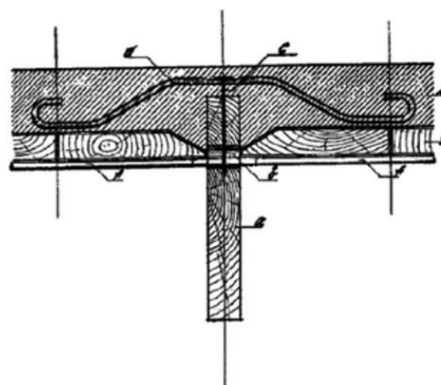
2 Teoretická část

2.1 Historický vývoj dřevobetonových konstrukcí

Sprážené dřevobetonové konstrukce jsou známé už od počátku 20. století. Po první světové válce se zásadně snížily zásoby oceli a tudíž se začal hledat alternativní materiál, který by nahradil ocel pro ocelobetonové konstrukce. Jako tento alternativní materiál bylo zvoleno dřevo.

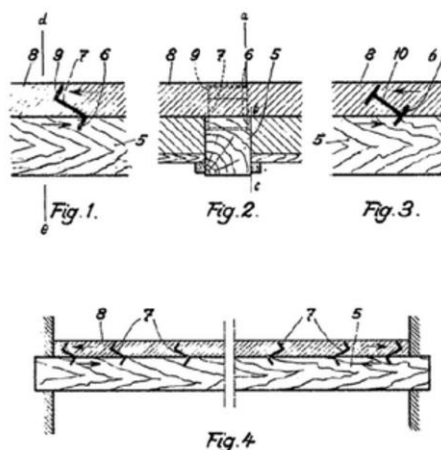
Jeden z prvních patentů v oblasti dřevobetonových konstrukcí získal v roce 1921 Němec Paul Müller. Ke sprážení dřevobetonové konstrukce použil betonářskou výztuž, která svým

tvarem připomínala ramínko (obr. 1). Pro ztužení konstrukce pak sloužil záklop z dřevěných fošen/desek, navíc pro lepší soudružnost bylo všechno protkáno hřebíky.



Obr. 1: Spřažení podle Müllera a jeho patent z roku 1921 [3]

V meziválečném období přichází na scénu švýcarský ing. Otto Schaub, který je považován za průkopníka ve svém oboru. Nechal si patentovat několik spojovacích prvků, které se následně rozšířily do mnoha evropských zemí a také do USA. V roce 1938 přišel nejspíše nejdůležitější patent ing. Otto Schaub, a to ocelové spojovací prvky s profilem “I”, “Z” a tesařské skoby (obr. 2). Zároveň vyzdvihuje vhodnost jeho konstrukce pro zesilování stropů ve starších objektech. [3]



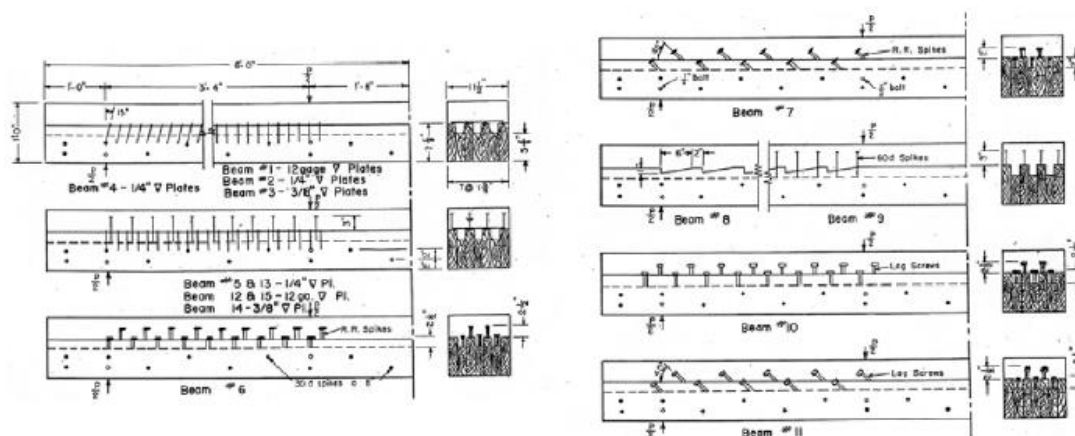
Obr. 2: Spřažení podle Schaub na jeho patent [3]

Ve 30. letech 20. století začal vývoj dřevobetonových konstrukcí i na Americké půdě. V letech 1932 až 1934 prováděl Conde Balcom McCullough svůj výzkum spřažení konstrukcí pro ministerstvo státních cest ve státu Oregon. Nezkoumal pouze deformační vlastnosti od zatížení a následné mechanické selhání konstrukce, ale i chování konstrukce

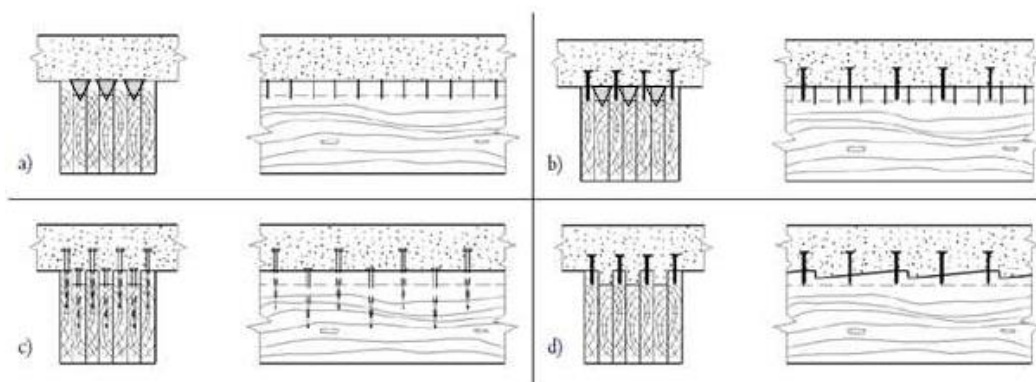
pod dopravním zatížením. Dále bylo testováno i vnitřní napětí způsobené vlivem kolísání teplot (-10 °C až 20 °C). Jako nejefektivnější McCullough vyhodnotil sprážení pomocí kruhových záchytek. Hlavní předností tohoto řešení byla jednoduchá montáž a ekonomicky přístupná cena. Na konci svého výzkum chtěl McCullough zpracovat postup pro dimenzování kruhových záchytek, ale nakonec k tomu nejspíš nedošlo.

Tehdejším novým systémem bylo zkonstruováno více než 180 objektů. Některé z nich si můžeme prohlédnout i nyní jako například „Newbury Viaduct“ nebo „Vermont Street Viaduct“.

Další významný projekt vedl mezi lety 1938 a 1942 Richart. Vytvořil 9 způsobů sprážení (trojúhelníková ocel, nakloněná trojúhelníková ocel, trojúhelníková ocel s hřebíky, svorníky, nakloněné svorníky, zářezy, zářezy s hřebíky, šrouby a nakloněné šrouby) (obr. 3 a obr.4). Ze svého výzkumu vyhodnotil, že nakloněné šrouby mají nejvyšší tuhost sprážení i nejvyšší odolnost. [4]



Obr. 3: Sprážení dřevobetonu podle Richarta [4]



Obr. 4: Detail sprážení dřevobetonu podle Richarta [4]

a) trojúhelníková ocel, b) trojúhelníková ocel s hřebíky, c) šrouby, d) hřebíky se zářezy

V Evropě byla aplikace dřevobetonu hlavně využívána u starších objektu, kde bylo zapotřebí zesílení stropní konstrukce. Jedna z prvních rekonstrukcí v Československu se odehrála v Bratislavě na objektu „U dobrého pastiera“. Projektantem byl v té době uznávaný ing. Jozef Poštulka.

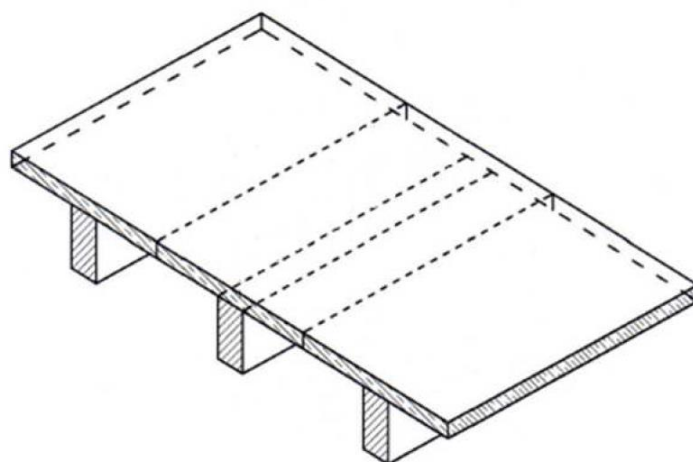
Kolem roku 1969 došlo k prvním pokusům o využití lepidel jako spojovacích prvků v dřevobetonových konstrukcích. Výsledky byly více než uspokojivé z pohledu únosnosti a průhybu nosníku. Avšak vznikaly zde nejistoty ohledně porušení křehkým lomem, dlouhodobé chování konstrukce, vliv cyklického zatížení a v neposlední řadě chování za zvýšené teploty. Také z těchto důvodů se lepidla v praxi využívají jen málo. [3]

2.2 Dělení dřevobetonových stropů

2.2.1 Podle podélného řezu

2.2.1.1 Trámová soustava

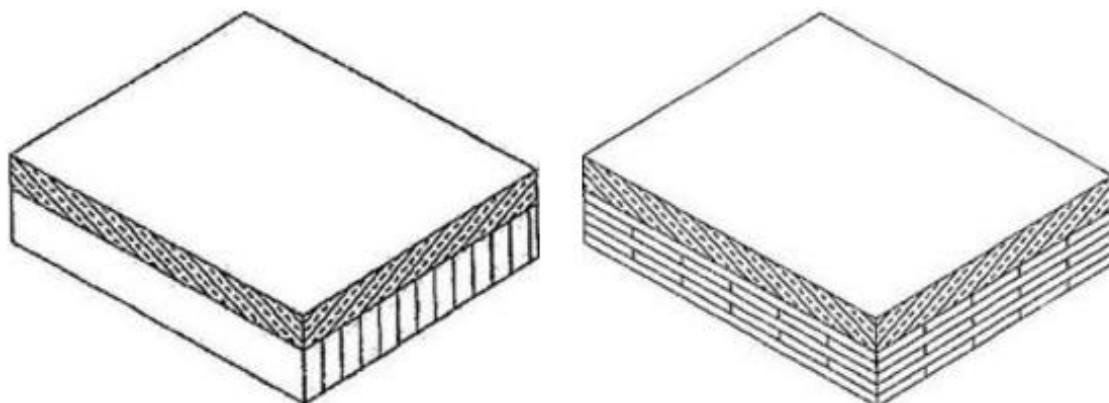
Trámová soustava se skládá z betonové desky a dřevěných trámů. (obr. 5) Pro sprážení této soustavy se nejčastěji používají mechanické spráhovací prostředky. Dřevěné trámy mohou být z rostlého i lepeného lamelového dřeva, které se používá hlavně u větších rozpětí. Soustava může nebo nemusí být opatřena záklopek, který současně slouží jako ztracené bednění při betonáži. U konstrukcí bez záklopu musí být realizováno dočasné bednění. Pro záklop se nejčastěji používají materiály na bázi dřeva (překližka, OSB desky) nebo dřevěné desky. [4]



Obr. 5: Trámová soustava dřevobetonového stropu [4]

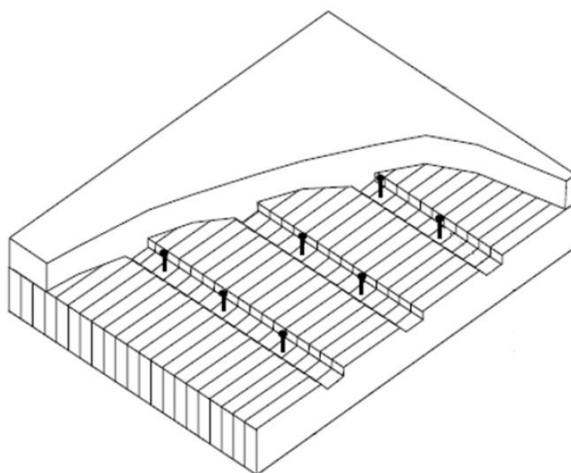
2.2.1.2 Masivní dřevěná soustava

Rozlišují se dva typy systémů u masivních dřevěných stropů. Systémy s lineárním nosným chováním a systémy s plošným nosným chováním. Lineární nosné systémy jsou zhotovovány z rostlého dřeva (nosníky nebo řezivo je ukládáno na stojato vedle sebe a spojeno mechanickými spojovacími prvky) nebo z lepeného lamelového dřeva (obr. 6a). Stropy s plošným nosným chováním se běžně realizují z vícevrstevných desek na bázi dřeva nebo z křížně lamelového, popřípadě vrstveného dřeva (obr. 6b).



Obr. 6: Masivní dřevěná soustava s betonovou deskou a) nosníky nebo řezivo na stojato/lepené lamelové dřevo; b) křížně lamelové dřevo/vrstvené dřevo [5]

Oba tyto typy masivních stropních soustav jsou následně zality betonovou směsí. Spřažení betonu a dřeva může být zajištěno například zářezy ve dřevě, vlepovanými kovovými děrovanými pásky, mechanickými spojovacími prostředky, případně kombinací zářezů s mechanickými spojovacími prvky (obr. 7).



Obr. 7: Masivní dřevěná stropní soustava s zářezy a mechanickými spojovacími prvky [4]

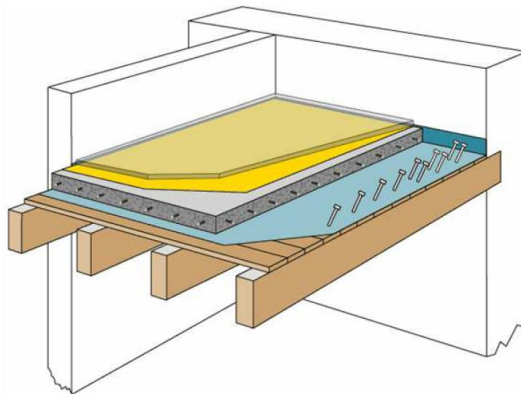
Při tomto řešení konstrukce je nevýhodou vyšší spotřeba dřeva, ale docílí se vyšší únosnosti a možnosti použití rozpětí nosníků na 6 metrů. [4] [5]

2.2.2 Podle použití

Nejběžnější je využití dřevobetonových konstrukcí jako stropní soustavy. V dnešní době lze kombinaci materiálů beton a dřevo aplikovat i do svislých nosných konstrukcí a mostních konstrukcí.

2.2.2.1 Strop s betonovou deskou nad dřevěnými nosíky

Betonová deska je umístěna na dřevěných nosících (obr. 8). Při sanacích starších objektů je důležité dbát na to, aby nebylo odstraněno původní bednění (záklop).



Obr. 8: Dřevobetonový strop s betonovou deskou na dřevěných nosíky [4]

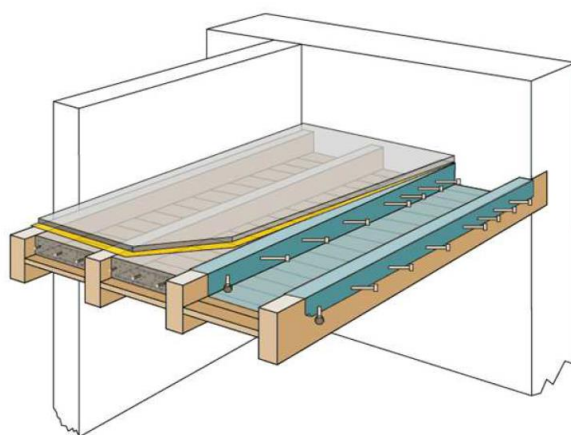
U prefabrikovaných elementů těchto typů konstrukcí se výroba obejde bez bednění. Při výrově je totiž konstrukce otočená betonovou deskou dolů (obr. 9).



Obr. 9: Výroba a montáž prefabrikovaného dřevobetonového stropu [4]

2.2.2.2 Strop s betonovou deskou mezi dřevěnými nosníky

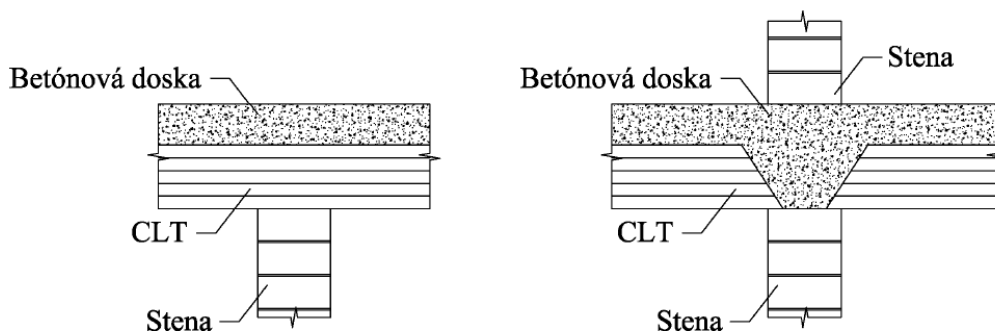
Tento typ řešení stropní konstrukce se nejčastěji používá u sanací starších objektů, kdy se nahrazuje původní strop dřevobetonovým stropem. Z původní konstrukce se odstraní vrstvy podlahy a bednění (záklop). Následně se na vnitřní strany nosníků umístí spřahovací prostředky a prostor mezi nosníky se vybetonuje (obr. 10). Betonová deska je zarovnána s původními dřevěnými nosníky. Výška nové stropní konstrukce se od původní nezměnila a díky tomu nemusíme přesouvat nebo měnit další prvky objektu (schody, zárubně, atd.). Stropy s betonovou deskou mezi dřevěnými nosníky mají ovšem nižší nosnost než stropy s betonovou deskou na dřevěných nosnících. [4]



Obr. 10: Strop s betonovou deskou mezi dřevěnými nosníky [4]

2.2.2.3 Masivní dřevobetonový strop

Betonová deska je průběžná přes všechny podpory. Tahové síly v betonu jsou přenášeny výztuží v betonu. Přenášení tlakových sil nad podporou můžeme zajistit dvěma způsoby. Můžeme buď zkonstruovat průběžnou dřevěnou desku (obr. 11a) nebo vytvořit betonové jádro mezi dvěma dřevěnými deskami (obr. 11b).



Obr. 11: Příklady řešení masivního dřevobetonového stropu nad podporou [4]

Betonová deska je dřevěnou deskou spojena pomocí vlepených ocelových pásků. Výhodou druhého systému (betonové jádro mezi dvěma dřevěnými deskami) je přenášení případné tlakové síly pouze betonovou částí. Další výhodou je jednodušší a méně omezující transport, protože dřevěná deska může být rozdělena na jednotlivé části v maximální délce podélné vzdálenosti rozpětí konstrukce.

2.2.2.4 Dřevobetonová stěna

Dřevobetonová stěna je zpravidla tvořena prefabrikovanými prvky. Jedná se o klasický žebrový systém dřevěné stěny, který je na straně do interiéru doplněn o betonovou desku (Obr. 12). Jako izolační materiál lze použít minerální vlnu nebo foukanou izolaci, která je umístěna mezi dřevěnými žebry. K spřažení dřevěných žebrových s betonovou deskou se nejčastěji využijí ocelové pásky vlepené do dřeva. Betonová deska, umístěna z interiérové strany, přináší několik výhod jako lepší zvukovou izolaci, zvyšuje požární odolnost konstrukce a má větší odolnost proti horizontálnímu působení větru.



Obr. 12: Dřevobetonová stěna [4]

2.2.2.5 Dřevobetonový most

Jedním z hlavních nedostatků klasických dřevěných mostů je jejich malá odolnost vůči povětrnostním vlivům, které betonová deska výborně pokrývá. Spřažení dřeva s betonem u mostních konstrukcí se využívá hlavně u menších mostů, lávek pro pěší a cyklisty, ale můžeme se setkat i s případy, kdy je dřevobetonová mostní konstrukce realizována

u silničních mostů s velkým zatížením. Vhodným příkladem je dálniční most Vihantasalmi ve Finsku (obr. 13), který má rozpětí vnitřního pole 42 metrů a je největší svého druhu.



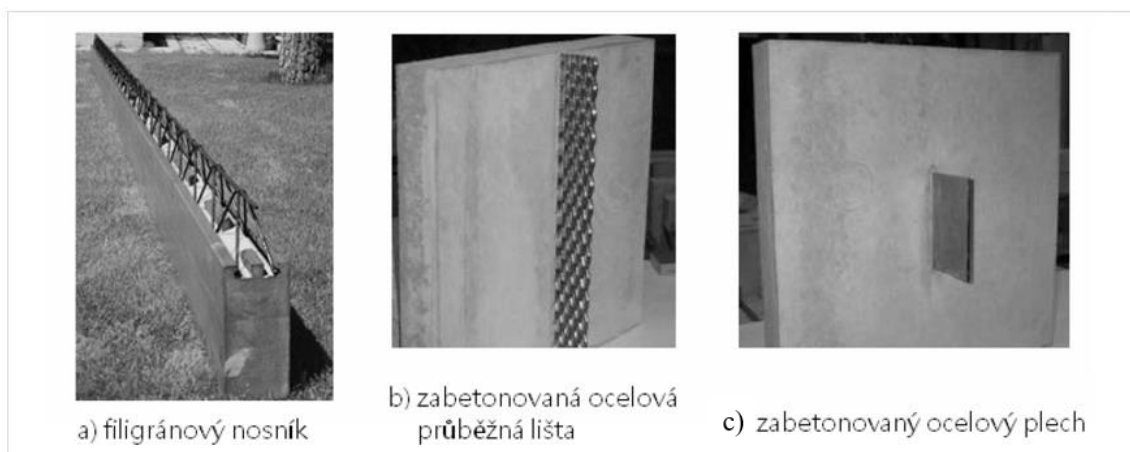
Obr. 13: Most Vihantasalmi, Mäntyharju, Finsko [4]

2.3 Technologie

V současné době převládá při realizaci dřevobetonových konstrukcí monolitické provedení železobetonových desek. S tímto faktem vzniká také jedna z největších nevýhod těchto konstrukcí a to je mokrá proces při výstavbě. Nutnost přítomnosti bednění při betonování přináší komplikovanější technologický postup. Bednění se umísťuje buď mezi dřevěné trámy a betonovou desku, což zhoršuje spřažení obou prvků, nebo lze bednění částečně zapustit pod horní hranu dřevěného trámu. Toto řešení ovšem zvyšuje celkovou pracnost a náklady. Další komplikací je zabránění průniku vlhkosti z betonové směsi do dřevěné konstrukce během mokrého procesu. Kvůli všem těmto negativním faktorům spojeným s realizací dřevobetonových konstrukcí roste délka jejich výstavby a s ní i náklady. Proto se ve Skandinávských zemích, Německu a Rakousku pokouší změnu monolitického řešení provedení železobetonových desek na prefabrikované.

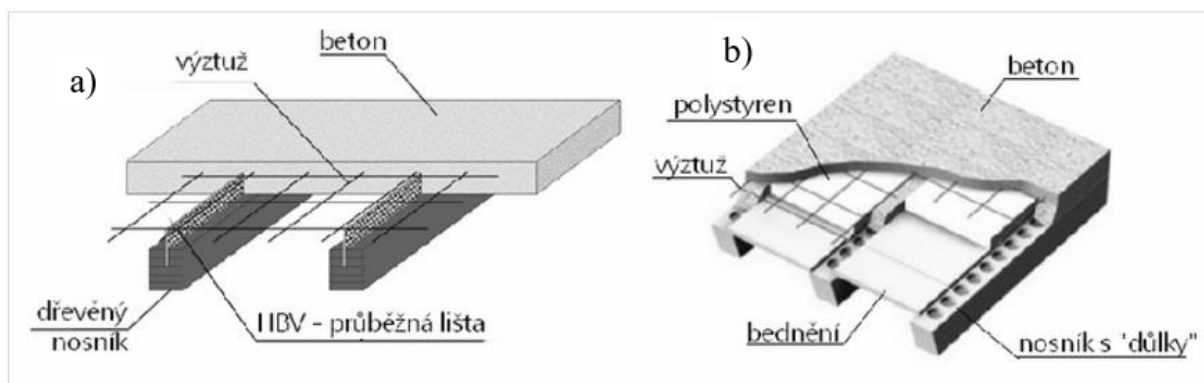
2.3.1 Prefabrikace

Jedna z možností náhrady monolitické konstrukce prefabrikovanou je částečná prefabrikace. Dřevěný nosník se s spřahovacími prostředky vyrobí mimo staveniště (obr. 11a), kam se následně transportuje a po osazení nosníku se vybetonuje deska. V tomto případě se ovšem nezbavíme nutnosti mokrého procesu přímo na staveništi. Výhodou je možnost aplikace složitějšího spřahovacího prostředku a jeho přesnější montáž.



Obr. 14: Příklady částečně prefabrikovaných konstrukčních systémů [3]

Druhou možností je částečná prefabrikace železobetonové desky se zabetonovanými spřahovacími prostředky (obr. 11b) a jejich následné ukotvení do dřevěných nosníků na stavbě. Tímto způsobem se výstavba razantně zrychlí, odpadá problém s aplikací bednění a ochranou dřeva proti vlhkosti zapříčiněné betonovou směsí. Prefabrikovaný díl se dá s dřevěným trámem zkompletovat mimo staveniště a následně zabudovat celý kus konstrukce, čím se stavby zrychlí. Toto řešení ale přináší zvýšenou pracnost, vyšší nároky na preciznost montáže, přepravu a skladování. Také je zde problém s podélným spojením dílců konstrukce. [3]



Obr. 15: Příklady současných komerčních produktů a) HBV systém; b) WOOD-BETON® [3]

2.3.2 Spojovací prostředky

Cílem spojovacích prostředků je dosáhnout co nejdokonalejšího spřažení dvou materiálů, v tomto případě dřeva a betonu. Spřažením se snažíme využít kladné a potlačit nepříznivé vlastnosti daných materiálů. Na vzájemné spřažení dřeva a betonu se používají různé spojovací prostředky.

Chování dřevobetonových desek zásadně ovlivňuje podélné smykové spojení mezi dřevem a betonem. Smykové spojení určuje účinné přenesení smyku mezi dřevěnou a betonovou částí konstrukce a je rozhodujícím faktorem v kompozitním chování soustavy.

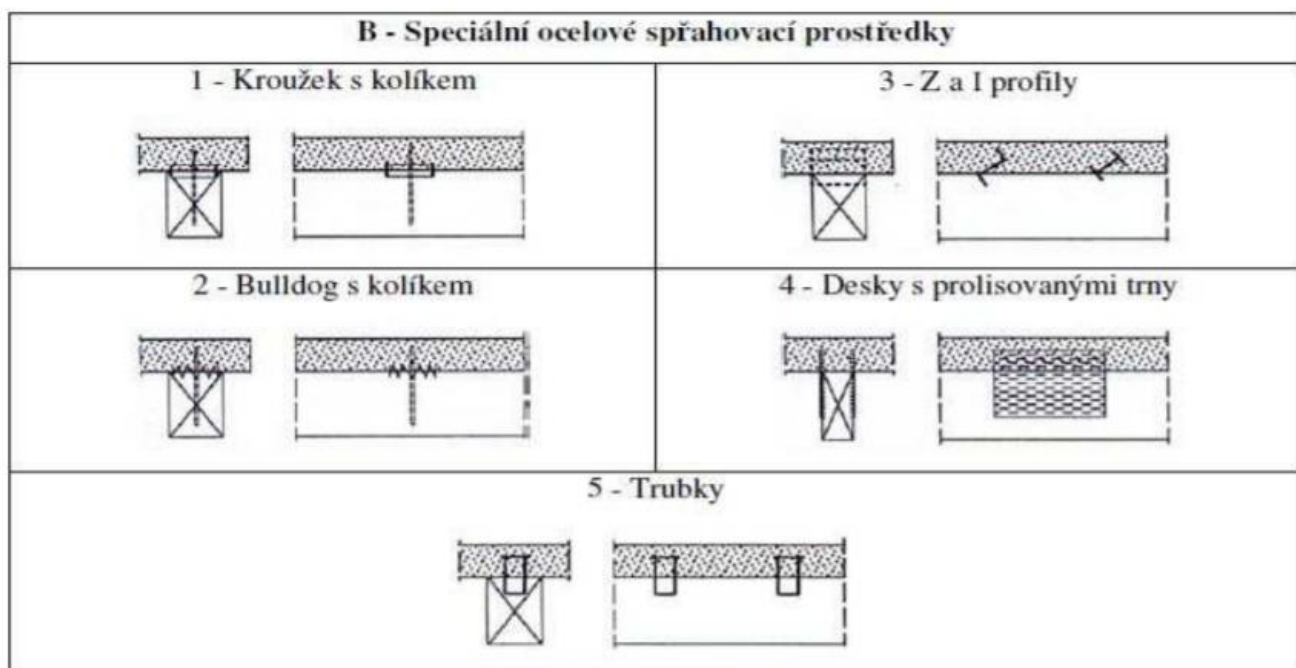
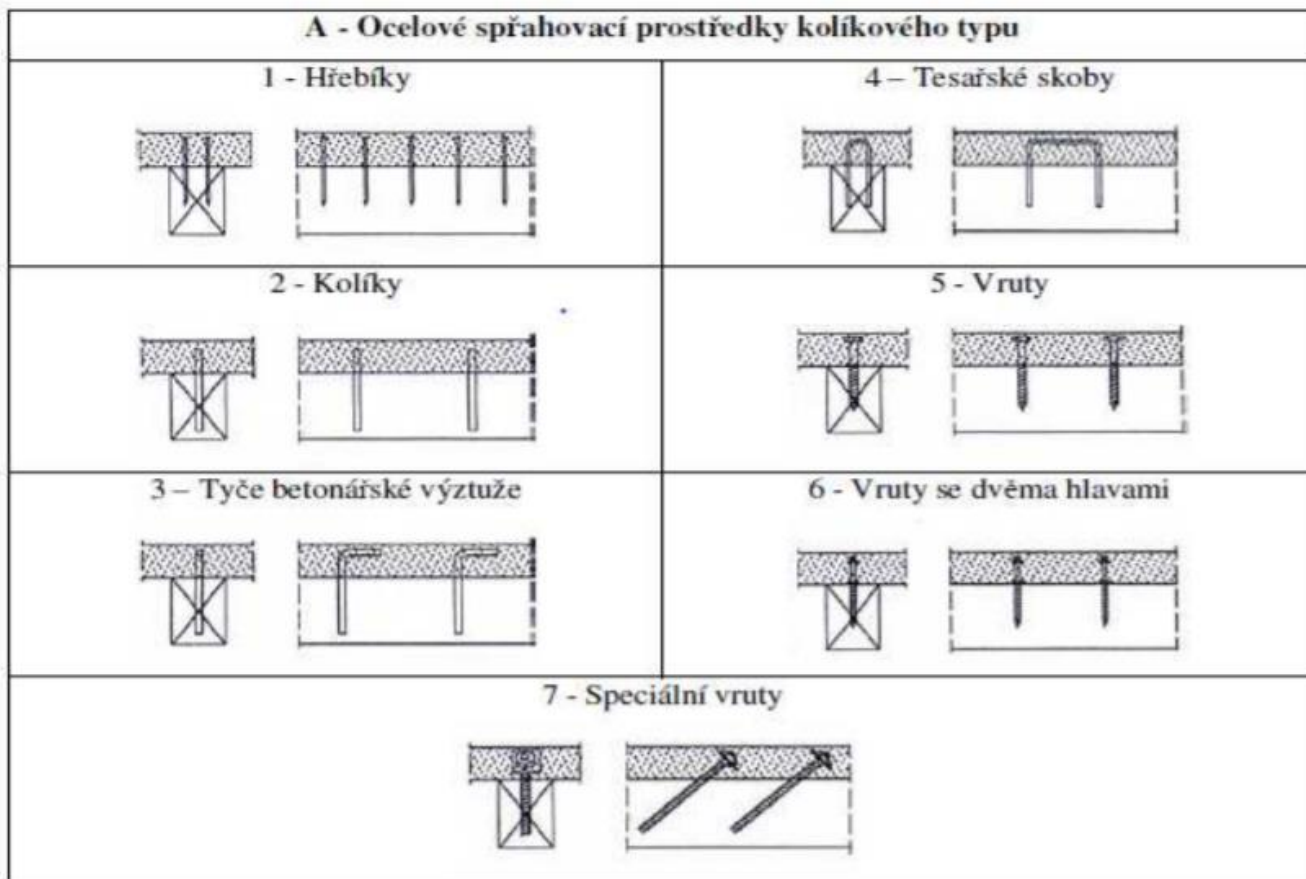
V poslední době narůstá zájem o dřevobetonové konstrukce a s ním rostou i možnosti efektivního spřažení dřeva a beton. Spojovacích prvků je opravdu mnoho a nejčastěji se využívá mechanických spřahovacích prostředků. Nejspíše nejlepší rozdělení těchto prvků je do 4 skupin. Od nejvyšší tuhosti, tedy nejlepšímu kompozitnímu chování by šly seřadit takto: vlepované spoje, zářezy a ozuby do dřeva, speciální ocelové spřahovací prvky a spřahovací prvky kolíkového typu (kolíky, vruty, hřebíky) (obr. 18, obr. 19). [2] Rozvoj dřevobetonových konstrukcí dochází tak daleko, že různí výrobci vytváří spojovací prvky přímo pro spřažení dřevobetonových konstrukcí. Tyto prvky se liší hlavně úpravou hlavy, velikostí a stoupání závitu, způsobem osazení do dřeva apod. Nejčastější používané speciální spojovací prvky jsou např.: Würth ASSY plus VG (obr. 16) a SFS trn VB-48-7,5 (obr. 17). [4]



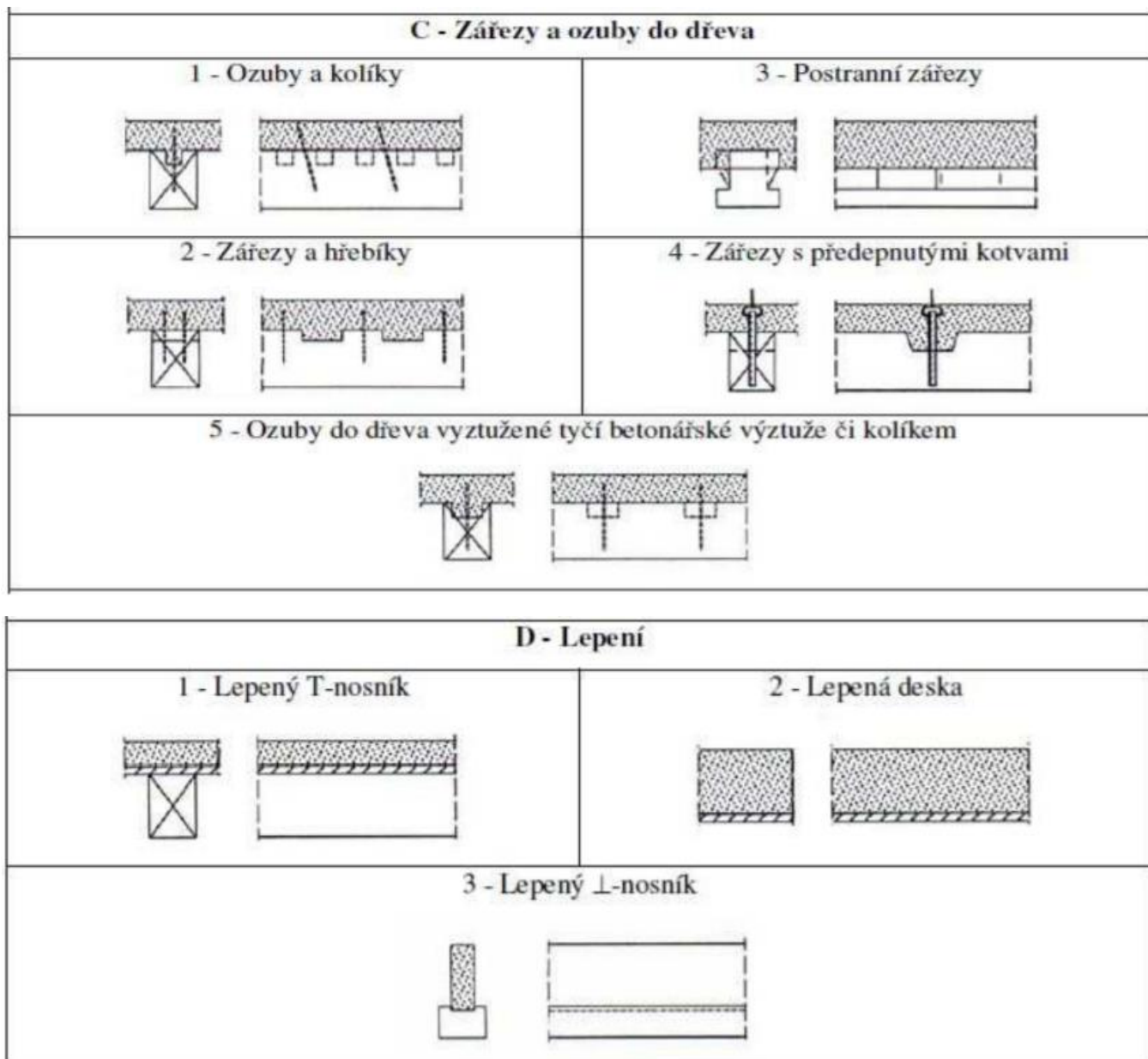
Obr. 16: Würth ASSY plus VG [4]



Obr. 17: SFS trn VB-48-7,5 [4]



Obr. 18: Nejčastější způsoby spřažení dřeva a betonu



Obr. 19: Nejčastější způsoby spřažení dřeva a betonu

Samostatnou kapitolou je použití lepidel jako spřahovacího prostředku. V posledních letech se tato technologie stala velice atraktivní pro spřažení dřeva a betonu. Velkou výhodou je lepší přenesení podélné smykové síly a zamezení nepříznivých koncentrací sil, které nastávají v okolí mechanických spojovacích prostředků. Je také úplně odstraněn pohyb mezi betonovou a dřevěnou konstrukcí, charakterizován modulem prokluzu K , který udává tuhost spřažení.

3 Požárně bezpečnostní řešení objektu

3.1 Požárně technické údaje o stavbě

- požární výška objektu h je 3,45 m – 1NP, 2NP
- svislou nosnou konstrukci zajišťují dřevěné sloupy (DP3), obvodové nenosné stěny jsou dřevěné (DP3), vodorovné nosné jsou dřevobetonové stropní nosníky (DP3), příčky jsou ze SDK s kovovým nosným systémem a minerální izolací (DP1)
- konstrukční systém objektu je hořlavý (dřevostavba)
- objekt je zařazen do skupiny budov občanské vybavenosti

3.2 Požární úseky

- Objekt je rozdělen do celkem 6 požárních úseků
- Technické označení PÚ je součástí výkresové dokumentace

Seznam požárních úseků objektu:

| | | |
|------|------------------------------------|--------------------|
| 1.NP | Kmenová třída | N01.01 – II |
| | Kmenová třída | N01.02 – II |
| | Technická místnost | N01.03 – I |
| | Chodba, WC, Šatna, Sklad, Kancelář | N01.04/N02.04 – II |
| 2.NP | Kmenová třída | N02.01 – II |
| | Kmenová třída | N02.02 – II |

3.3 Výpočet požárního rizika a určení stupně požární bezpečnosti

- vzorový výpočet

| | | | |
|-----------|---|----------|---------------|
| Název PÚ | | N01.01 | |
| číslo PÚ: | 1 | popis PÚ | Kmenová třída |

Výpočet požárního zatížení

| Specifikace místnosti | S_i [m ²] | a_{si} [-] | p_{si} [kg/m ²] | a_{ni} [-] | p_{ni} [kg/m ²] |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| kmenová třída | 130,87 | 0,90 | 7,00 | 0,80 | 25,00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| $S_{PÚ} =$ | | $a_s =$ | $p_s =$ | $a_n =$ | $p_n =$ |
| 130,87 | | 0,9 | 7,00 | 0,8 | 25,00 |

| Výška okna h_o [m] | Šířka okna [m] | Počet | Plocha S_o [m ²] | Světlá výška h_s [m] | |
|----------------------|----------------|-------|--------------------------------|------------------------|-----|
| 1,6 | 2,2 | 9 | 31,68 | 3,22 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| $\emptyset h_o$ | 1,6 | | ΣS_{oi} | $\emptyset h_s$ | 3,2 |
| | | | 31,68 | | |

$$S_o/S_{PÚ} = 0,24$$

$$h_o/h_s = 0,50$$

$$n = 0,175$$

$$k = 0,224$$

Výpočet požárního rizika

$$a = 0,82$$

$$b = 0,73$$

$$c = 1,00$$

větraný

$$p_v = 19,24 \text{ kg/m}^2$$

$$h = 3,45 \text{ m}$$

$$SPB = II$$

Posouzení vnitřních odběrných míst

$$S_{PÚ} \cdot p = 4187,84 < 9000$$

není nutno navrhnout vnitřní odběrné místo

Shrnutí výpočtů požárního rizika všech požárních úseků

| popis PÚ | č. PÚ | a | b | c | ρ_s (kg/m ³) | ρ_n (kg/m ³) | ρ_v (kg/m ³) | SPB |
|--|---------------|------|------|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----|
| Kmenová třída | N01.01 | 0,82 | 0,73 | 1,00 | 7,00 | 25,00 | 19,24 | II |
| Kmenová třída | N01.02 | 0,82 | 0,73 | 1,00 | 7,00 | 25,00 | 19,33 | II |
| Technická místnost | N01.03 | 1,10 | 0,58 | 1,00 | 0,00 | 15,00 | 9,56 | I |
| Chodba, WC, Kancelář, Sklad, Šatna | N01.04/N02.04 | 0,98 | 0,50 | 1,00 | 7,00 | 36,81 | 21,56 | II |
| Kmenová třída | N02.01 | 0,82 | 0,73 | 1,00 | 7,00 | 25,00 | 19,33 | II |
| Kmenová třída | N02.02 | 0,82 | 0,73 | 1,00 | 7,00 | 25,00 | 19,33 | II |

Tab. 1: výpočet požárního rizika a určení stupně požární bezpečnosti

3.4 Požadovaná požární odolnost stavebních konstrukcí

- za požáru posuzují pouze stropní konstrukci, která se nachází v požárním úseku se stupněm požární bezpečnosti II → podle ČSN 73 0802 tab. 12 1b) je v nadzemních podlažích **požadavek požární odolnosti 30 min na požární stropy**

4 Statické výpočet

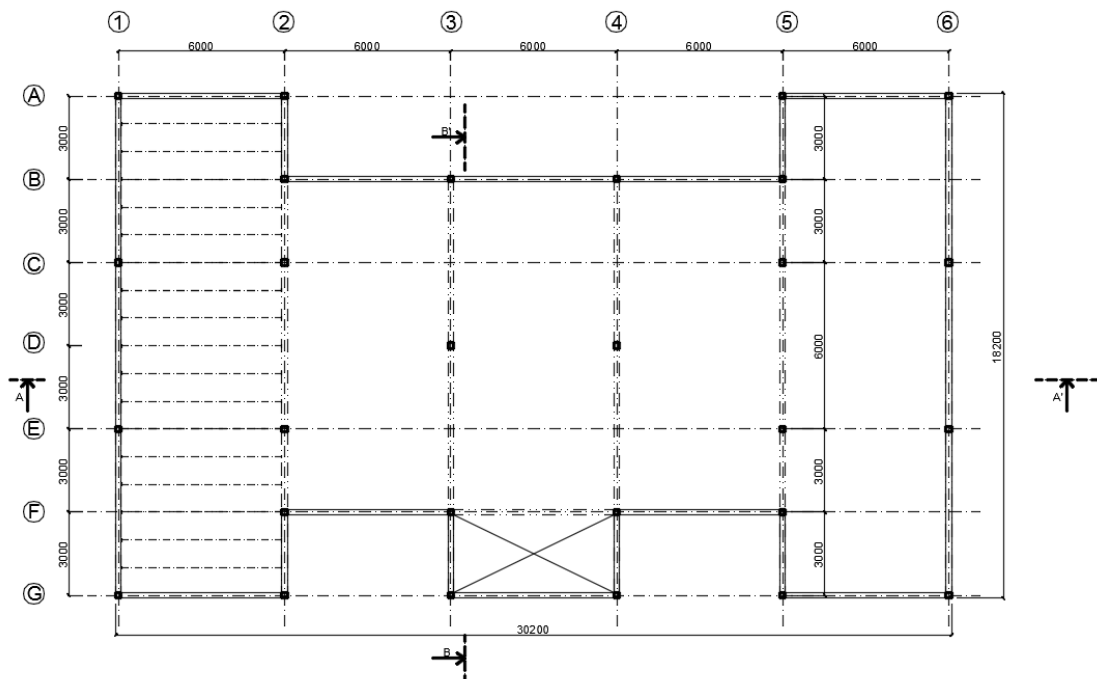
Ve statickém řešení se zabýváme

- Rozvržení dispozice nosných prvků
- Volbou stavebních materiálů
- Výpočtem zatížení za běžné teploty
- Skladbami jednotlivých konstrukcí
- Výpočtem zatížení za požáru
- Stanovením požárního rizika a požadované požární odolnosti konstrukce
- Návrhem a posouzením nosných prvků (stropní konstrukce, průvlaky, sloupy) za běžné teploty
- Posouzení stropní konstrukce za požáru

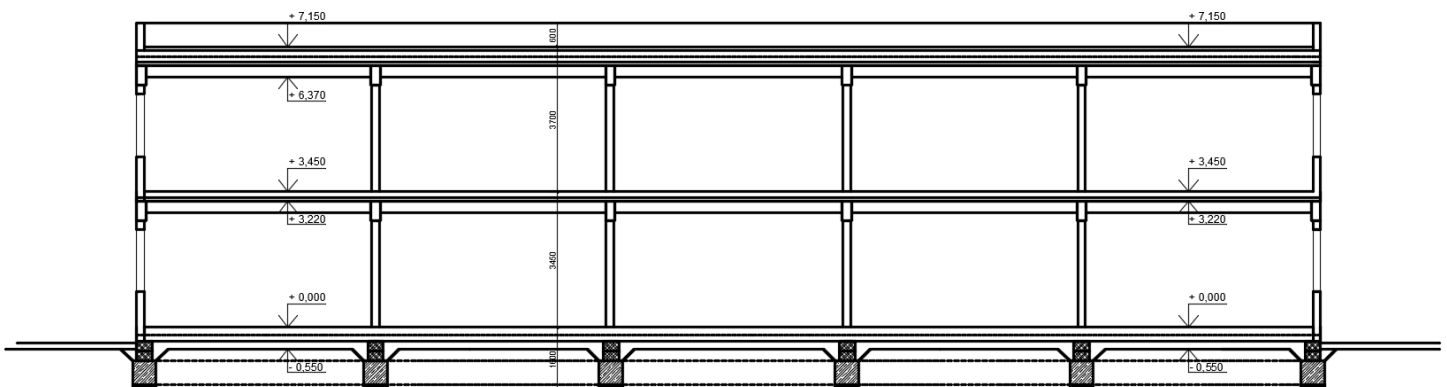
4.1 Statické schéma a popis konstrukce

Jedná se o skeletový konstrukční systém tvořený dřevěnými nosnými sloupy, průvlaky a dřevobetonovým stropem. Objekt je založen na železobetonových patkách a disponuje nepochozí plochou střechou. Konstrukční výška 1.NP je 3,45 m a 2.NP je 3,7 m. Rozměry objektu jsou 30,2x18,2 m a celková výška objektu je 8,15 m. V objektu se nachází jedno dvouramenné dřevěné schodiště a jedno venkovní ocelové točité schodiště.

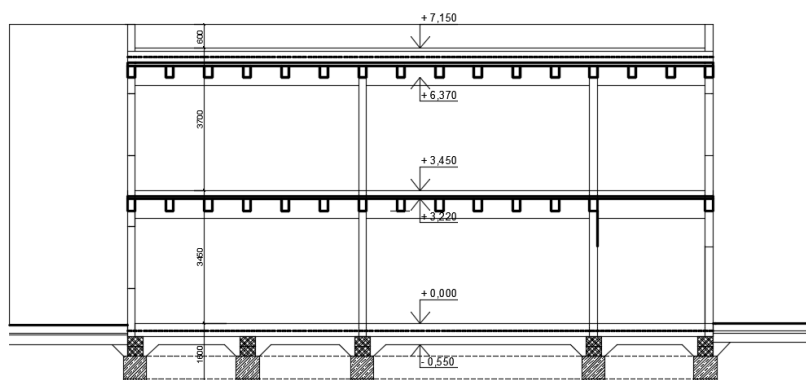
Konstrukční schéma 1NP a 2NP



Řez AA'



Řez BB'



Obr. 20: Konstrukční schéma

4.2 Použité materiály

➤ Dřevo

- lepené lamelové dřevo GL 36h – sloupy, průvlaky, trámy
- rostlé dřevo RD C24 – nenosné sloupky v obvodové stěně

➤ Beton

- vláknobeton C45/55, ocelová vlákna HE 75/50 Arcelor 70 kg/m³, polypropylenová vlákna 1,5 kg/m³ [6] – stropní deska
- železobeton C20/25 – základová patka

➤ Ocel

- S235 – venkovní ocelové schodiště

4.3 Zatížení

4.3.1 Stálé zatížení

4.3.1.1 Vlastní tíha vláknobetonová deska

| | tloušťka [mm] | obj. tíha [kg/m ³] | g_k [kN/m ³] | γ_g [-] | g_d [kN/m ³] |
|----------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| vláknobetonová deska | 80 | 2300 | 1,84 | 1,35 | 2,48 |
| Σ | | | 1,84 | | 2,48 |

4.3.1.2 Podlahy

Podlaha A – PVC (šatny, kancelář, sklady, učebny)

| | tloušťka [mm] | obj. tíha [kg/m ³] | g_k [kN/m ³] | γ_g [-] | g_d [kN/m ³] |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| PVC + lepidlo | 5 | 760 + 440 | 0,06 | 1,35 | 0,08 |
| anhydritový potěr | 65 | 2100 | 1,37 | 1,35 | 1,85 |
| separační vrstva - PE fólie | - | - | - | - | - |
| minerální kročejová izolace | 80 | 35 | 0,01 | 1,35 | 0,01 |
| Σ | | | 1,44 | | 1,94 |

Podlaha B – Keramická dlažba (chodba + vstup, technická místnost, sklad prádla, úklidová místnost, WC)

| | tloušťka [mm] | obj. tíha [kg/m ³] | g_k [kN/m ³] | γ_g [-] | g_d [kN/m ³] |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| keramická dlažba + lepidlo | 15 | 2800 | 0,42 | 1,35 | 0,57 |
| hydroizolační stěrka | 5 | 2400 | 0,12 | 1,35 | 0,16 |
| anhydritový potěr | 50 | 2100 | 1,05 | 1,35 | 1,42 |
| separační vrstva - PE fólie | - | - | - | - | - |
| minerální kročejová izolace | 80 | 35 | 0,01 | 1,35 | 0,01 |
| Σ | | | 1,6 | | 2,16 |

Souhrn zatížení podlahou:

- uvažovaná jednotná vlastní tíha podlah užitných prostor

$$g_k = 1,6 \text{ kN/m}^3$$

$$g_d = 2,16 \text{ kN/m}^3$$

4.3.1.3 Střešní plášť

- Dvouplášťová plochá střecha

| | tloušťka [mm] | obj. tíha [kg/m ³] | g_k [kN/m ³] | γ_g [-] | g_d [kN/m ³] |
|--------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| plavené kamenivo fr. 16/32 | 120 | 2100 | 2,58 | 1,35 | 3,48 |
| ochranná a filtrační fólie | 2 | 150 | 0,01 | 1,35 | 0,01 |
| extrudovaný polystyren | 150 | 35 | 0,05 | 1,35 | - |
| separační vrstva – geotextilie | - | - | - | - | - |
| hydroizolační fólie | - | - | - | - | - |
| expandovaný polystyren | 150 | 35 | 0,05 | 1,35 | 0,07 |
| parobrzdná zábrana | 3 | 1300 | 0,04 | 1,35 | 0,05 |
| Σ | | | 2,73 | | 3,62 |

4.3.1.4 Příčky

V objektu jsou umístěny **sádrokartonové příčky** na kovovém roštu s jednoduchým opláštěním, tl. 150 mm.

- plošná hmotnost příčky: 25 kg/m^2
- světlá výška: 3,22 m
- vlastní tíha příčky: $g_k = 25 * 3,22 * 0,01 = 0,805 \text{ kN/m}^2$

→ pro přemístitelné příčky s vlastní tíhou $< 1,0 \text{ kN/m}^2$ délky příčky lze uvažovat náhradní rovnoměrné zatížení stropní konstrukce

$$g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 0,675 \text{ kN/m}^2$$

4.3.2 Proměnné zatížení

4.3.2.1 Užitné zatížení

- 1NP, 2NP – kategorie C1

$$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

4.3.2.2 Zatížení sněhem

- plochá střecha: $\alpha < 30^\circ \rightarrow$ tvarový součinitel: $\mu_1 = 0,8$
- součinitel expozice: $C_e = 1$
- součinitel tepla: $C_t = 1$
- Mladá Boleslav – sněhová oblast II \rightarrow char. zatížení sněhem: $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

→ **Průměrné zatížení sněhem:** $s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1 * 1 * 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$

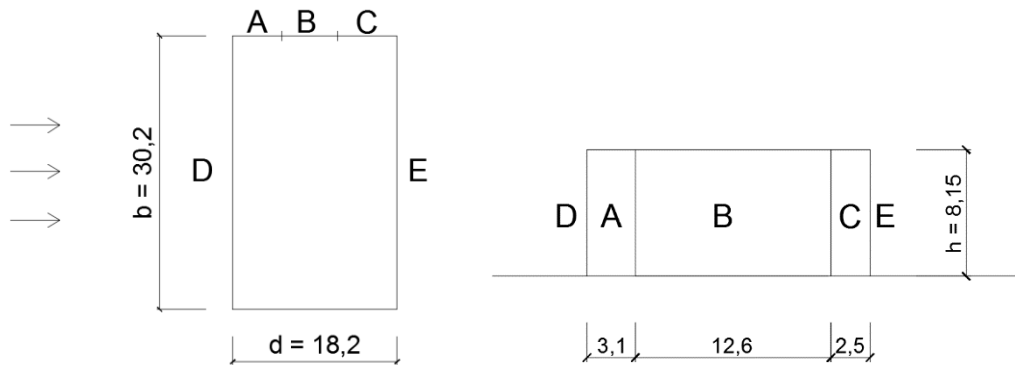
- hodnota proměnného zatížení střechy bude uvažována jako větší z hodnot
 - užitné zatížení střechy: $0,8 \text{ kN/m}^2$
 - zatížení sněhem: $0,8 \text{ kN/m}^2$
- proměnné zatížení střechy: $q_{stř,k} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

4.3.2.3 Zatížení větrem

- Jihlava - větrná oblast II $\rightarrow v_b = 25 \text{ m/s}$
 \rightarrow základní rychlost větru: $q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$
- kategorie terénu III – plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami
- výška budovy: $h = 8,15 \text{ m} < \text{šířka budovy: } b = 30,2 \text{ m} \rightarrow z = h = 8,15 \text{ m}$
- součinitel expozice: $c_{e(z)} = 1,6$

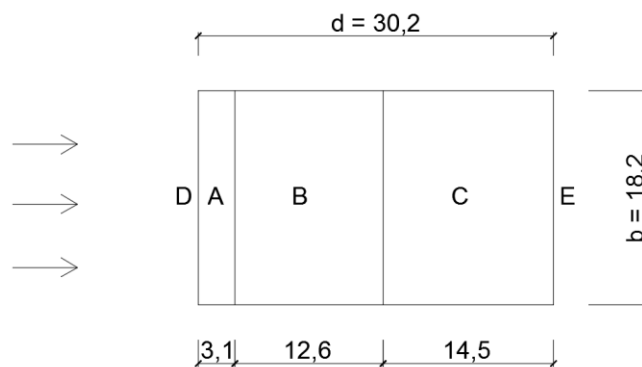
Příčný vítr

- $e = 2h = 16,3 \text{ m}$
- $h/d = 8,12/18,2 = 0,45$



Podélný vítr

- $e = 16,3 \text{ m}$
- $h/d = 8,15/30,2 = 0,27$



- rozhodující roli bude mít tlak větru na návětrné straně (oblast D) a sání větru na závětrné straně (oblast E)
- **součinitel vnějšího tlaku/sání $C_{pe,10}$:**

| Oblast | D | E |
|--------------|-------|--------|
| příčný vítr | 0,757 | -0,414 |
| podélný vítr | 0,701 | 0,303 |

→ součinitel vnějšího tlaku: $C_{pe,10} = C_{pe} = 0,757 + 0,414 = 1,171$

- **Charakteristická hodnota zatížení větrem**

$$w_k = q_b * c_{e(z)} * C_{pe} = 0,39 * 1,9 * 1,171 = \mathbf{0,73 \text{ kN/m}^2}$$

4.4 Návrh a posouzení dřevobetonové stropní konstrukce za běžné teploty

Pro dřevobetonové konstrukce vystavené kladnému ohybovému momentu platí, že dřevěná část je namáhána tahem za ohybu a betonová část tlakem za ohybu. Spojovací prostředky přenáší smykovou sílu, která je v rovnováze s opačně orientovanou vnitřní normálovou silou působící v betonové a dřevěné části kompozitního průřezu a závisí na tuhosti smykového spojení k [N/mm^2].

Bez spojení dřeva a betonu by měly být jednotlivé části považovány za nezávislé, vystavené pouze ohybu. Oproti tomu tuhé spřažení zajišťuje plné kompozitní chování mezi oběma prvky vystavenými maximální vnitřní síle a minimálnímu ohybovému momentu. Protože nedochází k žádnému prokluzu mezi dřevem a betonem, kompozitní konstrukce by měla být považována za jeden celek, a proto mohou být použity běžné principy globální analýzy konstrukce. Polotuhé spřažení zajišťuje pouze částečné kompozitní chování, a proto se při globální analýze musí věnovat pozornost prokluzu mezi prvky.

Chování dřevobetonového kompozitního nosníku je řízeno smykovým spojením mezi dřevem a betonem. Jestliže napětí ve spoji zůstává v lineárně pružné oblasti do porušení dřevěného prvku, můžeme předpokládat lineárně pružné chování celé kompozitní konstrukce. Na druhé straně, pokud spojovací prostředky dosahují své únosnosti, krajní spojovací prostředky se budou deformovat plasticky a předpokládá se nelineární chování.

Výpočet napětí a deformace spřaženého průřezu lze provést několika způsoby. Zjednodušená výpočetní metoda (γ -metoda), vycházející z diferenciálních rovnic elastického spřažení, je úzce spojena s Möhlerovým modelem a předpokládá oboustranně podepřený nosník s konstantní tuhostí po celé délce nosníku. To je také důvod, proč je vhodná pro jednoduché ruční výpočty a dále pro ověření výsledků analýz založených na metodě konečných prvků. Modelování metodou konečných prvků je další možností pro výpočet. V současné době je potenciál řešení nelineárních úloh pomocí MKP obrovský. Nejmodernější způsob řešení je modelovat konstrukci reálným modelem pomocí objemových prvků se skutečnými vlastnostmi použitých materiálů a jejich vzájemného kontaktu. [2]

Vstupní údaje

| | |
|------------------------|------------------------------|
| rozpětí | $l = 6000 \text{ mm}$ |
| šířka trámu | $b_t = 200 \text{ mm}$ |
| výška trámu | $h_t = 300 \text{ mm}$ |
| výška betonové desky | $h_c = 80 \text{ mm}$ |
| osová vzdálenost trámů | $a = 1000 \text{ mm}$ |
| zatěžovací šířka | $Z\check{S} = 1,0 \text{ m}$ |

Podmínka působení

| | | |
|------------------------------|------------------------------------|----------------|
| trvání zatížení: střednědobé | $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,8$ | $\psi_2 = 0,3$ |
| třída provozu: 1 | $k_{\text{def}} = 0,6$ | |

Materiálové vlastnosti

dřevěný trám

druh dřeva - Lepené lamelové
třída dřeva - GL 36h

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 36 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 4,3 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 26 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,\text{mean}} = 14700 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_m = \rho_{g,k}$$

$$f_{m,g,d} = \left(\frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} \right) = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 16,64 \text{ MPa}$$

betonová deska

druh betonu - vláknobeton
třída betonu - C 45/55

- ocelové vlákna
HE 75/50 Arcelor 70 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- polypropylenová vlákna
1,5 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 80,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 48450 \text{ MPa}$$

$$\rho_{ck} = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{cd} = \left(\frac{f_{ck}}{\gamma_c} \right) = 53,93 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 4,93 \text{ MPa}$$

Zatížení

stálé zatížení $g_k = 3,94 \frac{kN}{m}$ $g_d = g_k \cdot 1,35 = 5,32 \frac{kN}{m}$

proměnné zatížení $q_k = 3,00 \frac{kN}{m}$ $q_d = q_k \cdot 1,5 = 4,5 \frac{kN}{m}$

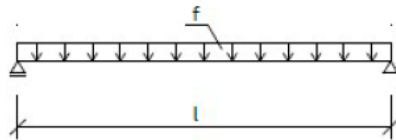
vlastní tíha trámu $g_{d,t} = 1,35 \cdot \left(b_t \cdot h_t \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-8} \right) = 0,36 \frac{kN}{m}$

celkové zatížení $f_{k,t} = (g_k + q_k) \cdot z_{\check{s}} + \frac{g_{d,t}}{1,35} = 7,21 \frac{kN}{m}$

$$f_{d,t} = (g_d + q_d) \cdot z_{\check{s}} + g_{d,t} = 10,18 \frac{kN}{m}$$

Statické schéma

prostý nosník



Vnitřní síly

$$V_{Ed, \max} = 0,5 \cdot l \cdot (f_{d,t}) = 30550,5 N$$

$$M_{Ed, \max} = \frac{1}{8} \cdot l^2 \cdot (f_{d,t}) = 4,58 \cdot 10^7 N \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky

dřevěný trám

plocha průřezu

$$A_t = b_t \cdot h_t = 60000 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od spodních vláken

$$z_t = \frac{h_t}{2} = 150 \text{ mm}$$

statický moment k dolním vláknům

$$S_{y,t} = A_t \cdot z_t = 9 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

moment setrvačnosti

$$I_{y,t} = \frac{1}{12} \cdot b_t \cdot h_t^3 = 4,5 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

betonová deska

plocha průřezu

$$A_c = h_c \cdot a = 80000 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od spodních vláken

$$z_c = \left(\frac{h_c}{2} + h_t \right) = 340 \text{ mm}$$

statický moment k dolním vláknům

$$S_{y,c} = A_c \cdot z_c = 2,72 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

moment setrvačnosti

$$I_{y,c} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot h_c^3 = 4,27 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

celý průřez

plocha průřezu

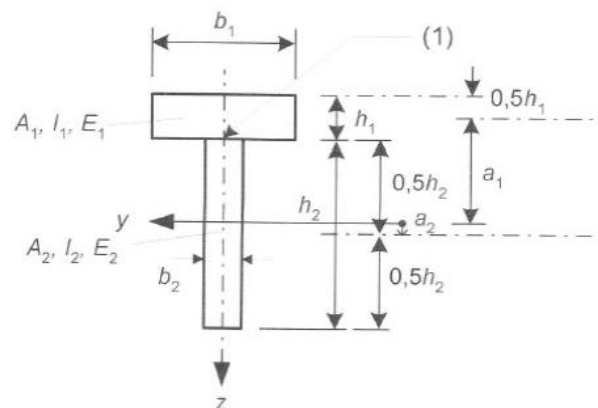
$$A = A_c + A_t = 1,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od spodních vláken

$$z = \frac{(S_{y,t} + S_{y,c})}{A} = 258,57 \text{ mm}$$

Účinná ohybová tuhost

$$EI_{ef} = E_{cm} \cdot I_{y,c} + \gamma_1 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot a_1^2 + E_{0,g,mean} \cdot I_{y,t} + \gamma_2 \cdot E_{0,g,mean} \cdot A_t \cdot a_2^2$$



Obr. 21: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce

$$Y_1 := \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot \left(\frac{s_{ef}}{2} \right)^2}{K_u \cdot l} \right)^{-1}$$

kde $s_{min} = 100 \text{ mm}$ minimální rozestup spojovacích prostředků

$s_{max} = s_{min} = 100 \text{ mm}$ maximální rozestup spojovacích prostředků

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} = 100 \text{ mm}$$

návrh spojovacího prostředku: kolík $d = 16 \text{ mm}$

$$K_{ser} = \rho_m \cdot \frac{1,5}{23} \cdot d = 13281,31 \frac{N}{mm} \quad K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 8854,21 \frac{N}{mm}$$

$$Y_1 := \left(1 + \frac{\left(\frac{\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot s_{ef}}{2} \right)^2}{K_u \cdot l} \right)^{-1} = 0,0769$$

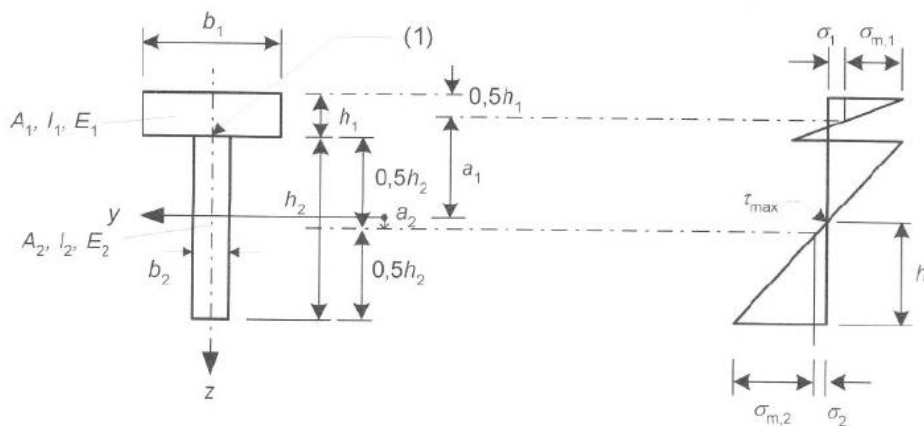
$$Y_2 = 1$$

$$a_2 := \frac{\left(Y_1 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot (h_c + h_t) \right)}{2 \cdot \left(Y_1 \cdot E_{cm} \cdot A_c + Y_2 \cdot E_{0,g,mean} \cdot A_t \right)} = 48 \text{ mm}$$

$$a_1 := \left(\frac{h_t + h_c}{2} \right) - a_2 = 142 \text{ mm}$$

$$EI_{ef} = 1,67 \cdot 10^{13} \text{ MPamm}^4$$

Výpočet napětí na krajích prvků



Obr. 22: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohybu (vpravo)

napětí v betonu

$$\sigma_1 = \frac{\left(\gamma_1 \cdot E_{cm} \cdot a_1 \cdot M_{Ed, \max} \right)}{EI_{ef}} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{\left(0,5 \cdot E_{cm} \cdot h_c \cdot M_{Ed, \max} \right)}{EI_{ef}} = 5,31 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

pozn.: znamínková konvence ==> + tah; - tlak

$$\sigma_{c,1} = - \left(\sigma_1 + \sigma_{m,1} \right) = -6,76 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,1} = - \sigma_1 + \sigma_{m,1} = 3,86 \text{ MPa}$$

napětí ve dřevě

$$\sigma_{2,2} = \left(\frac{\gamma_2 \cdot E_{0,g,mean} \cdot h_t \cdot M_{Ed,max}}{EI_{ef}} \right) = 12,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \left(\frac{0,5 \cdot E_{0,g,mean} \cdot h_t \cdot M_{Ed,max}}{EI_{ef}} \right) = 6,04 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

pozn.: znamínková konvence ==> + tah; - tlak

$$\sigma_{c,2} = (\sigma_{2,2} - \sigma_{m,2}) = 6,04 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,2} = (\sigma_{2,2} + \sigma_{m,2}) = 18,12 \text{ MPa}$$

Maximální smykové napětí v dřevěné části

vzniká v místě nulové normálové síly

$$\tau_{2,max} = \frac{\left(0,5 \cdot E_{0,g,mean} \cdot b_t \cdot h_t^2 \right) \cdot V_{Ed,max}}{b_t \cdot EI_{ef}} = 1,21 \text{ MPa}$$

Maximální namáhání jednoho spojovacího prostředku

$$F_{d,max} = \frac{\left(\gamma_1 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot a_1 \cdot s_{ef} \cdot V_{Ed,max} \right)}{EI_{ef}} = 7732,58 \text{ N}$$

Posouzení

beton

tlak

$$\frac{\sigma_{c,1}}{f_{cd}} = 0,13 \quad 0,13 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

tah

$$\frac{\sigma_{t,1}}{f_{ctd}} = 0,78 \quad 0,78 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

dřevo

ohyb

$$\frac{\sigma_{m,2}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_2}{f_{t,0,g,d}} = 0,99 \quad 0,99 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

smyk

$$\frac{\tau_{2,max}}{f_{v,g,d}} = 0,44 \quad 0,44 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

průhyb

$$Y_{1,MSP} = \left(1 + \frac{\left(\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot s_{ef} \right)^2}{K_{ser} \cdot l^2} \right)^{-1} = 0,11$$

$$a_{2,MSP} = \frac{\left(Y_{1,MSP} \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot (h_c + h_t) \right)}{Y_{1,MSP} \cdot E_{cm} \cdot A_c + Y_2 \cdot E_{0,g,mean} \cdot A_t} = 124,66 \text{ mm}$$

$$EI_{ef,MSP} = E_{cm} \cdot I_{Y,c} + Y_{1,MSP} \cdot E_{cm} \cdot A_c \cdot a_1^2 + E_{0,g,mean} \cdot I_{Y,t} + Y_2 \cdot E_{0,g,mean} \cdot A_t \cdot a_{2,MSP}^2$$

$$EI_{ef,MSP} = 3,11 \cdot 10^{13} \text{ MPamm}^4$$

$$w_{inst,g,m} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot Z\check{S}}{(EI_{ef,MS})} \cdot l^4 = 2,14 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q,m} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot Z\check{S}}{(EI_{ef,MS})} \cdot l^4 = 1,63 \text{ mm}$$

$$w_{inst,t} = w_{inst,g,m} + w_{inst,q,m} = 4,28 \text{ mm}$$

$$w_{inst,t} \frac{300}{l} = 0,21 \quad 0,21 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

$$w_{net,fin,t} = w_{inst,g,m}(1 + k_{def}) + w_{inst,q,m}(1 + k_{def} \psi_2) = 5,35 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin,t} \frac{350}{l} = 0,31 \quad 0,31 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

NÁVRH KONSTRUKCE VYHOVUJE

4.5 Návrh a posouzení dřevěného průvlaku za běžné teploty

Vstupní údaje

| | |
|------------------|-----------------------------|
| rozpětí | $l := 6000 \text{ mm}$ |
| šířka průvlaku | $b_p := 240 \text{ mm}$ |
| výška průvlaku | $h_p := 500 \text{ mm}$ |
| zatěžovací šířka | $Z\check{S} := 6 \text{ m}$ |

Podmínka působení

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|----------------|
| trvání zatížení: střednědobé | → | $k_{\text{mod}} = 0,8$ | $\psi_2 = 0,3$ |
| třída provozu: 1 | | $k_{\text{def}} = 0,6$ | |

Materiálové vlastnosti

dřevěný trám

druh dřeva: Lepené lamelové

třída dřeva: GL 36h

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 36 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,d} = \left(\frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} \right) = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 4,3 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 26 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 16,64 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,k} = 3,6 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 2,3 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,\text{mean}} = 14700 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_m = \rho_{g,k}$$

Zatížení

stálé zatížení

$$g_k = 3,94 \frac{kN}{m} \quad g_d = g_k \cdot 1,35 = 5,32 \frac{kN}{m}$$

proměnné zatížení

$$q_k = 3,00 \frac{kN}{m} \quad q_d = q_k \cdot 1,5 = 4,5 \frac{kN}{m}$$

vlastní tíha trámů

$$g_{d,t} = \frac{6 \cdot 1,35 \cdot \rho_{g,k} \cdot 0,300 \cdot 0,200 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-3}} = 0,364 \frac{kN}{m}$$

vlastní tíha nosníku

$$g_{d,p} = b_p \cdot h_p \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-3} = 0,054 \frac{kN}{m}$$

sání větru

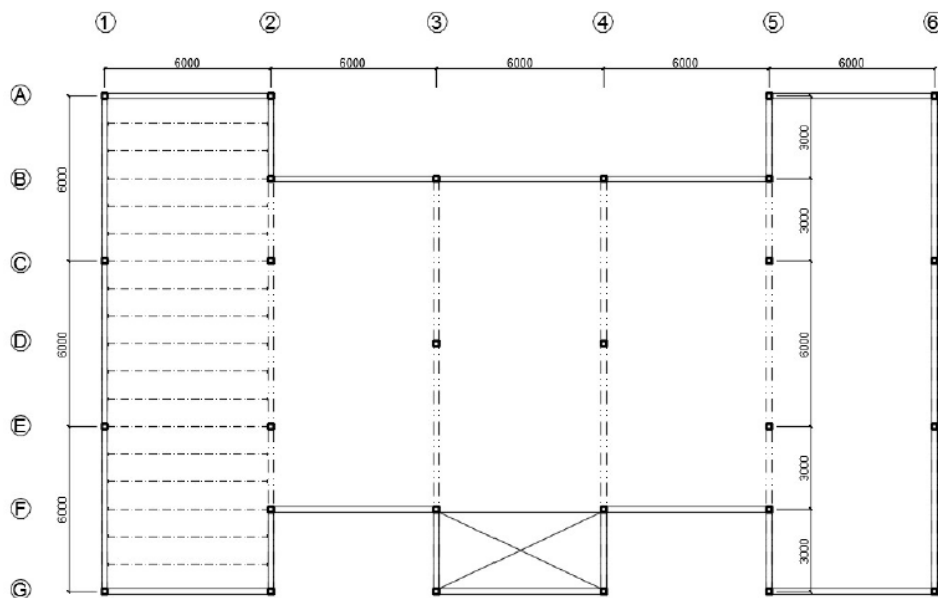
$$w_k = 0,73 \cdot Z\check{s} = 4,38 \frac{kN}{m} \quad w_d = w_k \cdot 1,5 = 6,57 \frac{kN}{m}$$

celkové zatížení

$$f_{k,p} = (g_k + q_k) \cdot Z\check{s} + \left(\frac{g_{d,t}}{1,35} + \frac{g_{d,p}}{1,35} \right) = 41,95 \frac{kN}{m}$$

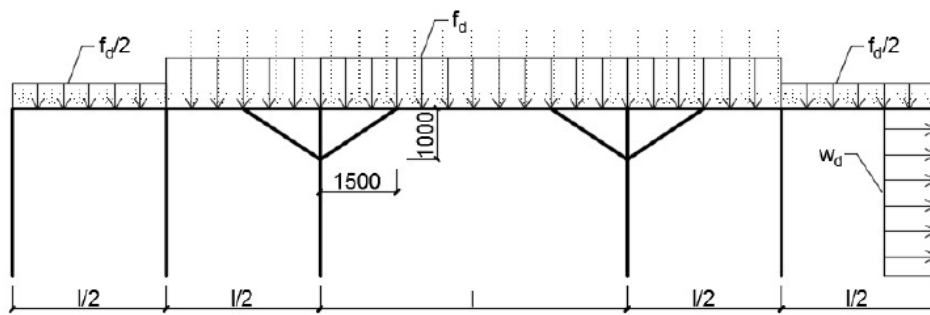
$$f_{d,p} = (g_d + q_d) \cdot Z\check{s} + g_{d,t} + g_{d,p} = 59,33 \frac{kN}{m}$$

Statické schéma

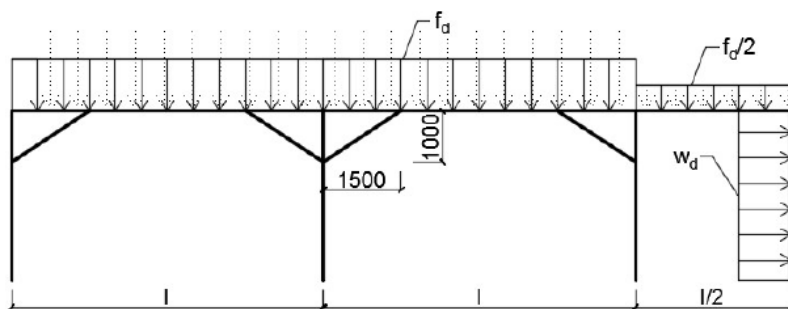


Obr. 23: Statické schéma

průvlak 2



průvlak 3

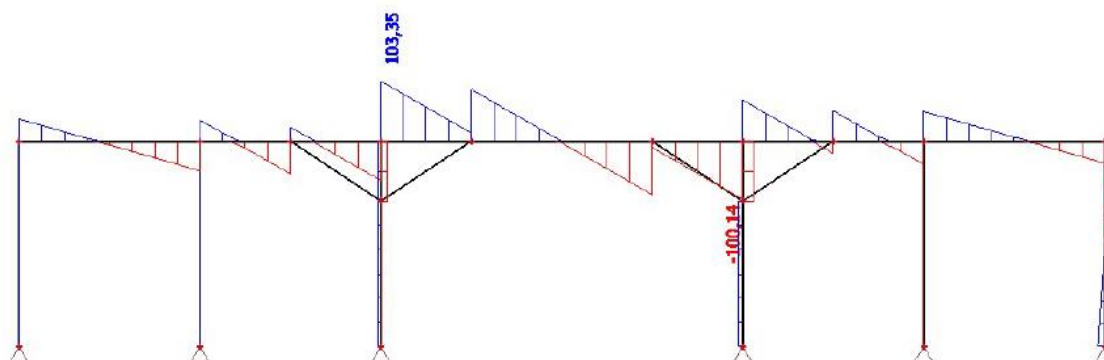


pozn.: osamělé síly od stropnic byly nahrazeny spojitým zatížením

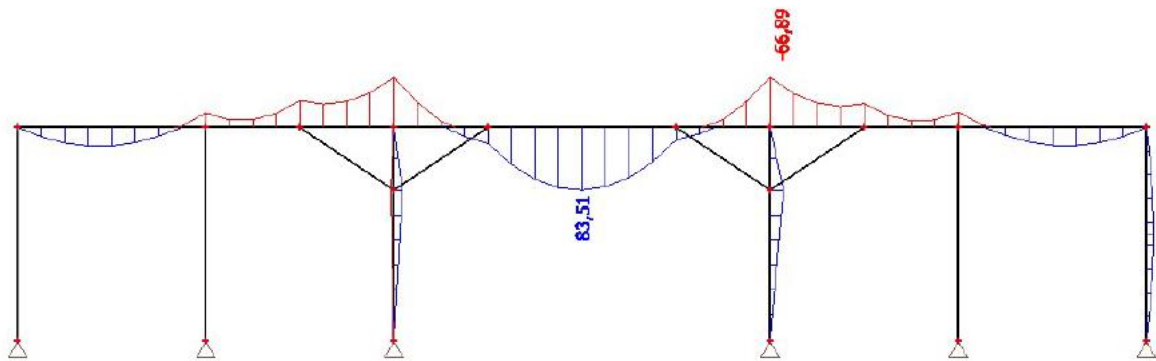
Obr. 24: Rozkreslení zatížení na průvlaky

Vnitřní síly

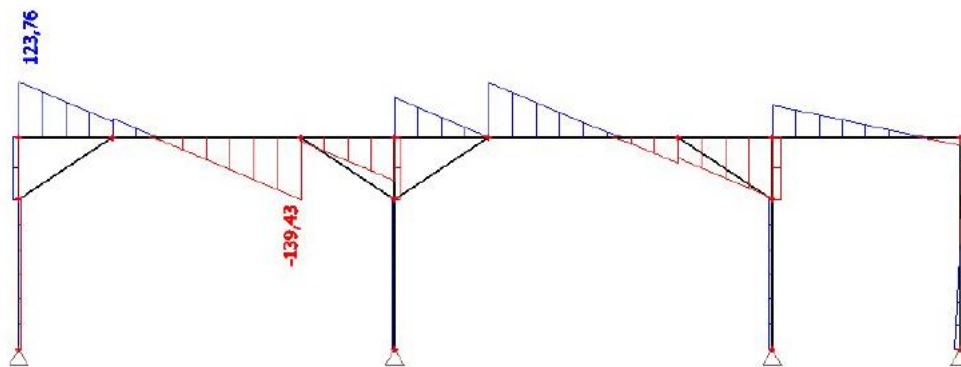
průvlak 2 - posouvací síla [kN]



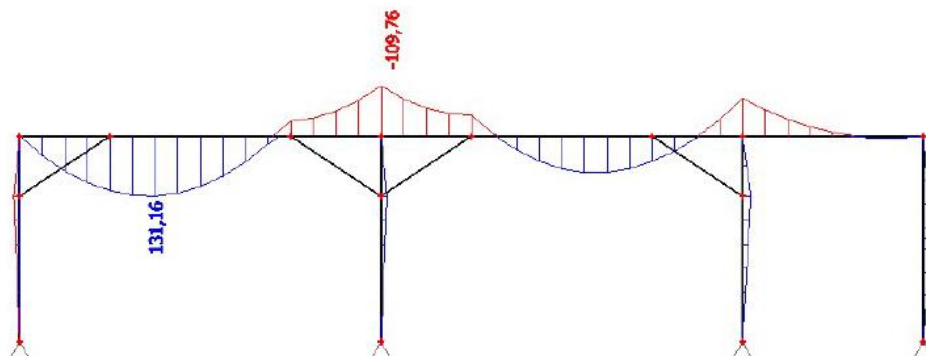
průvlak 2 - moment [kNm]



průvlak 3 - posouvačka [kN]



průvlak 3 - moment [kNm]



Obr. 25: Průběh vnitřních na průvlacích – SCIA

$$V_{Ed, \max} = 139,43 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{Ed, \max} = 131,16 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Průřezové charakteristiky

dřevěný trám

plocha průřezu

$$A_p := b_p \cdot h_p = 1,2 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

vzdálenost těžiště od spodních vláken

$$z_p := \frac{h_p}{2} = 250 \text{ mm}$$

statický moment k dolním vláknům

$$S_{y,p} := A_p \cdot z_p = 3 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

moment setrvačnosti

$$I_{y,p} := \frac{1}{12} \cdot b_p \cdot h_p^3 = 2,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Posouzení

ohyb

$$W_y := \frac{1}{6} \cdot b_p \cdot h_p^2 = 1 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed,max}}{W_y} = 13,12 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 0,57 \quad 0,57 \leq 1$$

Vyhovuje

smyk

$$A_{eff,p} := h_p \cdot \frac{2}{3} \cdot b_p = 80000 \text{ mm}^2$$

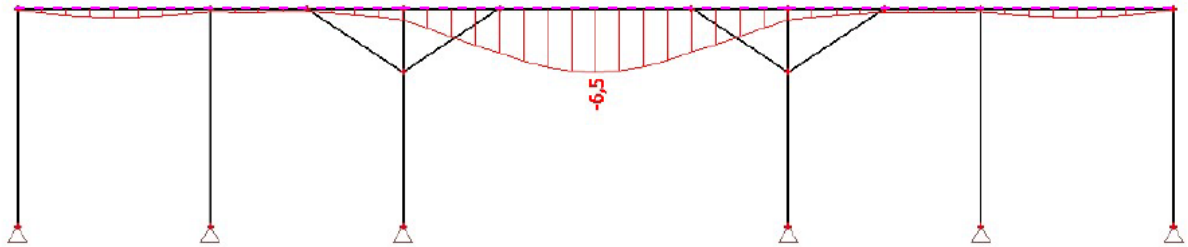
$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed,max}}{A_{eff,p}} = 2,61 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,g,d}} = 0,95 \quad 0,95 \leq 1$$

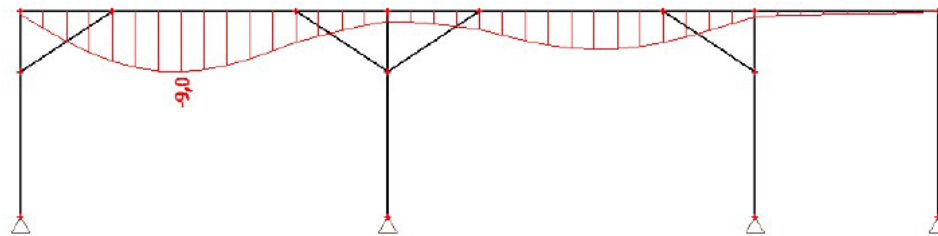
Vyhovuje

průhyb

průvlak 2



průvlak 3



Obr. 26: Průběh průhybů průvlaků

$$w_{inst,max} = 9 \text{ mm}$$

$$w_{inst,max} \cdot \frac{300}{1} = 0,45 \quad 0,45 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

$$w_{inst,g,m} = 5 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q,m} = 4 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{inst,g,m} (1 + k_{def}) + w_{inst,q,m} (1 + k_{def} \psi_2) = 12,72 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} \cdot \frac{350}{1} = 0,74 \quad 0,74 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

NAVRŽENÉ ROZMĚRY 240X500 VYHOVUJÍ

4.6 Návrh a posouzení dřevěného sloupu za běžné teploty

Sloup v 1NP

Vstupní údaje

| | |
|-------------------|--------------------------|
| výška | $l_1 := 3450 \text{ mm}$ |
| šířka sloupu | $b_c := 200 \text{ mm}$ |
| tloušťka sloupu | $h_c := 200 \text{ mm}$ |
| zatěžovací plocha | $ZP := 9 \text{ m}^2$ |
| počet podlaží | $p := 2$ |

Podmínka působení

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|----------------|
| trvání zatížení: střednědobé | → | $k_{\text{mod}} = 0,8$ | $\psi_2 = 0,3$ |
| třída provozu: 1 | | $k_{\text{def}} = 0,6$ | |

Materiálové vlastnosti

dřevěný sloup

druh dřeva: Lepené lamelové

třída dřeva: GL 36h

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 36 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 4,3 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 26 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 31 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,\text{mean}} = 14700 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_m = \rho_{g,k}$$

$$E_{0,g,05} = 11900 \text{ MPa}$$

$$\beta_c = 0,1$$

$$f_{m,g,d} = \left(\frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} \right) = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 16,64 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{\text{mod}} = 19,84 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,g,d}$$

Zatížení

| | | |
|----------------------|--|--|
| stálé zatížení | $g_k = 7,17 \frac{kN}{m}$ | $g_d = g_k \cdot 1,35 = 9,68 \frac{kN}{m}$ |
| proměnné zatížení | $q_k = 3,8 \frac{kN}{m}$ | $q_d = q_k \cdot 1,5 = 5,7 \frac{kN}{m}$ |
| vlastní tíha trámů | $g_{d,1} = 6 \cdot 1,35 \cdot \rho_{g,k} \cdot 0,360 \cdot 0,420 \cdot 10^{-3} = 0,551 kN$ | |
| vlastní tíha nosníku | $g_{d,2} = 0,600 \cdot 0,420 \cdot 6 \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-3} = 0,68 kN$ | |
| vlastní tíha sloupu | $g_{d,3} = p \cdot b_c \cdot h_c \cdot l_1 \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-12} \cdot 1,35 = 0,17 kN$ | |
| sání větru | $w_k = 0,73 \frac{kN}{m}$ | $w_d = w_k \cdot 1,5 = 1,1 \frac{kN}{m}$ |
| celkové zatížení | $f_k = (g_k + q_k) = 10,97 \frac{kN}{m}$ | $f_d = (g_d + q_d) = 15,38 \frac{kN}{m}$ |

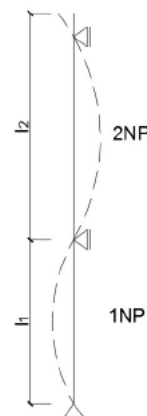
Vnitřní síly

$$N_d = (f_d \cdot ZP + g_{d,1} + g_{d,2} + g_{d,3}) \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^5 N$$

$$Z\check{S} = 6 m$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot w_d \cdot l_1 \cdot Z\check{S} \cdot 10^3 = 2,83 \cdot 10^6 Nmm$$

Statické schéma



Průřezové charakteristiky

plocha průřezu

$$A = b_c \cdot h_c = 40000 mm^2$$

moment setrvačnosti

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b_c^3 \cdot h_c = 1,33 \cdot 10^8 mm^4$$

poloměr setrvačnosti

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 57,74 mm$$

Výpočet

$$\lambda := \frac{l_1}{i_z} = 59,76$$

$$\sigma_{\text{crit},z} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,g,05}}{\lambda^2} = 32,89 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,d}}{\sigma_{\text{crit},z}}} = 0,78$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2 \right) = 0,83$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2} \right)} = 0,91$$

Posouzení

vzpěr a ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = 3,5 \text{ MPa}$$

součinitel pro šikmý ohyb $k_m = 0,7$

$$\sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

$$W = b_c \cdot h_c^2 \cdot \frac{1}{6} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ed}}{W} = 2,12 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 0,26$$

$$0,26 \leq 1$$

Vyhovuje

Sloup v 2NP

Vstupní údaje

| | |
|-------------------|-------------------------|
| výška | $l_2 = 4300 \text{ mm}$ |
| šířka sloupu | $b_c = 200 \text{ mm}$ |
| tloušťka sloupu | $h_c = 200 \text{ mm}$ |
| zatěžovací plocha | $ZP = 9 \text{ m}^2$ |
| počet podlaží | $p = 2$ |

Podmínka působení

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|----------------|
| trvání zatížení: střednědobé | → | $k_{\text{mod}} = 0,8$ | $\psi_2 = 0,3$ |
| třída provozu: 1 | | $k_{\text{def}} = 0,6$ | |

Zatížení

| | | |
|----------------------|--|--|
| stálé zatížení | $g_k = 2,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ | $g_d = g_k \cdot 1,35 = 3,69 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ |
| proměnné zatížení | $q_k = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ | $q_d = q_k \cdot 1,5 = 1,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ |
| vlastní tíha trámů | $g_{d,1} = 7 \cdot 1,35 \cdot \rho_{g,k} \cdot 0,360 \cdot 0,420 \cdot 10^{-3} = 0,643 \text{ kN}$ | |
| vlastní tíha nosníku | $g_{d,2} = 0,600 \cdot 0,420 \cdot 6 \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-3} = 0,68 \text{ kN}$ | |
| vlastní tíha sloupu | $g_{d,3} = b_c \cdot h_c \cdot l_2 \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-12} \cdot 1,35 = 0,1 \text{ kN}$ | |
| vítr | $w_k = 0,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ | $w_d = w_k \cdot 1,5 = 1,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ |
| celkové zatížení | $f_k = (g_k + q_k) = 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ | $f_d = (g_d + q_d) = 4,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ |

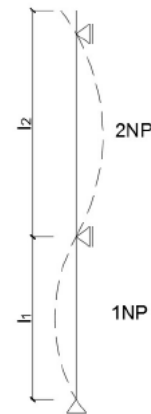
Vnitřní síly

$$N_d := (f_d \cdot ZP + g_{d,1} + g_{d,2} + g_{d,3}) \cdot 10^3 = 45501,86 \text{ N}$$

$$Z\check{S} := 6 \text{ m}$$

$$M_{ed} := \frac{1}{8} \cdot w_d \cdot l_2 \cdot Z\check{S} \cdot 10^3 = 3,53 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Statické schéma



Výpočet

$$\lambda := \frac{l_2}{i_z} = 74,48$$

$$\sigma_{crit,z} := \pi^2 \cdot \frac{E_{0,g,05}}{\lambda^2} = 21,17 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,z} := \sqrt{\left(\frac{f_{c,0,g,d}}{\sigma_{crit,z}} \right)} = 0,97$$

$$k_z := 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z}^{-0,3}) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 1$$

$$k_{c,z} := \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right)} = 0,79$$

Posouzení

vzpěr a ohyb

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = 1,14 \text{ MPa}$$

součinitel pro šikmý ohyb $k_m = 0,7$

$$\sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

$$W = b_c \cdot h_c^2 \cdot \frac{1}{6} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ed}}{W} = 2,65 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 0,15$$

$$0,15 \leq 1$$

Vyhovuje

NAVRŽENÉ ROZMĚRY 200X200 VYHOVUJÍ

4.7 Posouzení dřevobetonové stropní konstrukce za požáru

Znalost chování dřevobetonových konstrukcí a jejich spojovacích prostředků za požáru je důležitá k dosažení bezpečného a hospodárného návrhu této konstrukce. Požární odolnost dřevobetonových prvků je dána především dřevem a spřahovacími prostředky. Chování při požáru je ovlivňováno zmenšováním průřezu dřevěného prvku vlivem odhořívání dřevní hmoty a teplotně závislým poklesem mechanických vlastností dřeva, spřažení a částečně i betonu. Při vystavení stropní konstrukce účinkům požáru je nutné znát vlastnosti jednotlivých částí kompozitní dřevobetonové konstrukce při vysokých teplotách, které jsou závislé na rozměrech, tvaru, povrchu, hustotě a vlhkosti dřevní hmoty, velikosti požárního zatížení a teplotě plynu v požárním úseku v průběhu požáru. Způsob spřažení je důležitý pro kontrolu chování smykového spojení při požáru a je řízen chováním jeho nejslabšího prvku, který je někdy těžko předvídatelný.

V mém řešení jsem pro posouzení vláknobetonové části průřezu za požáru použil metodu ISOTHERMY 500. A pro dřevěnou část byla použita metoda redukovaného průřezu. Únosnost prvku byla posuzována za účinku normového i parametrického požáru a to v intervalech po 5 minutách (Tab. 3).



Obr. 27: Zkušební těleso dřevobetonové konstrukce vyšetřované v Pavusu [2]

- vzorový výpočet posouzení dřevobetonového stropu za požáru, $t = 30 \text{ min}$

Vstupní údaje

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| rozpětí | $l := 6000 \text{ mm}$ |
| šířka trámu | $b_t := 200 \text{ mm}$ |
| výška trámu | $h_t := 300 \text{ mm}$ |
| výška betonové desky | $h_c := 80 \text{ mm}$ |
| osová vzdálenost trámů | $a := 1000 \text{ mm}$ |
| zatěžovací šířka | $Z\check{s} := 1,0 \text{ m}$ |

Podmínka působení

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|----------------|
| trvání zatížení: střednědobé | → | $k_{\text{mod}} = 0,8$ | $\psi_2 = 0,3$ |
| třída provozu: 1 | | $k_{\text{def}} = 0,6$ | |

Materiálové vlastnosti za požáru

dřevěný trám

druh dřeva - Lepené lamelové
třída dřeva - GL 36h

$$\gamma_{m, fi} = 1,0$$

$$k_{\text{mod}, fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,15$$

$$f_{m, g, k} = 36 \text{ MPa}$$

$$f_{t, 0, g, k} = 26 \text{ MPa}$$

$$f_{v, g, k} = 4,3 \text{ MPa}$$

$$E_{0, g, 05} = 11900 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g, k} = 410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_m = \rho_{g, k}$$

$$f_{m, g, d, fi} = \frac{f_{m, g, k} \cdot k_{fi}}{\gamma_{m, fi}} \cdot k_{\text{mod}, fi} = 41,4 \text{ MPa}$$

$$f_{v, g, d, fi} = \frac{f_{v, g, k} \cdot k_{fi}}{\gamma_{m, fi}} \cdot k_{\text{mod}, fi} = 4,94 \text{ MPa}$$

betonová deska

druh betonu - vláknobeton
třída betonu - C 45/55

- ocelové vlákna
HE 75/50 Arcelor 70 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

- polypropylenová vlákna
1,5 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 80,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 48450 \text{ MPa}$$

$$\rho_{ck} = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{cd} = \left(\frac{f_{ck}}{\gamma_c} \right) = 53,93 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 4,93 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d,fi} = \frac{f_{t,0,g,k} \cdot k_{fi}}{\gamma_{m,fi}} \cdot k_{mod,fi} = 29,9 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean,fi} = \frac{E_{0,g,05} \cdot k_{fi}}{\gamma_{m,fi}} \cdot k_{mod,fi} = 13685 \text{ MPa}$$

Zatížení

stálé zatížení $g_k = 3,94 \frac{kN}{m}$ $g_d = g_k \cdot 1,35 = 5,32 \frac{kN}{m}$

proměnné zatížení $q_k = 3,00 \frac{kN}{m}$ $q_d = q_k \cdot 1,5 = 4,5 \frac{kN}{m}$

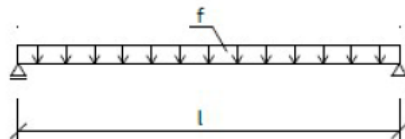
vlastní tíha trámu $g_{d,t} = 1,35 \cdot \left(b_t \cdot h_t \cdot \rho_{g,k} \cdot 10^{-8} \right) = 0,33 \frac{kN}{m}$

celkové zatížení $f_{k,t} = (g_k + q_k) \cdot Z\check{s} + \frac{g_{d,t}}{1,35} = 7,19 \frac{kN}{m}$

$$f_{d,t} = (g_d + q_d) \cdot Z\check{s} + g_{d,t} = 10,15 \frac{kN}{m}$$

Statické schéma

prostý nosník



Vnitřní síly

$$\eta_{fi} = \frac{\left(g_k \cdot Z\check{s} + \frac{g_{d,t}}{1,35} + \psi_2 \cdot q_k \cdot Z\check{s} \right)}{f_{d,t}} = 0,5 \quad \psi_2 = 0,3$$

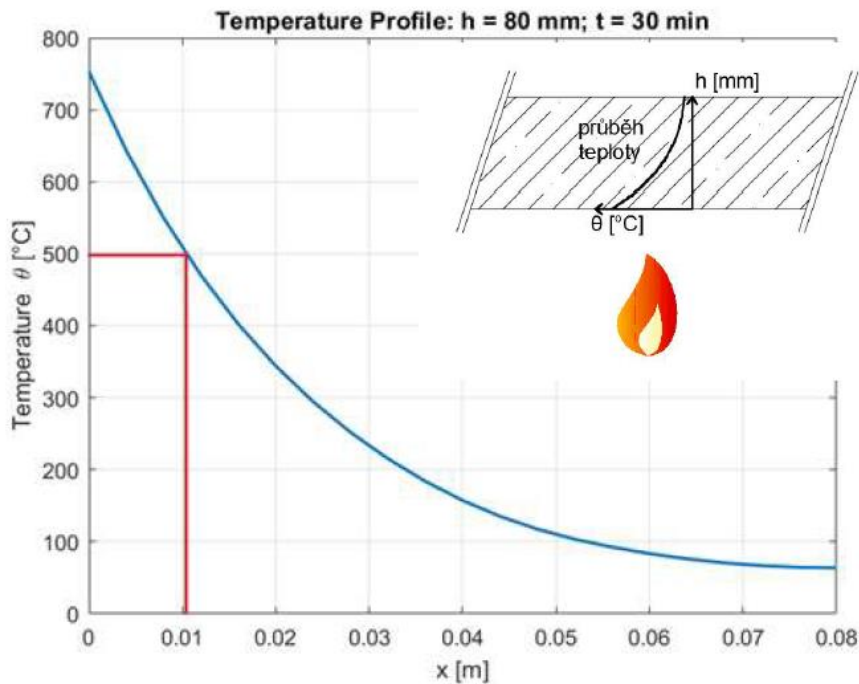
$$V_{Ed,max,fi} = 0,5 \cdot l \cdot f_{d,t} \cdot \eta_{fi} = 15258 \text{ N}$$

$$M_{Ed,max,fi} = \frac{1}{8} \cdot l^2 \cdot f_{d,t} \cdot \eta_{fi} = 2,29 \cdot 10^7 \text{ N mm}$$

Vzorové posouzení vláknobetonové desky za požáru – metoda isotermy 500 °C

uvažují stejné materiálové vlastnosti jako u železobetonu

pozn.: ve vláknobetonu se nacházejí polypropylenové vlákna, která za požáru odhoří -> v těchno skulinách se za zvýšené teploty hromadí vodní pára-> vláknobeton nepřichází o tolik vlhkosti jako klasický železobeton, což zvyšuje jeho požární odonost -> z hlediska posouzení betonové desky za požáru se jedná o úvahu na straně bezpečnosti



Obr. 28: Graf průběhu teploty ve vláknobetonové desce

redukovaný průřez

$$a_{500} = 10,5 \text{ mm}^2$$

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|----|-----|-----|----|------|------|------|------|------|
| t [min] | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| a ₅₀₀ [mm] | 0 | 0 | 0 | 2,5 | 5,5 | 8 | 10,5 | 12,5 | 14,5 | 16,5 | 18,5 |

Tab. 2: redukovaní průřezu vláknobetonové desky za požáru

Výpočet parametrické teplotní křivky

Požární úsek N01.01

Parametry místnosti:

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| A_t [m ²] | A_f [m ²] |
| 405,38 | 121,51 |

Vlastnosti obvodových konstrukcí

| λ [W/m.K] | c [J/kg.K] | ρ [kg/m ³] | b_i [J/m ² s ^{1/2} K] | |
|-------------------|--------------|-----------------------------|---|-------------------------------------|
| 0,25 | 900 | 1000 | 474,3 | stěny |
| 1,43 | 1020 | 2300 | 1831,6 | podlaha |
| 1,43 | 1020 | 2300 | 1831,6 | strop |
| celkem b | | | 1449,5 | J/m ² s ^{1/2} K |

Otvory:

| počet | šířka [m] | výška [m] | A_v [m ²] |
|--------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 8 | 2,20 | 1,60 | 28,16 |
| ΣA_v [m ²] | | | 28,16 |
| h_{eq} [m] | | | 1,60 |
| Součinitel otvorů | | | 0,088 |

RRP (rychlost rozvoje požáru)

| | | |
|---------|----|-----|
| střední | 20 | min |
|---------|----|-----|

| | | |
|-----------|-------|-------------------|
| $q_{f,d}$ | 359,3 | MJ/m ² |
| $q_{t,d}$ | 107,7 | MJ/m ² |

| | | |
|----------------|--------|------------------|
| $t_{max,f}$ | 20 | min |
| O_{lim} | 0,032 | m ^{1/2} |
| k | 1 | |
| Γ_{lim} | 0,4179 | |
| t_{max}^* | 0,1393 | h |

| | | |
|-------------|--------|-------------------------------------|
| $t_{max,v}$ | 14,7 | min |
| O_{ref} | 0,04 | m ^{1/2} |
| b_{ref} | 1160 | J/m ² s ^{1/2} K |
| Γ | 3,0904 | |
| t_{max}^* | 0,7576 | h |

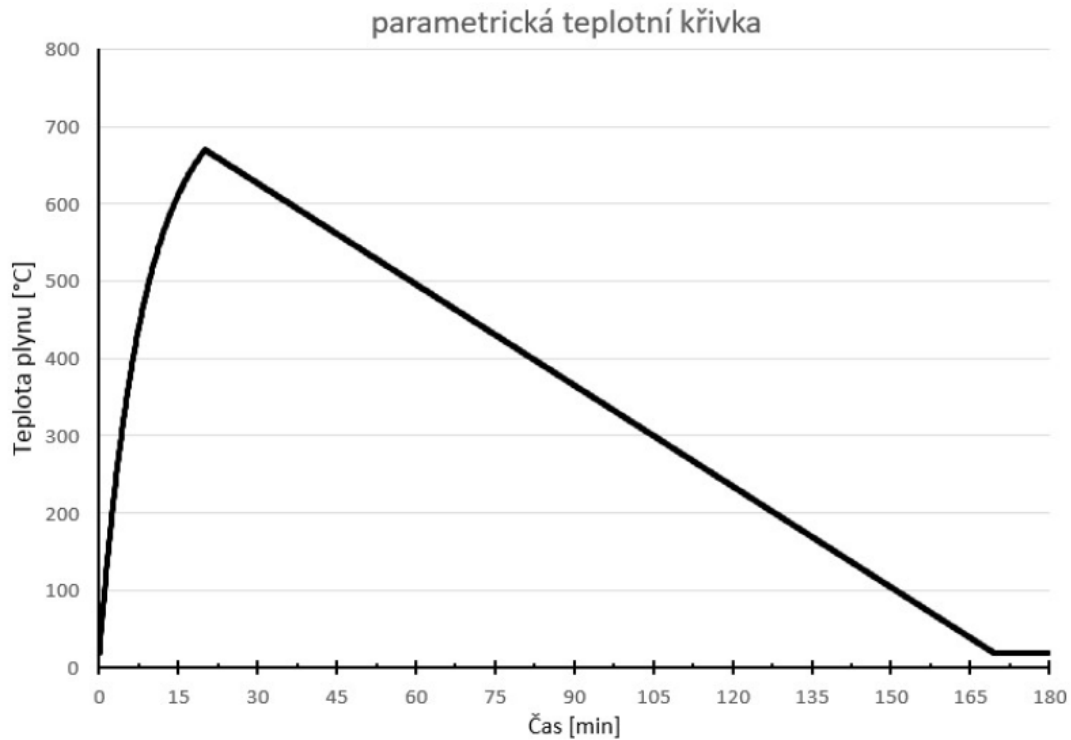
$$t_{max,f} > t_{max,v}$$

Požár řízený palivem

| | | | | | | |
|-----------|------|-----|----------------|--------|-----|-----------------|
| t_{max} | 20,0 | min | t_{max}^* | 0,1393 | hod | doba chladnutí: |
| | | | θ_{max} | 669,8 | °C | krátká |

Návrhová rychlost zuhelnatění při účinku parametrického požáru:

| | |
|---------------|--------------|
| β_{par} | 1,035 mm/min |
|---------------|--------------|



Obr. 29: Graf parametrické teplotní křivky PÚ N01.01

1. Výpočet hloubky zuhelnatění podle normové křivky

$$t_{\text{req}} = 30 \text{ min}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$\beta_n = 0,7 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$k_0 = 1,0$$

$$d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t_{\text{req}} = 21 \text{ mm}$$

$$d_{\text{ef},n} = d_{\text{char},n} + k_0 \cdot d_0 = 28 \text{ mm}$$

Plocha účinného průřezu

dřevěný trám

$$b_{t,\text{ef},n} = b_t - 2 \cdot d_{\text{ef},n} = 144 \text{ mm}$$

$$h_{t,\text{ef},n} = h_t - d_{\text{ef},n} = 272 \text{ mm}$$

betonová deska

$$a_{500} = 10,5 \text{ mm}$$

$$h_{c,\text{ef}} = h_c - a_{500} = 69,5 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky

dřevěný trám

účinná plocha průřezu $A_{t,ef,n} = b_{t,ef,n} \cdot h_{t,ef,n} = 39168 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_{t,ef,n} = \frac{h_{t,ef,n}}{2} = 136 \text{ mm}$

účinný statický moment k dolním vláknům

$$S_{y,t,ef,n} = A_{t,ef,n} \cdot z_{t,ef,n} = 5,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

účinný moment setrvačnosti

$$I_{y,t,ef,n} = \frac{1}{12} \cdot b_{t,ef,n} \cdot h_{t,ef,n}^3 = 2,41 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

betonová deska

účinná plocha průřezu $A_{c,ef} = h_{c,ef} \cdot a = 69500 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_{c,ef} = \left(\frac{h_{c,ef}}{2} + h_{t,ef,n} \right) = 306,75 \text{ mm}$

účinný statický moment k dolním vláknům $S_{y,c,ef} = A_{c,ef} \cdot z_{c,ef} = 2,13 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$

účinný moment setrvačnosti $I_{y,c,ef} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot h_{c,ef}^3 = 2,8 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

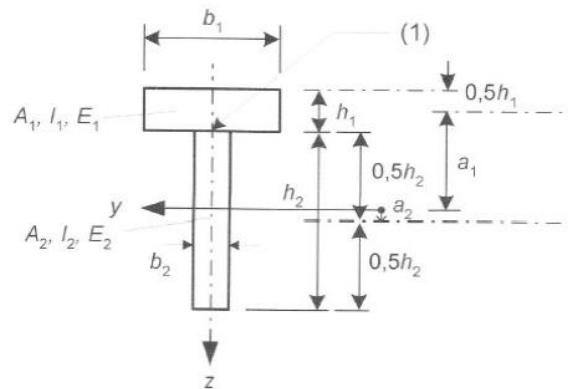
celý průřez

plocha průřezu $A_n = A_{c,ef} + A_{t,ef,n} = 1,09 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_n = \frac{(S_{y,t,ef,n} + S_{y,c,ef})}{A_n} = 245,21 \text{ mm}$

Účinná ohybová tuhost za požáru

$$EI_{ef,fi,n} = E_{cm} I_{y,c,ef} + Y_{1,ef} E_{cm} A_{c,ef} a_{1,ef,n}^2 + E_{0,g,mean,fi} I_{y,t,ef,n} + Y_{2,ef} E_{0,g,mean,fi} A_{t,ef,n} a_{2,ef,n}^2$$



Obr. 30: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce

$$Y_{1,ef} = \left(1 + \pi^2 \cdot E_{cm} A_{c,ef} \left(\frac{s_{ef}}{K_u \cdot l} \right)^2 \right)^{-1}$$

kde $s_{min} = 100 \text{ mm}$ minimální rozestup spojovacích prostředků

$s_{max} = s_{min} = 100 \text{ mm}$ maximální rozestup spojovacích prostředků

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} = 100 \text{ mm}$$

návrh spojovacího prostředku: kolík $d = 16 \text{ mm}$

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23} \cdot 2 = 11550,42 \frac{N}{mm}$$

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 7700,28 \frac{N}{mm}$$

$$\gamma_{1,ef,n} = \left(1 + \frac{\left(\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot s_{ef} \right)^2}{K_u \cdot l^2} \right)^{-1} = 0,077$$

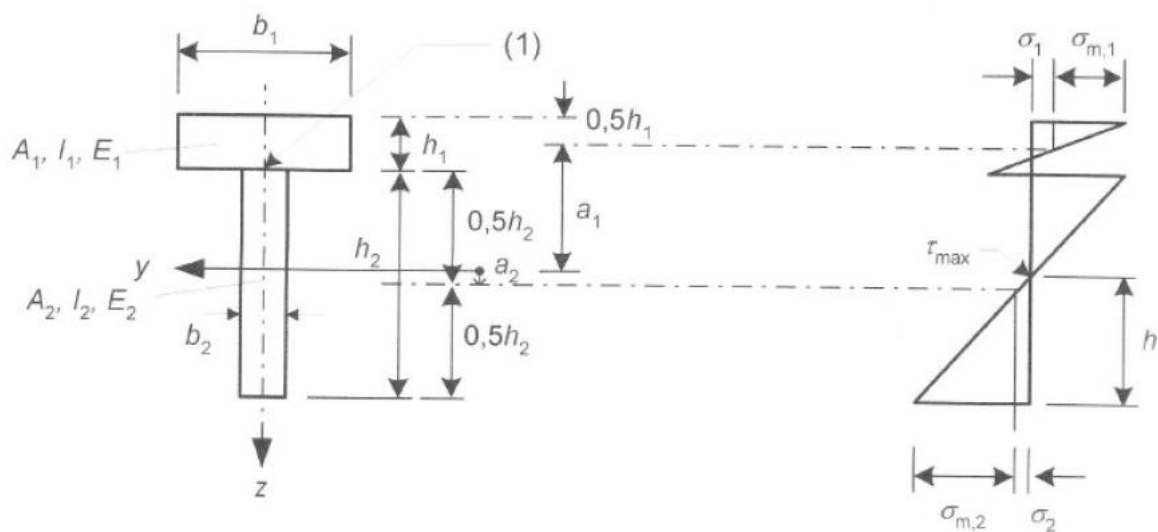
$$\gamma_2 = 1$$

$$a_{2,ef,n} = \frac{\left(\gamma_{1,ef} \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot (h_{c,ef} + h_{t,ef,n}) \right)}{2 \cdot \left(\gamma_{1,ef} \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} + \gamma_2 \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot A_{t,ef,n} \right)} = 55,66 \text{ mm}$$

$$a_{1,ef,n} = \left(\frac{h_{t,ef,n} + h_{c,ef}}{2} \right) - a_{2,ef,n} = 115,09 \text{ mm}$$

$$EI_{ef,fi,n} = 9,75 \cdot 10^{12} \text{ MPa}$$

Výpočet napětí na krajích prvků



Obr. 31: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohybu (vpravo)

napětí v betonu

$$\sigma_{1,fi,n} = \frac{\left(\gamma_{1,ef} E_{cm} a_{1,ef,n} M_{Ed,max,fi} \right)}{EI_{ef,fi,n}} = 1,007247 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1,fi,n} = \left(\frac{0,5 \cdot E_{cm} h_{c,ef} M_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,n}} \right) = 3,95 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

pozn.: znaménková konvence ==> + tah; - tlak

$$\sigma_{c,1,fi,n} = - \left(\sigma_{1,fi,n} + \sigma_{m,1,fi,n} \right) = -4,96 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,1,fi,n} = - \sigma_{1,fi,n} + \sigma_{m,1,fi,n} = 2,94 \text{ MPa}$$

napětí ve dřevě

$$\sigma_{2,fi,n} = \left(\frac{\gamma_{2} E_{0,g,mean,fi} h_{t,ef,n} M_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,n}} \right) = 8,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,fi,n} = \left(\frac{0,5 \cdot E_{0,g,mean,fi} h_{t,ef,n} M_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,n}} \right) = 4,37 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

$$\sigma_{c,2,fi,n} = \left(\sigma_{2,fi,n} - \sigma_{m,2,fi,n} \right) = 4,37 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,2,fi,n} = \left(\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n} \right) = 13,1 \text{ MPa}$$

Maximální smykové napětí v dřevěné části

vzniká v místě nulové normálové síly

$$\tau_{2,max,fi,n} = \frac{0,5 \cdot E_{0,g,mean,fi} b_{t,ef,n} h_{t,ef,n}^2 \cdot V_{Ed,max,fi}}{b_{t,ef,n} EI_{ef,fi,n}} = 0,79 \text{ MPa}$$

Maximální namáhání jednoho spojovacího prostředku

$$F_{d,max,fi,n} = \frac{\left(\gamma_{1,ef} E_{cm} A_{c,ef} a_{1,ef,n} s_{ef} V_{Ed,max,fi} \right)}{EI_{ef,fi,n}} = 4666,91 N$$

Posouzení

beton

tlak

$$\frac{\sigma_{c,1,fi,n}}{f_{cd}} = -0,09 \quad 0,09 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

tah

$$\frac{\sigma_{t,1,fi,n}}{f_{ctd}} = 0,6 \quad 0,6 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

dřevo

ohyb

$$\frac{\sigma_{m,2,fi,n}}{f_{m,g,d,fi}} + \frac{\sigma_{2,fi,n}}{f_{t,0,g,d,fi}} = 0,4 \quad 0,40 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

smyk

$$\frac{\tau_{2,max,fi,n}}{f_{v,g,d,fi}} = 0,16 \quad 0,16 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

2. Výpočet hloubky zuhelnatění podle parametrické křivky

$$t_{\text{req}} = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$\beta_{\text{par}} = 1,035 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$k_0 = 1,0$$

$$d_{\text{char,par}} = \beta_{\text{par}} \cdot t_{\text{req}} = 31,05 \text{ mm}$$

$$d_{\text{ef,par}} = d_{\text{char,par}} + k_0 \cdot d_0 = 38,05 \text{ mm}$$

Plocha účinného průřezu

dřevěný trám

$$b_{t,\text{ef,par}} = b_t - 2 \cdot d_{\text{ef,par}} = 123,9 \text{ mm}$$

$$h_{t,\text{ef,par}} = h_t - d_{\text{ef,par}} = 261,95 \text{ mm}$$

betonová deska

$$a_{500} = 10,5 \text{ mm}$$

$$h_{c,\text{ef}} = h_c - a_{500} = 69,5 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky

dřevěný trám

účinná plocha průřezu $A_{t,\text{ef,par}} = b_{t,\text{ef,par}} \cdot h_{t,\text{ef,par}} = 32455,6 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken

$$z_{t,\text{ef,par}} = \frac{h_{t,\text{ef,par}}}{2} = 130,98 \text{ mm}$$

účinný statický moment k dolním vláknům

$$S_{y,t,\text{ef,par}} = A_{t,\text{ef,par}} \cdot z_{t,\text{ef,par}} = 4,25 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

účinný moment setrvačnosti

$$I_{y,t,\text{ef,par}} = \frac{1}{12} \cdot b_{t,\text{ef,par}} \cdot h_{t,\text{ef,par}}^3 = 1,86 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

betonová deska

účinná plocha průřezu $A_{c,ef} = h_{c,ef} \cdot a = 69500 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_{c,ef} = \left(\frac{h_{c,ef}}{2} + h_{t,ef} \right) = 306,75 \text{ mm}$

účinný statický moment k dolním vláknům $S_{y,c,ef} = A_{c,ef} \cdot z_{c,ef} = 2,13 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$

účinný moment setrvačnosti $I_{y,c,ef} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot h_{c,ef}^3 = 2,8 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

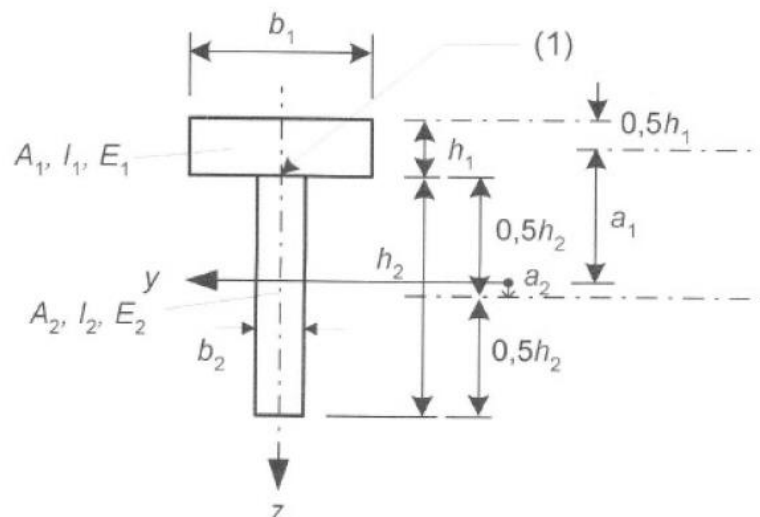
celý průřez

plocha průřezu $A_{par} = A_{c,ef} + A_{t,ef,par} = 1,02 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$

vzdálenost těžiště od spodních vláken $z_n = \frac{(S_{y,t,ef,par} + S_{y,c,ef})}{A_{par}} = 250,8 \text{ mm}$

Účinná ohybová tuhost

$$EI_{ef,fi,par} = E_{cm} \cdot I_{y,c,ef} + y_{1,ef} \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot a_{1,ef,par}^2 + E_{0,g,mean,fi} \cdot I_{y,t,ef,par} + y_{2,ef} \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot A_{t,ef,par} \cdot a_{2,ef,par}^2$$



Obr. 32: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce

$$Y_{1,ef} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef}}{K_u \cdot l^2} \left(\frac{s_{ef}}{2} \right)^2 \right)^{-1}$$

kde $s_{min} = 100 \text{ mm}$ minimální rozestup spojovacích prostředků

$s_{max} = s_{min} = 100 \text{ mm}$ maximální rozestup spojovacích prostředků

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} = 100 \text{ mm}$$

návrh spojovacího prostředku: kolík $d = 16 \text{ mm}$

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23} \cdot 2 = 11550,42 \frac{N}{mm} \quad K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = 7700,28 \frac{N}{mm}$$

$$Y_{1,ef} = \left(1 + \frac{\left(\pi^2 \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot \left(\frac{s_{ef}}{2} \right)^2 \right)}{K_u \cdot l^2} \right)^{-1} = 0,077$$

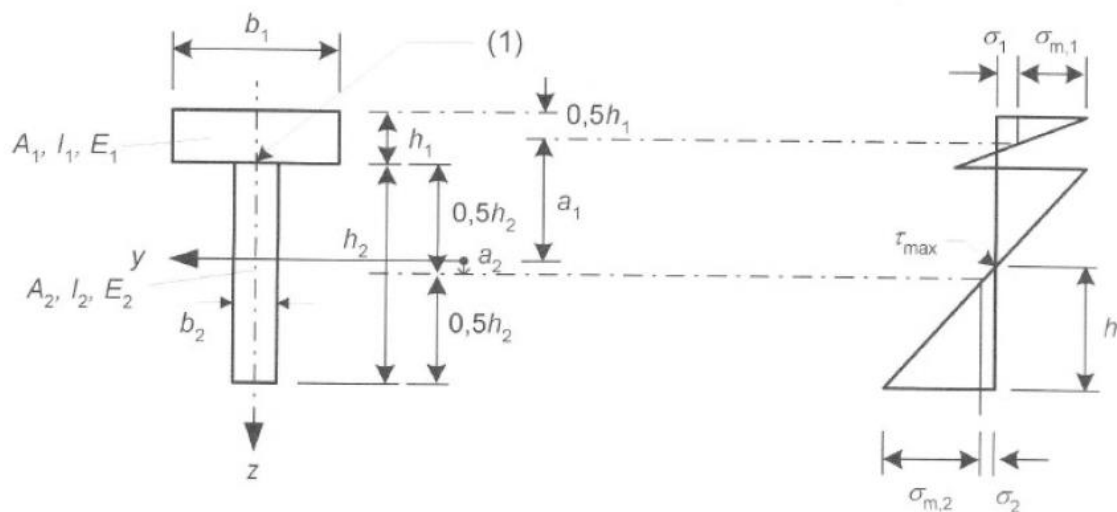
$$Y_2 = 1$$

$$a_{2,ef,par} = \frac{\left(Y_{1,ef} \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot (h_{c,ef} + h_{t,ef,par}) \right)}{2 \cdot \left(Y_{1,ef} \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} + Y_2 \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot A_{t,ef,par} \right)} = 61,08 \text{ mm}$$

$$a_{1,ef,par} = \left(\frac{h_{t,ef,par} + h_{c,ef}}{2} \right) - a_{2,ef,par} = 104,64 \text{ mm}$$

$$EI_{ef,fi,par} = 8,39 \cdot 10^{12} \text{ MPamm}^4$$

Výpočet napětí na krajích prvků



Obr. 33: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohyb (vpravo)

napětí v betonu

$$\sigma_{1,fi,par} = \frac{\left(\gamma_{1,ef} E_{cm} a_{1,ef,par} M_{Ed,max,fi} \right)}{EI_{ef,fi,par}} = 1,06468 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1,fi,par} = \frac{\left(0,5 \cdot E_{cm} h_{c,ef} M_{Ed,max,fi} \right)}{EI_{ef,fi,par}} = 4,59 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

pozn.: znamínková konvence ==> + tah; - tlak

$$\sigma_{c,1,fi,par} = - \left(\sigma_{1,fi,par} + \sigma_{m,1,fi,par} \right) = -5,66 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,1,fi,par} = - \sigma_{1,fi,par} + \sigma_{m,1,fi,par} = 3,53 \text{ MPa}$$

napětí ve dřevě

$$\sigma_{2,fi,par} = \left(\frac{\gamma_2 \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot h_{t,ef,par} \cdot M_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,par}} \right) = 9,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,fi,par} = \left(\frac{0,5 \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot h_{t,ef,par} \cdot M_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,par}} \right) = 5,08 \text{ MPa}$$

tlak na horních vláknech

$$\sigma_{c,2,fi,par} = (\sigma_{2,fi,par} - \sigma_{m,2,fi,par}) = 4,7 \text{ MPa}$$

tah na spodních vláknech

$$\sigma_{t,2,fi,par} = (\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}) = 14,85 \text{ MPa}$$

Maximální smykové napětí v dřevěné části

vzniká v místě nulové normálové síly

$$\tau_{2,max,fi,par} = \frac{0,5 \cdot E_{0,g,mean,fi} \cdot b_{t,ef,par} \cdot h_{t,ef,par}^2 \cdot V_{Ed,max,fi}}{b_{t,ef,par} \cdot EI_{ef,fi,par}} = 0,85 \text{ MPa}$$

Maximální namáhání jednoho spojovacího prostředku

$$F_{d,max,fi,par} = \left(\frac{\gamma_1 \cdot e_f \cdot E_{cm} \cdot A_{c,ef} \cdot a_{1,ef,par} \cdot s_{ef} \cdot V_{Ed,max,fi}}{EI_{ef,fi,par}} \right) = 4933,02 \text{ N}$$

beton

tlak

$$\frac{\sigma_{c,1,fi,par}}{f_{cd}} = 0,1 \quad 0,1 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

tah

$$\frac{-\sigma_{t,1,fi,par}}{f_{ctd}} = 0,72 \quad 0,72 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

dřevo

ohyb

$$\frac{\sigma_{m,2,fi,par}}{f_{m,g,d,fi}} + \frac{\sigma_{2,fi,par}}{f_{t,0,g,d,fi}} = 0,45 \quad 0,45 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

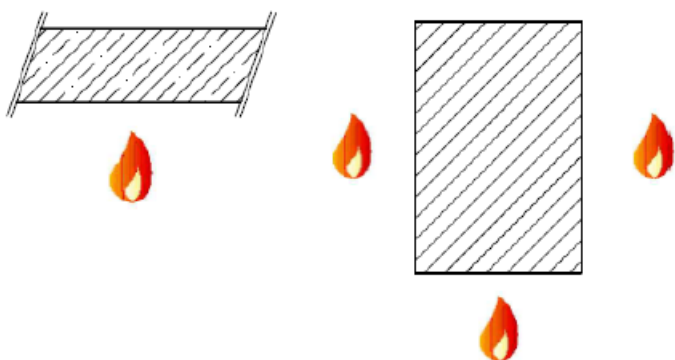
smyk

$$\frac{\tau_{2,max,fi,par}}{f_{v,g,d,fi}} = 0,17 \quad 0,17 \leq 1 \quad \boxed{\text{Vyhovuje}}$$

NÁVRH KOSNTRUKCE ZA ÚČINKŮ POŽÁRU VYHOVÍ

4.7.1 Posouzení dřevobetonového stropního nosníku za požáru – tabulka

| | |
|----------------|--------------|
| betonová deska | dřevěný trám |
|----------------|--------------|

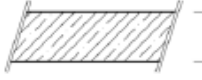
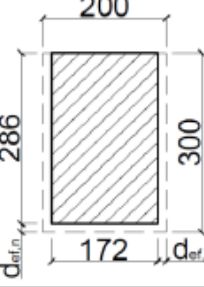
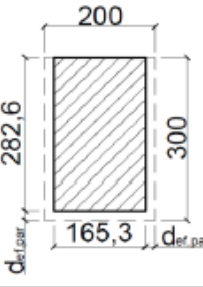

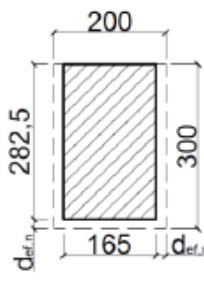
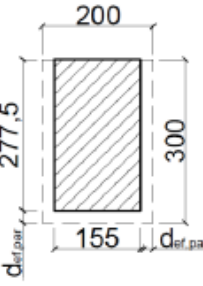
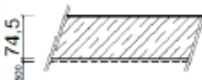
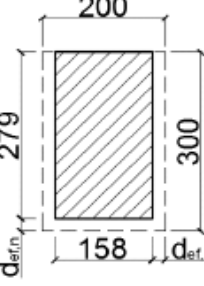
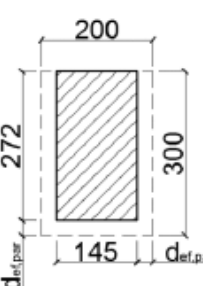


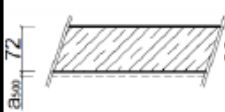
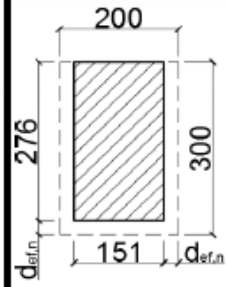
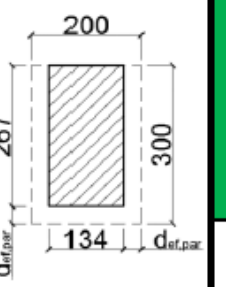
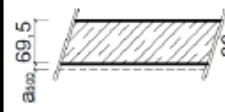
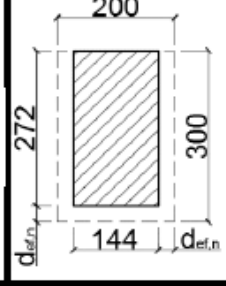
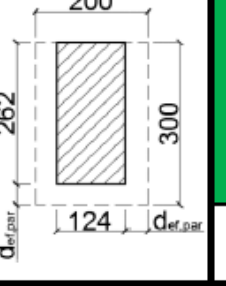
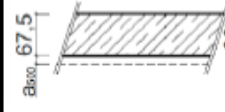
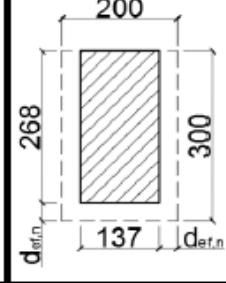
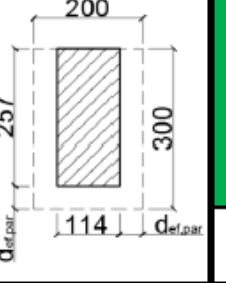
| Podmínky pro vyhovující konstrukci | |
|---|---|
| tlak v betonu | ohyb dřeva |
| $\frac{\sigma_{c,1,fi,n}}{f_{cd}} < 1$ | $\frac{\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n}}{f_{t,0,g,d,fi} + f_{m,g,d,fi}} < 1$ |
| $\frac{\sigma_{c,1,fi,par}}{f_{cd}} < 1$ | $\frac{\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}}{f_{t,0,g,d,fi} + f_{m,g,d,fi}} < 1$ |
| tah v betonu | smyk dřeva |
| $\frac{\sigma_{t,1,fi,n}}{f_{ctd}} < 1$ | $\frac{\tau_{2,max,fi,n}}{f_{v,g,d,fi}} < 1$ |
| $\frac{\sigma_{t,1,fi,par}}{f_{ctd}} < 1$ | $\frac{\tau_{2,max,fi,par}}{f_{v,g,d,fi}} < 1$ |

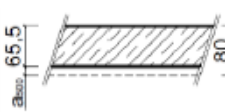
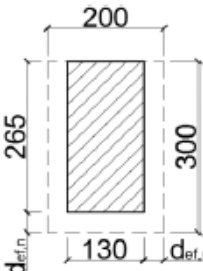
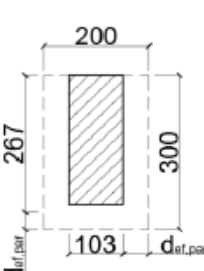
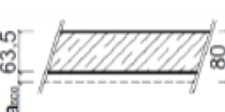
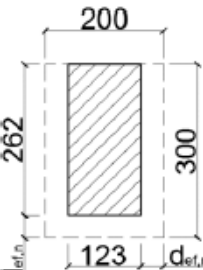
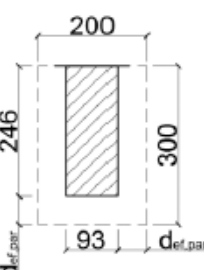
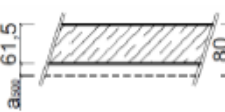
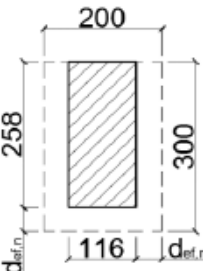
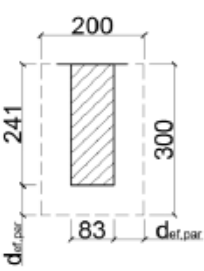
| Vlastnosti materiálů | | |
|----------------------|-------|-----|
| f_{cd} | 53,93 | MPa |
| f_{ctd} | 4,93 | MPa |
| $f_{m,g,d,fi}$ | 41,4 | MPa |
| $f_{t,0,g,d,fi}$ | 29,9 | MPa |
| $f_{v,g,d,fi}$ | 4,94 | MPa |

→ Vyhovuje
 → Nevhovuje

| t | mim | Betonová deska | Dřevěný trám | | Beton | | | | Dřevo | | | | Posouzení | | |
|-------------|-----|----------------|--------------|-----|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------------|-----------|------|----------|
| | | | | | tlak | | tah | | ohyb | | smyk | | | | |
| | | | | | $\sigma_{c,1,fi,n}$ | $\sigma_{c,1,fi,par}$ | $\sigma_{t,1,fi,n}$ | $\sigma_{t,1,fi,par}$ | $\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n}$ | $\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}$ | $\tau_{2,max,fi,n}$ | $\tau_{2,max,fi,par}$ | | | |
| MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | | | | | | | | |
| 5 | | | ISO | PAR | 4,02 | 4,1 | 2,53 | 2,59 | 6,69 | 3,35 | 6,79 | 3,42 | 0,65 | 0,65 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | | 7,45 | 7,60 | 51,32 | 52,54 | 30,47 | 30,97 | 13,16 | 13,16 | | | |

| t | Betónová deska | Dřevěný trám | | Betón | | | | Dřevo | | | | Posouzení | | |
|-------------|---|--|--|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|------|---|------|-----------|---------------------|-----------------------|
| | | | | tlak | | tah | | ohyb | | smyk | | | | |
| | | | | $\sigma_{c,1,fi,n}$ | $\sigma_{c,1,fi,par}$ | $\sigma_{t,1,fi,n}$ | $\sigma_{t,1,fi,par}$ | $\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n}$ | | $\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}$ | | | $\tau_{2,max,fi,n}$ | $\tau_{2,max,fi,par}$ |
| MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | | MPa | | MPa | MPa | | | | | |
| 10 |  |  |  | 4,18 | 4,34 | 2,66 | 2,79 | 6,91 | 3,45 | 7,12 | 3,6 | 0,66 | 0,67 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 7,75 | 8,05 | 53,96 | 56,59 | 31,44 | | 32,51 | | 13,36 | 13,56 | |
| 15 |  |  |  | 4,36 | 4,62 | 2,73 | 2,95 | 7,3 | 3,65 | 7,65 | 3,9 | 0,69 | 0,71 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 8,08 | 8,57 | 55,38 | 59,84 | 33,23 | | 35,01 | | 13,97 | 14,37 | |
| 20 |  |  |  | 4,54 | 4,93 | 2,79 | 3,11 | 7,76 | 3,88 | 8,3 | 4,25 | 0,72 | 0,75 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 8,42 | 9,14 | 56,59 | 63,08 | 35,33 | | 38,02 | | 14,57 | 15,18 | |

| t | Betónová deska | Dřevěný trám | | Betón | | | | Dřevo | | | | Posouzení | | |
|-------------|---|--|--|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------------|-----------|------|----------|
| | | | | tlak | | tah | | ohyb | | smyk | | | | |
| | | | | $\sigma_{c,1,fi,n}$ | $\sigma_{c,1,fi,par}$ | $\sigma_{t,1,fi,n}$ | $\sigma_{t,1,fi,par}$ | $\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n}$ | $\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}$ | $\tau_{2,max,fi,n}$ | $\tau_{2,max,fi,par}$ | | | |
| MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | | | | | | | |
| 25 |  |  |  | 4,74 | 5,17 | 2,86 | 3,3 | 8,22 | 4,11 | 8,99 | 4,63 | 0,76 | 0,8 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 8,79 | 9,59 | 58,01 | 66,94 | 37,42 | 41,25 | 15,38 | 16,19 | | | |
| 30 |  |  |  | 4,96 | 5,66 | 2,94 | 3,53 | 8,73 | 4,37 | 9,78 | 5,08 | 0,79 | 0,85 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 9,20 | 10,50 | 59,63 | 71,60 | 39,75 | 44,98 | 15,99 | 17,21 | | | |
| 35 |  |  |  | 5,16 | 6,09 | 3,05 | 3,81 | 9,25 | 4,63 | 10,64 | 5,56 | 0,83 | 0,91 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 9,57 | 11,29 | 61,87 | 77,28 | 42,12 | 49,02 | 16,80 | 18,42 | | | |

| t | Betonová deska | Dřevěný trám | | Beton | | | | Dřevo | | | | Posouzení | | |
|-------------|---|--|--|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------------|-----------|------|------------|
| | | | | tlak | | tah | | ohyb | | smyk | | | | |
| | | | | $\sigma_{c,1,fi,n}$ | $\sigma_{c,1,fi,par}$ | $\sigma_{t,1,fi,n}$ | $\sigma_{t,1,fi,par}$ | $\sigma_{2,fi,n} + \sigma_{m,2,fi,n}$ | $\sigma_{2,fi,par} + \sigma_{m,2,fi,par}$ | $\tau_{2,max,fi,n}$ | $\tau_{2,max,fi,par}$ | | | |
| MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | MPa | | | | | | | |
| 40 |  |  |  | 5,44 | 6,59 | 3,16 | 4,14 | 9,83 | 4,91 | 11,65 | 6,13 | 0,87 | 0,98 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 10,09 | 12,22 | 64,10 | 83,98 | 44,74 | 53,77 | 17,61 | 19,84 | | | |
| 45 |  |  |  | 5,71 | 7,17 | 3,28 | 4,54 | 10,46 | 5,23 | 12,84 | 6,81 | 0,91 | 1,05 | VYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 10,59 | 13,30 | 66,53 | 92,09 | 47,62 | 59,39 | 18,42 | 21,26 | | | |
| 50 |  |  |  | 6,01 | 7,86 | 3,42 | 5,04 | 11,16 | 5,58 | 14,29 | 7,64 | 0,96 | 1,15 | NEVYHOVUJE |
| využití [%] | | | | 11,14 | 14,57 | 69,37 | 102,23 | 50,80 | 66,25 | 19,43 | 23,28 | | | |

Tab. 3: posouzení dřevobetonového stropní nosníku za požáru

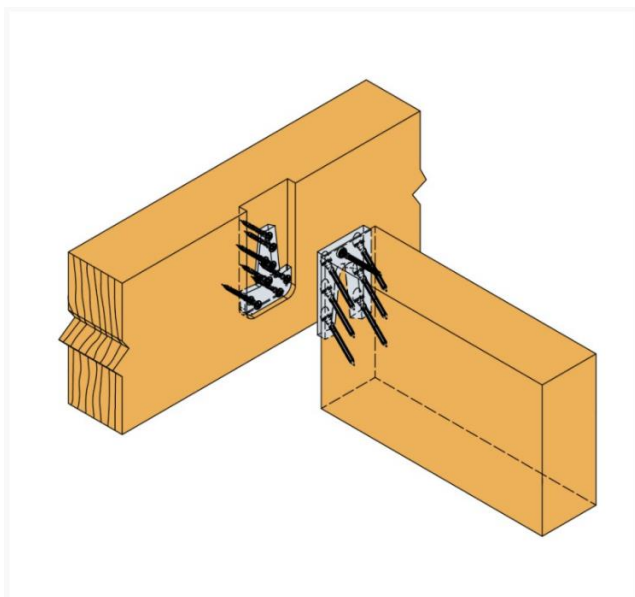
4.7.2 Vyhodnocení posouzení dřevobetonového nosníku za požáru

Požadovaná požární odolnost byla stanovena na R 30. Ke kolapsu konstrukce dojde v 50. minutě, kdy je podle parametrické křivky průřez trámu zredukován o $d_{\text{ef,par}} = 59$ mm na 83x241 mm a podle metody ISOTERMY 500 je vláknobetonová deska zredukována o $a_{500} = 18,5$ mm na tloušťku 61,5 mm. Zhroucení konstrukce nastane z důvodu porušení vláknobetonové desky v tahu. Jelikož stropní konstrukce nevyhověla až v 50. minutě, můžeme o ní prohlásit, že je její požární odolnost R 45. Stropní konstrukce tedy vyhoví požadavku na požární odolnost.

4.8 Spoje

4.8.1 Spoj stropní konstrukce a průvlaku

Spojení dřevěného trámu a průvlaku bude provedeno hliníkovým spojovacím prvkem SIMPSON Strong – Tie Concealed Beam Hanger ETB 230/34723 (Obr. 33). Musíme zajistit přenesení posouvající síly od stropní konstrukce $V_{\text{ed}} = 30,6$ kN. Podle technického listu výrobce (Tab. 4) prvek ETB 230/34732 přeneše zatížení 34,8 kN v případě použití rostlého dřeva RD C24. Dřevěné nosníky budou zhotoveny z lepeného lamelového dřeva GL 36h → slepené rostlé dřevo RD C36 → navíc lepené lamelové dřevo má lepší vlastnosti než rostlé dřevo, tudíž ten spojovací prvek můžeme brát jako vyhovující.



Obr. 34: spojovací prostředek SIMPSON Strong – Tie Concealed Beam Hanger [8]

Jedna hliníková část bude upevněna na trám pomocí čtrnácti vrtů Ø5x80 mm navrtaných pod úhlem 45 stupňů a druhá část bude upevněna na průvlak díky devatenácti kolmo přibitých hřebíkům Ø4x50 mm. [8] Detail spoje je součástí výkresové dokumentace.

| References | Joist | | | Dimensions [mm] | | | | | | On header | | |
|--------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|---------------|---|
| | Min. | | Max | A | B | E | E1 | Ep1 | Ep2 | Fixing | | Downward characteristic capacities [kN] |
| | Width [mm] | Height [mm] | Height [mm] | | | | | | | SCRB Ø5,0x80 screws | Ø4,0x50 nails | Load direction perpendicular to the grain |
| | | | | | | | | | | | | C24 Timber |
| ETB90/34709 | 70 | 115 | 150 | 60 | 90 | 69 | 58 | 6 | 10 | 4 | 6 | 11.6 |
| ETB120/34712 | 70 | 150 | 200 | 60 | 121 | 95 | 85 | 6 | 10 | 6 | 9 | 16.7 |
| ETB160/34716 | 70 | 185 | 250 | 60 | 166 | 130 | 95 | 6 | 10 | 8 | 11 | 21.7 |
| ETB190/34719 | 90 | 220 | 300 | 75 | 195 | 165 | 138 | 6 | 10 | 11 | 19 | 28.9 |
| ETB230/34723 | 90 | 255 | 350 | 75 | 230 | 200 | 138 | 6 | 10 | 14 | 19 | 34.8 |

Tab. 4: tabulka z technického listu výrobce SIMPSON Strong – Tie pro spojovací prvek Concealed Beam Hanger [8]

4.8.2 Spoj průvlaku a sloupu

Spoj průvlaku a sloupu bude řešen ocelovou svařovanou deskou tl. 10 mm (Obr. 34). Ocelová deska bude spojena s průvlakem a sloupem dvacetičtyřmi kolíky Ø12x200 mm, respektive Ø12x240 mm a čtyřmi svorníky Ø12x240 mm. Nechráněné svorníkové hlavy mají (podle tab. 5) požární ochranu 15 minut a požadovaná požární ochrana je 30 minut. Svorníky musí být chráněny protipožárním prvkem o tloušťce:

$$a_{fi} = \beta_n k_{flux} (t_{req} - t_{d,fi})$$

β_n je rychlost zuhelnatění;

k_{flux} součinitel zohledňující zvětšený tepelný tok skrz spojovací prostředek;

t_{req} požadovaná normová doba požární odolnosti;

$t_{d,fi}$ doba požární odolnosti nechráněného spoje, uvedená v Tab. 3

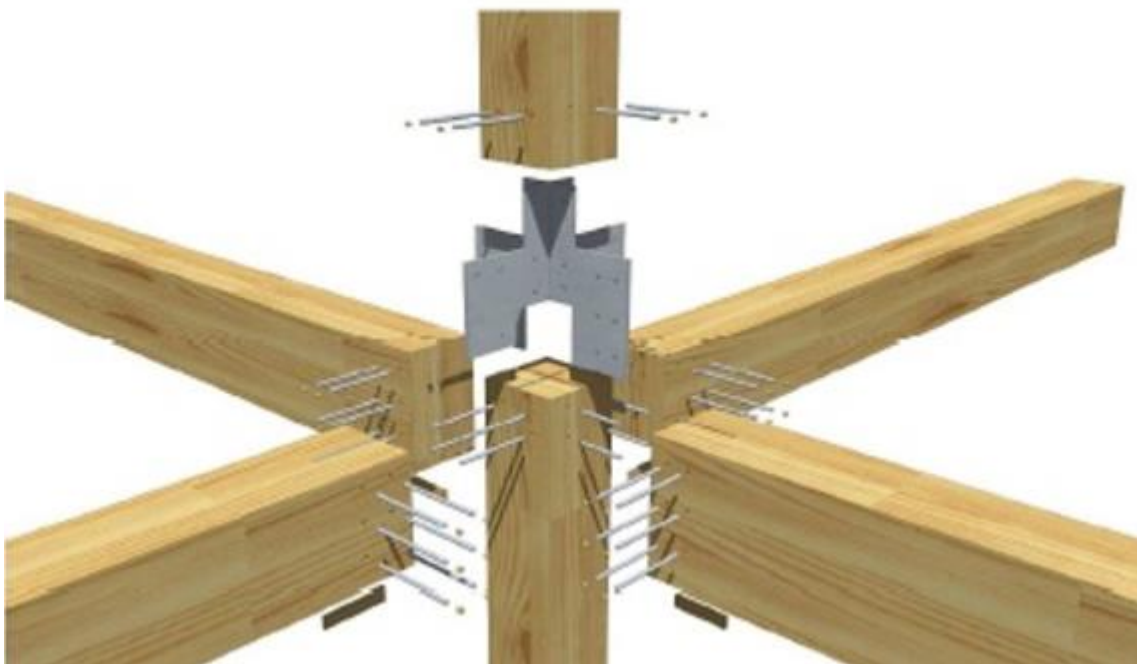
| | Doba požární odolnosti $t_{d,fi}$ min | Opatření ^a |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Hřebíky | 15 | $d \geq 2,8$ mm |
| Vruty | 15 | $d \geq 3,5$ mm |
| Svorníky | 15 | $t_1 \geq 45$ mm |
| Kolíky | 20 | $t_1 \geq 45$ mm |
| Hmoždíky podle EN 912 | 15 | $t_1 \geq 45$ mm |

^a d je průměr spojovacího prostředku a t_1 je tloušťka bočního prvku

Tab. 5: Požární odolnost nechráněných spojů s bočními prvky ze dřeva

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * (t_{req} - t_{d,fi}) = 0,7 * 1,5 * (30 - 15) = 15,5 \rightarrow 16 \text{ mm}$$

Bude tedy navržena vlepená zátka pro zakrytí hlavy svorníku o tloušťce 16 mm. Detail spoje je součástí výkresové dokumentace.



Obr. 35: Spoj průvlak + sloup [14]

5 Závěr

Dřevobetonové spřažené stropy jsou v současnosti na vzestupu a technologie jejich realizování se stále vyvíjí. V České republice se na vývoj a aplikování těchto konstrukcí zatím moc nesází. Ale hlavně v německy mluvících zemích se dřevobetonové konstrukce stávají trendem.

V rešeršní části se zabývám technologií zpracování a aplikací v praxi dřevobetonových konstrukcí, ale i historií a vývojem spřažení dřeva a betonu. Největší pokrok a důraz byl zaznamenán hlavně v oblasti spřahovacích prostředků, které se od první zmínky dřevobetonových konstrukcí hodně posunuly. Spřažení betonu a dřeva není využíváno pouze u dřevobetonových stropů, ale také výjimečně u dalších konstrukcí jako jsou stěny a mosty.

Požárně bezpečnostní řešení je vypracováno pouze okrajově. Vyhotovená je pouze část, která je bezprostředně nutná k posouzení dřevobetonového nosníku za požáru. Je zde uvedeno rozdělení do požárních úseků, výpočet požárního zatížení, určení stupně požární bezpečnosti a požadovaná požární odolnost. Podrobněji je řešený požární úsek N01.01 - kmenová třída, pro který je uveden vzorový výpočet požárního zatížení a parametrické teplotní křivky. Z výpočtu požárního zatížení vyplývá II. stupeň požární bezpečnosti pro tento požární úsek → pro II. stupeň požární bezpečnosti je podle ČSN 730802 tab. 12 požadovaná požární odolnost v nadzemním podlaží 30 minut.

Ve výpočtové části je uveden návrh a posouzení dřevobetonové stropní konstrukce, dřevěných průvlaků a sloupů za běžné teploty. Dále je ve výpočtové části uvedeno posouzení dřevobetonového stropního nosníku za požáru v požárním úsek N01.01 - kmenová třída. Jednotlivé materiály stropní konstrukce se za požáru posuzují zvlášť a sleduje se, který z nich a z důvodu kterého napětím zkolabuje jako první. Pro výpočet požární odolnosti vláknobetonové desky byla použita metoda ISOTERMY 500 a u dřevěného trámu metoda redukovaného průřezu. Navíc u dřevěné části průřezu bylo uvažováno zatížení normovým i parametrickým požárem. Ke kolapsu konstrukce dojde v 50. minutě, kdy se poruší vláknobetonová deska v tahu. Podle výpočtů uvádím, že konstrukce vyhoví na požadovanou požární odolnost R 30, jelikož řešená stropní konstrukce má požární odolnost R 45.

Literatura

- [1] Tzb-info. *Dřevobetonové stropy pro lehké skelety dřevostaveb* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8717-drevobetonove-stropy-pro-lehke-skelety-drevostaveb>
- [2] Tzb-info. *Kompozitní dřevobetonové konstrukce za požáru* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/8383-kompozitni-drevobetonove-konstrukce-za-pozaru>
- [3] Tzb-info. *Možnosti provádění kompozitních dřevobetonových konstrukcí* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8362-moznosti-provadeni-kompozitnich-drevobetonovych-konstrukci>.
- [4] PROKSA, David. Dizertační práce: *Optimalizácia spriahnutia v dřevobetónových konštrukciách*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě, 2013
- [5] Tzb-info. *Dřevěné stropy* [online]. Brno: VUT FAST Brno, 2014. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11805-drevene-stropy>
- [6] UNPROTECTED TIMBER-FIBRE REINFORCED CONCRETE SLAB IN FIRE. *WOOD RESEARCH* [online]. Praha: Czech Technical University in Prague Department of Steel and Timber Structures Prague, Czech Republic, 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.centrumdp.sk/wr/201504/08.pdf>
- [7] PODPORA PROJEKTOVÉ VÝUKY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ. *PŘEDBĚŽNÝ STATICKÝ VÝPOČET* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/predbezny_SV_cek.pdf
- [8] SIMPSON Strong – Tie. *Concealed Beam Hanger* [online]. Pleasanton, USA: Simpson Strong-Tie, 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://en.strongtie.cz/products/detail/concealed-beam-hanger/60>
- [9] Tzb-info. *Dřevobetonový strop vystavený požáru* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/12375-drevobetonovy-strop-vystaveny-pozaru>
- [10] IMateriály. *Navrhování kompozitních dřevobetonových stropů* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/navrhovani-kompozitnich-drevobetonovych-stropu_103464.html
- [11] Dspace.cvut. *Dřevobetonové spřažené stropy* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/65667/F1-BP-2016-Brezina-Martin-Drevobetonove%20sprazene%20stropy.pdf?sequence=-1>
- [12] Vutbr. *NÁVRH DŘEVOBETONOVÉ SPŘAŽENÉ STROPNÍ KONSTRUKCE* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=58267
- [13] Asb-portal. *DŘEVĚNÉ STROPY* [online]. 2008 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/drevene-stropy>

- [14] Tzb-info. *Styčníky těžkých dřevěných skeletů* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/7763-stychniky-tezkych-drevenych-skeletu>
- [15] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed.A; ed. 2
- [16] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed.A
- [17] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – oprava 1; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed.A; ed.2 – změna A1
- [18] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1, 2, 3; změny Z1, Z2, Z3; NA ed.A - změna A1; ed. 2
- [19] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změny A1, Z1, Z2, Z3; ed. 2 – změna A1, Z1; NA ed.A
- [20] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1
- [21] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – změna A1, A2
- [22] ČSN EN 1995-1-2. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1
- [23] ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty – změny Z1, Z2
- [24] ČSN 73 0810: Požární bezpečnostní řešení – Společná ustanovení

Seznam příloh

- technická zpráva
- výkresy
 - půdorys 1NP
 - půdorys 2NP
 - podélný řez AA‘
 - příčný řez BB‘
 - půdorys 1NP (typické podlaží) – nosný systém
 - podélný řez AA‘ – nosný systém
 - příčný řez BB‘ – nosný systém
 - detail spoje průvlak + trám
 - detail spoje sloup + průvlak
 - detail spoje sloup + patka

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Spřažení podle Müllera a jeho patent z roku 1921 [3] | 6 |
| Obr. 2: Spřažení podle Schaubu na jeho patent [3] | 6 |
| Obr. 3: Spřažení dřevobetonu podle Richarta [4] | 7 |
| Obr. 4: Detail spřažení dřevobetonu podle Richarta [4] | 7 |
| Obr. 5: Trámová soustava dřevobetonového stropu [4] | 8 |
| Obr. 6: Masivní dřevěná soustava s betonovou deskou a) nosníky nebo řezivo na stojato/lepené lamelové dřevo; b) křížně lamelové dřevo/vrstvené dřevo [5] | 9 |
| Obr. 7: Masivní dřevěná stropní soustava s zářezy a mechanickými spojovacími prvky [4] 9 | |
| Obr. 8: Dřevobetonový strop s betonovou deskou na dřevěných nosnících [4] | 10 |
| Obr. 9: Výroba a montáž prefabrikovaného dřevobetonového stropu [4] | 10 |
| Obr. 10: Strop s betonovou deskou mezi dřevěnými nosnícími [4] | 11 |
| Obr. 11: Příklady řešení masivního dřevobetonového stropu nad podporou [4] | 11 |
| Obr. 12: Dřevobetonová stěna [4] | 12 |
| Obr. 13: Most Vihantasalmi, Mäntyharju, Finsko [4] | 13 |
| Obr. 14: Příklady částečně prefabrikovaných konstrukčních systémů [3] | 14 |
| Obr. 15: Příklady současných komerčních produktů a) HBV systém; b) WOOD-BETON® [3] | 14 |
| Obr. 16: Würth ASSY plus VG [4] | 15 |
| Obr. 17: SFS trn VB-48-7,5 [4] | 15 |
| Obr. 18: Nejčastější způsoby spřažení dřeva a betonu | 16 |
| Obr. 19: Nejčastější způsoby spřažení dřeva a betonu | 17 |
| Obr. 20: Konstrukční schéma | 22 |
| Obr. 21: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce | 30 |
| Obr. 22: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohybu (vpravo) | 32 |
| Obr. 23: Statické schéma | 37 |
| Obr. 24: Rozkreslení zatížení na průvlaky | 38 |
| Obr. 25: Průběh vnitřních na průvlacích – SCIA | 39 |
| Obr. 26: Průběh průhybů průvlaků | 41 |
| Obr. 27: Zkušební těleso dřevobetonové konstrukce vyšetřované v Pavusu [2] | 48 |
| Obr. 28: Graf průběhu teploty ve vláknobetonové desce | 51 |
| Obr. 29: Graf parametrické teplotní křivky PÚ N01.01 | 53 |

| | |
|---|----|
| Obr. 30: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce | 55 |
| Obr. 31: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohybu (vpravo) | 56 |
| Obr. 32: Popis průřezu dřevobetonové konstrukce | 60 |
| Obr. 33: Průřez (vlevo) a průběh napětí v ohyb (vpravo) | 62 |
| Obr. 34: spojovací prostředek SIMPSON Strong – Tie Concealed Beam Hanger [8]..... | 69 |
| Obr. 35: Spoj průvlak + sloup [14]..... | 71 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 1: výpočet požárního rizika a určení stupně požární bezpečnosti | 20 |
| Tab. 2: redukování průřezu vláknobetonové desky za požáru | 51 |
| Tab. 3: posouzení dřevobetonového stropní nosníku za požáru..... | 68 |
| Tab. 4: tabulka z technického listu výrobce SIMPSON Strong – Tie pro spojovací prvek Concealed Beam Hanger [8] | 70 |
| Tab. 5: Požární odolnost nechráněných spojů s bočními prvky ze dřeva..... | 71 |

Technická zpráva

Název stavby: Dostavba Mateřské školy při Základní škole 17. listopadu
Místo stavby: Mladá Boleslav
Vypracoval: Jiří Jurečka
Datum: 21. 5. 2017

1) Předmět řešení

Projektová dokumentace řeší statické a požárně statické řešení přístavby mateřské školy k základní škole v ulici 17. listopadu 1325 v Mladé Boleslavi. Řešený objekt je dvoupodlažní dřevostavba s těžkým skeletem a s dřevobetonovým stropem. Budova má plochou střechou. Objekt je půdorysně částečně členěný. Vnější rozměry jsou 30,2x18,2 m a výška atiky je 8,15 m (viz výkresová dokumentace). Světlá výška obou podlaží je 3,22 m. V 1.NP i v 2.NP se nachází dvě kmenové třídy s kapacitou 20 dětí na jednu třídu. Dále se v objektu nachází dvě kanceláře, WC, šatny, sklady, úklidová a technická místnost.

2) Rozsah dokumentace

V dokumentaci je zaznamenán historický vývoj dřevobetonových stropů a teoretická část zachycuje možnosti realizování dřevostaveb s dřevobetonovými stropy. Dále se zabývá částí požárně bezpečnostního řešení, které je nutné k posouzení konstrukce za požáru. Hlavním předmětem dokumentace je návrh a posouzení všech nosných prvků za běžné teploty i dřevobetonového stropu za požáru na úrovni „statického výpočtu“. Zakládací systém, nosný systém a stavební soustava jsou graficky zakresleny ve výkresové dokumentaci.

3) Popis navrhovaného řešení

Základová konstrukce

Objekt je založen na monolitických železobetonových základových patkách o rozměrech 600x600x600 mm. Hloubka základové spáry je 1,05 a 1,45 m vztažené k výšce terénu. Na základové patky jsou uloženy dvě betonové bednicí tvárnice o rozměrech 500x400x250, do kterých jsou ukotveny nosné dřevěné sloupy. Železobetonová základová patka je uložena na 50 mm prostého betonu a stěrkovém lůžku zhutněném na 100 kPa o tl. 100 mm. Projektované rozměry základových konstrukcí se vztahují na únosnost základové půdy min. 100 kPa. Úroveň a charakter hladiny podzemní vody nejsou předmětem této dokumentace. Skutečná únosnost základové půdy a úroveň hladiny podzemní vody musí být prokázán na základě inženýrsko – geologického průzkumu provedeného na staveništi. Po vyhodnocení inženýrsko – geologického průzkumu, se popřípadě musí přehodnotit návrh na zakládací prvky.

Svislé nosné konstrukce

Svislou nosnou stabilitu objektu zajišťují dřevěné sloupy. Jedná se o neprůběžné dřevěné sloupy z lepeného lamelového dřeva GL 36h o rozměru 200x200 mm. Sloupy jsou spolu propojeny ocelových spojovacím prvkem viz výkresová dokumentace. Výška sloupu v 1.NP činí 3,45 m a v 2.NP 3,7 m, kde sloup zároveň tvoří atiku. Vzdálenost jednotlivých sloupů je maximálně 6 m viz výkresová dokumentace. Ukotvení sloupu do základové betonové tvárnice je provedeno zapuštěnou ocelovou deskou v dřevěném sloupu, která je svařená s další ocelovou deskou ukotvenou do betonové tvárnice. Na některé sloupy jsou v obvodových stěnách uhlopříčně ukotveny zavětrovací prvky v podobě ocelových táhel.

Vodorovné nosné konstrukce

Stropní nosná konstrukce je provedená z lepených lamelových trámů pevnostní třídy GL 36h spřažených s vláknobetonovou deskou, na které je následně uložená podlaha, respektive střešní konstrukce. Dřevěné trámy mají osovou vzdálenost 1000 mm, rozměry 300x200 mm a rozpětí 6000 mm, tl. vláknobetonové desky je 80 mm. Spřažení dřeva a betonu je zajištěno kolíky ukotvenými do dřeva ve vzdálenosti 100 mm. Tato stropní konstrukce je ukotvena do průvlaku z lepeného lamelového dřeva GL 36h o rozměrech 240x500 mm s největším rozpětím 6000 mm. Spojení trámu a průvlaku je zajištěno spojovacím prvkem SIMPSON Strong – Tie Concealed Beam Hanger ETB 230/34723.

Obvodové nenosné stěny a příčky

Obvodové stěny jsou realizovány z žebrové dřevěné konstrukce. Mezi nosné sloupy jsou umístěny nenosné dřevěné sloupky z rostlého dřeva RD C24 o rozměrech 60x150 mm a osovou vzdáleností 625 mm. Jsou zaklopeny z vnější strany OSB deskou o tl. 25 mm. Mezi nenosné sloupky je umístěna tepelná izolace ISOVER WOODSIL 15. Na OSB desku ze strany exteriéru je připevněna tepelně izolační dřevovláknitá deska Hofatex o tloušťce 60 mm, na kterou je aplikovaná omítka. Ze strany interiéru je umístěna sádrokartonová deska RIGISTABIL 15. Všechny příčky v objektu jsou ze sádrokartonu o tloušťce 150 mm s nosným ocelovým profilem.

Schodiště

Objekt disponuje třemi schodišti. První se nachází uvnitř, jedná se o dřevěné dvouramenné schodiště, které funguje jako hlavní přístup do 2.NP. Další dvě schodiště jsou venkovní a slouží jako druhá, respektive třetí úniková cesta. Jedná se o ocelová točitá schodiště, která se nachází na severní straně objektu. Návrh a ukotvení schodiště není předmětem této dokumentace, ale pro jeho ukotvení vnitřního dřevěného schodiště je navržena výměna stropních nosníků znázorněná ve výkresové dokumentaci.

Střecha

Plochá nepochozí dvouplášťová střecha je nesena stropní konstrukcí 2.NP. Výška atiky je 600 mm. Skladba střechy:

- plavené kamenivo, frakce 16/32 mm
- ochranná a filtrační vrstva
- extrudovaný polystyren, tl. 150 mm
- separační vrstva – geotextilie
- hydroizolační fólie – PROTAN G
- expandovaný polystyren, tl. 150 mm
- parobrzdná zábrana
- penetrační nátěr

Podlaha

Składba podlahy A – PVC (kmenové třídy, sklad, šatna)

- PVC + lepidlo, tl. 5 mm
- anhydritový potěr, tl. 65 mm
- separační vrstva – PE fólie
- minerální kročejová izolace, tl. 80 mm

Skladba podlahy B – keramická dlažba (chodba + vstup, technická místnost, WC, sklad
rádla, úklidová místnost)

- keramická dlažba + lepidlo, tl. 15 mm
- hydroizolační stěrka, tl. 5 mm
- anhydritový potěr, tl. 50 mm
- separační vrstva – PE fólie
- kročejová minerální izolace, tl. 80 mm

4) Popis posouzení nosných prvků za účinků požáru

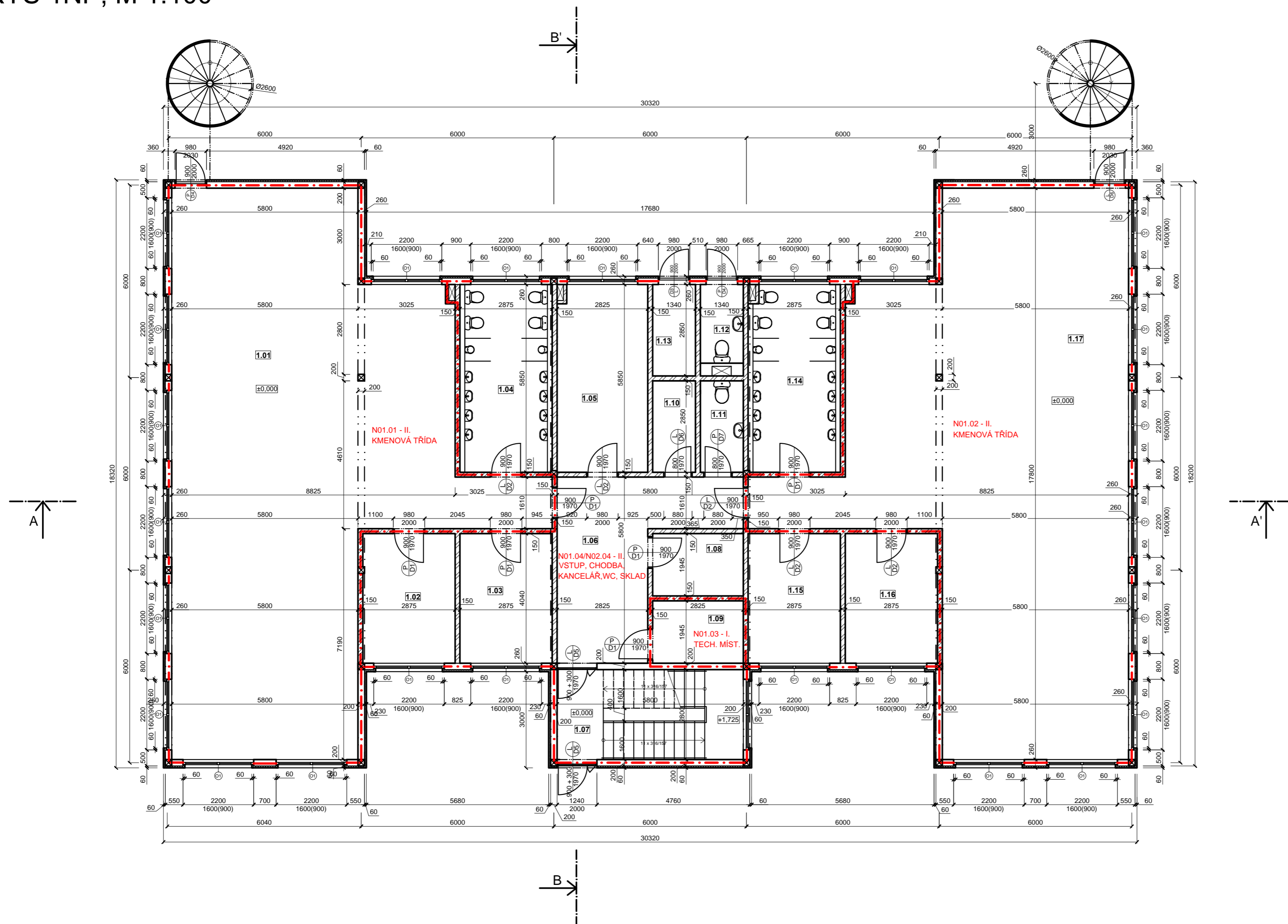
Ve výpočtové části je uvedeno posouzení dřevobetonového stropního nosníku za požáru v místnosti 1.01 (kmenová třída). Požadovaná požární odolnost na stropní konstrukci je R 30. Po 30 minutách požáru se podle metody ISOTERMY 500 vláknobetonová deska zredukovala o $a_{500} = 10,5$ mm na tloušťku průřezu 69,5 mm a dřevěný trám se podle normového požáru zredukoval o $d_{ef,n} = 28$ mm na rozměr průřezu 144x272 mm a podle parametrického požáru o $d_{ef,par} = 38$ mm na rozměr průřezu 123,9x262 mm. Při těchto rozměrech průřez nezkolaboval a požadavek na požární odolnost R 30 byl splněn.

Stropní konstrukce zkolabovala až v 50. minutě. Kdy podle metody ISOTERMY 500 (vláknobeton) a metody redukovaného průřezu podle parametrické teplotní křivky (dřevěný trám) došlo ke kolapsu betonu v tahu. O stropní konstrukce lze prohlásit, že její požární odolnost je R 45.

5) Závěr




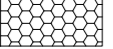

Všechny výpočty a navrhnuté prvky splňují požadavky norem: ČSN 73 0035 - Zatížení stavebních konstrukcí; ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí; ČSN EN 1992-1 - Zatížení konstrukcí; ČSN EN 1992-1-1 - Navrhování betonových konstrukcí; ČSN EN 1992-1-2 - Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru; ČSN EN 1995-1-1 - Navrhování dřevěných konstrukcí; ČSN EN 1995-1-2 - Navrhování dřevěných konstrukcí na účinky požáru

PŮDORYS 1NP, M 1:100



| Tabulka místností | | | |
|-------------------|-----------------|--------------------------|----------------|
| č.m. | účel místnosti | plocha (m ²) | úprava povrchu |
| 1.01 | denní místnost | 131,1 | PVC |
| 1.02 | sklad | 11,4 | PVC |
| 1.03 | šatna | 11,4 | PVC |
| 1.04 | WC děti | 16,5 | Ker. dlažba |
| 1.05 | kancelář | 16,5 | PVC |
| 1.06 | chodba | 21,1 | Ker. dlažba |
| 1.07 | vstup | 16,2 | Ker. dlažba |
| 1.08 | sklad prádla | 5,5 | Ker. dlažba |
| 1.09 | technická míst. | 5,5 | Ker. dlažba |
| 1.10 | úklidová míst. | 3,8 | Ker. dlažba |
| 1.11 | WC zaměstnanci | 3,8 | Ker. dlažba |
| 1.12 | WC venkovní | 3,8 | Ker. dlažba |
| 1.13 | venkovní sklad | 3,8 | Ker. dlažba |
| 1.14 | WC děti | 16,5 | Ker. dlažba |
| 1.15 | šatna | 11,4 | PVC |
| 1.16 | sklad | 11,4 | PVC |
| 1.17 | denní místnost | 131,1 | PVC |

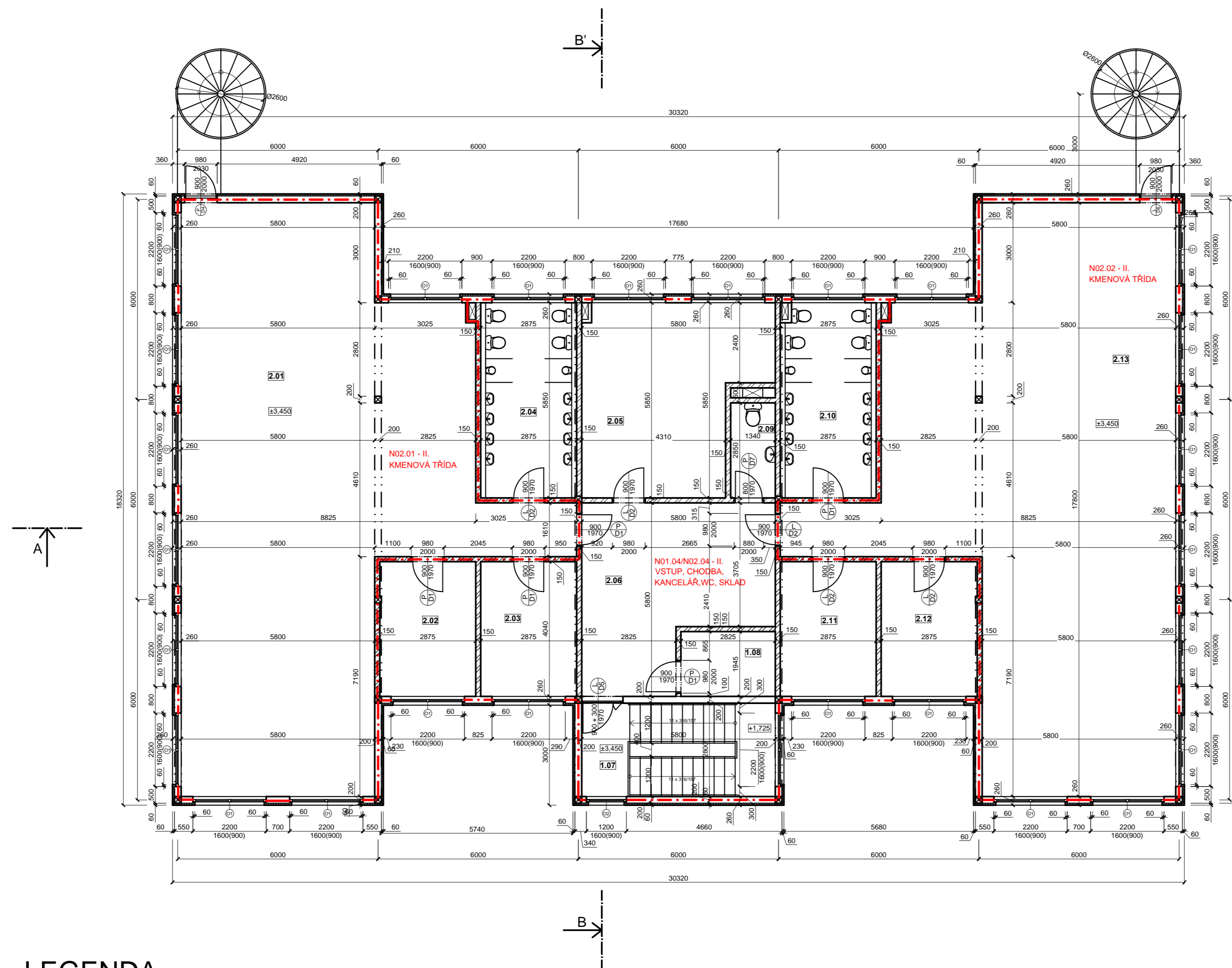
LEGENDA

-  DŘEVĚNÝ SLOUP 200x200, GL 36h
-  NENOSNÁ STĚNA,
dřevěné sloupky 60x150 po 625 mm, RD C24
-  SÁDROKARTONOVÁ PŘÍČKA
-  TEPELNĚ IZOLAČNÍ DESKA HOFATEX
-  HRANICE POŽÁRNÍHO ÚSEKU

0,000 = 236,2 m.n.m Bpv

| | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | Datum: 18.5.2017 |
| Název výkresu: PŮDORYS 1NP | | | Merítko: 1:100 |
| | | | Číslo výkresu: 1 |

PŮDORYS 2NP, M 1:100



| Tabulka místností | | | |
|-------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| č.m. | účel místnosti | plocha (m ²) | úprava povrchu |
| 2.01 | denní místnost | 131,1 | PVC |
| 2.02 | sklad | 11,4 | PVC |
| 2.03 | šatna | 11,4 | PVC |
| 2.04 | WC děti | 16,5 | Ker. dlažba |
| 2.05 | kancelář | 28,5 | PVC |
| 2.06 | chodba | 27,4 | Ker. dlažba |
| 2.07 | vstup | 16,2 | Ker. dlažba |
| 2.08 | sklad prádla | 5,5 | Ker. dlažba |
| 2.09 | WC zaměstnanci | 3,8 | Ker. dlažba |
| 2.10 | WC děti | 16,5 | Ker. dlažba |
| 2.11 | šatna | 11,4 | PVC |
| 2.12 | sklad | 11,4 | PVC |
| 2.13 | denní místnost | 131,1 | PVC |

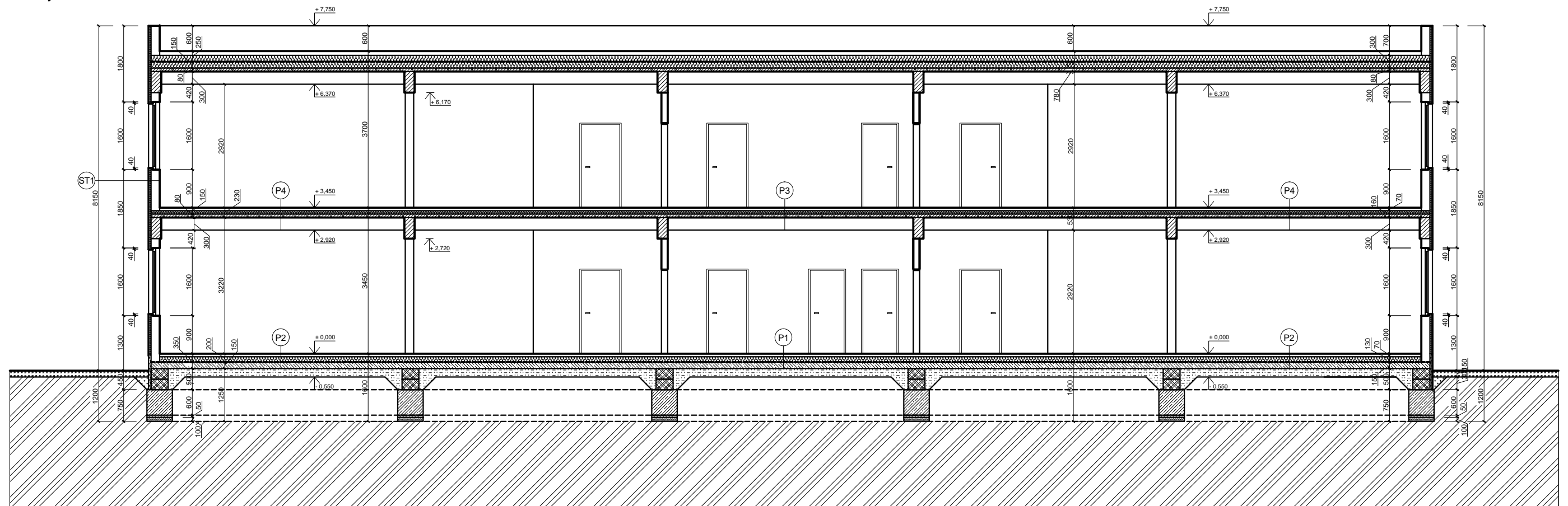
LEGENDA

- ⊠ DŘEVĚNÝ SLOUP 200x200, GL 36h
- NENOSNÁ STĚNA,
dřevěné sloupky 60x150 po 625 mm, RD C24
- ▨ SÁDROKARTONOVÁ PŘÍČKA
- ▤ TEPELNĚ IZOLAČNÍ DESKA HOFATEX
- - - HRANICE POŽÁRNÍHO ÚSEKU

0,000 = 236,2 m.n.m Bpv

| | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIRÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | Datum: 18.5.2017 |
| Název výkresu: PŮDORYS 2NP | | | Měřítko: 1:100 |
| | | | Číslo výkresu: 2 |

ŘEZ AA', M 1:100



LEGENDA MATERIÁLŮ

- LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVA GL36 h
- BETON PROSTÝ C16/20
- VLÁKNOBETON C45/55, ocelové vlákna H 75/50 Arcelor
- ŽELEZOBETON C20/25
- BETONOVÁ BEDNÍCÍ TVÁRNICE

- ZÁSYP ZEMINY, ZHUTNĚNÝ NA E = 40kPa
- ŠTERKOPÍSKOVÝ POSYP, ZHUTNĚNÝ NA E = 40 kPa
- ŠTERKOVÉ LŮŽKO, ZHUTNĚNÉ NA E = 100 kPa

- ROSTLÝ TERÉN
- ZATRAVNĚNÍ
- DESKA HOFATEX
- EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN

- P1**
- keramická dlažba + lepidlo, tl. 15 mm
 - hydroizolační stěrka, tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 50 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 130 mm
 - asfaltový pás GLASTEK AL 40 MINERAL
 - penetrační nátěr
 - podkladný prostý beton C16/20, tl. 150 mm

- P2**
- PVC + lepidlo - tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 65 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 130 mm
 - asfaltový pás GLASTEK AL 40 MINERAL
 - penetrační nátěr
 - podkladný prostý beton C16/20, tl. 150 mm

- P3**
- keramická dlažba + lepidlo, tl. 15 mm
 - hydroizolační stěrka, tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 50 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 80 mm
 - oddělovací vrstva - geotextilie
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

- P4**
- PVC + lepidlo - tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 65 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 80 mm
 - oddělovací vrstva - geotextilie
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

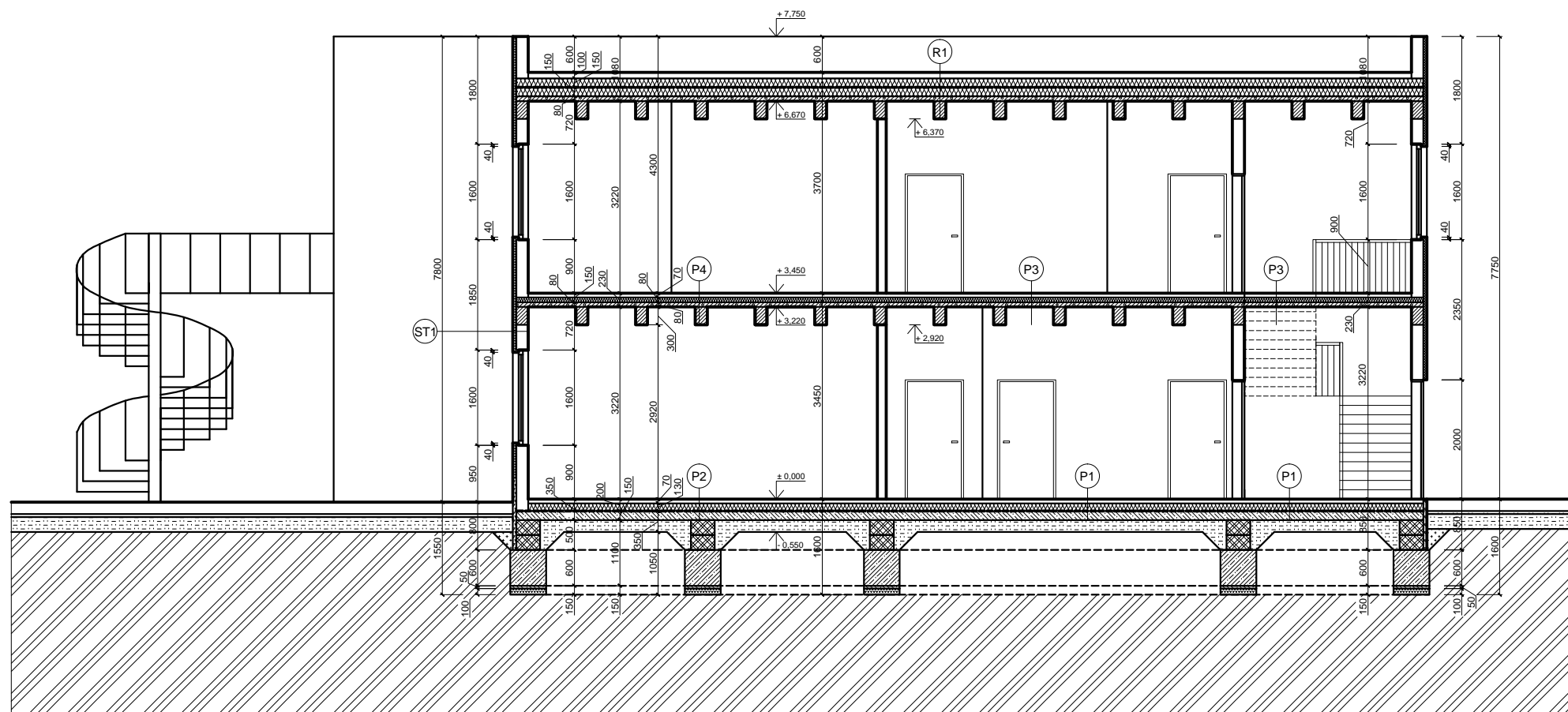
- R1**
- plavené kamenivo, frakce 16/32 mm
 - ochranná a filtrační fólie
 - extrudovaný polystyren, tl. 150 mm
 - separační vrstva - geotextilie
 - hydroizolační fólie PROTAN G
 - expandovaný polystyren, tl. 150 mm
 - parotésná zábrana
 - penetrační nátěr
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

- St1**
- vápenocementová omítka - Baumit MPS 35 L, tl. 20 mm
 - Baumit přednástřík
 - Armovací vrstva Baumit
 - tepleně izolační deska Hofatex, tl. 60 mm
 - OSB 25
 - tepelná izolace - ISOVER WOODSIL 15
 - dřevěný sloupek 150/60 mm, RD 24
 - FH parobrzdná fólie
 - sádkokarton - RIGISTABIL 15
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm

0,000 = 236,2 m.n.m BpV

| | | | |
|--|--|--------------------------|-------------------------------------|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Datum: 18.5.2017 | | | Meřítko: 1:100 |
| Název výkresu: ŘEZ AA' - PODÉLNÝ ŘEZ | | | |

ŘEZ BB', M 1:100



LEGENDA

- LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVA GL36 h
- BETON PROSTÝ C16/20
- VLÁKNOBETON C45/55, ocelové vlákna H75/50 Arcelor
- ŽELEZOBETON C20/25
- BETONOVÁ BEDNÍCÍ TVÁRNICE
- ZÁSYP ZEMINY, ZHUTNĚNÝ NA E = 40 kPa
- ŠTERKOPÍSKOVÝ POSYP, ZHUTNĚNÝ NA E = 40 kPa
- ŠTĚRKOVÉ LŮŽKO, ZHUTNĚNÉ NA E = 100 kPa
- ROSTLÝ TERÉN
- ZATRAVNĚNÍ
- TEPLENĚ IZOLAČNÍ DESKA HOFATEX
- EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN

- P1**
- keramické dlažba + lepidlo, tl. 15 mm
 - hydroizolační stěrka, tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 50 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 130 mm
 - asfaltový pás GLASTEK AL 40 MINERAL
 - penetrační nátěr
 - podkladný prostý beton C16/20, tl. 150 mm

- P2**
- PVC + lepidlo - tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 65 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 130 mm
 - asfaltový pás GLASTEK AL 40 MINERAL
 - penetrační nátěr
 - podkladný prostý beton C16/20, tl. 150 mm

- P3**
- keramické dlažba + lepidlo, tl. 15 mm
 - hydroizolační stěrka, tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 50 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 80 mm
 - oddělovací vrstva - geotextilie
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

- P4**
- PVC + lepidlo - tl. 5 mm
 - anhydritový potěr, tl. 65 mm
 - polyethylenová separační PE fólie, tl. 0,2 mm
 - minerální kročejová izolace, tl. 80 mm
 - oddělovací vrstva - geotextilie
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

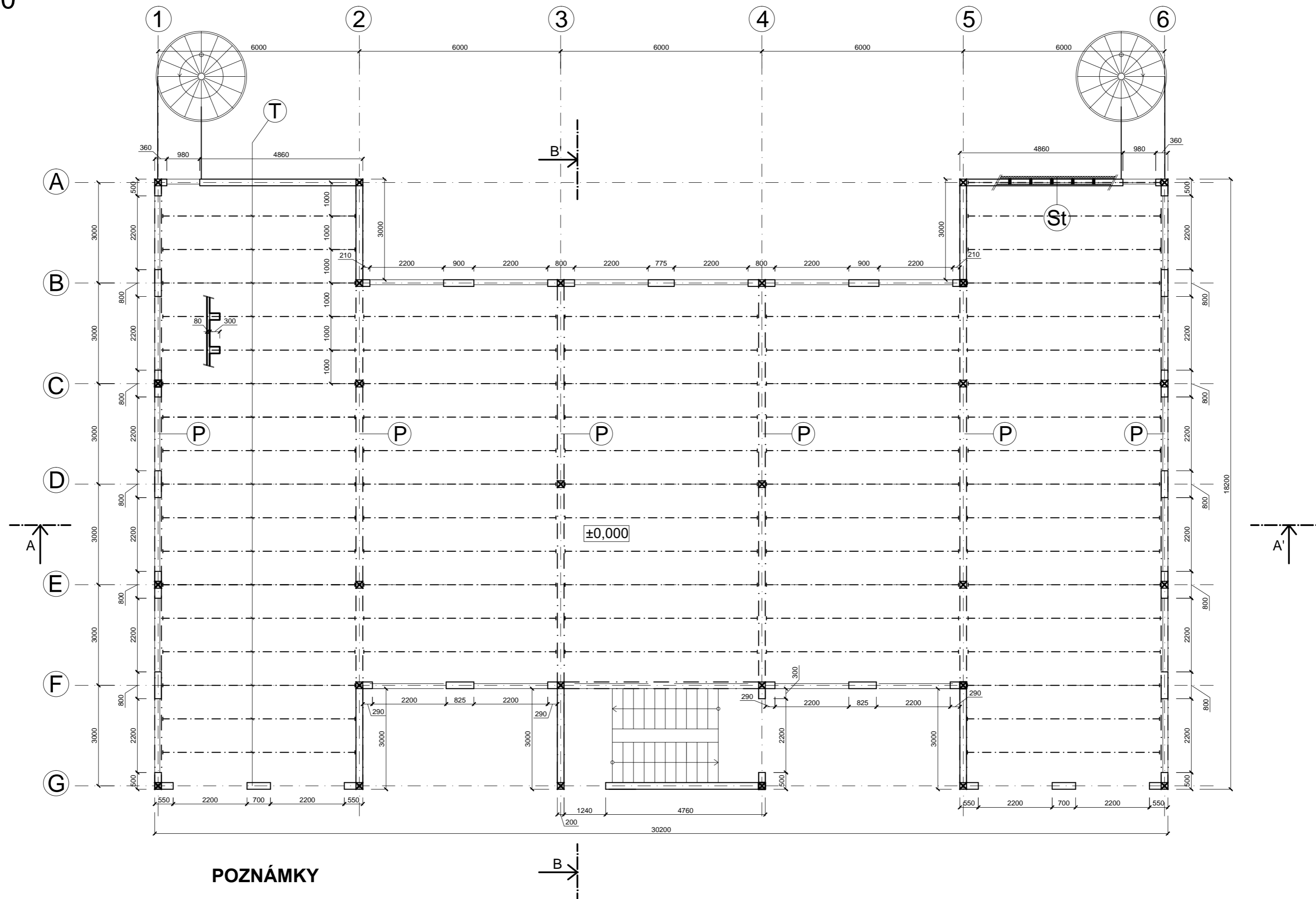
- R1**
- plavené kamenivo, frakce 16/32 mm
 - ochranná a filtrační fólie
 - extrudovaný polystyren, tl. 150 mm
 - separační vrstva - geotextilie
 - hydroizolační fólie PROTAN G
 - expandovaný polystyren, tl. 150 mm
 - parotěsná zábrana
 - penetrační nátěr
 - vláknobetonová deska, tl. 80 mm
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm
 - dřevěný trám 200/300 mm - lepené lamelové dřevo

- St1**
- vápenocementová omítka - Baumit MPS 35 L, tl. 20 mm
 - Baumit přednáštřík
 - Armovací vrstva Baumit
 - tepleně izolační deska Hofatex, tl. 60 mm
 - OSB 25
 - tepelná izolace - ISOVER WOODSIL 15
 - dřevěný sloupek 150/50 mm, RD 24
 - FH parobrzdná fólie
 - sádkokarton - RIGISTABIL 15
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm






0,000 = 236,2 m.n.m Bpv

| | | | |
|---|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Datum: 18.5.2017 | | | Meřítko: 1:100 |
| Název výkresu: ŘEZ BB' - PŘÍČNÝ ŘEZ | | | |

PŮDORYS 1NP, M 1:100



LEGENDA

-  Dřevěný sloup 200x200 - Lepené lamelové dřevo GL 36h
-  Dřevěný sloupek 60x150 - Rostlé dřevo RD C24
-  Dřevěný trám 200x300 - Lepené lamelové dřevo GL 36h
-  Dřevěný průvlak 240x500 - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- 
 - vápenocementová omítka - Baumit MPS 35 L, tl. 20 mm
 - Baumit nástřík
 - Armovací vrstva Baumit
 - tepelně izolační deska Hofatex, tl. 60 mm
 - OSB 25
 - tepelná izolace - ISOVER WOODSIL 15
 - dřevěné sloupky 60x150 - RD 24
 - FH parobrzdná fólie
 - sádkokarton - RIGISTABIL 15
 - tenkovrstvá vápenná omítka, tl. 5 mm

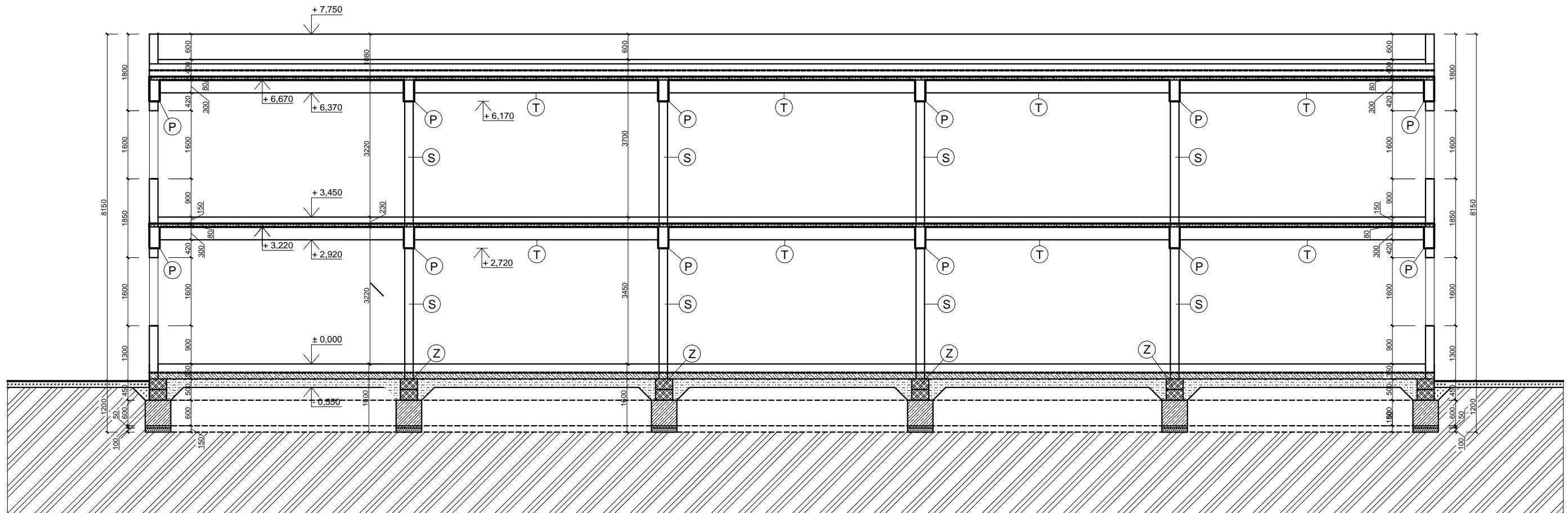
POZNÁMKY

- Při zhotovování nosných konstrukcí dodržet technologický postup podle zásad výrobců
- Průřezy a stavební úpravy koordinovat podle stavební části dokumentace příslušných profesí
- Všechny rozměry konstrukcí kontrolovat přím na stavbě a koordinovat se stavební částí
- Při práci na stavbě dodržovat platné technické normy a bezpečnostní předpisy patné ve stavebnictví

0,000 = 236,2 m.n.m Bpv

| | | | |
|--|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIRÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | Datum: 18.5.2017 |
| Název výkresu: PŮDORYS 1NP - NOSNÝ SYSTÉM (TYPICKÉ PODLAŽÍ) | | | Měřítko: 1:100 |
| | | | Číslo výkresu: 5 |

ŘEZ AA', M 1:100



LEGENDA

- P** Dřevěný průvlak 500/240 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- T** Dřevěný trám 300/200 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- S** Dřevěný sloup 200/200 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- Z** Betonová bednicí tvárnice 500/400/250 mm

- | | | | |
|--|---|--|--------------|
| | BETON PROSTÝ C16/20 | | ROSTLÝ TERÉN |
| | VLÁKNOBETON C45/55, ocelové vlákna H 75/50 Arcelor | | ZATRAVNĚNÍ |
| | ŽELEZOBETON C20/25 | | |
| | BETONOVÁ BEDNÍCÍ TVÁRNICE | | |
| | ZÁSYP ZEMINY, ZHUTNĚNÝ NA E = 40kPa | | |
| | ŠTERKOPÍSKOVÝ POSYP, ZHUTNĚNÝ NA E = 40 kPa | | |
| | ŠTĚRKOVÉ LŮŽKO, ZHUTNĚNÉ NA E = 100 kPa | | |

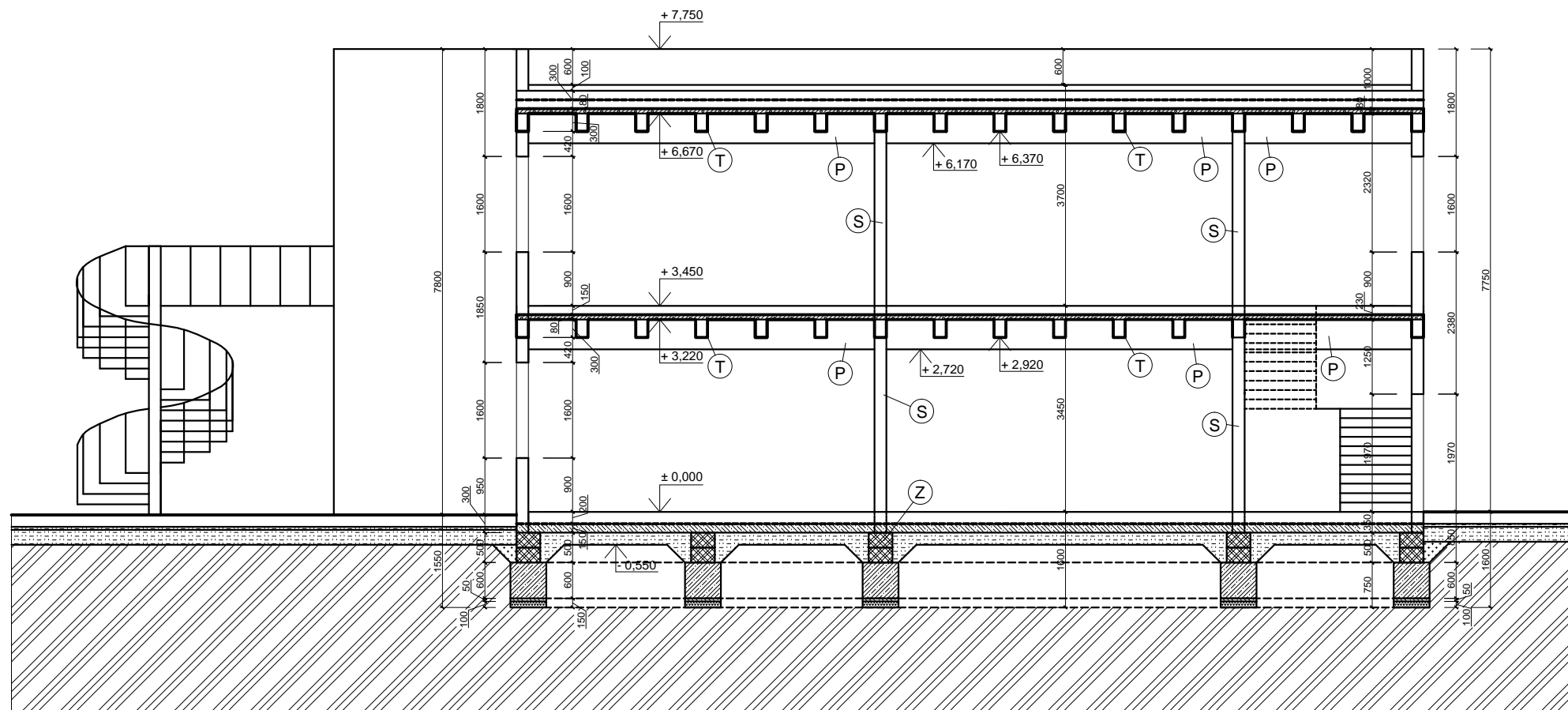
POZNÁMKY

- Při zhotovování nosných konstrukcí dodržet technologický postup podle zásad výrobců
- Průřezy a stavební úpravy koordinovat podle stavební části dokumentace příslušných profesí
- Všechny rozměry konstrukcí kontrolovat přím na stavbě a koordinovat se stavební částí
- Při práci na stavbě dodržovat platné technické normy a bezpečnostní předpisy patné ve stavebnictví

0,000 = 236,2 m.n.m Bpv

| | | | |
|---|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIRÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Datum: 18.5.2017 | | | Číslo výkresu: 6 |
| Název výkresu: ŘEZ AA' - NOSNÝ SYSTÉM | | | |
| Meřítko: 1:100 | | | |

ŘEZ BB', M 1:100



LEGENDA

- P** Dřevěný průvlak 500/240 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- T** Dřevěný trám 300/200 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- S** Dřevěný sloup 200/200 mm - Lepené lamelové dřevo GL 36h
- Z** Betonová bednicí tvárnice 500/400/250 mm

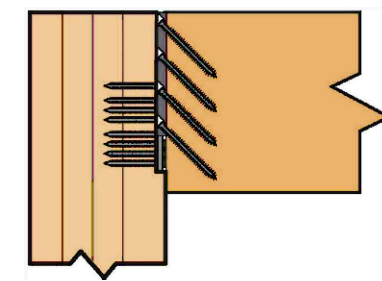
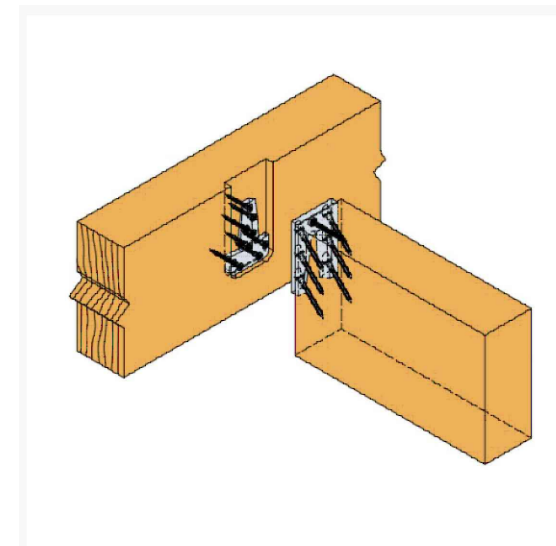
- | | | | |
|--|---|--|--------------|
| | BETON PROSTÝ C16/20 | | ROSTLÝ TERÉN |
| | VLÁKNOBETON C45/55, ocelové vlákna H 75/50 Arcelor | | ZATRAVNĚNÍ |
| | ŽELEZOBETON C20/25 | | |
| | BETONOVÁ BEDNÍCÍ TVÁRNICE | | |
| | ZÁSYP ZEMINY, ZHUTNĚNÝ NA E = 40kPa | | |
| | ŠTERKOPÍSKOVÝ POSYP, ZHUTNĚNÝ NA E = 40 kPa | | |
| | ŠTERKOVÉ LŮŽKO, ZHUTNĚNÉ NA E = 100 kPa | | |

POZNÁMKY

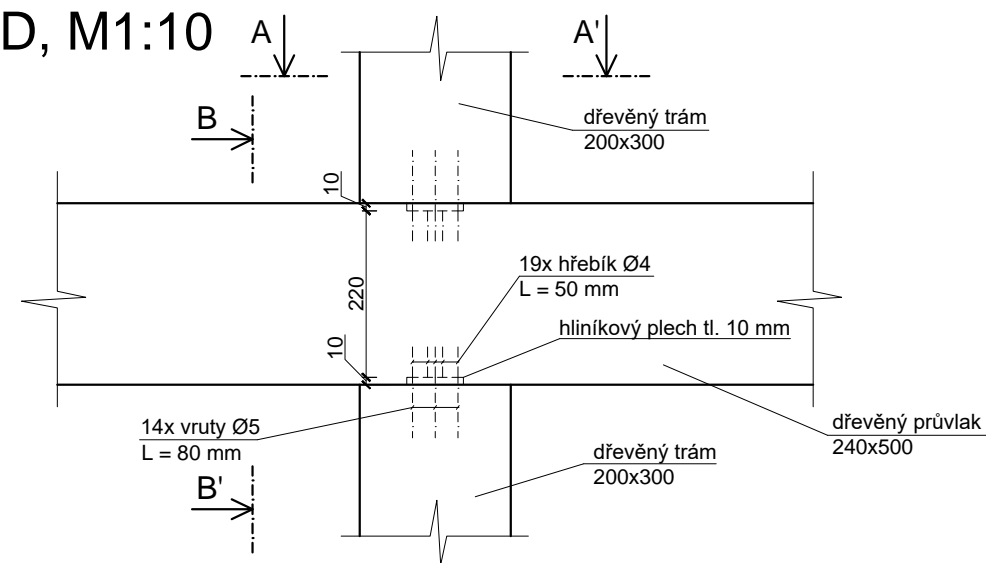
- Při zhotovování nosných konstrukcí dodržet technologický postup podle zásad výrobců
- Průřezy a stavební úpravy koordinovat podle stavební části dokumentace příslušných profesí
- Všechny rozměry konstrukcí kontrolovat přím na stavbě a koordinovat se stavební částí
- Při práci na stavbě dodržovat platné technické normy a bezpečnostní předpisy patné ve stavebnictví

0,000 = 236,2 m.n.m BpV

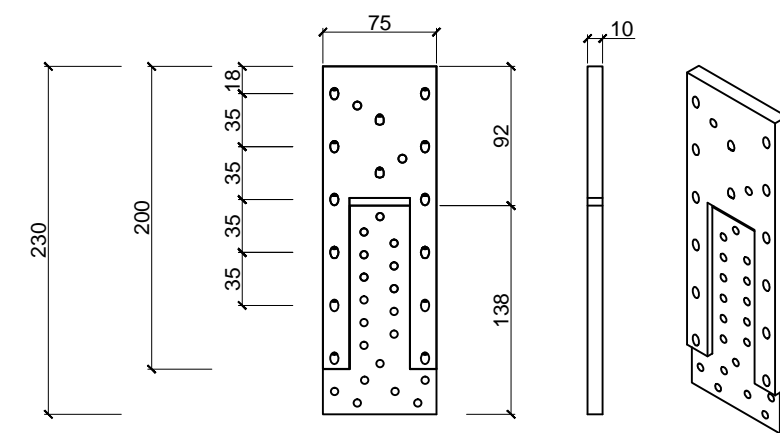
| | | | |
|---|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Název výkresu: ŘEZ BB' - NOSNÝ SYSTÉM | | | Datum: 18.5.2017 |
| | | | Meřítko: 1:100 |
| | | | Číslo výkresu: 7 |



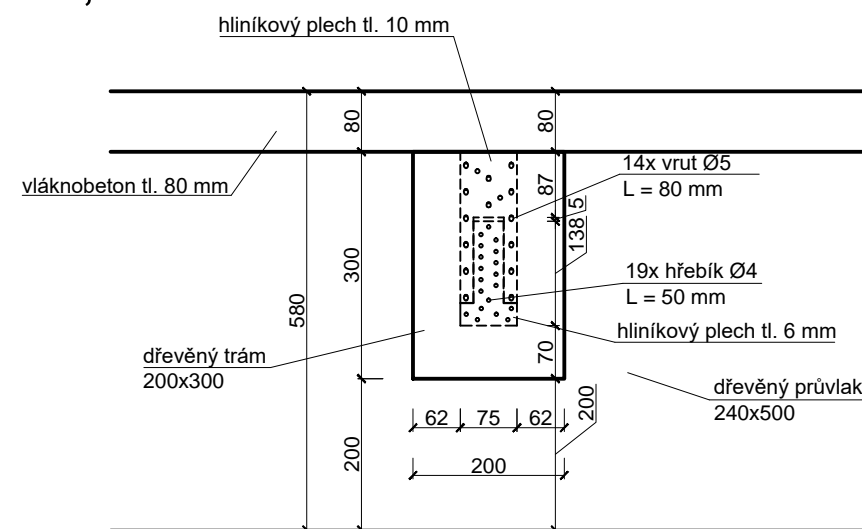
POHLED, M1:10



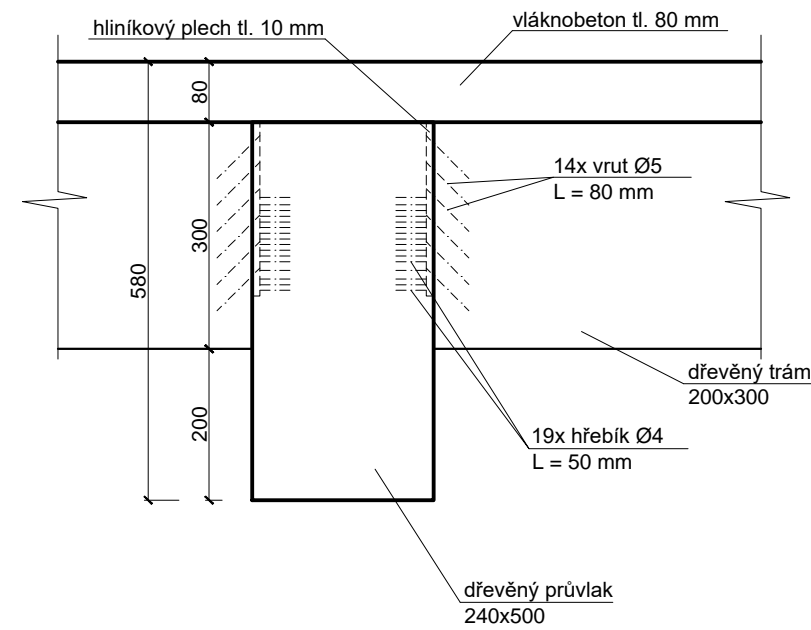
SPOJOVACÍ PRVEK, M1:5



ŘEZ AA', M1:10

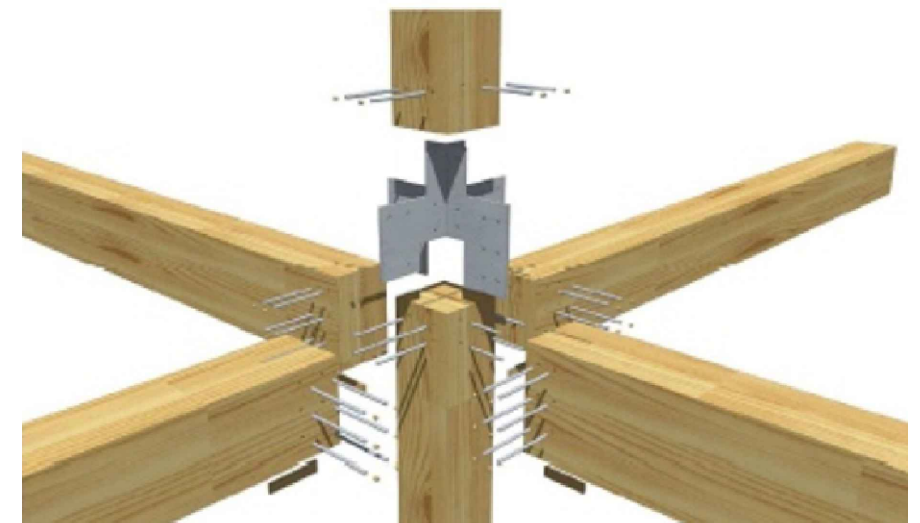
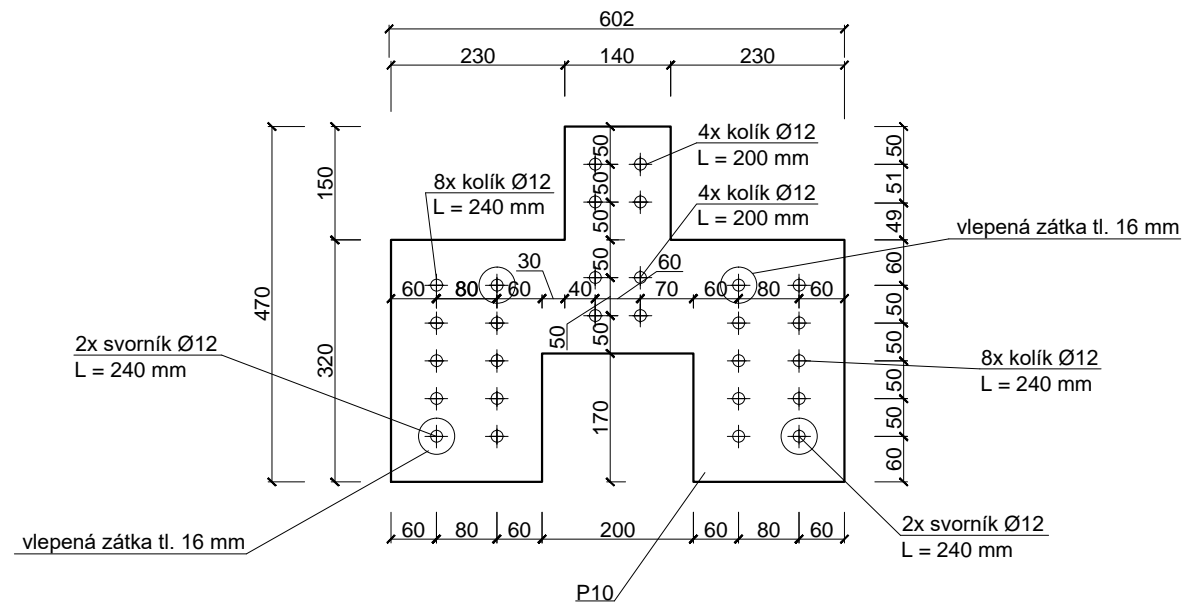


ŘEZ BB', M1:10

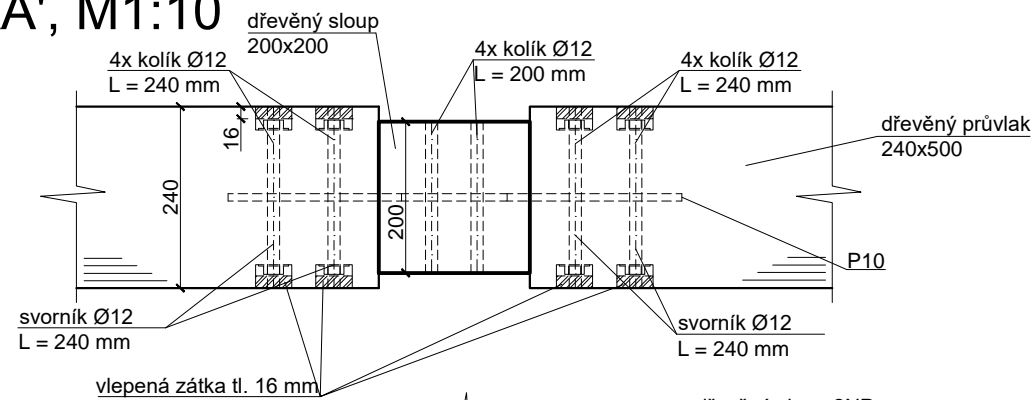


| | | | |
|--|--|--------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Datum: 18.5.2017 | | | Meřítko: 1:10 |
| Název výkresu: DETAIL SPOJE PRŮVLAK + TRÁM | | | |
| Číslo výkresu: 8 | | | |

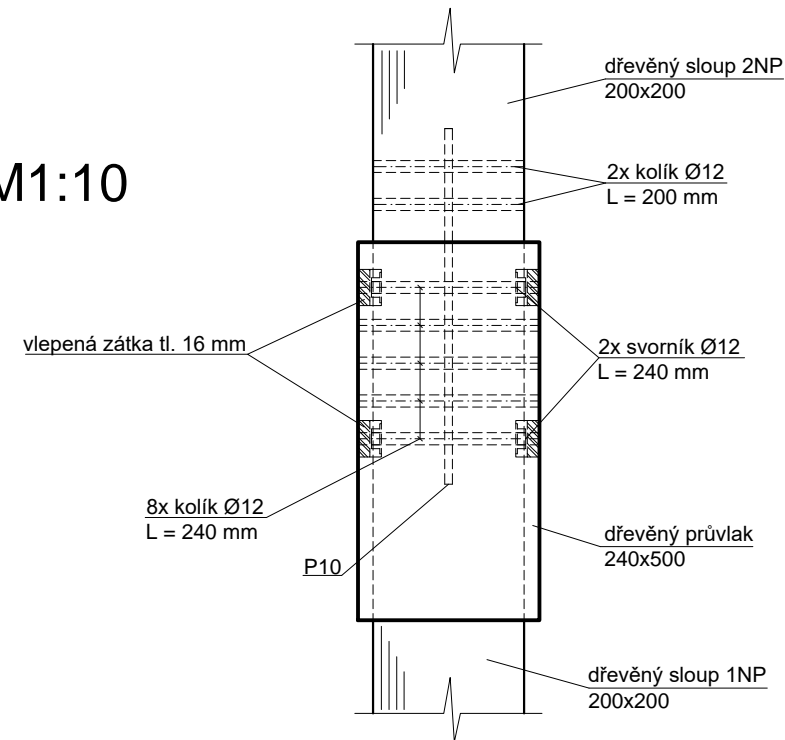
SPOJOVACÍ PRVEK, M1:10



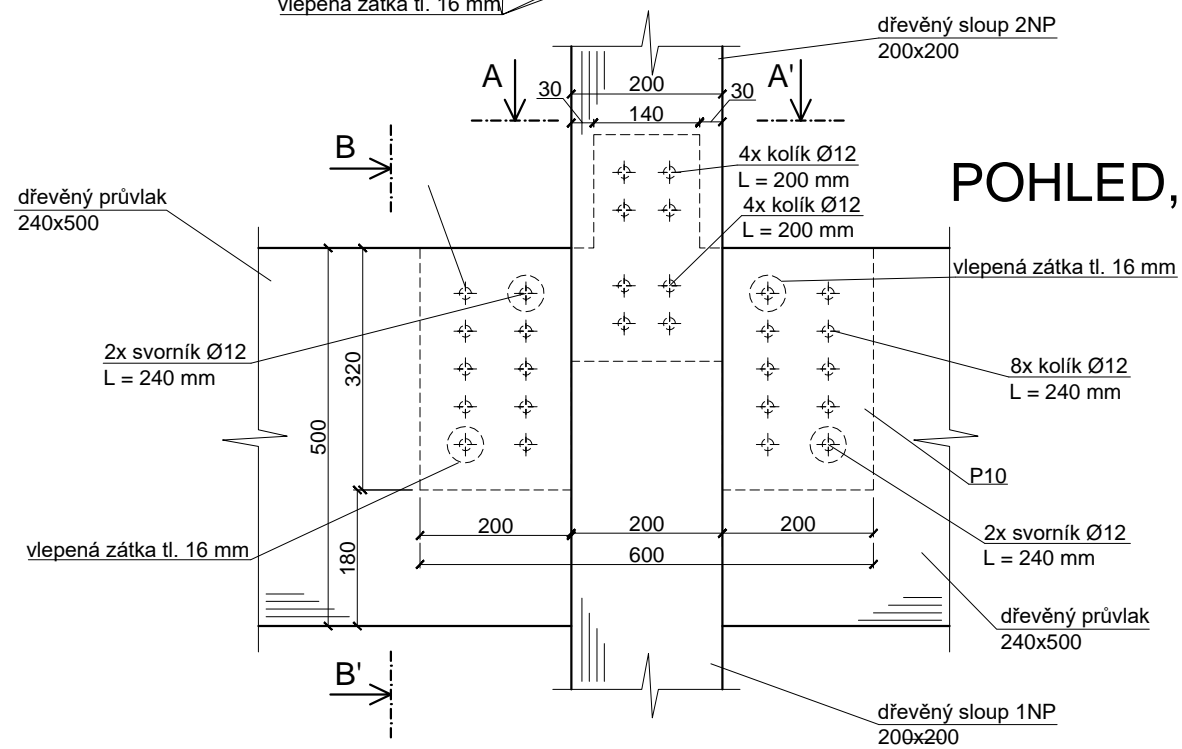
ŘEZ AA', M1:10




ŘEZ BB', M1:10

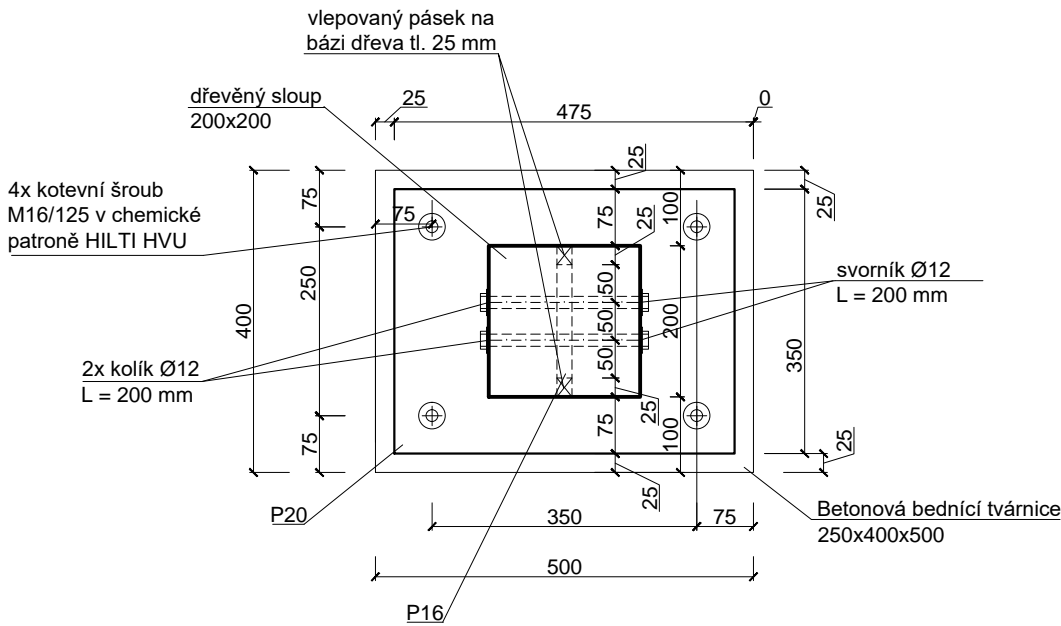


POHLED, M1:10

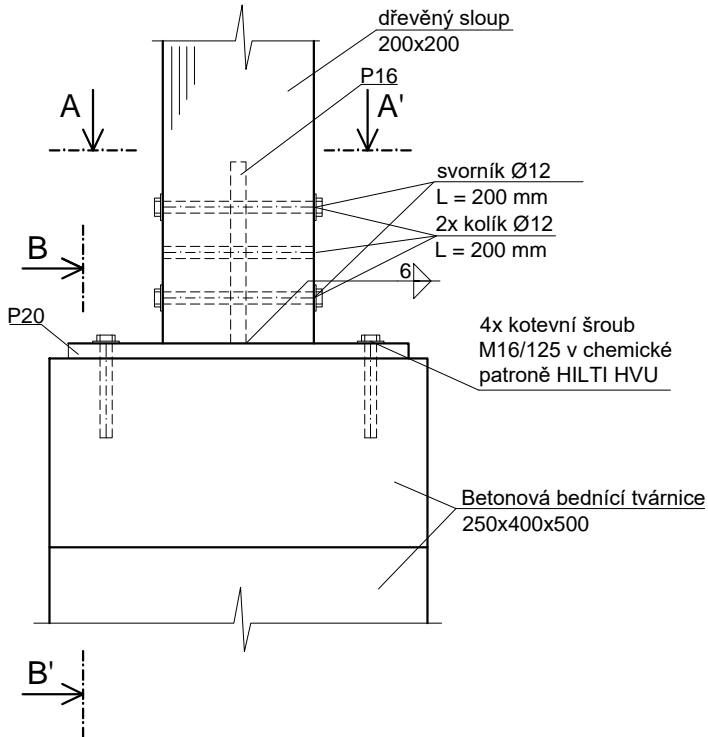


| | | | |
|---|--|--------------------------|--|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT  |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Datum: 18.5.2017 | | | Číslo výkresu: 9 |
| Název výkresu: DETAIL SPOJE SLOUP + PRŮVLAK | | | |
| Meřítko: 1:10 | | | |

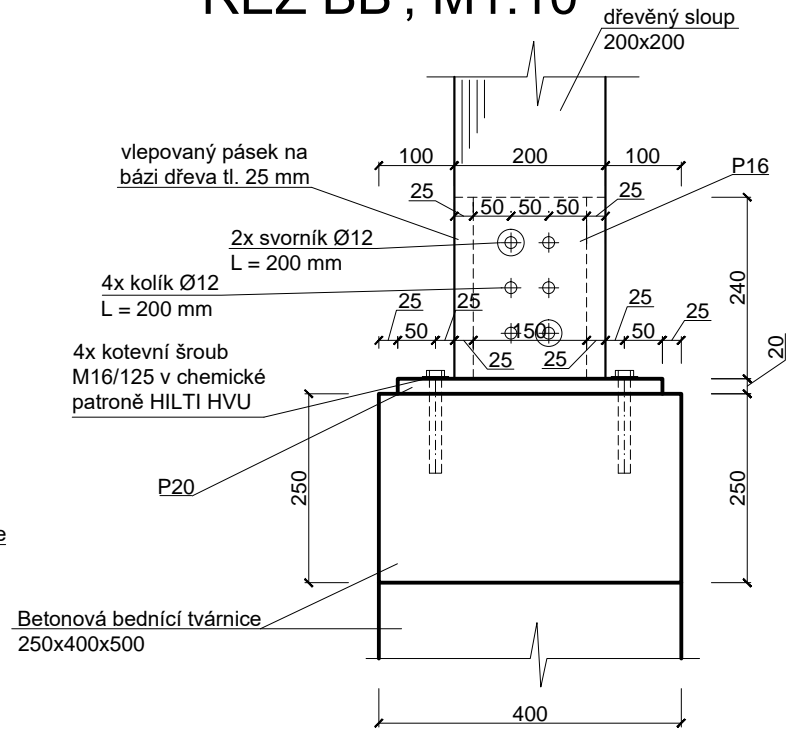
ŘEZ AA', M1:10




POHLED, M1:10



ŘEZ BB', M1:10



| | | | |
|---|--|--------------------------|--|
| Zpracoval: JIŘÍ JUREČKA | Vedoucí cvičení: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. | Školní rok: 2016/2017 | Fakulta stavební ČVUT  |
| Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | | |
| Název výkresu: DETAIL SPOJE SLOUP + PATKA | | | Datum: 18.5.2017 |
| | | | Meřítko: 1:10 |
| | | | Číslo výkresu: 10 |