

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V
PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

21.5. 2024

František Hlásek

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Dřevěná konstrukce sportovního a kulturního centra

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Datum odevzdání:

František Hlásek

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Květen 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hlásek** Jméno: **František** Osobní číslo: **502079**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Specializace: **Pozemní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Dřevěná konstrukce sportovního a kulturního centra

Název bakalářské práce anglicky:

Timber Structure of Sports and Cultural Center

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude obsahovat projekt -technickou zprávu, statický výpočet, výkresovou dokumentaci, vybrané detaily, technickou zprávu a použité zdroje.

Seznam doporučené literatury:

Platné technické normy.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc. katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.02.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis oříkara(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 21.5.2024

František Hlásek

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Petru Kuklíkovi, CSc. za cenné rady, odborné konzultace, ochotu a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Děkuji také všem, kteří mě při zpracování této práce podporovali a věřili mi.

Anotace

Bakalářská práce pod názvem „Dřevěná konstrukce sportovního a kulturního centra“ obsahuje návrh nosné konstrukce rámové haly z lepeného lamelového dřeva. Práce se skládá ze statického výpočtu, výkresové dokumentace a technické zprávy. Statická část obsahuje výpočty jednotlivých prvků haly a jejich spojů dle norem ČSN EN. Výkresová dokumentace obsahuje výkresy situace, půdorysu, jednotlivých řezů a pohledů a detailů. Technická zpráva poskytuje informace o navrženém konstrukčním systému a dalších prvcích haly.

Klíčová slova

Sportovní hala, kulturní centrum, lepené lamelové dřevo, rámová konstrukce, návrhový výpočet

Annotation

The bachelor thesis titled "Wooden structure of a sports and cultural centre" contains a design of the frame structure of a frame hall made of glued laminated timber. The thesis consists of a design calculation, drawings and a technical report. The static part contains calculations of individual members of the hall and their connections according to ČSN EN standards. The drawing documentation includes drawings of the situation, floor plan, single-individual sections and views and details. The technical report provides information on the designed structural system and other members of the hall.

Keywords

Sports hall, cultural centre, glued laminated timber, frame construction, design calculation.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
ČÁST A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Datum odevzdání:

František Hlásek

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Květen 2024

Obsah

1	Obecný popis stavby a účel objektu	4
2	Zásady architektonického a funkčního řešení, včetně řešení pro přístup a užívání objektu osobami s omezenou schopností pohybu a orientace.....	4
3	Stavebně technické informace.....	5
4	Konstrukční a technické řešení	5
4.1	Zemní práce	5
4.2	Základy.....	6
4.3	Hydroizolace	6
4.4	Svislé konstrukce.....	6
4.5	Vodorovné konstrukce.....	7
4.5.1	Nosné vodorovné konstrukce	7
4.5.2	Překlady	7
4.5.3	Podhled	7
4.6	Podlahy.....	7
4.7	Svislé komunikační prvky.....	8
4.8	Střecha.....	8
4.9	Úprava vnitřních povrchů	8
4.10	Klempířské výrobky.....	8
4.11	Zpevněné a ostatní vnější plochy	8
5	Ochrana dřevěných prvků	9
6	Seznam použité literatury	10
6.1	Normy	10
6.2	Publikace	10

1 Obecný popis stavby a účel objektu

Jedná se o sportovní a kulturní centrum s jedním podzemním a jedním nadzemním podlažím. Celá budova je zastřešena nepochozí plochou střechou, jejíž spád je vytvořen pomocí spádových klínů. Budova se nachází na pozemku č. 366 v katastrálním území Líbeznice, Praha východ v nadmořské výšce 287,7 m.n.m. Součástí projektu je výstavba zpevněných ploch okolo objektu včetně parkoviště, oplocení, nové zeleně, připojení na inženýrské sítě, ale i výstavba sousedního skladiště i fotbalového hřiště.

2 Zásady architektonického a funkčního řešení, včetně řešení pro přístup a užívání objektu osobami s omezenou schopností pohybu a orientace

Celá budova sportovního a kulturního centra je navržena jako dřevostavba. Návrh budovy vychází z požadavku územního plánu a investora. Objekt je dvoupodlažní, s atypickým půdorysem složeného ze tvaru obdélníku o délce 60 m a šířce 22,12 m a dvou polokružnic s poloměrem 11 m. Celková délka objektu je tedy 82 m. Výška objektu je z nižší strany 4,65 m a z vyšší strany 8,85 m nad úroveň okolního terénu a je plochou střechou se sklonem 3°.

V podzemním podlaží se nachází bistro s kuchyní, sanitární místnosti, šatny a sklad. V prvním nadzemním podlaží se nachází kancelář, kuchyňka, přednáškový sál, centrum pro rodiče s dětmi, posilovna, klubovny a sanitární místnosti. Obě dvě podlaží pak protíná tělocvična. V objektu je celkem 36 místností.

Svislé nosné konstrukce podzemního podlaží v kontaktu se zeminou tvoří monolitická železobetonová stěny. Zbytek nosné konstrukce podzemního podlaží je tvořen těžkým dřevěným skeletem z lepeného lamelového dřeva a CLT panely. Strop je proveden jako spřažený dřevobetonový. Svislé nosné konstrukce nadzemního podlaží jsou navrženy jako těžký dřevěný skelet, jehož funkce je doplňována CLT panely. Střešní deska je poté také provedena jako spřažená dřevobetonová. Obvodové stěny jsou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem z minerální vlny a jejich finální úpravu tvoří provětrávaná fasáda.

Hlavní vstupy do objektu jsou tři a jsou situovány na severozápadní straně a jeden z nich na jihovýchodní straně. Jsou řešeny venkovním schodištěm a rampou určenou pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Rampa je ve sklonu 3% a je opatřena zábradlím. Venkovní schodiště je tvořeno čtyřmi betonovými stupni. Hlavní vchod na jihovýchodní straně se vede do 1.PP a jedná se též o bezbariérový vchod.

3 Stavebně technické informace

Celková plocha pozemku č.366, na kterém se nachází budova : 1260 m²

Plocha pozemku, na kterém budou provedeny zpevněné plochy: 5100 m²

Zastavěná plocha objektu: 960 m²

Podlahová plocha 1.PP: 899,2 m²

Podlahová plocha 1.NP: 516,1 m²

Celková podlahová plocha: 1415,3 m²

Denní osvětlení a proslunění je zajištěno navrženými prosklenými plochami výplní otvorů. Umělé osvětlení bude zajištěno svítidly dle výběru stavebníka a projektu elektroinstalace. Oslunění a osvětlení místnosti splňuje požadavky norem a vyhlášky č.268/2009 Sb. Místnosti jsou větrány zároveň okny, ale i pomocí nuceného větrání. Cirkulace vzduchu mezi místnostmi je zajištěna větracími dveřními mřížkami. Znehodnocený vzduch je odtahován z provozních místností (koupelny, WC, kuchyň) pomocí radiálních ventilátorů (koupelny, WC) a odsavače (kuchyň). Vzduch je odsáván do kruhového potrubí, které ústí do stoupacího potrubí. To je umístěného v instalačních předstěnách i příčkách a následně vyvedeno nad střechu objektu.

4 Konstrukční a technické řešení

4.1 Zemní práce

Před zahájením zemních prací se objekt vytyčí lavičkami. Také se zřetelně označí výškový bod, od kterého se určují všechny příslušné výšky. Vlastní zemní práce budou zahájeny skryvkou ornice o mocnosti 200 mm, jejíž část bude uložena na vhodném místě stavební parcely a po dokončení stavby bude využita k finální terénní úpravě pozemku. Následně budou provedeny výkopy pro základové pasy, patky a domovní rozvody inženýrských sítí. Výkopy budou prováděny převážně strojně. Zemní práce budou probíhat v souladu s výsledky a doporučením geologického posudku parcely.

4.2 Základy

Objekt je založen na základových pasech a patkách z prostého betonu C25/30. Základový pas je navržen pouze pod železobetonovou suterénní obvodovou stěnou. Základové stěny jsou poté navrhnuty pod všemi sloupy těžkého skeletu. V místě styku těchto sloupů s železobetonovou stěnou je poté základový pas rozšířen do velikosti základové patky.

Šířka základového pasu je 1000 mm a výška 700 mm. Základové patky mají rozměry 1400x1400 mm, výšku 800 mm. Na základových patkách a pasech je poté vytvořena i základová deska tloušťky 250 mm, které nese všechny vnitřní stěny i obvodový plášť. Při betonáži základů není nutné do obvodových pasů vkládat chráničky pro prostupy inženýrských sítí jelikož ty bude poté možné vyvést mezi základovými patkami.

4.3 Hydroizolace

Izolace spodní stavby proti vodě a radonu je zajištěna nastavením asfaltového pásu Glastek 40 Special Mineral v celkové tloušťce 2x4 mm na železobetonovou desku. Svislá hydroizolace bude vytažena 300 mm nad úroveň terénu. Veškeré otvory a prostupy musí být utěsněny.

4.4 Svislé konstrukce

Svislá nosná konstrukce podzemního podlaží v kontaktu se zemí je navržena ze železobetonu C25/30. Jedná se o obvodovou stěnu tloušťky 250 mm, která je opatřena 180 mm tepelné izolace a hydroizolace. Ostatní svislé konstrukce v podzemním podlaží jsou na bázi dřeva. Hlavní nosnou částí je těžký skelet z lepeného lamelového dřeva GL32h se sloupy o průřezích 260x480 mm a 2x140x260 mm (v tělocvičně). Obvodová stěna v obloukových částech je provedena formou lehkého skeletu (na principu 2 by 4) a oblouková stěna v obdélníkové části budovy je provedena formou CLT panelů, na které je připevněn stejný typ izolace jako u obloukové části.

Svislá nosná konstrukce nadzemního podlaží je již pouze dřevostavba, jejíž hlavní nosnou část tvoří stejný těžký nosný skelet jako v podzemím podlaží o stejných průřezích. Obvodová stěna je také provedena jako u 1.PP. V obloukové části je tvořena lehkým nosným skeletem a v rovné části CLT panely.

4.5 Vodorovné konstrukce

4.5.1 Nosné vodorovné konstrukce

Vodorovné konstrukce 1.PP i 1.NP jsou tvořeny průvlaky z lepeného lamelového dřeva GL32h o průřezech 260x680 mm (v obloukové části), 260x800 mm (mimo obloukové části i mimo tělocvičnu) a 260x1600 mm (v tělocvičně).

Stropní i střešní deska je provedena formou spřaženého dřevobetonového stropu, který je sloužen ze stropnic, záklopu a železobetonové desky. Na tyto průvlaky jsou kloubově připojeny stropnice z rostlého dřeva C24, které mají průřez 160x240 mm a jsou od sebe osově vzdálené 1,25 m. Na stropnice je poté položen záklop z OSB desek nebo palubek (v místech, kdy jsou palubky pohledovou vrstvou) a jsou k nim připojeny spřahovací trny SFS Intec. A finálně je na záklopu vytvořena železobetonová deska tloušťky 80 mm, která je vytvořena z betonu C25/30 a výztuže B500.

4.5.2 Překlady

Všechny překlady otvorů s menšími rozměry budou provedeny z rostlého dřeva C24 a budou mít stejný průřez jako přilehlé dřevěné prvky stěny. Nejrizikovějšími překlady jsou ty v obloukové části, které musí překonat rozpon 3,4 m. Je tedy nutné je navrhnout z lepeného lamelového dřeva GL32h o průřezu 180x180 mm. Překlady v CLT stěnách budou vysoké tak, aby jejich styk byl ve stejné výšce jako styk přilehlý CLT panelů.

4.5.3 Podhled

Pod stropem 1PP, 1NP a pod průvlaky je pouze na některých místech (blíže ve výkresové dokumentaci) zavěšen sádrokartonový podhled od firmy Rigips, určený pro vedení vzduchotechniky a snížení světlé výšky místností. Jedná se o dvouúrovňový ocelový rošt s dvojitým rastrem z CD profilů se sádrokartonovou deskou tl. 12,5 mm.

4.6 Podlahy

Podlahy jsou navrženy s ohledem na požadavky investora a hygienické normy. Nášlapná vrstva podlah v 1.NP je tvořena vinylem v kanceláři, klubovnách, posilovně i v obloukových částech budovy. V ostatních místnostech je navržena keramická dlažba. V 1.PP jsou všude mimo tělocvičnu navrženy keramické dlaždice. Podlaha tělocvičny je opatřena speciální povrchovou úpravou ve formě polyuretanové vrstvy tlumící dopady. U všech podlah je kolem zdí navržena tlumící podložka a podlahová lišta. Podlahy v 1.NP jsou navrženy jako lehké plovoucí, v celkové tloušťce 82 mm. Jsou tvořeny

kročejevou izolací, dvěma OSB deskami a povrchovou úpravou. Podlahy v 1.PP jsou navrženy jako těžké plovoucí, v celkové tloušťce 230 mm. Skládají se z cementového potěru tl. 70 mm (80 mm v tělocvičně), tepelné izolace tl. 140 mm a nášlápné vrstva s lepidly.

4.7 Svislé komunikační prvky

V budově se nachází dvě jednoramenné schodiště, které jsou tvořeny CLT schodnicemi, které jsou připevněny do přilehlých stěn. Schodnice mají šířku 300 mm, výšku 180 mm a tloušťku 80 mm.

Před hlavním vchodem je navrženo vnější přímé schodiště, na které je napojena rampa pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Rampa je navržena ocelová, ve sklonu 3% l 500 mm. Celková délka rampy je 10 860 mm. Rampa je opatřena zábradlím výšky 1 000 mm a vodící tyčí ve výšce 300 mm od úrovně rampy.

4.8 Střecha

Objekt je zastřešen jednoplášťovou plochou střechou, která je vyspádována do sklonu 3%. Střešní deska je provedena stejným způsobem, jako deska stropní v 1.PP. Na železobetonové desce je položena vrstva hydroizolace glastek 40 special mineral, na kterou jsou pomocí polyuretanového lepidla připevněny spádové klíny a dvě vrstvy tepelné izolace o celkové tloušťce 240 mm. Na tepelnou izolaci je poté přilepena první vrstva hydroizolace, na kterou je natavena druhá vrstva hydroizolace.

4.9 Úprava vnitřních povrchů

Vnitřní povrchové úpravy jsou řešeny pomocí sádrovláknitých desek opatřených nátěrem bílé barvy, popř. keramickým obkladem. Před samostatným barevným nátěrem /keramickým obkladem musí být desky opatřeny penetračním nátěrem. V koupelnách a na WC budou keramické obklady ukončené lištami. Výška obkladů dle projektové dokumentace.

4.10 Klempířské výrobky

Všechny klempířské výrobky jsou navrženy z titan-zinkového plechu. Oplechování vnějších parapetů je provedeno v tl. 0,6 mm. Odvodňovací prvky střech (dešťové svody, žlaby, okapní plechy,...) jsou navrženy v různých tloušťkách.

4.11 Zpevněné a ostatní vnější plochy

Po obvodě celého objektu je navrženy okapový chodníček šířky 600 mm, vyplněný říčním kamenivem (kačírkem) v tl. cca 200 mm. Chodník je lemovaný betonovým

zahradním obrubníkem. Zpevněné plochy pro pěší jsou tvořeny betonovou dlažbou. Plocha parkoviště je navržena z betonové zámkové dlažby s úpravou skladby pro pojiždění vozidel. Příjezdová cesta je navržena s asfaltovým krytem.

5 Ochrana dřevěných prvků

Dřevěné prvky musí být chráněny proti biotickému poškození, které způsobují plísně, houby a hmyz a také proti abiotickému poškození, jehož příčinou je UV záření a povětrnostní vlivy. Pro ochranu je zvolena tlaková impregnace, která se provede už při výrobě jednotlivých konstrukčních prvků. Pohledové dřevěné prvky budou natřeny ochranným lakem.

6 Seznam použité literatury

6.1 Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [8] ČSN EN 1997-1. Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla. Praha: Český normalizační institut, 2004.

6.2 Publikace

- [9] Kuklík, P.: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha, 2005
- [10] Kuklík, P.; Kuklíková, A.; Mikeš, K.: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha, 2005
- [11] Hanzucha, J.: Konstrukční systémy pro pasivní a nulové domy, doporučení pro návrh a stavbu, Grada, Praha 2016
- [12] Kuklík, P.: Příručka 2 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5, 2008: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ČÁST B – STAVEBNĚ TECHNICKÁ ČÁST

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Datum odevzdání:

František Hlásek

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Květen 2024

Obsah

1.	Úvod	- 3 -
1.1.	Konstrukční systém	- 3 -
2.	Tepelně – technické řešení.....	- 4 -
2.1.	Skladby a tepelně technické vlastnosti konstrukcí	- 4 -
2.1.1.	Vodorovné konstrukce	- 4 -
2.1.1.1.	Střecha	- 4 -
2.1.1.2.	Podlaha v tělocvičně v 1.PP	- 10 -
2.1.1.3.	Podlaha ve zbytku 1.PP	- 11 -
2.1.1.4.	Skladba podlahy v 1.NP	- 16 -
2.1.1.5.	Skladba podlahy v 1.NP (sanitární prostory)	- 16 -
2.1.2.	Svislé konstrukce	- 17 -
2.1.2.1.	Obvodová stěna z CLT (difuzně otevřená)	- 17 -
2.1.2.2.	Obvodová stěna ze systému 2x4 (difuzně otevřená)	- 21 -
2.1.2.3.	Obvodová stěna pod terénem	- 25 -
2.1.2.4.	Příčky	- 30 -
3.	Zjednodušené akustické posouzení	- 32 -

1. Úvod

Pokud se bavíme o dřevostavbách v ČR, nejčastěji se zde v současné době setkáváme s realizacemi dřevěných staveb jako jsou rodinné domy nebo menší stavby občanské vybavenosti.

Dřevo nabývá každým rokem na větší popularitě a to kvůli jeho výhodným vlastnostem, jako jsou: rychlá montáž (možnost prefabrikace), dlouhá životnost, nižší cena, šetrnost k životnímu prostředí atd.

V mé práci navrhuji dvoupodlažní sportovní a kulturní centrum, které je postaveno z dřevěných i železobetonových prvků.

1.1. Konstrukční systém

Základními, ale i nejpoužívanějšími konstrukčními systémy dřevostaveb jsou:

- Těžké dřevěné skelety,
- Lehké dřevěné skelety,
- Masivní deskové systémy z dřevěných panelů CLT,
- Roubené stavby.

Volba konstrukčního systému byla pro řešenou budovu poměrně složitá kvůli jejímu tvaru. Její konstrukční systém je tedy kombinací z výše uvedených konstrukčních systémů, kdy základem přenášejícím většinu zatížení je těžký dřevěný skelet. Na něj je z vnější strany připevněna masivní stěna z CLT panelů, která zajišťuje spolu s dřevobetonovými stropy prostorovou tuhost budovy, a lehký skeletový systém je využit u zaoblených obvodových stěn a příček.

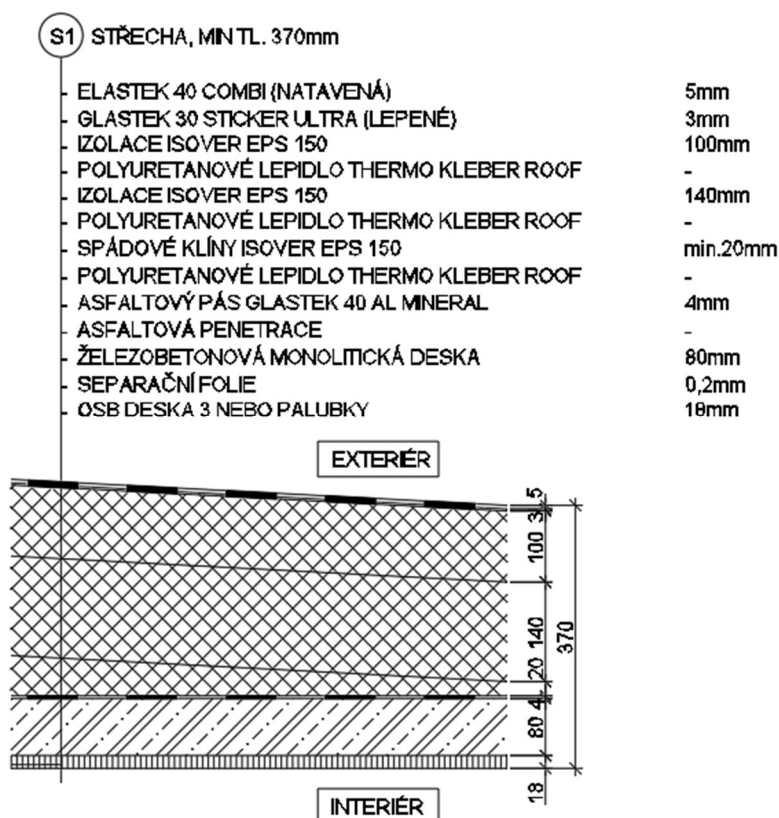
Celou budovu nebylo možné navrhnout v lehkém dřevěném skeletu, kvůli velkým rozponům a ani ze systému CLT, jelikož není jednoduché CLT panely vytvarovat do požadovaného zaobleného tvaru a též i kvůli jejich ceně.

2. Tepelně – technické řešení

2.1. Skladby a tepelně technické vlastnosti konstrukcí

2.1.1. Vodorovné konstrukce

2.1.1.1. Střecha



SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA z předběžného výpočtu:

$$U=0,1266 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} < U_{\text{pas}}=0,15-0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (pro ploché střechy)}$$

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Střecha plochá jednoplášťová**

Zpracovatel : František Hlásek

Zakázka : Sportovní a kulturní centrum

Datum : 20.04.2024

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Egger OSB3	0,0180	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
2	Železobeton	0,1000	1,7400	1020,0	2500,0	32,0	0.0000
3	Glastek 40 AL	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	370000,0	0.0000
4	Isover EPS 150	0,2600	0,0350	1270,0	25,0	50,0	0.0000
5	Glastek 30 Sti	0,0030	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Elastek 40 Com	0,0045	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Egger OSB3	---
2	Železobeton	---
3	Glastek 40 AL Mineral	---
4	Isover EPS 150	---
5	Glastek 30 Sticker Ultra	---
6	Elastek 40 Combi	---

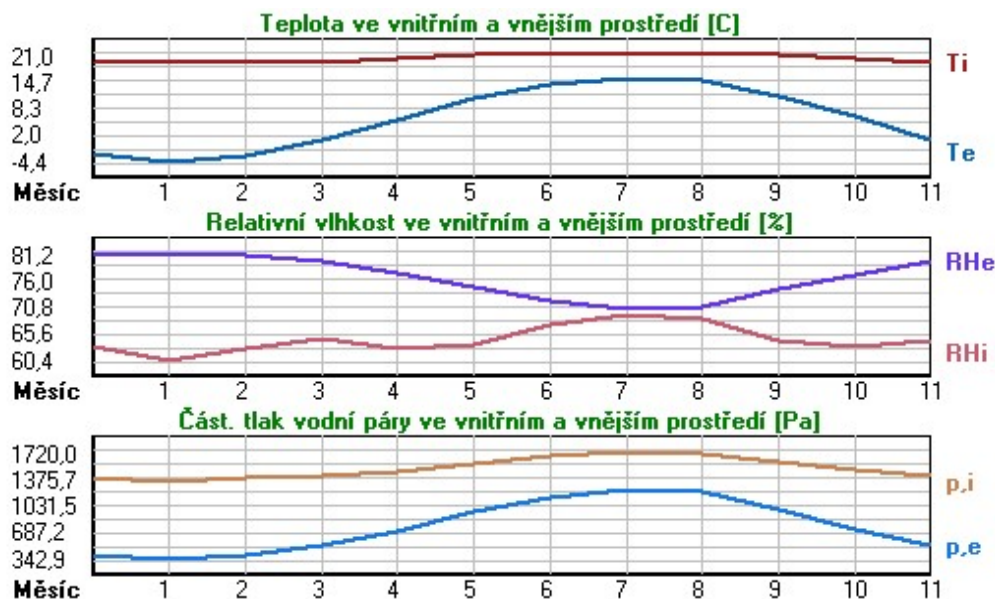
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T _{ai} [C]	R _{Hi} [%]	P _i [Pa]	T _e [C]	R _{He} [%]	P _e [Pa]
1	31 744	19.0	60.4	1326.5	-4.4	81.2	342.9
2	28 672	19.0	62.7	1377.0	-2.9	80.8	387.4
3	31 744	19.0	64.5	1416.5	1.0	79.5	521.8
4	30 720	20.0	62.8	1467.6	5.7	77.5	709.4
5	31 744	21.0	63.4	1575.9	10.7	74.5	958.1
6	30 720	21.0	67.2	1670.3	13.9	72.0	1142.9
7	31 744	21.0	69.2	1720.0	15.5	70.4	1239.1
8	31 744	21.0	68.5	1702.6	15.0	70.9	1208.4
9	30 720	21.0	64.1	1593.3	11.3	74.1	991.8
10	31 744	20.0	63.2	1477.0	6.3	77.1	735.7
11	30 720	19.0	64.4	1414.3	0.9	79.5	518.1
12	31 744	19.0	63.2	1388.0	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: T_{ai}, R_{Hi} a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e, R_{He} a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota T_e byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 7.679 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.128 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 9.2E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 444.6

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 9.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 18.96 CTeplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: **0.969**Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

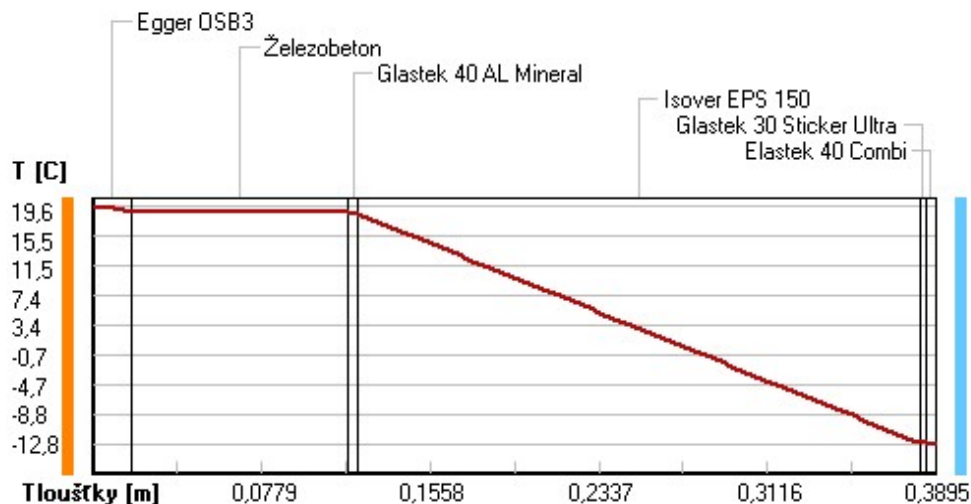
Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	RHsi[%]
	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$			
1	14.6	0.811	11.2	0.665	18.3	0.969	63.2
2	15.2	0.824	11.7	0.668	18.3	0.969	65.5
3	15.6	0.811	12.2	0.620	18.4	0.969	66.8
4	16.1	0.731	12.7	0.489	19.6	0.969	64.6
5	17.3	0.638	13.8	0.300	20.7	0.969	64.7
6	18.2	0.605	14.7	0.111	20.8	0.969	68.1
7	18.7	0.575	15.1	-----	20.8	0.969	69.9
8	18.5	0.583	15.0	-----	20.8	0.969	69.3
9	17.4	0.633	14.0	0.274	20.7	0.969	65.3
10	16.2	0.726	12.8	0.474	19.6	0.969	64.9
11	15.6	0.810	12.1	0.621	18.4	0.969	66.7
12	15.3	0.828	11.8	0.669	18.3	0.969	65.9

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.**Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:**
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

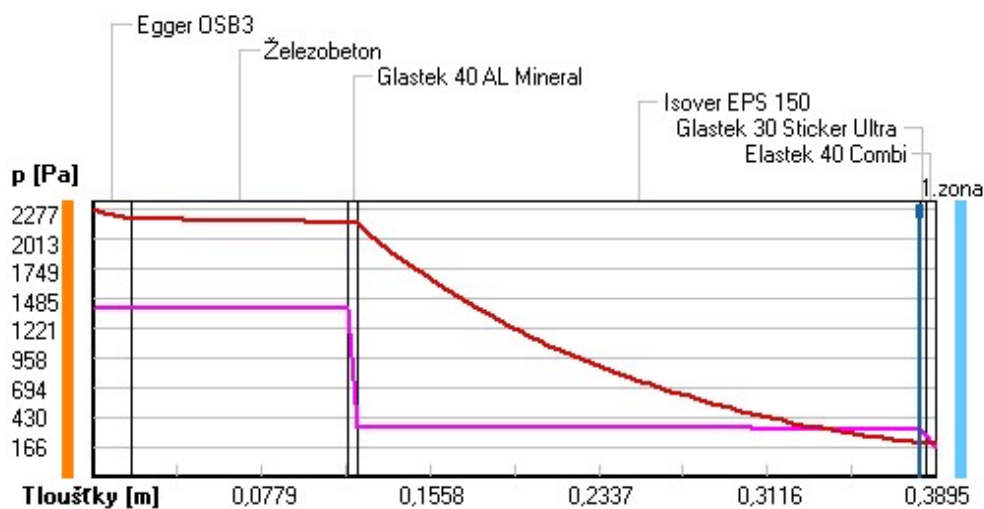
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	19.6	19.0	18.8	18.7	-12.7	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1402	1400	1398	337	328	263	166
p,sat [Pa]:	2277	2195	2162	2151	204	203	201

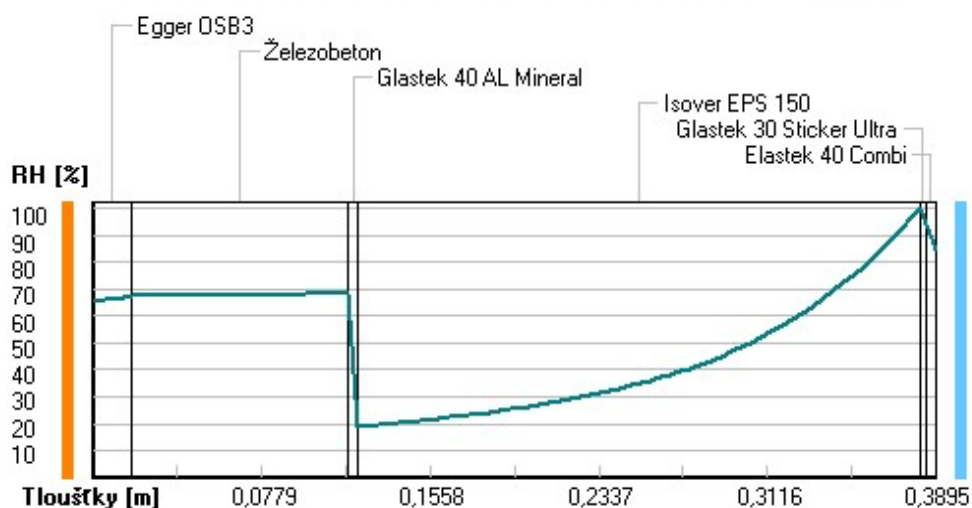
Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách

Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3820	0.3820	1.265E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0003 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0081 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kond.zóny v m od interiéru		Dif.tok do/ze zóny v kg/m ² za měsíc		Kondenz./vypař. v kg/m ² za měsíc	Akumul. vlhkost v kg/m ² za měsíc
	levá	pravá	g,in	g,out	Mc/Mev	Ma
12	0.3820	0.3820	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
1	0.3820	0.3820	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002
2	0.3820	0.3820	0.0003	0.0002	0.0001	0.0003
3	0.3820	0.3820	0.0003	0.0003	-0.0001	0.0002
4	---	---	0.0002	0.0005	-0.0003	0.0000
5	---	---	---	---	---	---
6	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---
11	---	---	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0003 kg/m²**
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a je min.: **0.0003 kg/m²**
z toho se odpaří do exteriéru: 0.0003 kg/m²
..... a do interiéru: 0.0000 kg/m²

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. Mc,a < Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

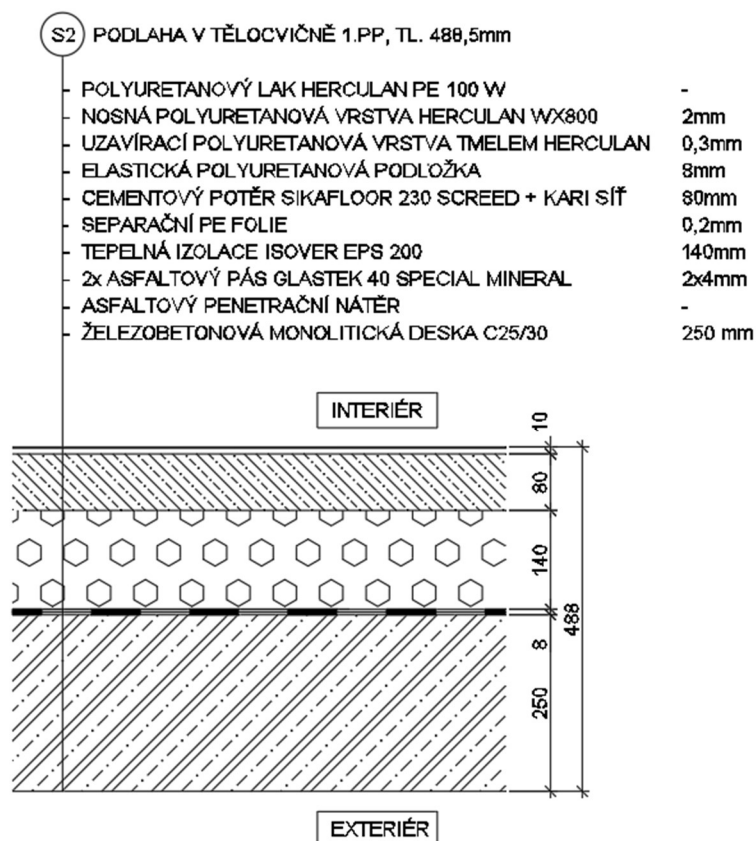
Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Egger OSB3	---	365	---	---	---
2	Železobeton	---	334	31	---	---
3	Glastek 40 AL	---	334	31	---	---
4	Isover EPS 150	---	---	122	92	151
5	Glastek 30 Sti	---	---	122	92	151
6	Elastek 40 Com	---	---	153	91	121

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

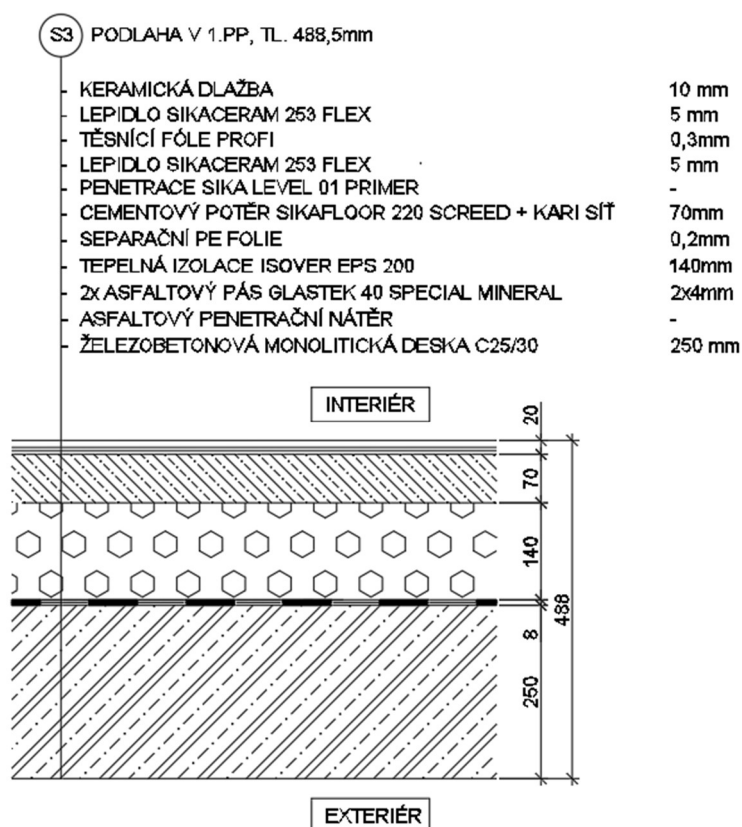
2.1.1.2. Podlaha v tělocvičně v 1.PP



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA z předběžného výpočtu:

$$U=0,2133 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} < U_{\text{pas}}=0,22-0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (pro podlahu přilehlou k zemině)}$$

2.1.1.3. Podlaha ve zbytku 1.PP



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA z předběžného výpočtu:

$$U=0,2131 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} < U_{\text{pas}}=0,22-0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \text{ (pro podlahu přilehlou k zemině)}$$

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplota 2017 EDU

Název úlohy : **Podlaha na terénu 1.PP**
Zpracovatel : František Hlásek
Zakázka : Sportovní a kulturní centrum
Datum : 20.04.2024

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Potěr cementov	0,0800	1,1600	840,0	2000,0	19,0	0.0000
2	Separáčn PE f	0,0002	0,3500	1470,0	1000,0	550000,0	0.0000
3	Isover EPS 200	0,1400	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
4	Glastek 40 Spe	0,0080	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
5	Železobeton 3	0,2500	1,7400	1020,0	2500,0	32,0	0.0000
6	Štěrkoásek	0,1500	2,0000	1010,0	2000,0	50,0	0.0000
7 †	Hlína suchá	2,0000	0,7000	750,0	1600,0	1,5	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

† vrstva se neuvažuje při výpočtu tep. odporu, součinitele prostupu tepla a teplotního faktoru

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Potěr cementový Sikafloor 220 Screed + Lepidlo Sikaceram 253 flex	---
2	Separáčn PE folie Deksepar	---
3	Isover EPS 200	---
4	Glastek 40 Special Mineral	---
5	Železobeton 3	---
6	Štěrkoásek	---
7	Hlína suchá	---

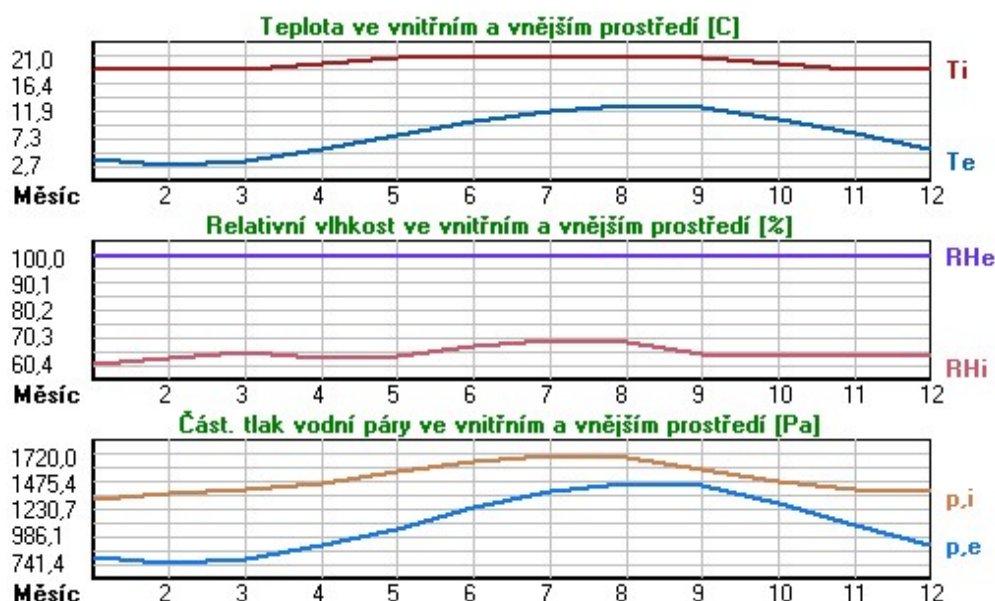
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 7.9 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	744	19.0	60.4	1326.5	3.6	100.0	790.2
2	28	672	19.0	62.7	1377.0	2.7	100.0	741.4
3	31	744	19.0	64.5	1416.5	3.5	100.0	784.7
4	30	720	20.0	62.8	1467.6	5.4	100.0	896.5
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	7.8	100.0	1057.7
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	10.3	100.0	1252.2
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	11.9	100.0	1392.6
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	12.7	100.0	1467.8
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	12.4	100.0	1439.2
10	31	744	20.0	63.2	1477.0	10.6	100.0	1277.5
11	30	720	19.0	64.4	1414.3	8.1	100.0	1079.5
12	31	744	19.0	63.2	1388.0	5.4	100.0	896.5

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota Te byla vypočtena podle čl. 4.2.3 v EN ISO 13788 (vliv tepelné setrvačnosti zeminy).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.444 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.217 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.24 / 0.27 / 0.32 / 0.42 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 2.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 459.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 16.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.35 CTeplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: **0.947**Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

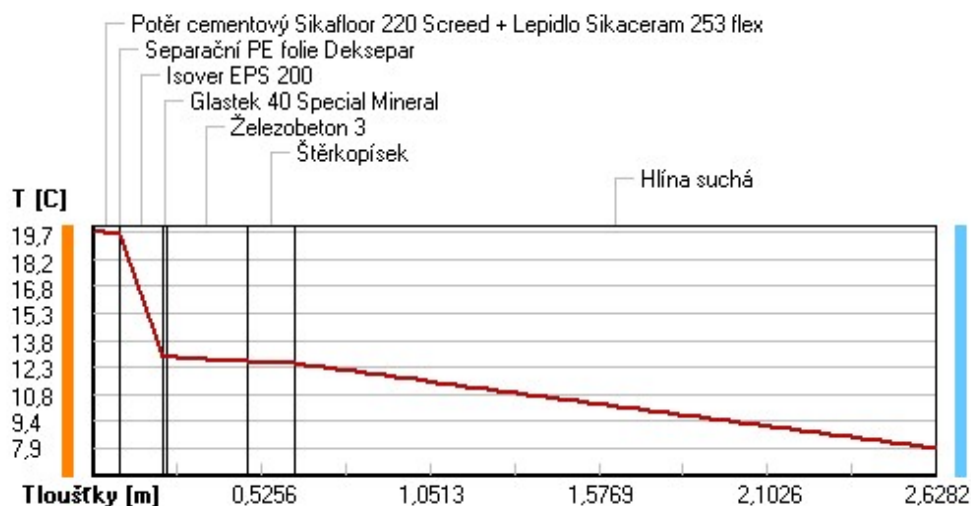
Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	RHsi[%]
	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$			
1	14.6	0.713	11.2	0.491	18.2	0.947	63.6
2	15.2	0.764	11.7	0.554	18.1	0.947	66.2
3	15.6	0.780	12.2	0.559	18.2	0.947	67.9
4	16.1	0.736	12.7	0.500	19.2	0.947	65.9
5	17.3	0.717	13.8	0.454	20.3	0.947	66.2
6	18.2	0.738	14.7	0.410	20.4	0.947	69.6
7	18.7	0.743	15.1	0.356	20.5	0.947	71.3
8	18.5	0.699	15.0	0.275	20.6	0.947	70.4
9	17.4	0.586	14.0	0.181	20.5	0.947	65.9
10	16.2	0.601	12.8	0.233	19.5	0.947	65.2
11	15.6	0.685	12.1	0.370	18.4	0.947	66.8
12	15.3	0.726	11.8	0.474	18.3	0.947	66.1

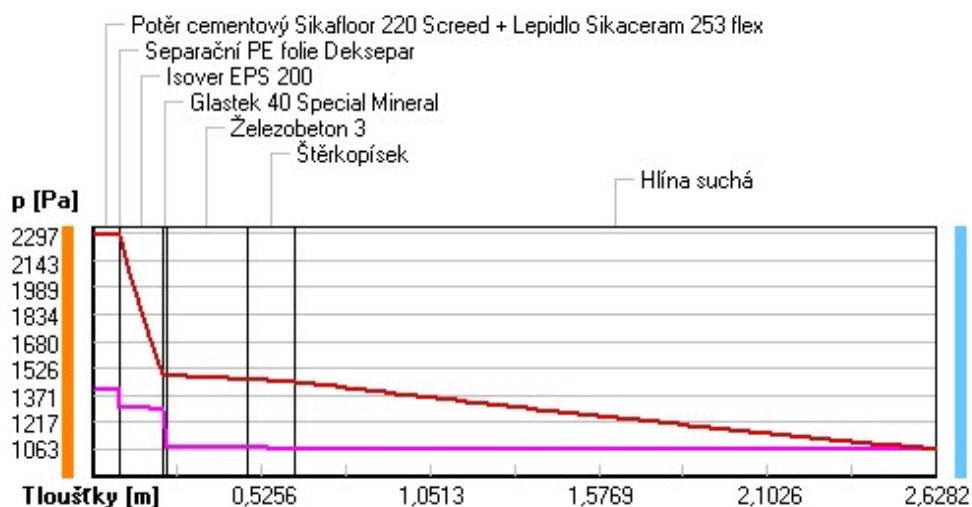
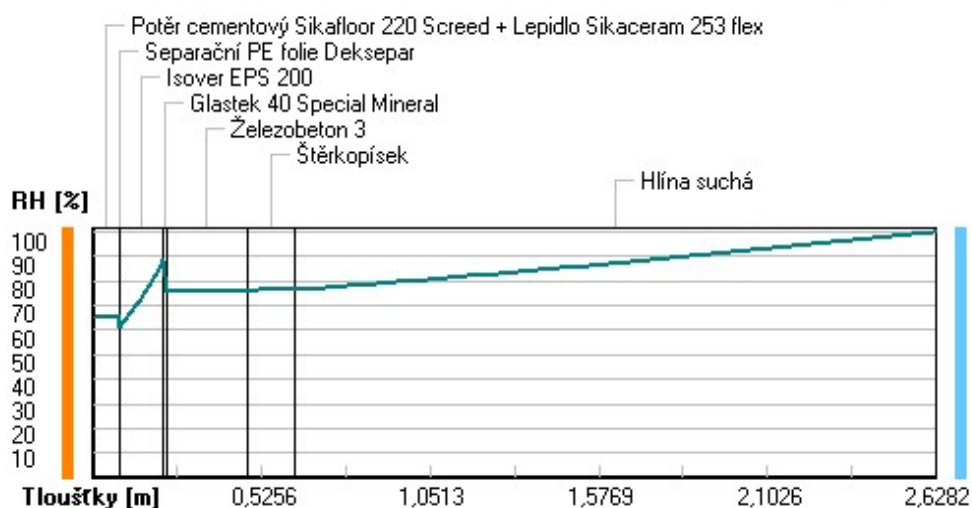
Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.**Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	19.7	19.6	19.6	12.9	12.9	12.6	12.5	7.9
p [Pa]:	1402	1401	1303	1294	1079	1072	1065	1063
p,sat [Pa]:	2297	2281	2281	1490	1484	1461	1450	1063

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách

Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.787E-0010 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Potěr cementov	---	334	31	---	---
2	Separční PE f	---	334	31	---	---
3	Isover EPS 200	---	---	---	122	243
4	Glastek 40 Spe	---	---	---	122	243
5	Železobeton 3	---	120	184	61	---
6	Štěrkopísek	---	120	184	61	---
7	Hlína suchá	---	---	---	---	365

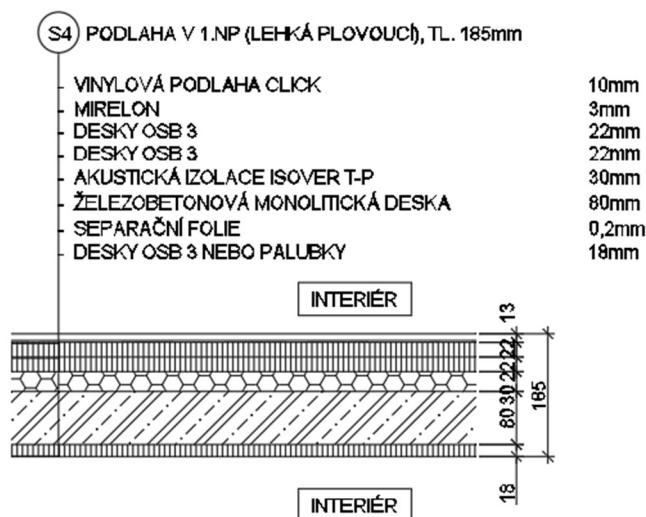
Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

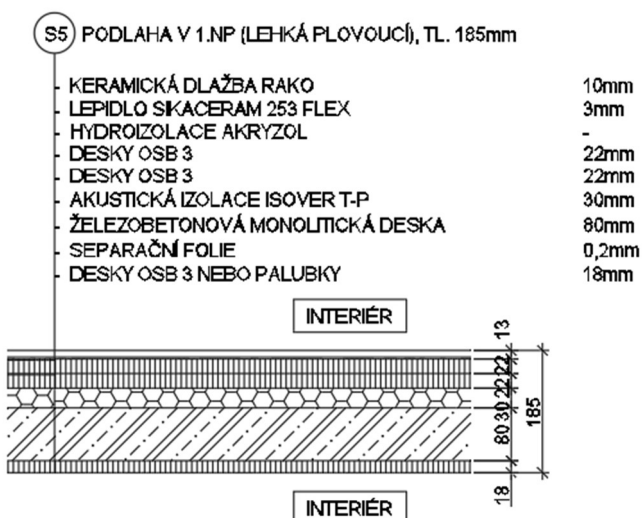
Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplu 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

2.1.1.4. Skladba podlahy v 1.NP

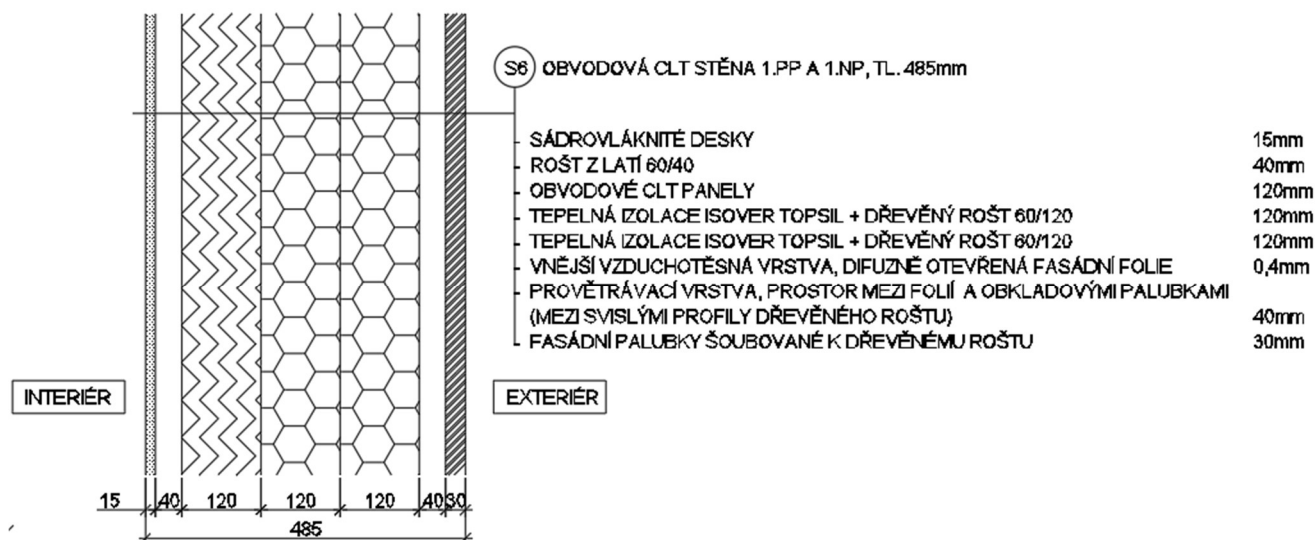


2.1.1.5. Skladba podlahy v 1.NP (sanitární prostory)



2.1.2. Svislé konstrukce

2.1.2.1. Obvodová stěna z CLT (difuzně otevřená)



SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA:

$$U=0,161 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} < U_{\text{pas}}=0,18-0,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (pro lehké vnější obvodové stěny)}$$

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová CLT stěna**
 Zpracovatel : František Hlásek
 Zakázka : Sportovní a kulturní centrum
 Datum : 20.04.2024

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	CLT panely	0,1200	0,1200	1600,0	490,0	35,0	0.0000
3	Isover TOPSIL	0,1200	0,0480*	964,2	92,6	1,0	0.0000
4	Isover TOPSIL	0,1200	0,0480*	964,2	92,6	1,0	0.0000
5	Fasádní folie	0,0004	0,3500	1470,0	600,0	375,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell	---
2	CLT panely	---
3	Isover TOPSIL	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.035 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1200 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
4	Isover TOPSIL	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.035 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1200 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
5	Fasádní folie DEKTEN Fassade	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.13 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH _i :	60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	19.0	60.4	1326.5	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	19.0	62.7	1377.0	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	19.0	64.5	1416.5	3.0	79.5	602.1
4	30	720	20.0	62.8	1467.6	7.7	77.5	814.1
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	20.0	63.2	1477.0	8.3	77.1	843.7
11	30	720	19.0	64.4	1414.3	2.9	79.5	597.9
12	31	744	19.0	63.2	1388.0	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu balance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 6.048 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.161 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 2.5E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 278.7

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 13.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 18.70 CTeplotní faktor v návrhových podmínkách $f,R_{si,p}$: **0.961**Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

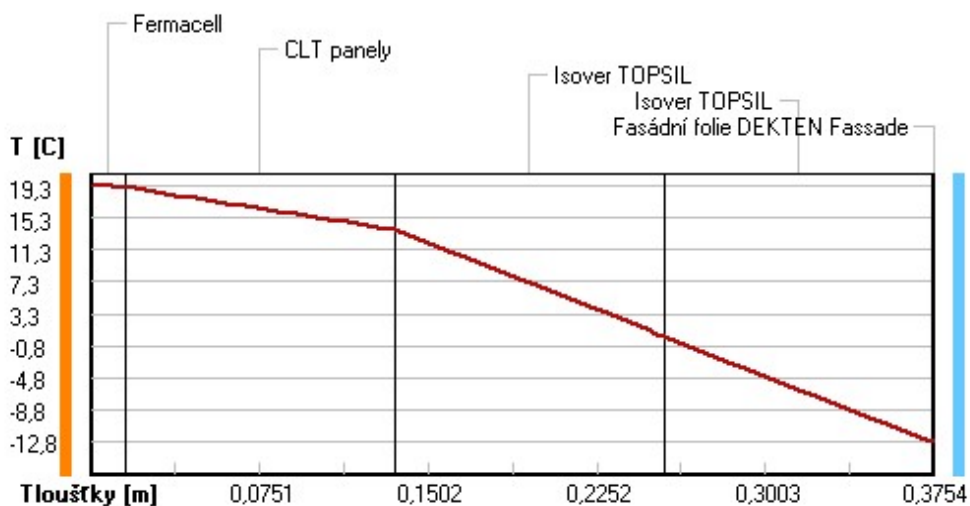
Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		$T_{si}[C]$	f,R_{si}	RHsi[%]
	$T_{si},m[C]$	f,R_{si},m	$T_{si},m[C]$	f,R_{si},m			
1	14.6	0.793	11.2	0.634	18.2	0.961	63.7
2	15.2	0.807	11.7	0.635	18.2	0.961	65.9
3	15.6	0.787	12.2	0.572	18.4	0.961	67.1
4	16.1	0.687	12.7	0.406	19.5	0.961	64.7
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.961	64.7
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.961	68.0
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.961	69.8
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.961	69.2
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.961	65.3
10	16.2	0.679	12.8	0.384	19.5	0.961	65.0
11	15.6	0.787	12.1	0.574	18.4	0.961	67.0
12	15.3	0.810	11.8	0.635	18.2	0.961	66.3

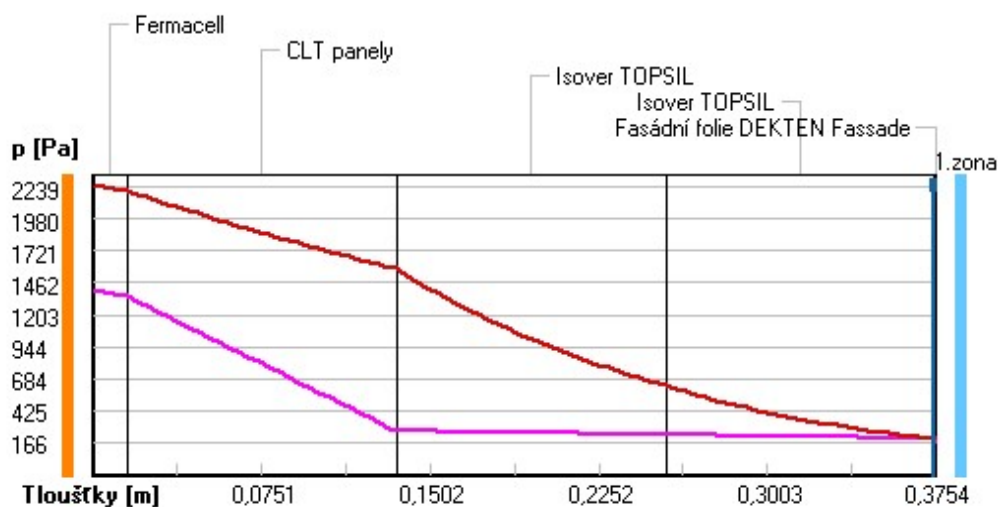
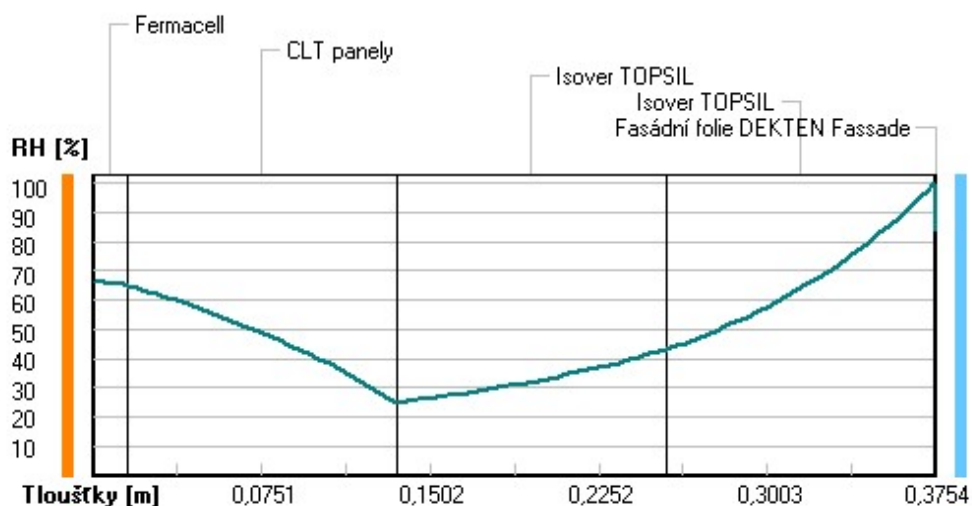
Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f,R_{si} je teplotní faktor.**Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	19.3	19.1	13.8	0.5	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1402	1352	267	236	205	166
p,sat [Pa]:	2239	2205	1572	632	202	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách

Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3750	0.3750	4.263E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0024 kg/(m2.rok)**
 Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **12.4955 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Fermacell	---	365	---	---	---
2	CLT panely	---	365	---	---	---
3	Isover TOPSIL	212	153	---	---	---
4	Isover TOPSIL	---	---	214	151	---
5	Fasádní folie	---	---	214	151	---

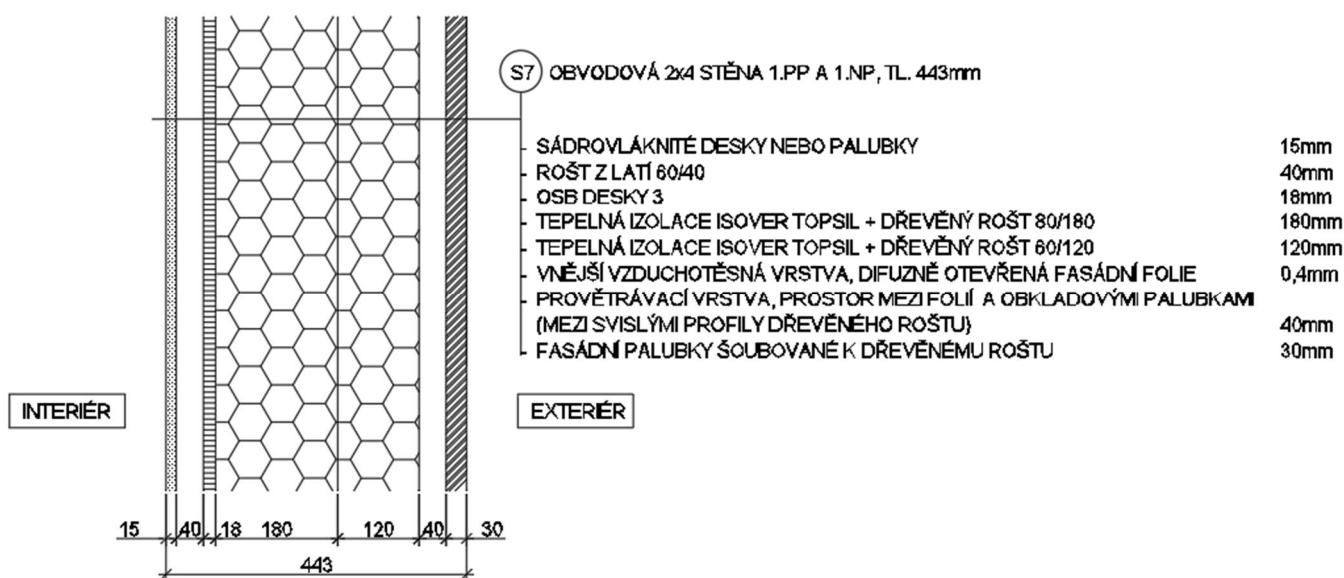
Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

2.1.2.2. Obvodová stěna ze systému 2x4 (difuzně otevřená)



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA:

$$U=0,132 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} < U_{\text{pas}}=0,18-0,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (pro lehké vnější obvodové stěny)}$$

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna na principu 2x4**

Zpracovatel : František Hlásek

Zakázka : Sportovní a kulturní centrum

Datum : 21.04.2024

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplašťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Egger OSB3	0,0180	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
3	Isover TOPSIL	0,1800	0,0550*	1046,2	109,0	1,0	0.0000
4	Isover TOPSIL	0,1200	0,0480*	964,2	92,6	1,0	0.0000
5	Fasádní folie	0,0004	0,3500	1470,0	600,0	375,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell	---
2	Egger OSB3	---
3	Isover TOPSIL	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.035 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1800 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
4	Isover TOPSIL	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.035 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1200 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
5	Fasádní folie	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	19.0	60.4	1326.5	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	19.0	62.7	1377.0	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	19.0	64.5	1416.5	3.0	79.5	602.1
4	30 720	20.0	62.8	1467.6	7.7	77.5	814.1
5	31 744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	20.0	63.2	1477.0	8.3	77.1	843.7
11	30 720	19.0	64.4	1414.3	2.9	79.5	597.9
12	31 744	19.0	63.2	1388.0	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Teplotní odpor konstrukce R : 5.959 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.163 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 2.1E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 106.6

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 9.1 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.68 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.960**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	14.6	0.793	11.2	0.634	18.1	0.960	63.7
2	15.2	0.807	11.7	0.635	18.2	0.960	65.9
3	15.6	0.787	12.2	0.572	18.4	0.960	67.1
4	16.1	0.687	12.7	0.406	19.5	0.960	64.7
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.960	64.7
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.960	68.0
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.960	69.8
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.960	69.2
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.960	65.3
10	16.2	0.679	12.8	0.384	19.5	0.960	65.1
11	15.6	0.787	12.1	0.574	18.4	0.960	67.0
12	15.3	0.810	11.8	0.635	18.2	0.960	66.4

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

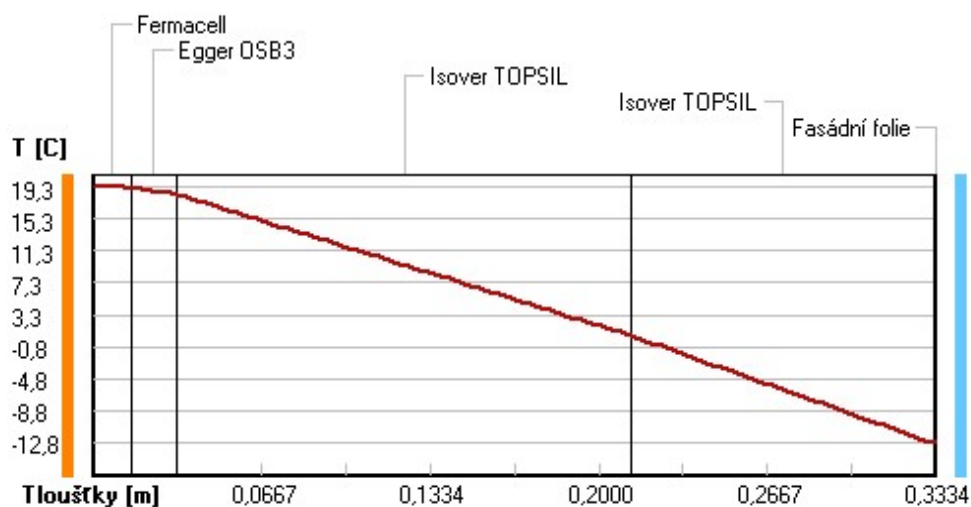
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

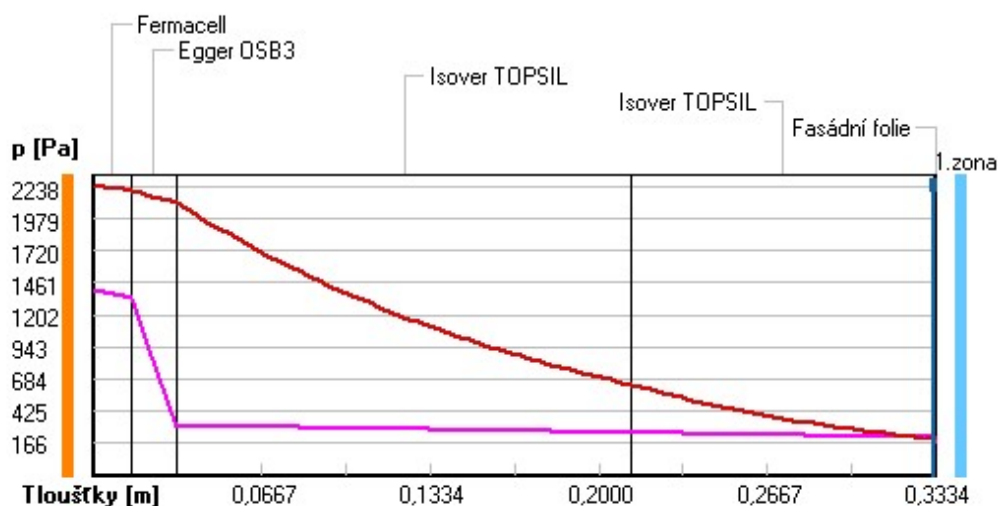
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	19.3	19.0	18.3	0.7	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1402	1340	309	252	214	166
p _{sat} [Pa]:	2238	2203	2102	641	202	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p_{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

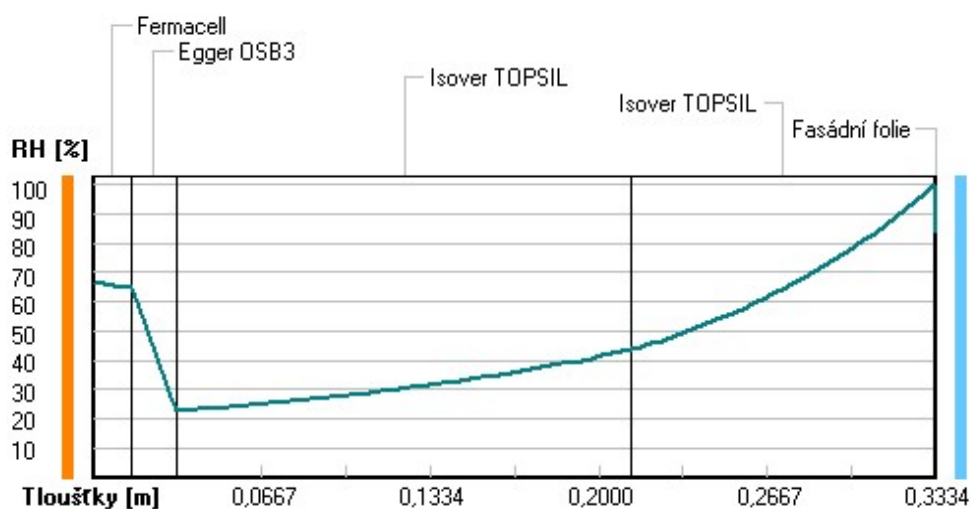
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3330	0.3330	1.666E-0008

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0095 kg/(m2.rok)**
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **12.4423 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Fermacell	---	365	---	---	---
2	Egger OSB3	---	365	---	---	---
3	Isover TOPSIL	212	153	---	---	---
4	Isover TOPSIL	---	---	214	151	---
5	Fasádní folie	---	---	214	151	---

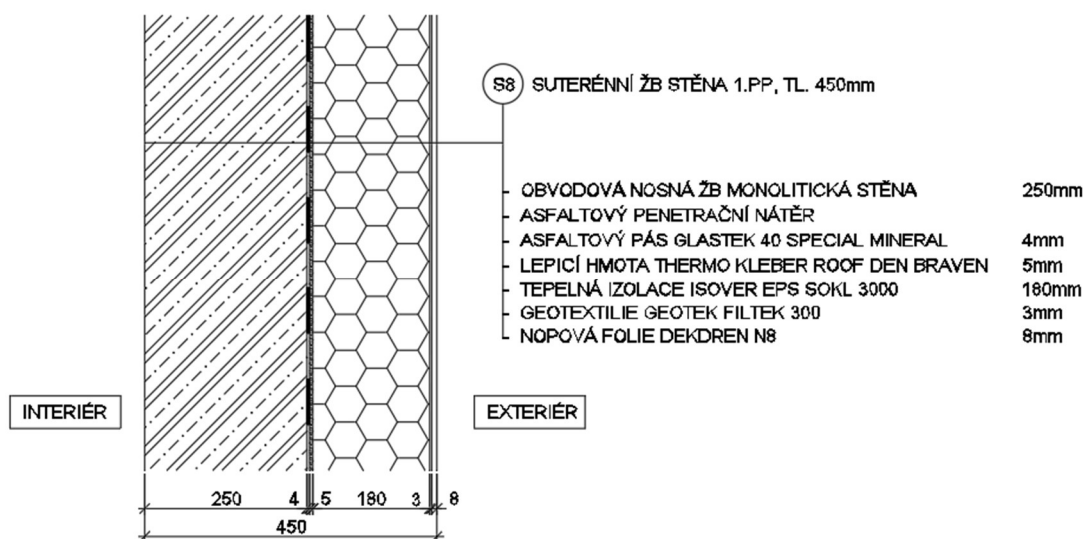
Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

2.1.2.3. Obvodová stěna pod terénem



SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA z předběžného výpočtu:

$$U=0,1706 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} < U_{\text{pas}}=0,22-0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \text{ (pro stěny přilehlé k zemině)}$$

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplota 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna 1.PP - železobeton**

Zpracovatel : František Hlásek

Zakázka : Sportovní a kulturní centrum

Datum : 21.04.2024

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna suterénní

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Železobeton 3	0,2500	1,7400	1020,0	2500,0	32,0	0.0000
2	Glastek 40 Spe	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
3	Thermo kleber	0,0050	0,0340	1270,0	25,0	50,0	0.0000
4	Isover EPS Sok	0,1800	0,0340	1270,0	25,0	50,0	0.0000
5 †	Hlína suchá	2,0000	0,7000	750,0	1600,0	1,5	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

† vrstva se neuvažuje při výpočtu tep. odporu, součinitele prostupu tepla a teplotního faktoru

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Železobeton 3	---
2	Glastek 40 Special Mineral	---
3	Thermo kleber roof	---
4	Isover EPS Sokl 3000	---
5	Hlína suchá	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W

dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.00 m²K/W

dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : 7.9 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.0 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 100.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	744	19.0	60.4	1326.5	3.6	100.0	790.2
2	28	672	19.0	62.7	1377.0	2.7	100.0	741.4
3	31	744	19.0	64.5	1416.5	3.5	100.0	784.7
4	30	720	20.0	62.8	1467.6	5.4	100.0	896.5
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	7.8	100.0	1057.7
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	10.3	100.0	1252.2
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	11.9	100.0	1392.6
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	12.7	100.0	1467.8
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	12.4	100.0	1439.2
10	31	744	20.0	63.2	1477.0	10.6	100.0	1277.5
11	30	720	19.0	64.4	1414.3	8.1	100.0	1079.5
12	31	744	19.0	63.2	1388.0	5.4	100.0	896.5

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota Te byla vypočtena podle čl. 4.2.3 v EN ISO 13788 (vliv tepelné setrvačnosti zeminy).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 5.604 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.174 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 7.5E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 439.6

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 10.7 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.48 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.957

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.6	0.713	11.2	0.491	18.3	0.957	62.9
2	15.2	0.764	11.7	0.554	18.3	0.957	65.5
3	15.6	0.780	12.2	0.559	18.3	0.957	67.2
4	16.1	0.736	12.7	0.500	19.4	0.957	65.3
5	17.3	0.717	13.8	0.454	20.4	0.957	65.6
6	18.2	0.738	14.7	0.410	20.5	0.957	69.1
7	18.7	0.743	15.1	0.356	20.6	0.957	70.9
8	18.5	0.699	15.0	0.275	20.6	0.957	70.0
9	17.4	0.586	14.0	0.181	20.6	0.957	65.6
10	16.2	0.601	12.8	0.233	19.6	0.957	64.8
11	15.6	0.685	12.1	0.370	18.5	0.957	66.3
12	15.3	0.726	11.8	0.474	18.4	0.957	65.5

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

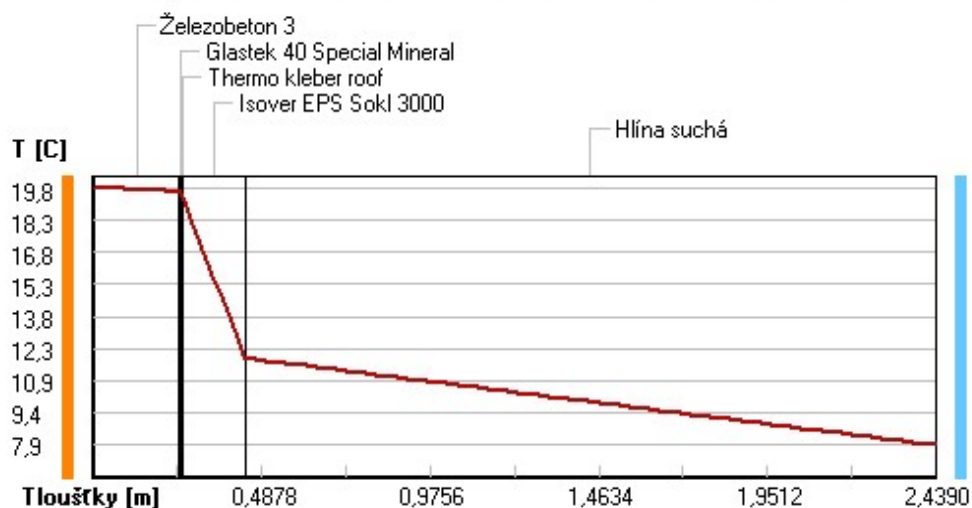
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

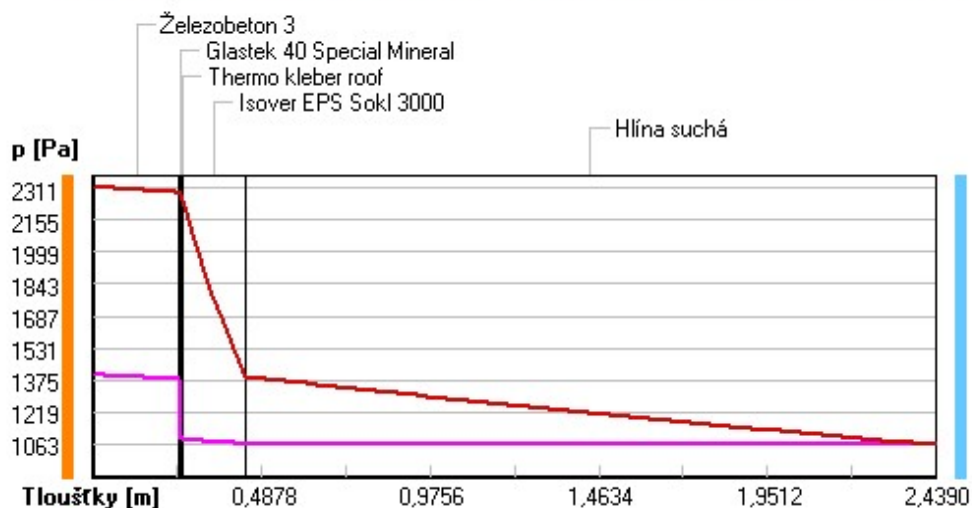
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	19.8	19.6	19.6	19.4	11.9	7.9
p [Pa]:	1402	1383	1092	1092	1070	1063
p,sat [Pa]:	2311	2282	2278	2249	1393	1063

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

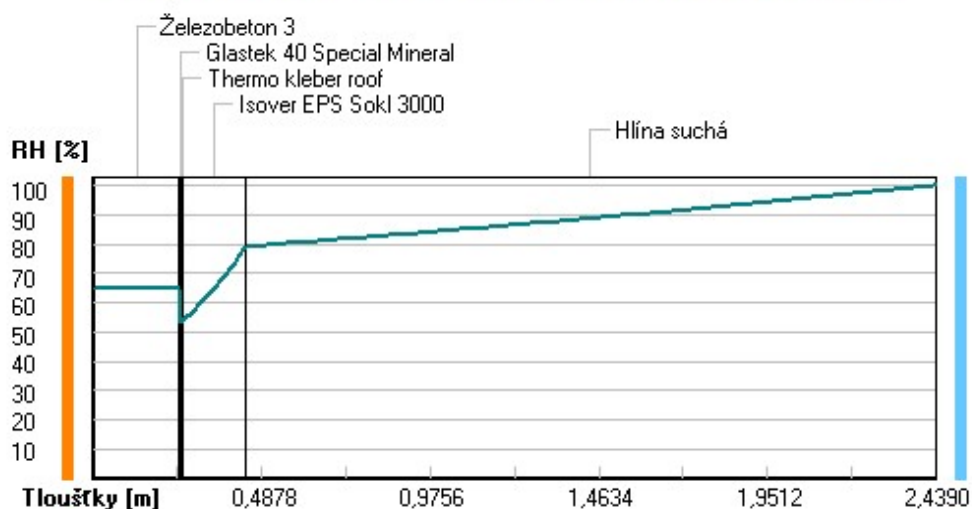
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 4.840E-0010 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

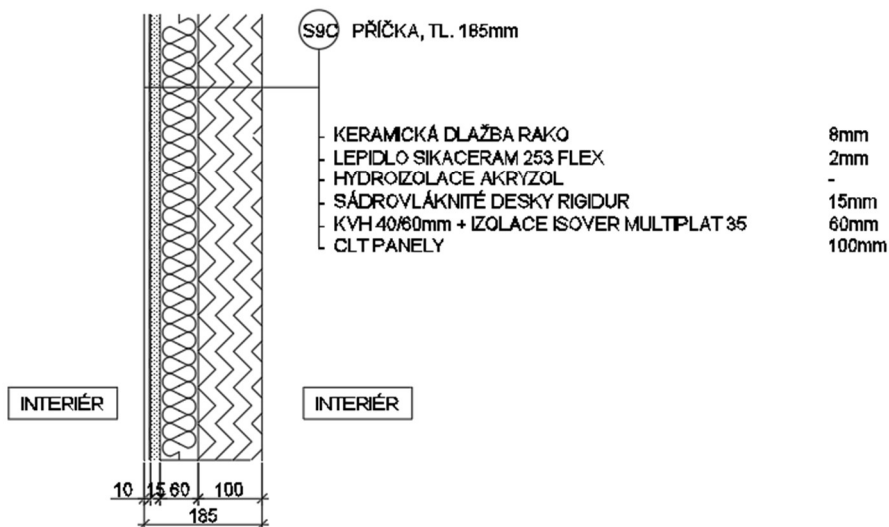
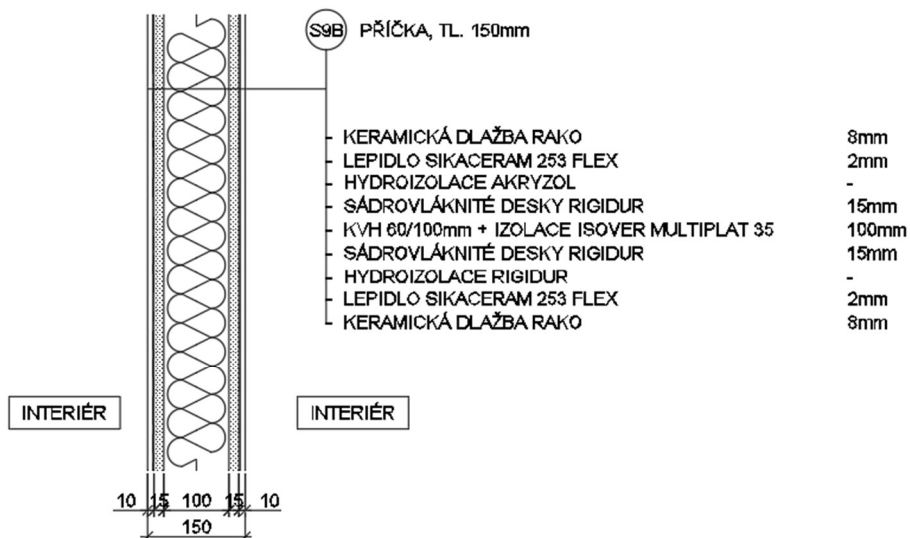
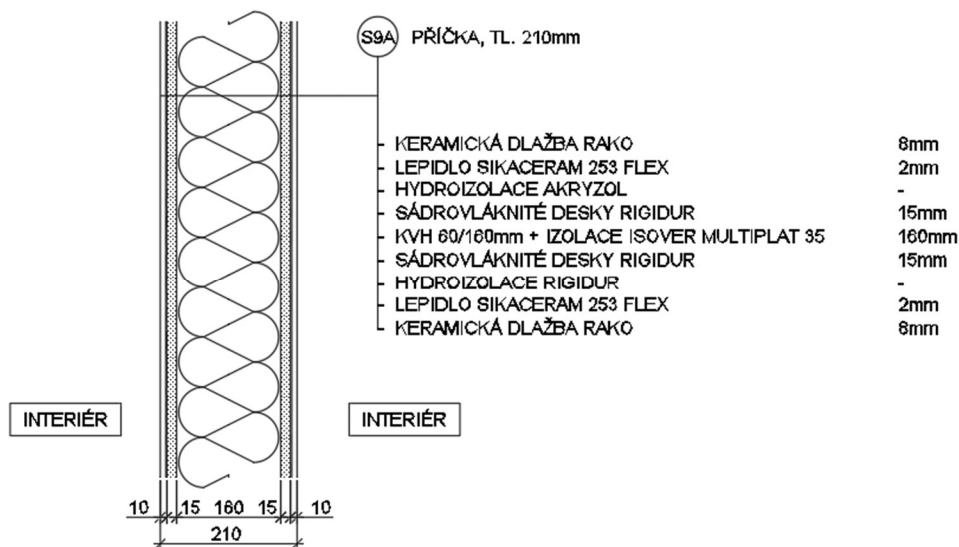
Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Železobeton 3	---	365	---	---	---
2	Glastek 40 Spe	---	365	---	---	---
3	Thermo kleber	304	61	---	---	---
4	Isover EPS Sok	---	28	214	123	---
5	Hlína suchá	---	---	---	---	365

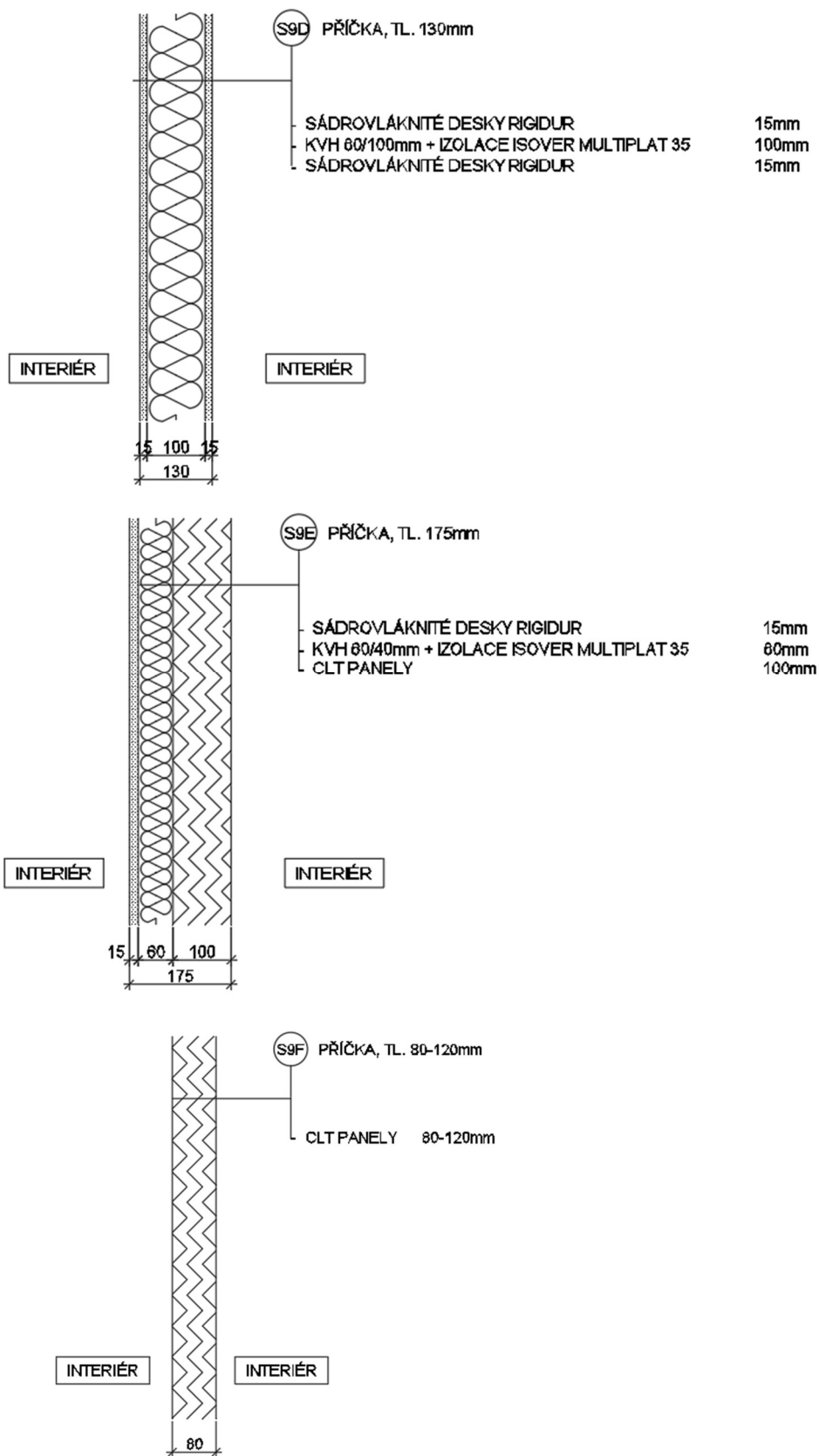
Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

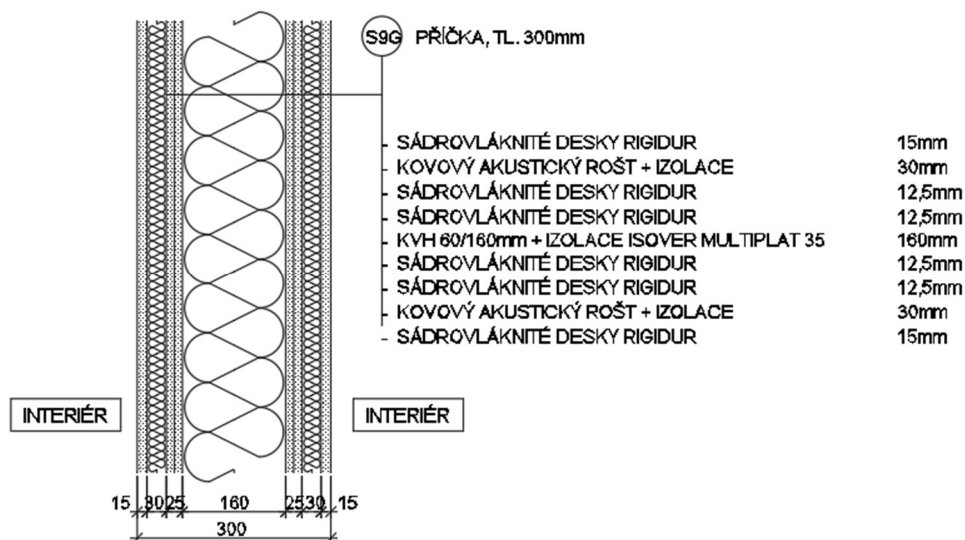
Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

2.1.2.4. Příčky







3. Zjednodušené akustické posouzení

V případě řešené sportovní haly nebyly akustické požadavky posuzovány přesně pomocí programu, ale byly určeny pouze přibližně podle údajů od výrobců dřevěných konstrukcí a dřevostaveb jako jsou Nema a Storaenso.

Vážená stavební neprůzvučnost R'_w :			
Požadované (normové) hodnoty:	Stropy	Stěny	Dveře a okna
- Společné a sanitární prostory (sály, šatny, chodby, WC, sprchy, koupelny, sklady)	$R'_w = 52$ dB	47 dB	32 dB
- Velmi hlučné prostory - (posilovna, tělocvična, technické zařízení budovy)	$R'_w = 60$ dB	57 dB	-
- Restaurace a provozovny s provozem do 22:00 h (bistro, přípravná jídelna)	$R'_w = 57$ dB	57 dB	-
Výpočet: $R'_w = R_w - k_1$ (pro lehké stěny koeficient $k_1 = 4 - 8$ dB)			
Předepsané hodnoty výrobcem (viz katalog NEMA a CLT):	Ověření		
- Stropy se skladbou S4 a S5	$R'_w = 62$ dB > $R'_w = 60$ dB → Vyhovuje		
- Stěny se skladbou S8-A a S8-B (sanitární místnosti, kuchyně)	$R'_w = 53$ dB > $R'_w = 47$ dB → Vyhovuje		
- Stěny se skladbou S8-D (klubovny, sklady)	$R'_w = 47$ dB > $R'_w = 47$ dB → Vyhovuje		
- Stěny se skladbou S8-C, S8-E a S8-F (pohledové příčky)	$R'_w = 40$ dB		
- Stěny se skladbou S8-G (tělocvična, posilovna, TZB, bistro)	$R'_w = 64$ dB > $R'_w = 57$ dB → Vyhovuje		
- Stěny se skladbou S8-H	$R'_w = 63$ dB > $R'_w = 57$ dB → Vyhovuje		
Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku $L'_{n,w}$:			
Požadované (normové) hodnoty pro vodorovné konstrukce:	Stropy		
- Společné a sanitární prostory (sály, šatny, chodby, WC, sprchy, koupelny, sklady)	$L'_{n,w} = 58$ dB		
- Velmi hlučné prostory - (posilovna, tělocvična, technické zařízení budovy)	$L'_{n,w} = 48$ dB		
- Restaurace a provozovny s provozem do 22:00 h (bistro, přípravná jídelna)	$L'_{n,w} = 53$ dB		
Výpočet: $L'_{n,w} = L_{n,w} + k_2$ (koeficient $k_2 = 0 - 2$ dB)			
Předepsané hodnoty výrobcem (viz katalog NEMA a CLT):	Ověření		
- Stropy se skladbou S4 a S5	$L'_{n,w} = 47$ dB < $L'_{n,w} = 48$ dB → Vyhovuje		

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Datum odevzdání:

František Hlásek

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Květen 2024

Obsah

1.	Základní popis konstrukce.....	- 4 -
1.1.	Popis 1.PP.....	- 4 -
1.2.	Popis 1.NP	- 4 -
1.3.	Použité materiály.....	- 4 -
2.	Návrh a posouzení schodiště.....	- 5 -
2.1.	Základní informace	- 5 -
2.2.	Návrh geometrie schodiště.....	- 5 -
2.3.	Geometrické požadavky na uspořádání schodiště	- 5 -
2.4.	Návrh tloušťky schodišťových desek	- 6 -
3.	Zatížení	- 6 -
3.1.	Stálé zatížení	- 6 -
3.1.1.	Nosné konstrukce	- 6 -
3.1.2.	Podlahy	- 7 -
3.1.3.	Podhledy	- 8 -
3.1.4.	Střešní plášť S1	- 8 -
3.1.5.	Obvodový plášť.....	- 8 -
3.1.6.	Vnitřní stěny	- 10 -
3.1.7.	Schodiště.....	- 13 -
3.2.	Proměnné zatížení.....	- 14 -
3.2.1.	Užitné zatížení	- 14 -
3.2.2.	Zatížení sněhem	- 14 -
3.2.3.	Zatížení větrem	- 15 -
3.2.3.1.	Základní informace.....	- 15 -
3.2.3.2.	Výpočet	- 15 -
3.2.3.3.	Zatížení na obvodové stěny	- 17 -
3.2.3.4.	Zatížení na střechu.....	- 22 -
4.	Návrh a posouzení nosných dřevěných prvků	- 26 -
4.1.	Spřažený dřevobetonový strop.....	- 27 -
4.2.	Sloupky v obloukové části obvodové stěny	- 37 -
4.3.	Okenní překlady v obloukové části obvodové stěně	- 41 -
4.4.	Překlady v obvodové stěně z CLT	- 45 -

4.5.	Dveřní překlady ve vnitřní stěně	- 48 -
4.6.	Konstrukční prvky těžkého skeletu	- 51 -
4.6.1.	Rámová konstrukce v tělocvičně	- 51 -
4.6.1.1.	Průvlak v tělocvičně	- 56 -
4.6.1.2.	Sloup v tělocvičně	- 58 -
4.6.2.	Rámová konstrukce v zaoblené části budovy	- 62 -
4.6.2.1.	Průvlak v zaoblené části	- 70 -
4.6.2.2.	Sloup v zaoblené části	- 72 -
4.6.3.	Rámová konstrukce mimo tělocvičnu i zaoblenou část	- 72 -
4.6.3.1.	Průvlak mimo tělocvičnu i zaoblenou část	- 77 -
4.6.3.2.	Sloup mimo tělocvičnu i zaoblenou část	- 79 -
4.6.4.	Rámová konstrukce přenášející zatížení z obloukové části	- 81 -
4.6.4.1.	Průvlak	- 86 -
4.6.4.2.	Sloup přenášející zatížení z obloukové části	- 86 -
5.	Návrh základů	- 89 -
5.1.	Základový pas	- 89 -
5.2.	Základové patky	- 90 -
6.	Rámový roh	- 91 -
7.	Seznam obrázků	- 97 -
8.	Seznam tabulek	- 98 -
	5
	Zadejte název kapitoly (úroveň 3).....	6

1. Základní popis konstrukce

V této statické části je řešeno zatížení a hlavní konstrukční prvky budovy. Nejsou zde řešeny žádné spoje hlavních nosných konstrukcí ani opláštění až na nejvíce zatížený rámový roh.

1.1. Popis 1.PP

- Konstrukční výška podlaží mimo tělocvičnu: 3,970 m
- Konstrukční výška v tělocvičně: 7,900 m
- Účel využití prostor mimo tělocvičnu: bistro, kuchyň, sanitární místnosti (šatny, WC, sprchy), sklad, technické zařízení budovy
- Vodorovné nosné konstrukce: dřevěné průvlaky a stropnice, dřevobetonový spřažený strop
- Svislé nosné konstrukce: železobetonová stěna, dřevěné sloupy, ztužující stěny z CLT panelů
- Schodiště: jednoramenné, celé z CLT panelů

1.2. Popis 1.NP

- Konstrukční výška podlaží mimo tělocvičnu: 3,930 m
- Konstrukční výška v tělocvičně: 7,900 m
- Účel využití prostor mimo tělocvičnu: přednáškový sál, klubovny, sanitární místnosti, kancelář, kuchyňka, posilovna
- Vodorovné nosné konstrukce: dřevěné průvlaky a stropnice, dřevobetonový spřažený strop
- Svislé nosné konstrukce: dřevěné sloupy, ztužující stěny z CLT panelů
- Schodiště jednoramenné, celé z CLT panelů

1.3. Použité materiály

- Beton:
 - pro základové konstrukce: C25/30-XC2-C1 0,2-Dmax 22-S3
 - pro dřevobetonový strop: C25/30-XC2-C1 0,2-Dmax 22-S3
 - pro stěnu: C25/30-XC2-C1 0,2-Dmax 22-S3
- Ocel: B 500 B

- Dřevo:
 - o pro sloupy, průvlaky: GL32c
 - o pro ostatní dřevěné prvky: dřevo smrkové C24
 - o pro ztužující stěny: CLT panely ze smrku, C24

2. Návrh a posouzení schodiště

2.1. Základní informace

- V objektu se nacházejí dvě identická jednoramenná schodiště, která budou zhotovena z pohledových CLT schodnic uložených na stěnách z CLT panelů.
- Nacházejí se mezi osami 6 – 7 a 15 – 16 (přesné vzdálenosti od os viz výkresová část).
- Jsou orientována v příčném směru
- Konstrukční výška 1.PP: $KV = 3,925 \text{ m}$

2.2. Návrh geometrie schodiště

- Výška schodišťových stupňů: volím podle ČSN 73 4130 $h = 170 \text{ mm}$
 $\rightarrow \frac{KV}{h} = \frac{3925}{170} = 23,0882 \rightarrow$ návrh 23 stupňů (1 rameno po 23 stupních)
 \rightarrow skutečná výška stupně: $h = \frac{KV}{n} = \frac{3925}{23} = 170,652 \text{ mm}$
- Šířka schodišťových stupňů:
 $2 \cdot h + b = 630 \text{ mm} \rightarrow b = 630 - 2 \cdot h = 630 - 2 \cdot 170,652 = 288,696 \text{ mm}$
 \rightarrow návrh šířky stupňů $b = 300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow$ vyhovuje
- Sklon schodišťových ramen:

$$\alpha = \arctg \frac{h}{b} = \arctg \frac{170,652}{288,696} = 30,5879^\circ$$

2.3. Geometrické požadavky na uspořádání schodiště

- Šířka ramene: návrh $1400 \text{ mm} > 1100 \text{ mm} \rightarrow$ vyhovuje
- Mezipodesta není (v případě změny návrhu by byla šířka mezipodesty také 1400 mm)
- Zrcadlo také není, jelikož se jedná o jednoramenné schodiště

- Podchodná výška:

$$3000 \text{ mm} > 1500 + \frac{750}{\cos\alpha} = 1500 + \frac{750}{\cos 30^\circ} = 2370 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\text{zároveň } 2370 \text{ mm} > 2100 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Průchodná výška:

$$2570 \text{ mm} > 750 + 1500 \cdot \cos\alpha = 750 + 1500 \cdot \cos 30^\circ = 2045 \text{ mm}$$

$$\text{zároveň } 2045 \text{ mm} > 1900 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

2.4. Návrh tloušťky schodišťových desek

- Tloušťka schodiště bude přizpůsobena podle možnosti výrobců CLT panelů.
- Délka ramene $L = n \cdot b = 23 \cdot 300 = 6900 \text{ mm}$
- Tloušťka CLT panelů nesoucí schodnice bude 100 mm.
- Tloušťka schodnic z CLT panelů navržena na 80 mm

3. Zatížení

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Nosné konstrukce

Vlastní tíha nosných prvků (viz část Návrh a posouzení nosných prvků) je automaticky započítána při výpočtu vnitřních sil programem Scia Engineer. Vlastní tíha nosné stropní a střešní konstrukce viz část Návrh a posouzení nosných prvků.

3.1.2. Podlahy

Podlahy vinylové v 1.NP S4 – přednáškový sál, klubovny, kancelář, chodby, centrum pro rodiče s dětmi, posilovna

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g _k [kN/m ²]
Vinylová podlaha click	10	-	0,093
Mirelon	3	0,25	0,003x0,25=0,00075
OSB desky 3	22	6	0,022x6=0,132
OSB desky 3	22	6	0,022x6=0,132
Akus. Izolace Isover T-P	30	1,5	0,030x1,5=0,045
Celkem			g_k = 0,40275 kN/m²

Podlahy s dlažbou v 1.NP S5 – kuchyňky, sanitární místnosti

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g _k [kN/m ²]
Keramická dlažba Rako	10	22	0,010x22=0,22
Sikaceram 253 flex	3	15	0,003x15=0,045
Hydroizolace Akryzol	-	-	-
OSB desky 3	22	6	0,022x6=0,132
OSB desky 3	22	6	0,022x6=0,132
Akus. Izolace Isover T-P	30	1,5	0,030x1,5=0,045
Celkem			g_k = 0,574 kN/m²

V jednotlivých místnostech jsou navrženy podlahy s různými nášlapnými vrstvami. Pro další výpočty vnitřních sil a posuzování budeme uvažovat větší ze zatížení a tedy podlahy s dlažbou **g_k = 0,574 kN/m²**

3.1.3. Podhledy

Vrstva	charakt. plošné zat. g_k [kN/m ²]
Profil R-CD + 12,5 mm sádrokartonová deska	0,12
Celkem	$g_k = 0,12$ kN/m²

Sádrokartonové podhledy se nacházejí pouze v některých místnostech, ale ve výpočtech budeme uvažovat podhledy ve všech místnostech mimo tělocvičnu a obloukové části budovy.

3.1.4. Střešní plášť S1

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g_k [kN/m ²]
Elastek 40 Combi	-	-	0,055
Glastek 30 Sticker ultra	-	-	0,037
Izolace Isover EPS 150	100	0,25	$0,1 \times 0,25 = 0,025$
Izolace Isover EPS 150	140	0,25	$0,14 \times 0,25 = 0,035$
Spád. klíny Isover EPS 150	20	0,25	$0,02 \times 0,25 = 0,005$
Glastek 40 AL mineral	-	-	0,045
Celkem			$g_k = 0,202$ kN/m²

3.1.5. Obvodový plášť

Suterénní železobetonová stěna S8

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g_k [kN/m ²]
Glastek 40 Special Mineral	-	-	0,045
Thermo Kleber Roof	5	0,2	$0,005 \times 0,2 = 0,001$
Isover EPS Sokl 3000	180	0,25	$0,18 \times 0,25 = 0,045$
Geotek Filtek 300	-	-	0,003
Dekdren N8	-	-	0,0055
Celkem			$g_k = 0,0995$ kN/m²

2x4 stěna S7

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m³]	charakt. plošné zat. g_k [kN/m²]
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Dřevěný rošt 60x40 mm po			
625 mm + vzduch. mezera	40	5	(0,04x0,06x5)/0,625=0,0192
OSB desky 3	18	6	0,018x6=0,108
Isover Topsil mezi dřevěnými sloupky 60/180 mm	180	5–dřevo 0,6–izolace	(0,09x0,18x5)/0,625=0,1296 (0,535x0,18x0,6)/0,625=0,09245
Isover Topsil mezi dřevěnými sloupky 60/120 mm	120	5–dřevo 0,6–izolace	(0,06x0,12x5)/0,625=0,0576 (0,565x0,12x0,6)/0,625=0,0651
Fasádní folie	-	-	0,0021
Dřevěný rošt 60x40 mm po			
625 mm + vzduch. mezera	40	5	(0,04x0,06x5)/0,625=0,0192
Fasádní palubky	30	5	0,03x5=0,15
Celkem			g_k = 0,8232 kN/m²

CLT stěna S6

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g _k [kN/m ²]
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Dřevěný rošt 60x40 mm po 625 mm + vzduch. mezera	40	5	(0,04x0,06x5)/0,625=0,0192
CLT panely	120	4,9	0,12x4,9=0,588
Isover Topsil mezi dřevěnými sloupky 60/120 mm	120	5-dřevo 0,6-izolace	(0,06x0,12x5)/0,625=0,0576 (0,565x0,12x0,6)/0,625=0,0651
Isover Topsil mezi dřevěnými sloupky 60/120 mm	120	5-dřevo 0,6-izolace	(0,06x0,12x5)/0,625=0,0576 (0,565x0,12x0,6)/0,625=0,0651
Fasádní folie	-	-	0,0021
Dřevěný rošt 60x40 mm po 625 mm + vzduch. mezera	40	5	(0,04x0,06x5)/0,625=0,0192
Fasádní palubky	30	5	0,03x5=0,15
Celkem			g_k = 1,2039 kN/m²

3.1.6. Vnitřní stěny

Přes to, že pouze některé vnitřní stěny mají keramický obklad (stěny v sanitárních místnostech, kuchyňkách,..), tak ho budeme uvažovat u všech vnitřních stěn

Charakteristické plošné zatížení nehomogenních vrstev (vrstev kdy je tepelná izolace vložena mezi dřevěné sloupky či rošt lze stanovit podle:

$$g_k = \frac{h \cdot b \cdot \rho}{l} + \frac{h \cdot b_i \cdot \rho_i}{l}, \quad \text{kde: } b \dots \text{šířka hranolu}$$

h...výška (tloušťka) nehomogenní vrstvy

ρ...objemová tíha

l...osová vzdálenost hranolu a izolace

b_i...šířka izolace mezi hranoly

Dřevěná příčka S9A

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m³]	charakt. plošné zat. g_k [kN/m²]
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Hydroizolace	-	-	-
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
KVH 60/160 + Isover		5-dřevo	(0,06x0,16x5)/0,625=0,0768
Multiplat 35	160	0,17-izolace	(0,565x0,16x0,17)/0,625= =0,02459
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Hydroizolace	-	-	-
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Celkem			g_k = 0,87339 kN/m²

Dřevěná příčka S9B

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m³]	charakt. plošné zat. g_k [kN/m²]
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Hydroizolace	-	-	-
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
KVH 50/100 + Isover		5-dřevo	(0,05x0,1x5)/0,625=0,04
Multiplat 35	100	0,17-izolace	(0,575x0,1x0,17)/0,625= =0,01564
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Hydroizolace	-	-	-
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Celkem			g_k = 0,82764 kN/m²

Dřevěná příčka z CLT S9C

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g _k [kN/m ²]
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Hydroizolace	-	-	-
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
KVH 40/60 + Isover		5-dřevo	(0,04x0,06x5)/0,625=0,0192
Multiplat 35	60	0,17-izolace	(0,585x0,06x0,17)/0,625= =0,009547
CLT panely	100	4,9	0,1x4,9=0,49
Celkem			g_k = 0,9047 kN/m²

Dřevěná akustická příčka S9G

Vrstva	tloušťka [mm]	objem. tíha [kN/m ³]	charakt. plošné zat. g _k [kN/m ²]
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Hydroizolace	-	-	-
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Kovový rošt + izolace	-	-	0,12
Sádrovláknité desky	12,5	12	0,0125x12=0,15
Sádrovláknité desky	12,5	12	0,0125x12=0,15
KVH 60/160 + Isover		5-dřevo	(0,06x0,16x5)/0,625=0,0768
Multiplat 35	160	0,17-izolace	(0,565x0,16x0,17)/0,625= =0,024589
Sádrovláknité desky	12,5	12	0,0125x12=0,15
Sádrovláknité desky	12,5	12	0,0125x12=0,15
Kovový rošt + izolace	-	-	0,12
Sádrovláknité desky	15	12	0,015x12=0,18
Hydroizolace	-	-	-
Sikaceram 253 flex	2	15	0,002x15=0,03
Keramická dlažba	8	22	0,008x22=0,176
Celkem			g_k = 1,713389 kN/m²

Dřevěná akustická příčka S9G se nachází pouze v 1.PP, proto zatížení touto příčkou se uvažuje pouze pro návrh a posouzení základových konstrukcí.

Liniové zatížení od vnitřních stěn:

- Světlá výška v obou patrech je 3,1 m
- Od dřevěné příčky S9A: $g_k = 0,8733 \cdot 3,1 = 2,7075 \text{ kN/m}$
- Od dřevěné příčky S9B: $g_k = 0,8276 \cdot 3,1 = 2,56568 \text{ kN/m}$
- Od dřevěné příčky z CLT S9C: $g_k = 0,9047 \cdot 3,1 = 2,8047 \text{ kN/m}$
- Pro přemístitelné příčky s vlastní tíhou $\leq 3,0 \text{ kN/m}$ lze podle ČSN EN 1991-1 toto zatížení převést na rovnoměrné plošné, které se přidá k ostatním užitným plošným zatížením → **pro návrh a posouzení konstrukcí horní stavby budeme tedy ve všech místnostech uvažovat rovnoměrné proměnné plošné zatížení od vnitřních stěn $q_k=1,2\text{kN/m}^2$.**

3.1.7. Schodiště

Zatížení od schodnice:

- tloušťka schodnice: $t = 80 \text{ mm}$
- objemová tíha CLT: $\rho = 4,9 \text{ kN/m}^3$
- šířka schodnice: $b = 300 \text{ mm}$
- délka schodnice: $d = 1400 \text{ mm}$
- plošné zatížení: $g_k = \rho \cdot t = 4,9 \cdot 0,08 = 0,392 \text{ kN/m}^2$
- bodové zatížení: $G_{k1} = g_k \cdot b \cdot d = 0,392 \cdot 0,3 \cdot 1,4 = 0,16464 \text{ kN}$

Zatížení od nosníku z BSH nesoucí schodnice:

- šířka nosníku: $b = 200 \text{ mm}$
- výška nosníku: $h = 300 \text{ mm}$
- objemová tíha: $\rho = 4,1 \text{ kN/m}^3$
- délka nosníku: $l = 6900 \text{ mm}$
- liniové zatížení: $g_k = \rho \cdot b \cdot h = 4,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,246 \text{ kN/m}$
- bodové zatížení: $G_{k2} = g_k \cdot l = 0,246 \cdot 6,9 = 1,6974 \text{ kN}$

Výsledné zatížení působící na stropní konstrukci:

$$G_k = \frac{1}{2} \cdot (23 \cdot G_{k1} + G_{k2}) = \frac{1}{2} \cdot (23 \cdot 0,16464 + 1,6974) = 2,74206 \text{ kN}$$

Toto zatížení bude působit v ose schodiště, 2200 mm od os 7 a 15 a 2800 mm od os 6 a 16.

3.2. Proměnné zatížení

3.2.1. Užité zatížení

Užitná zatížení staveb budeme uvažovat podle ČSN EN 1991-1-1.

- V 1.PP se nachází plochy, kde dochází ke shromažďování lidí, tedy plochy KATEGORIE C1 a C5 (tělocvična):
 - o pro C1 je $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 - o pro C5 je $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
- V 1.NP se nachází plochy kancelářské i ty, kde dochází ke shromažďování lidí, tedy plochy KATEGORIE B a C1:
 - o pro B je $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 - o pro C1 je $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Pro schodiště uvažujeme stejné užité zatížení jako v 1.NP, tedy $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Střecha je nepřístupná s výjimkou údržby a oprav, jedná se tedy o KATEGORII H $\rightarrow q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

3.2.2. Zatížení sněhem

Určení zatížení podle ČSN EN 1991-1-3.

- Budova se bude nacházet v obci Líbeznice ve Středočeském kraji a jedná se tedy o sněhovou oblast I, kde je charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 0,7 \text{ kPa (kN/m}^2)$.
- Budova má plochou střechu tedy sklon střechy je $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \rightarrow$ tvarový součinitel $\mu_1 = 0,8$
- Typ okolní krajiny je normální \rightarrow součinitel expozice $C_e = 1,0$
- Tepelný součinitel se pro střechy s tepelnou prostupností $< 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ uvažuje vždy $C_t = 1,0$

Výpočet průměrného zatížení sněhem:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

3.2.3. Zatížení větrem

Určení zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Při určování zatížení větrem budeme zjednodušeně uvažovat místo obloukových obvodových stěn stěny rovné → dostaneme větší hodnoty zatížení větrem, než které na budovu skutečně působí → budeme na straně bezpečnosti.

3.2.3.1. Základní informace

- Budova se bude nacházet v obci Líbeznice ve Středočeském kraji a jedná se tedy o větrnou oblast I, kde je výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 22,5$ m/s a základní tlak větru $q_b = 0,32$ kN/m² (kontrola správnosti viz níže).
- Hustota vzduchu je $\rho = 1,25$ kg/m³
- Kategorie terénu je v našem případě III (oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, pozemními stavbami nebo izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je max 20 násobek výšky překážek, např. vesnice)

ČSN EN 1991-1-4, tabulka 4.1

Kategorie	Délka drsnosti z_0 [m]	Min. výška z_{min} [m]
0. Volný prostor bez překážek (moře)	0,003	1
I. Zanedbatelná vegetace nebo jezera	0,01	1
II. Nízká vegetace, izolované překážky	0,05	2
III. Překážky s volným prostorem (vesnice, předměstské oblasti)	0,3	5
IV. Městské oblasti, 15 % s výškou nad 15 m	1,0	10

Obrázek 1: Určení z_0 a z_{min} pomocí kategorie terénu

- Výška budovy ve vyšší části $h_1 = 8,550$ m a v nižší části $h_2 = 5,000$ m
- Šířka budovy $b = 22,120$ m
- Délka budovy $d = 82,036$ m

3.2.3.2. Výpočet

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

- součinitel směru větru: $c_{dir} = 1,0$
- součinitel ročního období: $c_{season} = 1,0$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,21539$$

- délka drsnosti z tab. výše $z_0 = 0,3$ m
- délka drsnosti pro kategorii terénu II: $z_{0,II} = 0,05$ m

Součinitel drsnosti:

- výška hřebene budovy $z_1 = 8,55$ m a $z_2 = 5,0$ m
- minimální výška z tab. výše $z_{\min} = 5$ m
- pro obě výšky můžeme zvolit vzorec pro $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$:

$$c_{r1}(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right) = 0,21539 \cdot \ln\left(\frac{8,55}{0,3}\right) = 0,721536$$

$$c_{r2}(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right) = 0,21539 \cdot \ln\left(\frac{5}{0,3}\right) = 0,60598$$

Střední rychlost větru:

- součinitel orografie je většinou $c_0(z) = 1,0$

$$v_{m1}(z) = c_{r1}(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,721536 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 16,2346$$

$$v_{m2}(z) = c_{r2}(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,60598 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 13,6346$$

V dalších výpočtech budeme uvažovat větší z hodnot a tedy $v_{m1}(z) = 16,2346$ m/s.

Základní tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,406 \text{ Pa} = 0,3164 \text{ kPa}$$

Maximální dynamický tlak:

$$\begin{aligned} q_{p1}(z) &= [1 + 7 \cdot I_{v1}(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m1}^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,298516] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,2346^2 \\ &= 508,94066 \text{ Pa} \end{aligned}$$

- vliv turbulencí: $I_{v1}(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,55}{0,3}\right)} = 0,298516$, kde:

- o součinitel turbulence $k_I = 1$

$$\begin{aligned} q_{p2}(z) &= [1 + 7 \cdot I_{v2}(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m2}^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,35544] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 13,6346^2 \\ &= 405,27635 \text{ Pa} \end{aligned}$$

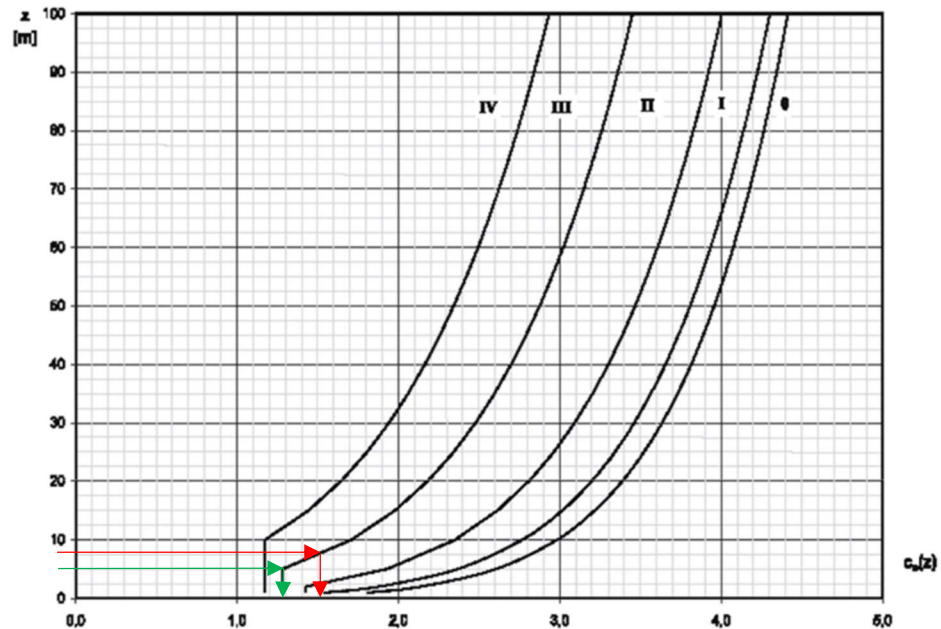
- vliv turbulencí: $I_{v2}(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{5}{0,3}\right)} = 0,35544$, kde:

- o součinitel turbulence $k_I = 1$

Nebo: $q_{p1}(z) = c_{e1}(z) \cdot q_b = 1,5 \cdot 0,3164 = 0,4746 \text{ kPa}$

$$q_{p2}(z) = c_{e2}(z) \cdot q_b = 1,3 \cdot 0,3164 = 0,41132 \text{ kPa}$$

- kde $c_e(z)$ je součinitel expozice a určí se pomocí grafu:



Obrázek 2: graf pro určení součinitele expozice $c_e(z)$

Pro další výpočty budeme uvažovat větší z hodnot tedy ty vypočtené pomocí vlivu turbulencí.

Tlaky větru na povrchy:

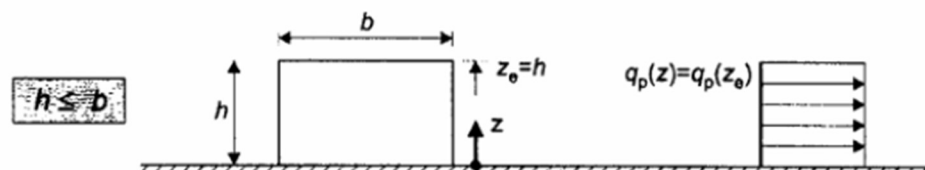
Budeme ho počítat zvlášť pro příčný a podélný vítr a střechu.

- Na vnější povrchy: $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$, kde c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku
- Na vnitřní povrchy: $w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$, kde c_{pi} je součinitel vnitřního tlaku

3.2.3.3. Zatížení na obvodové stěny

Vítr podélný

- Výška budovy je $h = 8,55 \text{ m}$ a šířka budovy je $b = 22,12 \text{ m} \rightarrow h \leq b$
 \rightarrow zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní



Obrázek 3: Závislost dynamického tlaku na výšce

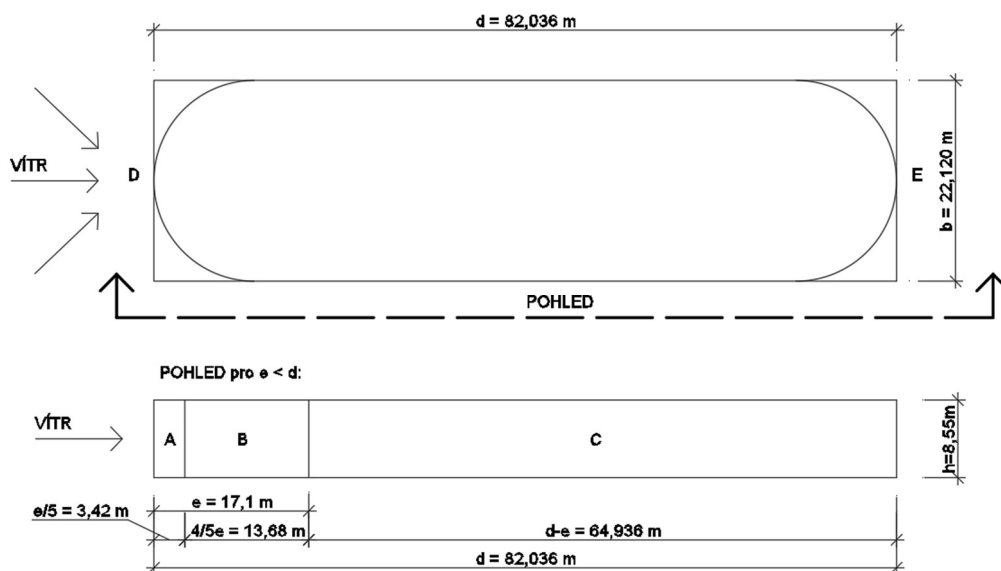
- Určení oblastí pro svislé stěny:

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(22,12; 2 \cdot 8,55) = \min(22,12; 17,1) = 17,1 \text{ m}$$

kde b je rozměr kolmý na směr větru

$$d \text{ je rozměr rovnoběžný se směrem větru} \rightarrow d = 82,036 \text{ m}$$

$\rightarrow e = 17,1 \text{ m} < d = 82,036 \text{ m}$, proto bude rozložení oblastí vypadat takto:



Obrázek 4: Schéma větrné oblasti pro svislé stěny a podélný vítr

Pro určení součinitele tlaku je nutné určit poměr: $\frac{h}{d} = \frac{8,55}{82,036} = 0,104$

Tabulka 1: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny

Oblast h/d	A	B	C	D	E
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3

Tabulka 2: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$)

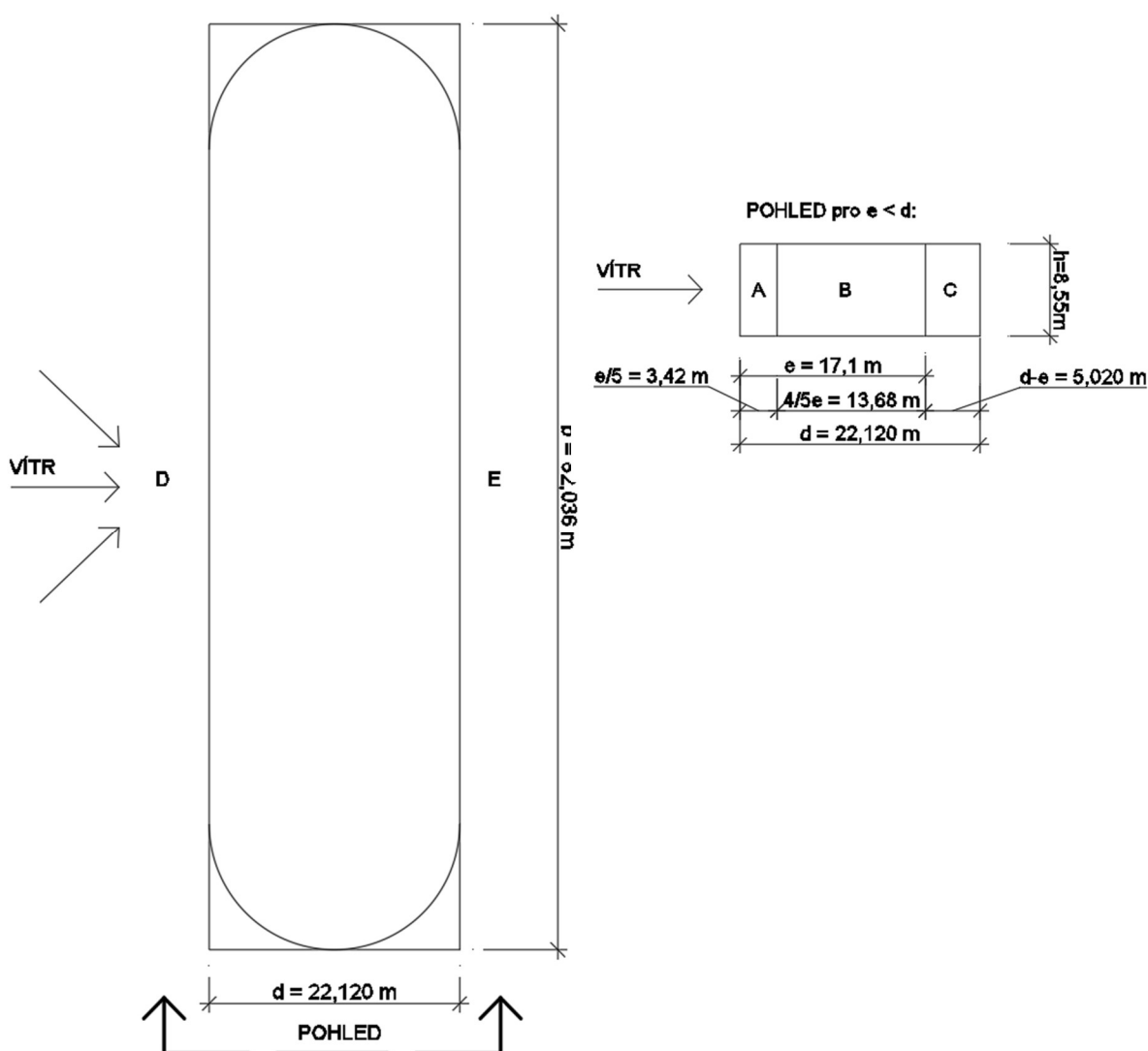
Oblast	A	B	C	D	E
Tlak větru w [kN/m^2]	-0,6107	-0,407	-0,2545	+0,3563	-0,1527

Rozhodující je tlak na návětrné straně (D) a závětrné straně (E)

$$\rightarrow w_{k,\text{podél,stěna}} = 0,3563 + 0,1527 = 0,509 \text{ kN/m}^2$$

Vítr příčný pro vyšší stěnu

- Výška budovy je $h = 8,55$ m a šířka budovy je $b = 82,036$ m $\rightarrow h \leq b$
 \rightarrow zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní
 - Určení oblastí pro svislé stěny:
 - o $e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(82,036; 2 \cdot 8,55) = \min(82,036; 17,1) = 17,1$ m, kde b je rozměr kolmý na směr větru
 - o d je rozměr rovnoběžný se směrem větru $\rightarrow d = 22,120$ m
- $\rightarrow e = 17,1$ m $< d = 22,120$ m, proto bude rozložení oblastí vypadat takto:



Obrázek 5: Schéma větrných oblastí pro vyšší svislou stěnu a příčný vítr

Pro určení součinitele tlaku je nutné určit poměr: $\frac{h}{d} = \frac{8,55}{22,120} = 0,38653$

Tabulka 3: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny

Oblast h/d	A	B	C	D	E
1	-1,2	-1,4	-0,5	+0,8	-0,5
0,38653	-1,2	-0,909	-0,5	+0,718	-0,336
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3

Tabulka 4: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{pl}(z_e) \cdot c_{pe}$)

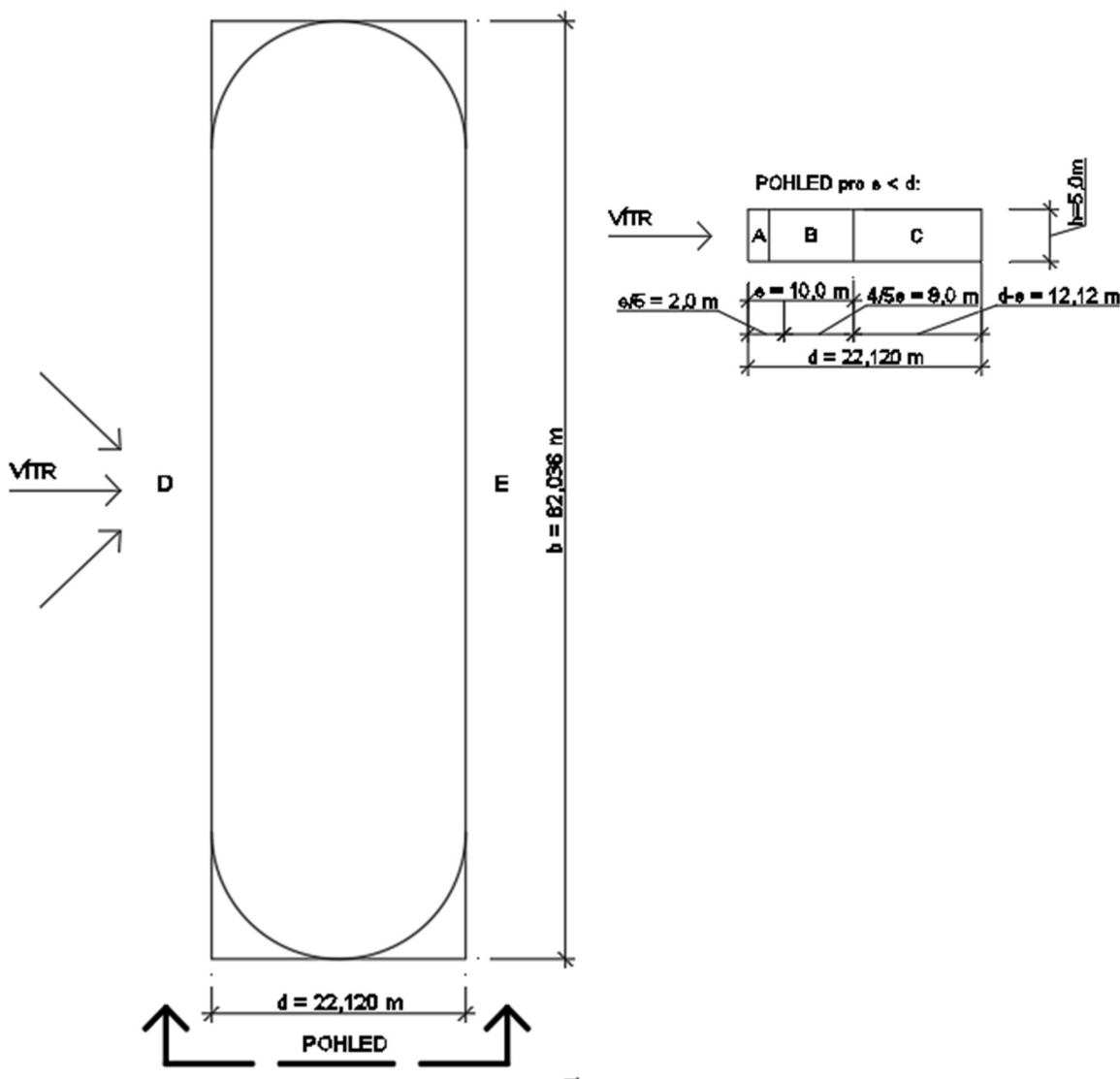
Oblast	A	B	C	D	E
Tlak větru w [kN/m ²]	-0,6107	-0,4626	-0,2545	+0,3654	-0,171

Rozhodující je tlak na návětrné straně (D) a závětrné straně (E)

$$\rightarrow w_{k,příč.,stěna} = 0,3654 + 0,171 = 0,5364 \text{ kN/m}^2$$

Vítr příčný pro nižší stěnu

- Výška budovy je $h = 5,0$ m a šířka budovy je $b = 82,036$ m $\rightarrow h \leq b$
 \rightarrow zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní
 - Určení oblastí pro svislé stěny:
 - o $e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(82,036; 2 \cdot 5,0) = \min(82,036; 10,0) = 10,0$
m, kde b je rozměr kolmý na směr větru
 - o d je rozměr rovnoběžný se směrem větru $\rightarrow d = 22,120$ m
- $\rightarrow e = 10,0$ m $< d = 22,120$ m, proto bude rozložení oblastí vypadat takto:



Obrázek 6: Schéma větrných oblastí pro nižší svislou stěnu a příčný vítr

Pro určení součinitele tlaku je nutné určit poměr: $\frac{h}{d} = \frac{5,0}{22,120} = 0,226$

Tabulka 5: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny

Oblast h/d	A	B	C	D	E
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3

Tabulka 6: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$)

Oblast	A	B	C	D	E
Tlak větru w [kN/m ²]	-0,486	-0,3242	-0,2026	+0,2837	-0,1216

Rozhodující je tlak na návětrné straně (D) a závětrné straně (E)

$$\rightarrow w_{k,příč,stěna} = 0,2837 + 0,1216 = 0,4053 \text{ kN/m}^2$$

Pro obvodové stěny budeme uvažovat největší z výše uvedených tlakových zatížení větrem a tedy $w_k = 0,5364 \text{ kN/m}^2$

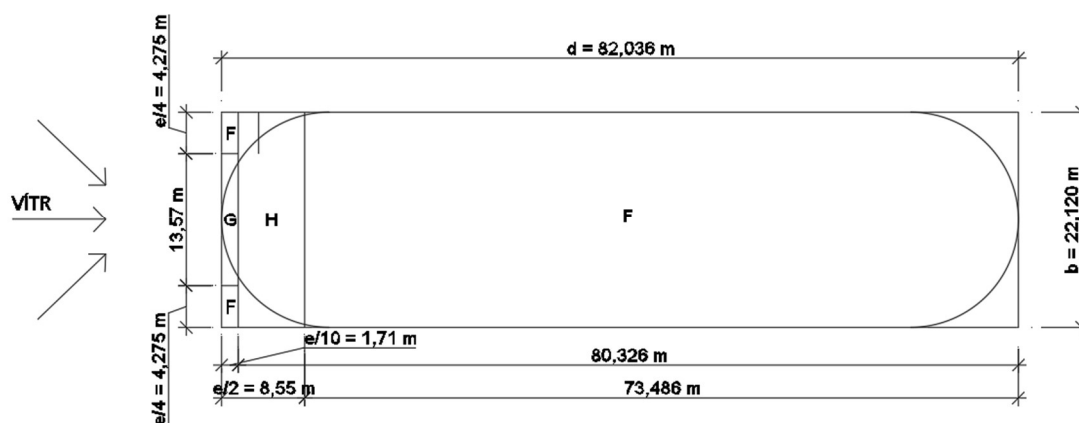
3.2.3.4. Zatížení na střechu

Zjednodušeně budeme místo obloukových obvodových stěn znovu uvažovat stěnu rovnou.

- Rozměry střechy:
 - o půdorysná šířka 22,120 m
 - o půdorysná délka 82,036 m
 - o nejvyšší místo střechy ve výšce 8,55 m (=referenční výška z_e) a 5m
 - o sklon střechy $3^\circ < 5^\circ \rightarrow$ výpočet pro plochou střechu

Vítr podélný:

- Výška budovy je $h = 8,55 \text{ m}$ a šířka budovy je $b = 22,12 \text{ m} \rightarrow h \leq b$
 \rightarrow zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní
- Určení větrných oblastí pro ploché stěny:
 - o $e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(22,12; 2 \cdot 8,55) = \min(22,12; 17,1) = 17,1 \text{ m}$,
kde b je rozměr kolmý na směr větru
 - o d je rozměr rovnoběžný se směrem větru $\rightarrow d = 82,036 \text{ m}$



Obrázek 7: Schéma větrných oblastí pro střechu a podélný vítr

Budova má atiku s výškou $h_p = 400$ mm, samotná budova má výšku $h = 8100$ → součinitel tlaku získáme pomocí jejich poměru: $\frac{h_p}{h} = \frac{400}{8100} = 0,05$

- Tabulka 7: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou

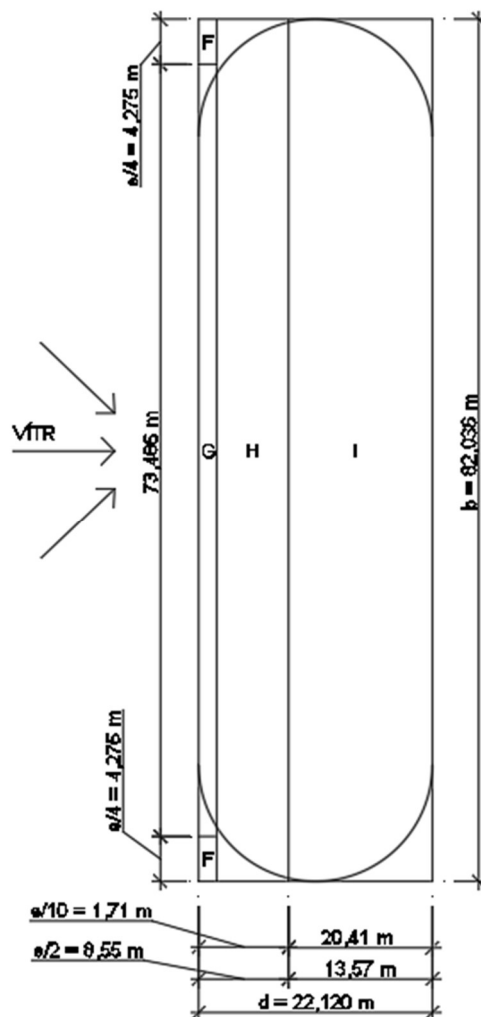
Oblast h_p/h	F	G	H	I
0,05	-1,4	-0,9	-0,7	$\pm 0,2$

- Tabulka 8: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{pl}(z_e) \cdot c_{pe}$)

Oblast	F	G	H	I
Tlak větru w [kN/m^2]	-0,7125	-0,458	-0,3563	$\pm 0,1018$

Vítr příčný pro vyšší stěnu

- Výška budovy je $h = 8,55$ m a šířka budovy je $b = 82,036$ m → $h \leq b$
→ zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní
- Určení oblastí pro svislé stěny:
 - $e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(82,036; 2 \cdot 8,55) = \min(82,036; 17,1) = 17,1$ m, kde b je rozměr kolmý na směr větru
 - d je rozměr rovnoběžný se směrem větru → $d = 22,120$ m



Obrázek 8: Schéma větrných oblastí pro větší výšku střechy a příčný vítr
 Budova má atiku s výškou $h_p = 400$ mm, samotná budova má výšku $h = 8100$ → součinitel tlaku získáme pomocí jejich poměru: $\frac{h_p}{h} = \frac{400}{8100} = 0,05$

Tabulka 9: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou

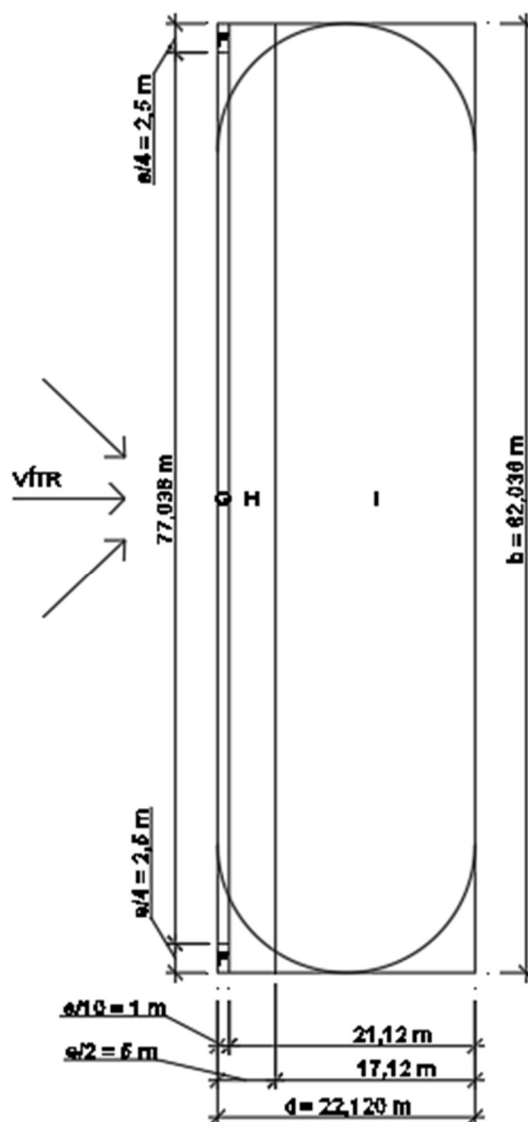
Oblast h_p/h	F	G	H	I
0,05	-1,4	-0,9	-0,7	$\pm 0,2$

Tabulka 10: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$)

Oblast	F	G	H	I
Tlak větru w [kN/m^2]	-0,7125	-0,458	-0,3563	$\pm 0,1018$

Vítr příčný pro nižší stěnu

- Výška budovy je $h = 5,0$ m a šířka budovy je $b = 82,036$ m $\rightarrow h \leq b$
 \rightarrow zatížení větrem na stěny po výšce budovy bude konstantní
- Určení oblastí pro svislé stěny:
 - o $e = \min(b; 2 \cdot h) = \min(82,036; 2 \cdot 5,0) = \min(82,036; 10,0) =$
 $= 10,0$ m, kde b je rozměr kolmý na směr větru
 - o d je rozměr rovnoběžný se směrem větru $\rightarrow d = 22,120$ m



Obrázek 9: Schéma větrných oblastí pro nižší výšku střechy a příčný vítr

Budova má atiku s výškou $h_p = 400$ mm, samotná budova má výšku $h = 5000$ \rightarrow součinitel tlaku získáme pomocí jejich poměru: $\frac{h_p}{h} = \frac{400}{5000} = 0,08$

Tabulka 11: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou

Oblast h_p/h	F	G	H	I
0,05	-1,4	-0,9	-0,7	$\pm 0,2$
0,08	-1,28	-0,84	-0,7	$\pm 0,2$
0,10	-1,2	-0,8	-0,7	$\pm 0,2$

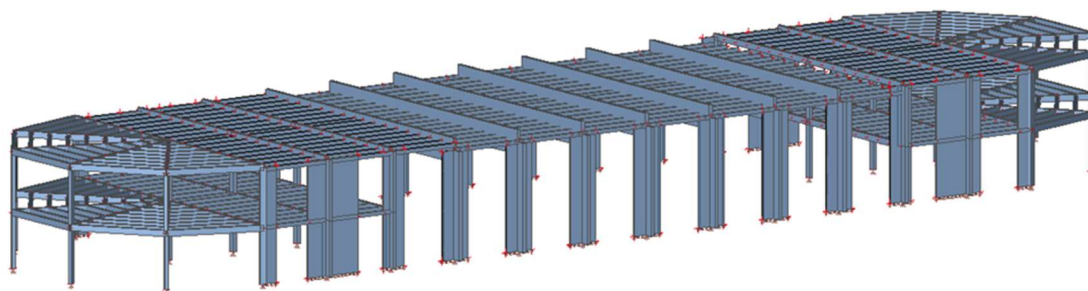
Tabulka 12: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$)

Oblast	F	G	H	I
Tlak větru w [kN/m ²]	-0,5188	-0,3404	-0,2837	$\pm 0,08106$

Pro navrhování a posuzování konstrukčních prvků budeme uvažovat tlakové zatížení větrem na střechě $w_k = 0,1018$ kN/m².

Po navrhování a posuzování kotvicích prvků střechy budeme uvažovat největší tahové zatížení tedy $w_k = 0,7125$ kN/m².

4. Návrh a posouzení nosných dřevěných prvků



Obrázek 10: Model hlavních nosných dřevěných konstrukčních prvků

4.1. Spřažený dřevobetonový strop

- Tvoří jak nosnou konstrukci stropu v 1.NP, tak i nosnou konstrukci střechy.
- Jeho součástí jsou betonová deska, která je vytvořena na záklopu z OSB desek nebo palubek (palubky použity pouze v místech, kde není podhled) a obě tyto vrstvy nesou dřevěné stropnice, které jsou mechanicky připevněny k průvlakům.
- Materiály:
 - o beton: C25/30-*XC2-C1* 0,2-*Dmax* 22-S3
 - o ocel: B 500 B
 - o stropnice rostlé dřevo C24
 - o bednění z OSB a palubek tloušťky 18 mm
- Rozpětí průvlaků je 20 860 mm
- Osová vzdálenost průvlaků = rozpětí stropnic $L = 5000$ mm
- Osová vzdálenost stropnic $l = 1250$ mm

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení (užitné zatížení stropů, sních)
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, rostlé dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro třídu provozu 1 a rostlé dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro rostlé dřevo je $\gamma_M = 1,3$, pro beton $\gamma_M = 1,5$ a ocel $\gamma_M = 1,15$.

Vlastnosti materiálů:

- Stropnice z rostlého dřeva C24:
 - o Pevnost v ohybu $f_{m,k} = 24$ MPa
$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,7692 \text{ MPa}$$
 - o Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,k} = 14,5$ MPa
$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{14,5}{1,3} = 8,9231 \text{ MPa}$$
 - o Pevnost v tahu kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,4$ MPa

○ Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

○ Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

○ Smyková pevnost $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,4615 \text{ MPa}$$

○ Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$

a $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$

○ Modul pružnosti kolmo k vláknům $E_{90,mean} = 0,37 \text{ GPa}$

○ Smykový modul $G_{mean} = 0,69 \text{ GPa}$

○ Průměrná hustota $\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$

- Betonová deska z C25/30:

○ Pevnost v tlaku $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,6667 \text{ MPa}$$

○ Střední hodnota pevnosti v tlaku $f_{cm} = 33 \text{ MPa}$

○ Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$, $f_{ctk0,05} = 1,8 \text{ MPa}$,

$$f_{ctm,d} = \frac{f_{ctm,k}}{\gamma_M} = \frac{2,6}{1,5} = 1,7333 \text{ MPa}$$

○ Modul pružnosti $E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$

- Ocel B500B:

○ Pevnost v tahu $f_{y,k} = 500 \text{ MPa}$

○ Modul pružnosti $E = 210 \text{ GPa}$

○ Smykový modul $G = 81 \text{ GPa}$

Předběžný návrh:

- Rozměrů:

○ Stropnice z rostlého dřeva C24 o průřezu 160x240 mm

○ Tloušťka betonové desky: $t = 80 \text{ mm}$

○ Tloušťka bednění z OSB a palubek: $t_s = 18 \text{ mm}$

- Spřahovacích prostředků:

○ Návrh vrutů SFS intec VB-48-7,5x100 mm (jedny z nejpoužívanějších spřahovacích průstředků pro dřevobetonové konstrukce)

○ Úhel ke stropní konstrukci 45°

○ Rozteč nad podporou $s_{min} = 80 \text{ mm}$

○ Rozteč v poli $s_{max} = 120 \text{ mm}$

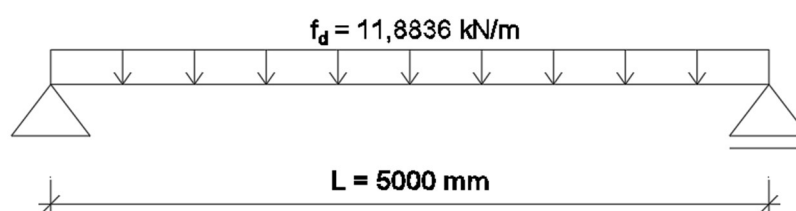
Liniové zatížení na střeše:

Vrstva	Výpočet	f_k [kN/m]	γ_F [-]	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$4,2 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,16128	1,35	0,21773
	$6 \cdot 1,25 \cdot 0,018$	0,135	1,35	0,18225
	$25 \cdot 1,25 \cdot 0,08$	2,5	1,35	3,375
Skladba pláště	$0,202 \cdot 1,25$	0,2525	1,35	0,34088
Podhled	$0,12 \cdot 1,25$	0,15	1,35	0,2025
Užitné	$1,0 \cdot 1,25$	1,25	1,5	1,875
Sníh	$0,56 \cdot 1,25$	0,7	1,5	1,05
Vítr	$0,7125 \cdot 1,25$	0,8906	1,5	1,33594
Celkem				$f_d = 8,5793$ kN/m

Liniové zatížení na stropě:

Vrstva	Výpočet	f_k [kN/m]	γ_F [-]	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$4,2 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,16128	1,35	0,21773
	$6 \cdot 1,25 \cdot 0,018$	0,135	1,35	0,18225
	$25 \cdot 1,25 \cdot 0,08$	2,5	1,35	3,375
Skladba podlahy	$0,574 \cdot 1,25$	0,7175	1,35	0,96863
Podhled	$0,12 \cdot 1,25$	0,15	1,35	0,2025
Užitné	$2,5 \cdot 1,25$	3,125	1,5	4,6875
Příčky	$1,2 \cdot 1,25$	1,5	1,5	2,25
Celkem				$f_d = 11,88361$ kN/m

Pro další výpočty budeme uvažovat větší zatížení tedy zatížení na stropě $f_d = 11,88361$ kN/m



Obrázek 11: Statické schéma dřevěné stropnice

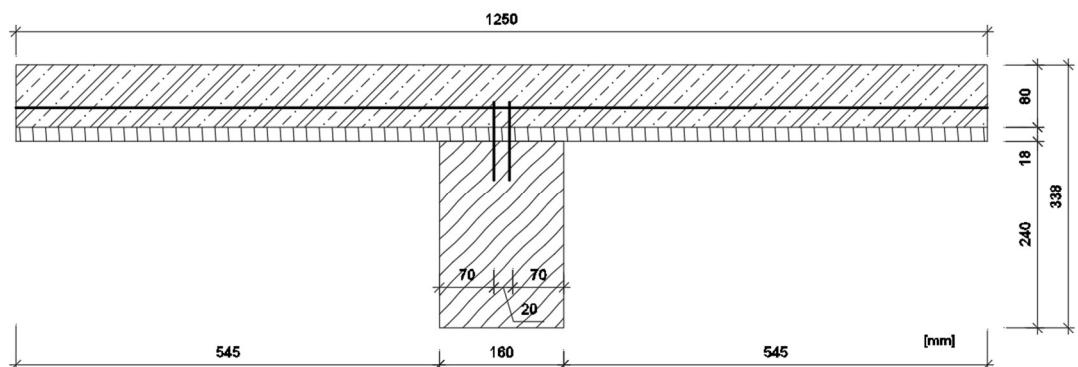
Vnitřní síly

- Posouvající síla:

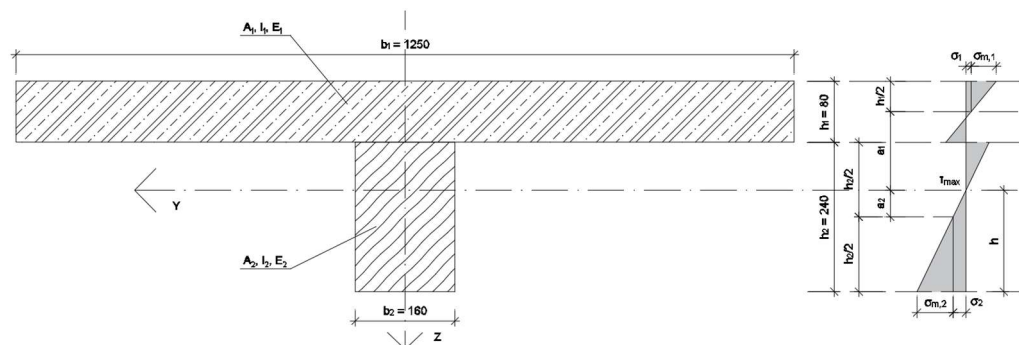
$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 11,8836 \cdot 5 = 29,709 \text{ kN}$$

- Moment uprostřed nosníku:

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,8836 \cdot 5^2 = 37,1363 \text{ kNm}$$

Určení spolupůsobící šířky

Obrázek 12: Spolupůsobící průřez



Obrázek 13: Schéma průběhu napětí v průřezu

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 0,545 + 0,1 \cdot 5 = 0,609 \text{ mm}$$

$$b_{eff,i} = 0,609 \text{ mm} \leq 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 5 = 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$b_{eff,i} = 0,609 \text{ mm} \leq b_i = 0,545 \text{ mm} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

→ uvažujeme $b_{eff,i} = 0,545 \text{ mm}$

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w = 2 \cdot 0,545 + 0,16 = 1,25 \text{ m}$$

Průřezové charakteristiky:

- Beton:

- Plocha betonu: $A_1 = 125 \cdot 80 = 100\,000 \text{ mm}^2$

- Modul pružnosti: $E_1 = 30\,500 \text{ MPa}$

- Moment setrvačnosti:

$$I_{y,1} = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 1250 \cdot 80^3 = 53\,333\,333 \text{ mm}^4$$

- Dřevo:

- Plocha dřeva: $A_2 = 160 \cdot 240 = 38\,400 \text{ mm}^2$
- Modul pružnosti: $E_2 = 11\,000 \text{ MPa}$
- Moment setrvačnosti:

$$I_{y,2} = \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 160 \cdot 240^3 = 184\,320\,000 \text{ mm}^4$$

Výpočet v počátečním stavu

- Modul prokluzu jednoho páru spřahovacích prostředků od ýrobce SFS Intec: $K_{ser} = 25000 - 350 \cdot t_s = 25000 - 350 \cdot 18 = 19750 \text{ N/mm}$
- Okamžitý modul prokluzu: $K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 19750 = 13\,167 \text{ N/mm}$
- Součinitel poddajnosti spřažení pro betonovou část

- U podpory:

$$\gamma_{1a} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_i}{K_1 \cdot L^2}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 80}{13\,167 \cdot 5000^2}\right)^{-1} = 0,1203$$

- V poli: $\gamma_{1b} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_i}{K_1 \cdot L^2}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 120}{13\,167 \cdot 5000^2}\right)^{-1} = 0,0835$

- Součinitel poddajnosti spřažení pro dřevěnou část $\gamma_2 = 1,0$

Stanovení neutrální osy

- Vzdálenost těžiště dřevěného trámu od těžiště spřaženého průřezu:

- U podpory: $a_{2a} = \frac{\gamma_{1a} \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right)}{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2} = \frac{0,1203 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right)}{0,1203 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 + 1,0 \cdot 11\,000 \cdot 38\,400} = 82,7437 \text{ mm}$

- V poli: $a_{2b} = \frac{\gamma_{1b} \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right)}{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2} = \frac{0,0835 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right)}{0,0835 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 + 1,0 \cdot 11\,000 \cdot 38\,400} = 66,9529 \text{ mm}$

- Vzdálenost těžiště betonové desky od těžiště spřaženého průřezu:

- U podpory: $a_{1a} = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right) - a_{2a} = \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right) - 82,7437 = 95,2563 \text{ mm}$

- V poli: $a_{1b} = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right) - a_{2b} = \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right) - 66,9529 = 111,0471 \text{ mm}$

Účinná ohybová tuhost

- U podpory: $(EI)_{ef,a} = (E_1 \cdot I_1 + \gamma_{1a} \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_{1a}^2) + (E_2 \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot a_{2a}^2) = (30\,500 \cdot 53\,333\,333 + 0,1203 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 95,2563^2) + (11\,000 \cdot 184\,320\,000 + 1 \cdot 11\,000 \cdot 38\,400 \cdot 82,7437^2) = 9,8755 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$
- V poli: $(EI)_{ef,b} = (E_1 \cdot I_1 + \gamma_{1b} \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_{1b}^2) + (E_2 \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot a_{2b}^2) = (30\,500 \cdot 53\,333\,333 + 0,0835 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 111,0471^2) + (11\,000 \cdot 184\,320\,000 + 1 \cdot 11\,000 \cdot 38\,400 \cdot 66,9529^2) = 8,6882 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$

Normálové napětí**Napětí v betonu**

- U podpory: $\sigma_{c,1,d} = \frac{\gamma_{1a} \cdot E_1 \cdot a_{1a} \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,1203 \cdot 30\,500 \cdot 95,2563 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{9,8755 \cdot 10^{12}} = 1,3143 \text{ MPa}$
 $\sigma_{m,1,d} = \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot h_1 \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,5 \cdot 30\,500 \cdot 80 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{9,8755 \cdot 10^{12}} = 4,5877 \text{ MPa}$
 $\sigma_{c,d} = \sigma_{c,1,d} + \sigma_{m,1,d} = 1,3143 + 4,5877 = 5,902 \text{ MPa}$
 $\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1,d} - \sigma_{c,1,d} = 4,5877 - 1,3143 = 3,2734 \text{ MPa}$
 - o Posouzení tlaku
 $\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \rightarrow 5,902 \text{ MPa} \leq 16,6667 \text{ MPa} \rightarrow$ Vyhovuje (35%)
 - o Posouzení tahu
 $\sigma_{t,d} \leq f_{ctm} \rightarrow 3,2734 \text{ MPa} \leq 1,7 \text{ MPa} \rightarrow$ Nevyhovuje
 \rightarrow je třeba navrhnout výztuž
- V poli: $\sigma_{c,1,d} = \frac{\gamma_{1b} \cdot E_1 \cdot a_{1b} \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,0835 \cdot 30\,500 \cdot 111,0471 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{8,6882 \cdot 10^{12}} = 1,2088 \text{ MPa}$
 $\sigma_{m,1,d} = \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot h_1 \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,5 \cdot 30\,500 \cdot 80 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{8,6882 \cdot 10^{12}} = 5,2147 \text{ MPa}$
 $\sigma_{c,d} = \sigma_{c,1,d} + \sigma_{m,1,d} = 1,2088 + 5,2147 = 6,4235 \text{ MPa}$
 $\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1,d} - \sigma_{c,1,d} = 5,2147 - 1,2088 = 4,0059 \text{ MPa}$
 - o Posouzení tlaku
 $\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \rightarrow 6,4235 \text{ MPa} \leq 16,6667 \text{ MPa} \rightarrow$ Vyhovuje (39%)
 - o Posouzení tahu
 $\sigma_{t,d} \leq f_{ctm} \rightarrow 4,0059 \text{ MPa} \leq 1,7 \text{ MPa} \rightarrow$ Nevyhovuje
 \rightarrow je třeba navrhnout výztuž

Napětí v dřevěné stropnici

$$- \text{ U podpory: } \sigma_{t,2,d} = \frac{\gamma_2 \cdot E_2 \cdot a_{2a} \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{1 \cdot 11\,000 \cdot 82,7437 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{9,8755 \cdot 10^{12}} = 3,4227 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h_2 \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,5 \cdot 11\,000 \cdot 240 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{9,8755 \cdot 10^{12}} = 4,9638 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tah a ohyb

$$\frac{\sigma_{t,2,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,4227}{8,9231} + \frac{4,9638}{14,7692} = 0,7197 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (72\%)}$$

$$- \text{ V poli: } \sigma_{t,2,d} = \frac{\gamma_2 \cdot E_2 \cdot a_{2b} \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{1 \cdot 11\,000 \cdot 66,9529 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{8,6882 \cdot 10^{12}} = 3,148 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h_2 \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,5 \cdot 11\,000 \cdot 240 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{8,6882 \cdot 10^{12}} = 5,642 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tah a ohyb

$$\frac{\sigma_{t,2,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,148}{8,9231} + \frac{5,642}{14,7692} = 0,7348 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (73\%)}$$

Smykové napětí

$$- \text{ U podpory: } h_{aa} = 0,5 \cdot h_2 + a_{2a} = 0,5 \cdot 240 + 82,7437 = 202,7437 \text{ mm}$$

$$\tau_{V,d} = \frac{E_2 \cdot b_2 \cdot h_{aa}^2 \cdot V_d}{2 \cdot EI_{ef,a} \cdot b_2} = \frac{11\,000 \cdot 160 \cdot 202,7437^2 \cdot 29,709 \cdot 10^3}{2 \cdot 9,8755 \cdot 10^{12} \cdot 160} = 0,6801 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{V,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,6801}{2,4615} = 0,2763 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (28\%)}$$

$$- \text{ V poli: } h_{ab} = 0,5 \cdot h_2 + a_{2b} = 0,5 \cdot 240 + 66,9529 = 186,953 \text{ mm}$$

$$\tau_{V,d} = \frac{E_2 \cdot b_2 \cdot h_{ab}^2 \cdot V_d}{2 \cdot EI_{ef,b} \cdot b_2} = \frac{11\,000 \cdot 160 \cdot 186,953^2 \cdot 29,709 \cdot 10^3}{2 \cdot 8,6882 \cdot 10^{12} \cdot 160} = 0,6573 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{V,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,6573}{2,4615} = 0,267 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (27\%)}$$

Posouzení spřahovacího prostředku

Namáhání spojovacích prostředků pro rozteč $s_1 = 80$ mm nad podporou

$$F_{1,d} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1 \cdot V_d}{EI_{ef}} = \frac{0,1203 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 95,2563 \cdot 80 \cdot 29,709 \cdot 10^3}{9,8755 \cdot 10^{12}} = 8,4116 \text{ kN}$$

Namáhání spojovacích prostředků pro rozteč $s_2 = 120$ mm v poli (od 1 m)

$$V_d = \frac{V_d}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - 1,5 \right) = \frac{29,709}{2,5} \cdot (2,5 - 1) = 17,8254 \text{ kN}$$

$$F_{1,d} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1 \cdot V_d}{EI_{ef}} = \frac{0,0835 \cdot 30\,500 \cdot 100\,000 \cdot 111,0471 \cdot 120 \cdot 17,8254 \cdot 10^3}{8,6882 \cdot 10^{12}} = 6,9628 \text{ kN}$$

Únosnost spojovacího prostředku

-dle podkladu výrobce je charakteristická tahová únosnost jednoho páru spojovacích prostředků SFS Intec VB-48-7,5x100 $T_k = 16000 \text{ N}$

$$T_d = k_{mod} \cdot \frac{T_k}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{16}{1,3} = 9,846 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,d}}{T_d} = \frac{8,4116}{9,846} = 0,854 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Výpočet v konečném stavu

Velikost stálého zatížení: 76,2 %

Velikost proměnného zatížení: 23,8 %

- Modul pružnosti:

o Beton:

$$E_{1,ef} = E_1 \cdot \left(\frac{0,762}{1 + \varphi_s} + \frac{0,238}{1 + \varphi_p} \right) = 30\,500 \cdot \left(\frac{0,762}{1 + 2,25} + \frac{0,238}{1 + 1,35} \right) = 10\,240 \text{ MPa}$$

o Dřevo:

$$E_{2,ef} = E_2 \cdot \left(\frac{0,762}{1 + k_{def,s}} + \frac{0,238}{1 + k_{def,p}} \right) = 11\,000 \cdot \left(\frac{0,762}{1 + 0,6} + \frac{0,238}{1 + 0,8} \right) = 6\,693 \text{ MPa}$$

- Modul prokluzu jednoho páru spřahovacích prostředků od výrobce SFS

Intec: $K_{ser} = 25000 - 350 \cdot t_s = 25000 - 350 \cdot 18 = 19750 \text{ N/mm}$ $K_{ser} =$

$$\frac{\rho_m^{1,5} \cdot d_{ef}}{30} = \frac{380^{1,5} \cdot 0,9 \cdot 7,5}{30} = 1\,666,7 \text{ N/mm}$$

- Okamžitý modul prokluzu: $K_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} = \frac{2}{3} \cdot 19750 = 13\,167 \text{ N/mm}$

- Součinitel poddajnosti spřažení pro betonovou část

$$o \text{ U podpory: } \gamma_{1a} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot s_i}{n \cdot K_1 \cdot L^2} \right)^{-1} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot 80}{13\,167 \cdot 5000^2} \right)^{-1} = 0,2893$$

$$o \text{ V poli: } \gamma_{1b} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot s_i}{n \cdot K_1 \cdot L^2} \right)^{-1} = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot 120}{13\,167 \cdot 5000^2} \right)^{-1} = 0,2134$$

- Součinitel poddajnosti spřažení pro dřevěnou část $\gamma_2 = 1,0$

Stanovení neutrální osy

- Vzdálenost těžiště dřevěného trámu od těžiště spřaženého průřezu:

o U podpory:

$$a_{2a} = \frac{\gamma_{1a} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t \right)}{\gamma_{1a} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot A_2} = \frac{0,2893 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18 \right)}{0,2893 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 + 1,0 \cdot 6\,693 \cdot 38\,400} = 95,3284 \text{ mm}$$

- V poli:

$$a_{2b} = \frac{\gamma_{1b} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right)}{\gamma_{1b} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot A_2}$$

$$= \frac{0,2134 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right)}{0,2134 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 + 1,0 \cdot 6\,693 \cdot 38\,400} = 81,8136 \text{ mm}$$

- Vzdálenost těžiště betonové desky od těžiště spráženého průřezu:

- U podpory:

$$a_{1a} = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right) - a_{2a} = \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right) - 95,3284 = 82,6716 \text{ mm}$$

- V poli:

$$a_{1b} = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} + t\right) - a_{2b} = \left(\frac{80}{2} + \frac{240}{2} + 18\right) - 81,8136 = 96,1864 \text{ mm}$$

Účinná ohybová tuhost

- U podpory: $(EI)_{ef,a} = (E_{1,ef} \cdot I_1 + \gamma_{1a} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot a_{1a}^2) + (E_{2,ef} \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot A_2 \cdot a_{2a}^2) = (10\,240 \cdot 53\,333\,333 + 0,2893 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot 82,6716^2) + (6\,693 \cdot 184\,320\,000 + 1 \cdot 6\,693 \cdot 38\,400 \cdot 95,3284^2) = 6,1397 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$
- V poli: $(EI)_{ef,b} = (E_{1,ef} \cdot I_1 + \gamma_{1b} \cdot E_{1,ef} \cdot A_1 \cdot a_{1b}^2) + (E_{2,ef} \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot A_2 \cdot a_{2b}^2) = (10\,240 \cdot 53\,333\,333 + 0,2134 \cdot 10\,240 \cdot 100\,000 \cdot 93,1864^2) + (6\,693 \cdot 184\,320\,000 + 1 \cdot 6\,693 \cdot 38\,400 \cdot 81,8136^2) = 5,3986 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$

Normálové napětí

Napětí v betonu

- U podpory: $\sigma_{c,1,d} = \frac{\gamma_{1a} \cdot E_{1,ef} \cdot a_{1a} \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,2893 \cdot 10\,240 \cdot 82,6716 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{6,1397 \cdot 10^{12}} =$

$$1,4819 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1,d} = \frac{0,5 \cdot E_{1,ef} \cdot h_1 \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,5 \cdot 10\,240 \cdot 80 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{6,1397 \cdot 10^{12}} = 2,4785 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \sigma_{c,1,d} + \sigma_{m,1,d} = 1,4819 + 2,4785 = 3,9604 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1,d} - \sigma_{c,1,d} = 2,4785 - 1,4819 = 0,9966 \text{ MPa}$$

- Posouzení tlaku

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \rightarrow 3,9604 \text{ MPa} \leq 16,6667 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (24\%)}$$

- Posouzení tahu

$$\sigma_{t,d} \leq f_{ctm} \rightarrow 0,9966 \text{ MPa} \leq 1,7 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (59\%)}$$

$$- \text{ V poli: } \sigma_{c,1,d} = \frac{\gamma_{1b} \cdot E_{1,ef} \cdot a_{1b} \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,2134 \cdot 10^4 \cdot 240 \cdot 96,1864 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{5,3986 \cdot 10^{12}} = 1,446 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1,d} = \frac{0,5 \cdot E_{1,ef} \cdot h_1 \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,5 \cdot 10^4 \cdot 240 \cdot 80 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{5,3986 \cdot 10^{12}} = 2,8187 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \sigma_{c,1,d} + \sigma_{m,1,d} = 1,446 + 2,8187 = 4,2647 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1,d} - \sigma_{c,1,d} = 2,8187 - 1,446 = 1,3727 \text{ MPa}$$

- Posouzení tlaku

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d} \rightarrow 4,2647 \text{ MPa} \leq 16,6667 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (26\%)}$$

- Posouzení tahu

$$\sigma_{t,d} \leq f_{ctm} \rightarrow 1,3727 \text{ MPa} \leq 1,7 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (81\%)}$$

Napětí v dřevěné stropnici

$$- \text{ U podpory: } \sigma_{t,2,d} = \frac{\gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot a_{2a} \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{1 \cdot 6\,693 \cdot 95,3284 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{6,1397 \cdot 10^{12}} = 3,8404 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{0,5 \cdot E_{2,ef} \cdot h_2 \cdot M_d}{(EI)_{ef,a}} = \frac{0,5 \cdot 6\,693 \cdot 240 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{6,1397 \cdot 10^{12}} = 4,858 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tah a ohyb

$$\frac{\sigma_{t,2,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,8404}{8,9231} + \frac{4,858}{14,7692} = 0,759 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (76\%)}$$

$$- \text{ V poli: } \sigma_{t,2,d} = \frac{\gamma_2 \cdot E_{2,ef} \cdot a_{2b} \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{1 \cdot 6\,693 \cdot 81,8136 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{5,3986 \cdot 10^{12}} = 3,7667 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{0,5 \cdot E_{2,ef} \cdot h_2 \cdot M_d}{(EI)_{ef,b}} = \frac{0,5 \cdot 6\,693 \cdot 240 \cdot 37,1363 \cdot 10^6}{5,3986 \cdot 10^{12}} = 5,5248 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tah a ohyb

$$\frac{\sigma_{t,2,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,7667}{8,9231} + \frac{5,5248}{14,7692} = 0,7962 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (80\%)}$$

Smykové napětí

$$- \text{ U podpory: } h_{aa} = 0,5 \cdot h_2 + a_{2a} = 0,5 \cdot 240 + 95,3284 = 215,3284 \text{ mm}$$

$$\tau_{V,d} = \frac{E_{2,ef} \cdot b_2 \cdot h_{aa}^2 \cdot V_d}{2 \cdot EI_{ef,a} \cdot b_2} = \frac{6\,693 \cdot 160 \cdot 215,3284^2 \cdot 29,709 \cdot 10^3}{2 \cdot 6,1397 \cdot 10^{12} \cdot 160} = 0,7508 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{V,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,7508}{2,4615} = 0,305 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (31\%)}$$

$$- \text{ V poli: } h_{ab} = 0,5 \cdot h_2 + a_{2b} = 0,5 \cdot 240 + 81,8136 = 201,8136 \text{ mm}$$

$$\tau_{V,d} = \frac{E_{2,ef} \cdot b_2 \cdot h_{ab}^2 \cdot V_d}{2 \cdot EI_{ef,b} \cdot b_2} = \frac{6\,693 \cdot 160 \cdot 201,8136^2 \cdot 29,709 \cdot 10^3}{2 \cdot 5,3986 \cdot 10^{12} \cdot 160} = 0,7501 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{V,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,7501}{2,4615} = 0,3047 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (30\%)}$$

Průhyb

- Okamžitý průhyb

$$w_{net,fin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g + q)_k \cdot L^4}{EI_{ef}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{11,88361 \cdot 5000^4}{6,1397 \cdot 10^{12}} = 15,75 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 15,75 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{5000}{300} = 16,667 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

NÁVRH SPŘAŽENÉHO DŘEOBETONOVÉHO STROPU S TLOUŠŤKOU BETONOVÉ DESKY 80 mm, ROZMĚRY STROPNICE 160x240 mm A SPŘAHOVACÍMI TRNY SFS INTEC VB-48-7,5x100 VYHOVUJE

4.2. Sloupky v obloukové části obvodové stěny

Jedná se sloupky v obloukové části obvodové stěny v 1.PP i 1.PP

Uložení sloupků je kloubové ($L = L_{cr}$)

Výška celé stěny:	8 600 mm
Délka sloupku:	3 750 mm
Osová vzdálenost sloupků:	$l = 625 \text{ mm}$
Předpokládaný průřez sloupku:	60x180 mm

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, rostlé dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro rostlé dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro rostlé dřevo je $\gamma_M = 1,3$

Vlastnosti materiálu:

- Stropnice z rostlého dřeva C24:
 - Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,7692 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{14,5}{1,3} = 8,9231 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$

- Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,3} = 12,923 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,538 \text{ MPa}$$

- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,4615 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$

a $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$

- Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,37 \text{ GPa}$

- Smykový modul: $G_{mean} = 0,69 \text{ GPa}$

- Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$

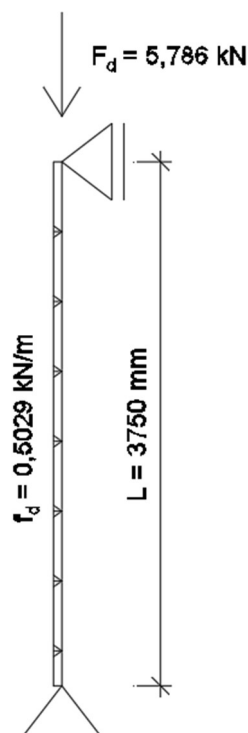
Zatížení

Největší bodové zatížení od stěny v patě:

$$F_d = g_k \cdot v \cdot l \cdot \gamma_F = 0,8232 \cdot 8,6 \cdot 0,625 \cdot 1,35 = 5,786 \text{ kN}$$

Liniové zatížení od větru:

$$f_d = q_k \cdot l \cdot \gamma_F = 0,5364 \cdot 0,625 \cdot 1,5 = 0,5029 \text{ kN/m}$$



Obrázek 14: Statické schéma sloupku obvodové stěny

Moment způsobený zatížením od větru:

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot w_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,5029 \cdot 3,75^2 = 0,884 \text{ kNm}$$

Normálové napětí v patě sloupku: $N_{ed} = 5,786 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,06 \cdot 0,18^3 = 2,916 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,18 \cdot 0,06^3 = 3,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,916 \cdot 10^{-5}}{0,06 \cdot 0,18}} = 0,05196 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{3,24 \cdot 10^{-6}}{0,06 \cdot 0,18}} = 0,01732 \text{ m}$$

- Štíhlost sloupků:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,75}{0,05196} = 72,17$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,75}{0,01732} = 216,5127$$

Posouzení MSŮ

Posouzení sloupku na vzpěr

Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{5,786}{0,06 \cdot 0,18} = 0,5357 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{7,4 \cdot 10^3}{216,5127^2} = 1,55799 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{1,55799}} = 3,6714$$

Součinitel vzpěrnosti (pro rostlé dřevo $\beta_c = 0,2$):

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

$$0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (3,6714 - 0,3) + 3,6714^2] = 7,5767$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{7,5767 + \sqrt{7,5767^2 - 3,6714^2}} = 0,0704$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,5357}{0,0704 \cdot 12,923} = 0,5888 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (59\%)}$$

Posouzení sloupků na vzpěr a ohyb

Pro toto posouzení je rozhodující hodnota I_y (směr menší tuhosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,18^2 = 3,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{ed}}{W_y} = \frac{0,884}{3,24 \cdot 10^{-4}} = 2,7284 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{7,4 \cdot 10^3}{72,17^2} = 14,0223 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{14,0223}} = 1,2238$$

Součinitel vzpěrnosti (pro rostlé dřevo $\beta_c = 0,2$):

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,2238 - 0,3) + 1,2238^2] = 1,3412$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,3412 + \sqrt{1,3412^2 - 1,2238^2}} = 0,5291$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,5357}{0,5291 \cdot 12,923} + \frac{2,7284}{14,7692} = 0,2631 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (26\%)}$$

Ze statického hlediska by bylo možné použít i sloupky o průřezu 40x180 mm, ale kvůli jednodušší realizaci bude zvolen průřez 60x180 mm.

NÁVRH SLOUPKŮ Z ROSTLÉHO DŘEVA V OBLOUKOVÉ ČÁSTI
OBVODOVÉ STĚNY O ROZMĚRECH 60x180 mm VYHOVUJE

Posouzení otláčení spodního prahu

Spodní práh bude proveden ze stejného dřeva, jako obvodová stěna v obloukových částech budovy.

Průřez prahu bude předem navrhnout na 2x60x180 mm

Zatížení

Největší bodové zatížení od stěny v patě:

$$F_{d1} = g_k \cdot v \cdot l \cdot \gamma_F = 0,8232 \cdot 8,6 \cdot 0,625 \cdot 1,35 = 5,786 \text{ kN}$$

Zatížení od vlastní tíhy:

$$F_{d2} = g_k \cdot t_l \cdot b \cdot l \cdot \gamma_F = 5 \cdot 2 \cdot 0,18 \cdot 0,06 \cdot 0,625 \cdot 1,35 = 0,1215 \text{ kN}$$

Zatížení celkem: $F_d = F_{d1} + F_{d2} = 5,786 + 0,1215 = 5,9075 \text{ kN} = N_{ed}$

Posouzení

Návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{ed}}{A_{eff}} = \frac{5,9075}{2 \cdot 0,06 \cdot 0,18} = 0,2735 \text{ MPa}$$

Součinitel pro soustředěný tlak (zohledňuje uspořádání zatížení, možnost rozštěpení a stupeň deformace v tlaku): nepočítáme vzorce, proto volíme podle Eurokódu 5 $k_{c,90} = 1,0$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,2735}{1,1538} = 0,178 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

NÁVRH SPODNÍHO PRAHU Z ROSTLÉHO DŘEVA V OBLOUKOVÉ ČÁSTI OBVODOVÉ STĚNY O ROZMĚRECH 2x60x180 mm VYHOVUJE

4.3. Okenní překlady v obloukové části obvodové stěně

Překlady v této části obvodové stěny je nutné navrhnout z lepeného lamelového dřeva, kvůli zaoblení prvku i rozponu, který musí překonat.

Lokální zatížení od sloupků osazených na překladu je velmi malé (jelikož sloupek stěny přenáší zatížení pouze od vlastní tíhy stěny), proto převedeme toto lokální zatížení na zatížení liniové.

Poloměr ohnutí: 10 650 mm

Rozpon:	3 400 mm
Výška stěny nad překladem:	6,05 m
Průřez průvlaku: 180x180 mm	$\rightarrow A = 180 \cdot 180 = 32\,400 \text{ mm}^2$
Výška sloupku obvodové stěny nad překladem:	2 450 mm

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - \rightarrow Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, rostlé dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - \rightarrow Deformační součinitel pro rostlé dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro rostlé dřevo je $\gamma_M = 1,3$

Vlastnosti materiálu:

Překlad je z lepeného lamelového dřeva GL24h:

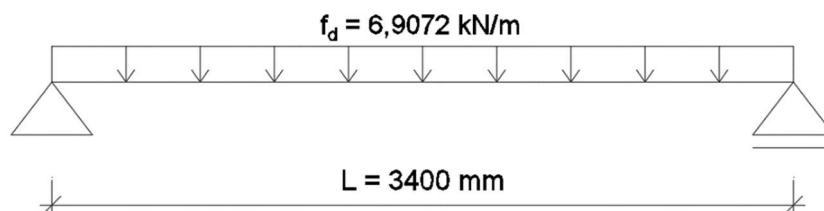
- Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,769 \text{ MPa}$$
- Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{16,5}{1,3} = 10,154 \text{ MPa}$$
- Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,7}{1,3} = 1,662 \text{ MPa}$$
- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 11,6 \text{ GPa}$
a $E_{0,05} = 9,4 \text{ GPa}$
- Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,39 \text{ GPa}$
- Smykový modul: $G_{mean} = 0,72 \text{ GPa}$
- Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 380 \text{ kg/m}^3$

Vrstva	Výpočet	f_k [kN/m]	γ_F [-]	f_d [kN/m]
Tíha stěny	$0,8232 \cdot 6,05$	4,9804	1,35	6,7235
Vlastní tíha	$4,2 \cdot 0,18 \cdot 0,18$	0,1361	1,35	0,1837
Celkem				$f_d = 6,9072$ kN/m



Obrázek 15: Statické schéma dřevěného překlada

Vnitřní síly

- Posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 6,9072 \cdot 3,4 = 11,742 \text{ kN}$$

- Moment uprostřed nosníku:

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,9072 \cdot 3,4^2 = 9,981 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 180^3 = 87\,480\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{87\,480\,000}{90} = 972\,000 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ**Normálové napětí v ohybu:**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{9,981}{0,972 \cdot 10^{-3}} = 10\,268,5 \text{ kPa} = 10,269 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{10,269}{14,769} = 0,695 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (70\%)}$$

Normálové napětí v ohybu (pokud není nosník po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

Účinná délka nosníku:

$$l_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 3\,400 + 2 \cdot 180 = 3\,420 \text{ mm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,18^2}{0,18 \cdot 3,42} \cdot 9400 = 385,895 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{385,895}} = 0,2494$$

Součinitel příčné a torzní stability je pro $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ $k_{crit} = 1$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{10,269}{1 \cdot 14,769} = 0,695 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (70\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 180 = 120,6 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv vysušných trhlin pro rostlé dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 11,742}{2 \cdot 0,18 \cdot 0,1206} = 811,36 \text{ kPa} = 0,81136 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,81136 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,662 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (49\%)}$$

Posouzení MSP

Okamžitý průhyb (pouze od stálého zatížení)

$$w_{inst,g} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,1165 \cdot 3,4^4}{11600 \cdot 10^3 \cdot 0,8748 \cdot 10^{-4}} = 8,77 \text{ mm}$$

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 8,77 \text{ mm}$

Posouzení: $w_{inst} = 8,77 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{3400}{300} = 11,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

Konečný průhyb

Třída provozu 1 $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 8,77 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 13,032 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posouzení: $w_{net,fin} = 13,032 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{3400}{250} = 13,6 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

NÁVRH PŘEKladu z lepeného lamelového dřeva 180x180 mm o délce 3400 mm v obloukové obvodové stěně vyhovuje

4.4. Překlady v obvodové stěně z CLT

Nejvíce zatížené průvlaky u CLT stěny jsou u oken v tělocvičně.

Rozpon: $l = 3\,00\text{ mm}$

Výška stěny nad překladem: $v = 6\,050\text{ m}$

Tloušťka stěny i průvlaku: $t = 120\text{ mm}$

Předběžný návrh rozměrů překladu: $120 \times 390\text{ mm}$ (překlad bude nejspíše předimenzovaný, jeho výšku 390 mm volíme takto velkou z toho důvodu, aby spáry překladu se stěnou navazovaly na spoj CLT panelů 1.PP a 1.NP)

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, CLT a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro CLT je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro CLT je $\gamma_M = 1,2$

Vlastnosti materiálu:

Překlad je z CLT, které má pevnost C24:

Pro zatížení kolmo k panelu:

- Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 26,4\text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,4}{1,2} = 17,6\text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,12\text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,5\text{ MPa}$
- Pevnost ve smyku rovnoběžně s vlákny: $f_{v,k} = 4,0\text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4,0}{1,2} = 2,667\text{ MPa}$$

- Pevnost ve smyku kolmo k vláknům (pevnost ve valivém smyku) pro smrkové dřevo: $f_{v,90,0,k} = \min\{1,25; 1,45 - t_{cr}/100\}$, kde t_{cr} je tloušťka nejsilnější příčné vrstvy
- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 12\text{ GPa}$
- Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,37\text{ GPa}$

- Smykový modul rovnoběžně s vlákny: $G_{\text{mean}} = 0,69 \text{ GPa}$
- Modul valivého smyku (kolmo k vláknům): $G_{90,0,\text{mean}} = 0,05 \text{ GPa}$
- Průměrná hustota: $\rho_{\text{mean}} = 490 \text{ kg/m}^3$

Pro zatížení v rovině panelu:

- Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,2} = 16 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{14,5}{1,2} = 9,667 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,9 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,9}{1,2} = 2,6 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,\text{mean}} = 12 \text{ GPa}$

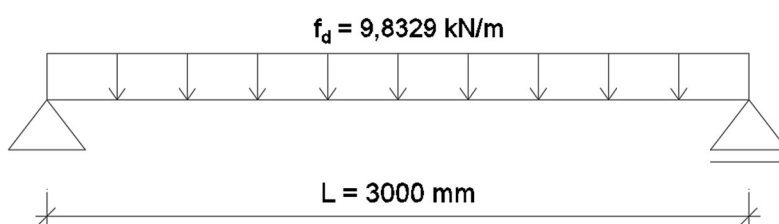
- Smykový modul rovnoběžně s vlákny: $G_{\text{mean}} = 0,46 \text{ GPa}$

- Průměrná hustota: $\rho_{\text{mean}} = 490 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

Liniové zatížení ve směru stěny:

- Tíha stěny: $f_k = g_k \cdot v = 1,2039 \cdot 6,05 = 7,2836 \text{ kN/m}$
 $f_d = \gamma_F \cdot f_k = 1,35 \cdot 7,2836 = 9,8329 \text{ kN/m}$



Obrázek 16: Statické schéma CLT překlada

Vnitřní síly

- Posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 9,8329 \cdot 3 = 14,7494 \text{ kN}$$

- Moment uprostřed nosníku:

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,8329 \cdot 3^2 = 11,062 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 120 \cdot 390^3 = 593\,190\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{593\,190\,000}{195} = 3\,042\,000 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ

Normálové napětí v ohybu (nosník je po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{11,062}{0,003042} = 3\,636 \text{ kPa} = 3,636 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,636}{16} = 0,227 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (23\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 120 = 80,4 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin pro rostlé dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 14,7494}{2 \cdot 0,39 \cdot 0,0804} = 705,578 \text{ kPa} = 0,70558 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,70558 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,6 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (27\%)}$$

Posouzení MSP**Okamžitý průhyb (pouze od stálého zatížení)**

$$w_{inst,g} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{7,2836 \cdot 3^4}{12\,000 \cdot 10^3 \cdot 5,9319 \cdot 10^{-4}} = 1,079 \text{ m}$$

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 1,079 \text{ mm}$

Posouzení: $w_{inst} = 1,079 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{3000}{300} = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

Konečný průhyb

Třída provozu 1 $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 1,079 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 1,7264 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posouzení: $w_{net,fin} = 1,7264 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{3000}{250} = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

NÁVRH PŘEKLADU Z CLT O PRŮŘEZU 120x390 mm A DÉLCE 3000 mm V OBVODOVÉ STĚNĚ VYHOVUJE

4.5. Dveřní překlady ve vnitřní stěně

Všechny dveřní překlady v lehkých nenosných vnitřních stěnách (mimo vnitřní stěny z CLT panelů) mají stejný rozpon. Budeme posuzovat překlad v nejtlustší lehké příčce.

Lokální zatížení od sloupků osazených na překladu je velmi malé (jelikož sloupek stěny přenáší zatížení pouze od vlastní tíhy stěny), proto převedeme toto lokální zatížení na zatížení liniové.

Rozpon: 1 000 mm
 Výška stěny nad překladem: 1,700 m
 Průřez průvlaku: 60x160 mm

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, rostlé dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro rostlé dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro rostlé dřevo je $\gamma_M = 1,3$

Vlastnosti materiálu:

- Překlad z rostlého dřeva C24:
 - Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,7692 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{14,5}{1,3} = 8,9231 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

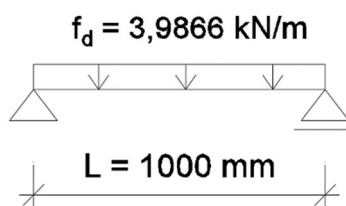
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,3} = 12,923 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,538 \text{ MPa}$$

- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$
- $$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,4615 \text{ MPa}$$
- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$
a $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$
 - Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,37 \text{ GPa}$
 - Smykový modul: $G_{mean} = 0,69 \text{ GPa}$
 - Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

Vrstva	Výpočet	f_k [kN/m]	γ_F [-]	f_d [kN/m]
Tíha stěny	$1,71339 \cdot 1,7$	2,91276	1,35	3,9322
Vlastní tíha	$4,2 \cdot 0,06 \cdot 0,16$	0,0403	1,35	0,0544
Celkem				$f_d = 3,9866 \text{ kN/m}$



Obrázek 17: Statické schéma dřevěného překlady

Vnitřní síly

- Posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,9866 \cdot 1 = 1,9933 \text{ kN}$$

- Moment uprostřed nosníku:

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,9866 \cdot 1^2 = 0,4983 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 160 \cdot 60^3 = 2\,880\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{2\,880\,000}{30} = 96\,000 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ**Normálové napětí v ohybu:**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{0,4983}{0,096 \cdot 10^{-3}} = 5\,190,625 \text{ kPa} = 5,191 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{5,191}{14,769} = 0,351 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (35\%)}$$

Normálové napětí v ohybu (pokud není nosník po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

Účinná délka nosníku:

$$l_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 1\,000 + 2 \cdot 60 = 1\,020 \text{ mm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,16^2}{0,06 \cdot 1,02} \cdot 7400 = 2\,414,43 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{2\,414,43}} = 0,0997$$

Součinitel příčné a torzní stability je pro $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ $k_{crit} = 1$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{5,191}{1 \cdot 14,769} = 0,3515 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (35\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv vysušných trhlin pro rostlé dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 1,9933}{2 \cdot 0,06 \cdot 0,1072} = 464,855 \text{ kPa} = 0,465 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,465 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,4615 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (19\%)}$$

Posouzení MSP**Okamžitý průhyb (pouze od stálého zatížení)**

$$w_{inst,g} = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,953 \cdot 1^4}{11000 \cdot 10^3 \cdot 0,0288 \cdot 10^{-4}} = 1,214 \text{ mm}$$

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 1,214 \text{ mm}$ Posouzení: $w_{inst} = 1,214 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{1000}{300} = 3,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

Konečný průhyb

Třída provozu 1 $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned}w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 1,214 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 1,942 \text{ mm}\end{aligned}$$

Posouzení: $w_{net,fin} = 1,942 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ mm} \rightarrow$ Vyhovuje

NÁVRH PŘEKLADU VYHOVUJE A LZE HO PROVÉST ZE STEJNÉHO PRŮŘEZU HRANOLU, TEDY 60x160 mm JAKO JE U SLOUPKŮ VE STEJNÉ STĚNĚ

4.6. Konstrukční prvky těžkého skeletu

4.6.1. Rámová konstrukce v tělocvičně

Průvlak v tělocvičně je největší ze všech průvlaků.

Rozpon průvlaku: $L = 20\ 860 \text{ mm}$

Výška sloupu: $H = 7\ 100 \text{ mm}$

Uložení průvlaků na sloupy je polotuhé a uložení sloupů je kloubové

Osová vzdálenost průvlaků a sloupů: $l = 5\ 000 \text{ mm}$

Osová vzdálenost stropnic: $l_1 = 1\ 250 \text{ mm}$

Stropnice u obvodové stěny přenášejí zatížení ze šířky 755 mm

Stropnice uprostřed rozpětí přenášejí zatížení ze šířky 1 125 mm

Předpokládaný průřez průvlaku: $260 \times 1\ 600 \text{ mm}$

Předpokládaný průřez sloupu: $2 \times 140 \times 480 \text{ mm}$

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - \rightarrow Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, lepené lamelové dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - \rightarrow Deformační součinitel pro lepené lamelové dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo je $\gamma_M = 1,25$

Vlastnosti materiálu:

- Průvlak z lepeného lamelového dřeva (BSH) GL32c:

- o Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

- o Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$$

- o Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$

- o Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$$

- o Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 3 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,92 \text{ MPa}$$

- o Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,048 \text{ MPa}$$

- o Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 13,7 \text{ GPa}$

a $E_{0,05} = 11,1 \text{ GPa}$

- o Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,42 \text{ GPa}$

- o Smykový modul: $G_{mean} = 0,78 \text{ GPa}$

- o Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

Stropnice u stěny	Výpočet	F_k [kN]	γ_F [-]	F_d [kN]
Skladba střechy	$0,202 \cdot 0,755 \cdot 5$	0,7626	1,35	1,0294
Střešní deska	$6 \cdot 0,755 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,4077	1,35	0,5504
	$25 \cdot 0,755 \cdot 5 \cdot 0,08$	7,55	1,35	10,1925
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Užitné	$1,0 \cdot 0,755 \cdot 5$	3,775	1,5	5,6625
Sníh	$0,56 \cdot 0,755 \cdot 5$	2,114	1,5	3,171

Stropnice v poli	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba střechy	$0,202 \cdot 1,25 \cdot 5$	1,2625	1,35	1,7044
Střešní deska	$6 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,675	1,35	0,9113
	$25 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot 0,08$	12,5	1,35	16,875
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Užitné	$1,0 \cdot 1,25 \cdot 5$	6,25	1,5	9,375
Sníh	$0,56 \cdot 1,25 \cdot 5$	3,5	1,5	5,25

Stropnice uprostřed	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba střechy	$0,202 \cdot 1,125 \cdot 5$	1,1363	1,35	1,5339
Střešní deska	$6 \cdot 1,125 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,6075	1,35	0,8201
	$25 \cdot 1,12 \cdot 5 \cdot 0,08$	11,25	1,35	15,1875
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Užitné	$1,0 \cdot 1,125 \cdot 5$	5,625	1,5	8,4375

Zatížení větrem bylo vypočteno již v předchozí části a podle oblastí vloženo do výpočetního modelu.

Zatížení od vlastní tíhy bylo automaticky vypočteno pomocí programu Scia Engineer.

Vnitřní síly

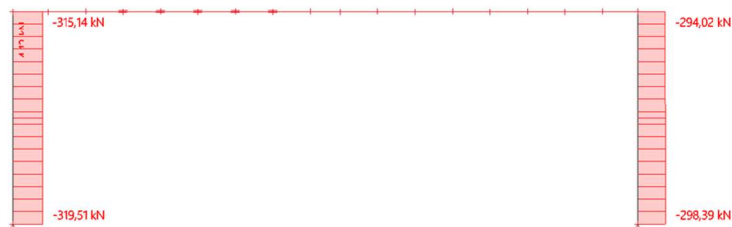
Vnitřní síly byly spočteny programem Scia Engineer.

Pro další výpočty a posouzení budeme uvažovat pouze největší hodnoty těchto sil a průhybů, které nastaly při působení různých kombinací.

Tyto maximální hodnoty jsou uvedeny v obrázcích 19 – 24.

1. 1D vnitřní síly; N

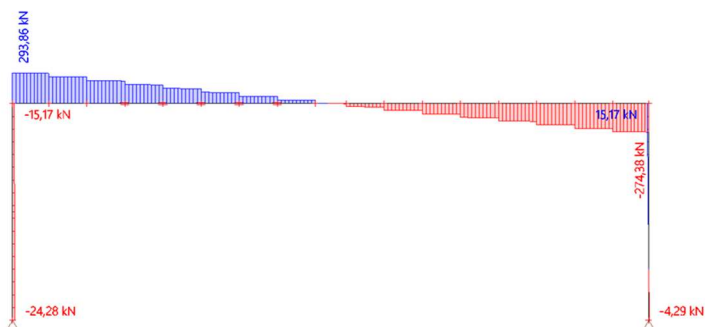
Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr podélný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 18: Maximální hodnoty normálových sil

2. 1D vnitřní síly; V_z

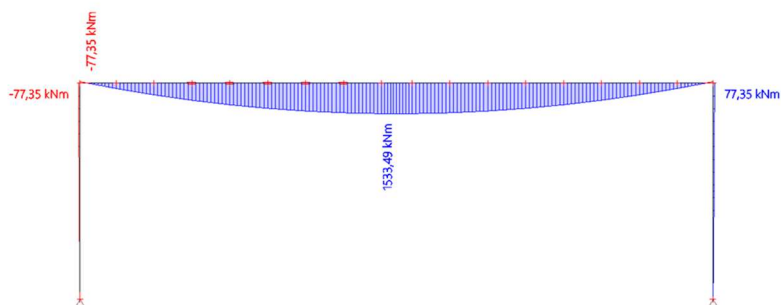
Hodnoty: V_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 19: Maximální hodnoty posouvajících sil

3. 1D vnitřní síly; M_y

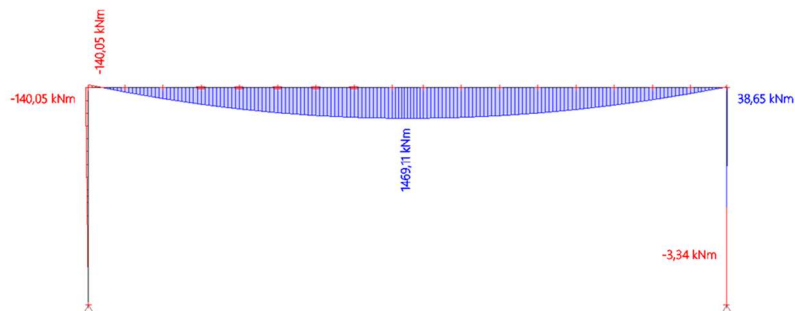
Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr podélný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 20: Maximální hodnoty momentu na průvlacích

4. 1D vnitřní síly; M_y

Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 21: Maximální hodnoty momentu na sloupech

5. 3D přemístění; U_{total}

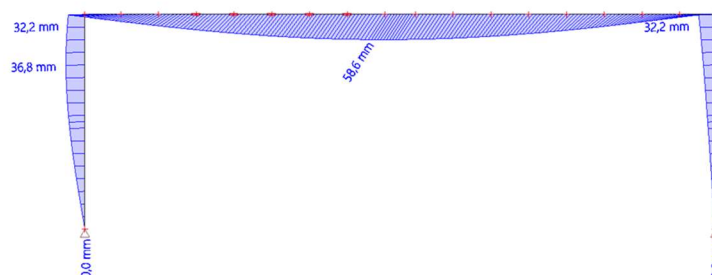
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 22: Maximální průhyb rámu - model

6. 1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 23: Maximální průhyb rámu - hodnoty

4.6.1.1. Průvlak v tělocvičně

- Přípoj průvlaku na sloup je polotuhý, přenáší však poměrně malý moment oproti tomu v polovině rozpětí, a proto budeme ve výpočtu uvažovat zjednodušeně kloubové uložení průvlaku.
- Posouvající síla: $V_{Ed,max} = 293,86 \text{ kN}$
- Moment uprostřed nosníku: $M_{max} = 1533,49 \text{ kNm}$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 260 \cdot 1600^3 = 88\,746\,666\,667 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{88\,746\,666\,667}{800} = 110\,933\,333 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ**Normálové napětí v ohybu:**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{1533,49}{0,111} = 13\,815,2 \text{ kPa} = 13,815 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{13,815}{20,48} = 0,675 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (68\%)}$$

Normálové napětí v ohybu (pokud není nosník po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

Účinná délka nosníku:

$$l_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 20\,860 + 2 \cdot 1\,600 = 21\,974 \text{ mm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,26^2}{1,6 \cdot 21,974} \cdot 11\,100 = 16,647 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{16,647}} = 1,12$$

Součinitel příčné a torzní stability je pro $0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,40$:

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 0,72$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{13,815}{0,433 \cdot 20,48} = 0,937 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (94\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 260 = 174,2 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin pro lepené lamelové dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 293,86}{2 \cdot 1,6 \cdot 0,1742} = 1\,581,5 \text{ kPa} = 1,5815 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 1,5815 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,048 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (77\%)}$$

Uvážení torzního momentu

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} = \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2$$

$$M_{tor,d} = \frac{M_d}{80} = \frac{1533,49}{80} = 19,169 \text{ kNm}$$

$$W_T = \frac{b^2 \cdot h}{3} = \frac{260^2 \cdot 1600}{3} = 36\,053\,333 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor,d}}{W_T} = \frac{19,169 \cdot 10^6}{36\,053\,333} = 0,5317 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Posouzení: } \frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0,5317}{2,048} + \left(\frac{1,5815}{2,048}\right)^2 = 0,856 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení MSP**Okamžitý průhyb**

Průhyb byl vypočten programem Scia (viz obrázek 24)

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 58,6 \text{ mm}$

$$\text{Posouzení: } w_{inst} = 58,6 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{20\,860}{300} = 69,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Konečný průhyb

Třída provozu I $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 28,12 \cdot (1 + 0,6) + 30,48 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,6) = 77,13 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Posouzení: } w_{net,fin} = 77,13 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{20\,860}{250} = 83,44 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

NÁVRH PRŮVLAKU V TĚLOCVIČNĚ Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 260x1600 mm PŘI ROZPĚTÍ 20 860 mm VYHOVUJE

4.6.1.2. Sloup v tělocvičně

Sloupy v tělocvičně nesou nejrozměrnější průvlaky a posouzení potřebujeme i z důvodu ověření vnitřních rozměrů hrací plochy v tělocvičně.

V minulé části bylo zjednodušeně uvažováno kloubové uložení průvlaku na sloup, které budeme uvažovat i při posuzování sloupu → sloup je na obou stranách kloubově uložen ($L = L_{cr}$).

Ohybový moment: $M_{ed} = 140,05 \text{ kNm}$

Normálová síla: $N_{ed} = 319,51 \text{ kN}$

Posouzení sloupu v místě rámového rohu

Průřezové charakteristiky

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 1,4^2 = 0,0915 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 1,4 \cdot (2 \cdot 0,14 + 0,26)^2 - \frac{1}{6} \cdot 0,26^2 \cdot 1,4 = 0,0448 \text{ m}^3$$

- Momenty setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 1,4^3 = 64,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 1,4 \cdot (2 \cdot 0,14 + 0,26)^3 - \frac{1}{12} \cdot 0,26^3 \cdot 1,4 = 16,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{64,03 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,14 \cdot 1,4}} = 0,4042 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{16,32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,14 \cdot 1,4}} = 0,20404 \text{ m}$$

- Štíhlost sloupků:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7,1}{0,4042} = 17,5656$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7,1}{0,20404} = 34,797$$

Posouzení MSŮ

Posouzení sloupu na vzpěr

Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{319,51}{2 \cdot 0,14 \cdot 1,4} = 815,077 \text{ kPa} = 0,815 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{34,797^2} = 90,477 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{90,477}} = 0,5412$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_z &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,5412 - 0,3) + 0,5412^2] = 0,6585 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,6585 + \sqrt{0,6585^2 - 0,5412^2}} = 0,9675 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{0,815}{0,9675 \cdot 16,96} = 0,15 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (15\%)}$$

Posouzení sloupů na vzpěr a ohyb

Pro toto posouzení je rozhodující hodnota I_y (směr menší tuhosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 1,4^2 = 0,09147 \text{ m}^3$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{ed}}{W_y} = \frac{140,05}{0,09147} = 15,311 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{17,5656^2} = 355,0559 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{355,0559}} = 0,3188$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_y &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,3188 - 0,3) + 0,3188^2] = 0,5518 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,5518 + \sqrt{0,5518^2 - 0,3188^2}} = 0,956 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,815}{0,9566 \cdot 16,96} + \frac{15,311}{20,48} = 0,815 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (82\%)}$$

Posouzení sloupu v místě podpory

Průřezové charakteristiky

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 0,48^2 = 0,01075 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,48 \cdot (2 \cdot 0,14 + 0,26)^2 - \frac{1}{6} \cdot 0,26^2 \cdot 0,48 = 0,01792 \text{ m}^3$$

- Momenty setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 0,48^3 = 2,5805 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,48 \cdot (2 \cdot 0,14 + 0,26)^3 - \frac{1}{12} \cdot 0,26^3 \cdot 0,48 = 5,5955 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,5805 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,14 \cdot 0,48}} = 0,1386 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,5955 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,14 \cdot 0,48}} = 0,20404 \text{ m}$$

- Štíhlost sloupků:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7,1}{0,1386} = 51,2266$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7,1}{0,20404} = 34,797$$

Posouzení MSŮ

Posouzení sloupu na vzpěr

Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{319,51}{2 \cdot 0,14 \cdot 0,48} = 2\,377,3065 \text{ kPa} = 2,377 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{34,797^2} = 90,477 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{90,477}} = 0,5412$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_z &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,54112 - 0,3) + 0,5412^2] = 0,6585 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,6585 + \sqrt{0,6585^2 - 0,5412^2}} = 0,9675 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,377}{0,9675 \cdot 16,96} = 0,198 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (20\%)}$$

Posouzení sloupů na vzpěr a ohyb

Pro toto posouzení je rozhodující hodnota I_y (směr menší tuhosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 0,14 \cdot 1,4^2 = 0,09147 \text{ m}^3$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{ed}}{W_y} = \frac{0}{0,09147} = 0 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{51,2266^2} = 41,7476 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{41,7476}} = 0,7967$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_y &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,7967 - 0,3) + 0,7967^2] = 0,8422 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,8422 + \sqrt{0,8422^2 - 0,7967^2}} = 0,8966 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{2,377}{0,8966 \cdot 16,96} + \frac{0}{20,48} = 0,176 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (18\%)}$$

NÁVRH SLOUPŮ V TĚLOCVIČNĚ Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA O ROZMĚRECH 2x140x480 mm O VÝŠCE 7,1 m A NÁBĚHEM 1400 mm VYHOVUJE

4.6.2. Rámová konstrukce v zaoblené části budovy

Rozpon průvlaků: $L = 10\,430 \text{ mm}$

Výška sloupů: $H = 3\,650 \text{ mm}$

Uložení průvlaků na sloupy je polotuhé a uložení sloupů je kloubové

Osová vzdálenost průvlaků $0 \text{ až } 6\,570 \text{ mm}$

Úhel mezi průvlaky $\alpha = 36^\circ$

Stropnice jsou na průvlaky připevněny ve vzdálenosti 1 250 mm od sebe, ale jejich osová vzdálenost je

$$l = 1\,190 \text{ mm}$$

Předpokládaný průřez průvlaku: $260 \times 680 \text{ mm}$

Délka stropnic: $l_1 = 6\,510 \text{ mm}$ $l_5 = 3\,420 \text{ mm}$

$$l_2 = 5\,740 \text{ mm} \quad l_6 = 2\,650 \text{ mm}$$

$$l_3 = 4\,970 \text{ mm} \quad l_7 = 1\,880 \text{ mm}$$

$$l_4 = 4\,190 \text{ mm} \quad l_8 = 1\,100 \text{ mm}$$

Zatěžovací plocha průvlaku: $A = 35,483 \text{ m}^2$

Zatěžovací plocha stropnic: $A_1 = 6,7 \text{ m}^2$ $A_5 = 4,07 \text{ m}^2$

$$A_2 = 6,77 \text{ m}^2 \quad A_6 = 3,15 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 5,9 \text{ m}^2 \quad A_7 = 2,24 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 4,99 \text{ m}^2 \quad A_8 = 1,43 \text{ m}^2$$

Délka stropnic a jejich zatěžovací plocha byla odměřena v programu Autocad.

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, lepené lamelové dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro lepené lamelové dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo je $\gamma_M = 1,25$

Vlastnosti materiálu:

- Průvlak z lepeného lamelového dřeva (BSH) GL32c:
 - Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$

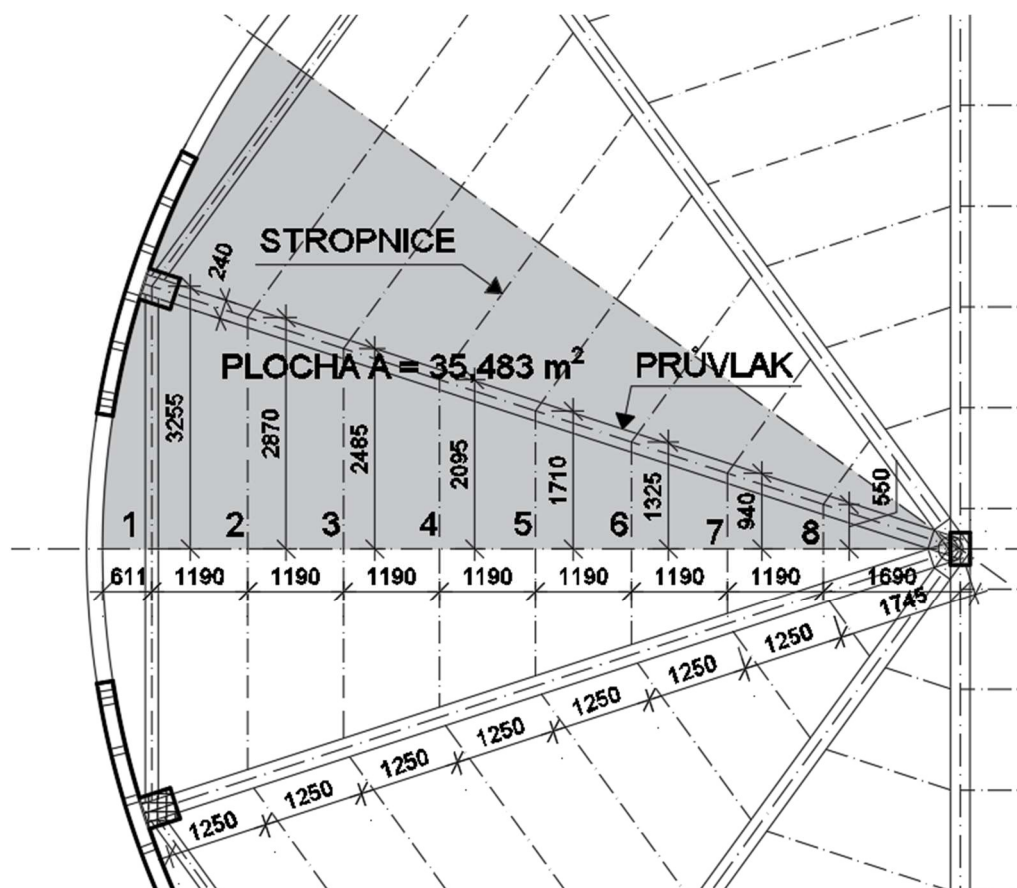
$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 3 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,92 \text{ MPa}$$
 - Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,048 \text{ MPa}$$
 - Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 13,7 \text{ GPa}$
a $E_{0,05} = 11,1 \text{ GPa}$
 - Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,42 \text{ GPa}$
 - Smykový modul: $G_{mean} = 0,78 \text{ GPa}$
 - Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$



Obrázek 24: Zatěžovací plocha průvlaku + označení stropnic 1-8

Zatížení

Od stropnice 1	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·6,7	3,8458	1,35	5,1918
Stropní deska	6·6,7·0,018	0,7236	1,35	0,9769
	25·6,7·0,08	13,4	1,35	18,09
Stropnice	4,2·6,51·0,16·0,24	1,0499	1,35	1,4174
Užitné	2,5·6,7	16,75	1,5	25,125

Od stropnice 2	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·6,77	3,886	1,35	5,2461
Stropní deska	6·6,77·0,018	0,7312	1,35	0,9871
	25·6,77·0,08	13,54	1,35	18,279
Stropnice	4,2·5,74·0,16·0,24	0,9257	1,35	1,2498
Užitné	2,5·6,77	16,925	1,5	25,3875

Od stropnice 3	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·5,9	3,3866	1,35	4,5719
Stropní deska	6·5,9·0,018	0,6372	1,35	0,8602
	25·5,9·0,08	11,8	1,35	15,93
Stropnice	4,2·4,97·0,16·0,24	0,8016	1,35	1,0821
Užitné	2,5·5,9	14,75	1,5	22,125

Od stropnice 4	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·4,99	2,8643	1,35	3,8668
Stropní deska	6·4,99·0,018	0,5389	1,35	0,7275
	25·4,99·0,08	9,98	1,35	13,473
Stropnice	4,2·4,19·0,16·0,24	0,6758	1,35	0,9123
Užitné	2,5·4,99	12,475	1,5	18,7125

Od stropnice 5	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·4,07	2,3362	1,35	3,1538
Stropní deska	6·4,07·0,018	0,4396	1,35	0,5934
	25·4,07·0,08	8,14	1,35	10,989
Stropnice	4,2·3,42·0,16·0,24	0,5516	1,35	0,7446
Užitné	2,5·4,07	10,175	1,5	15,2625

Od stropnice 6	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·3,15	1,8081	1,35	2,4409
Stropní deska	6·3,15·0,018	0,3402	1,35	0,4593
	25·3,15·0,08	6,3	1,35	8,505
Stropnice	4,2·2,65·0,16·0,24	0,4274	1,35	0,577
Užitné	2,5·3,15	7,875	1,5	11,8125

Od stropnice 7	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·2,24	1,2858	1,35	1,7358
Stropní deska	6·2,24·0,018	0,2419	1,35	0,3266
	25·2,24·0,08	4,48	1,35	6,048
Stropnice	4,2·1,88·0,16·0,24	1,5034	1,35	2,0295
Užitné	2,5·2,24	5,6	1,5	8,4

Od stropnice 8	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	0,574·1,43	0,8208	1,35	1,1081
Stropní deska	6·1,43·0,018	0,1544	1,35	0,208
	25·1,43·0,08	2,86	1,35	3,861
Stropnice	4,2·1,1·0,16·0,24	0,1774	1,35	0,2395
Užitné	2,5·1,43	3,575	1,5	5,3625

Stejně bylo určeno i zatížení od střešního pláště.

Zatížení větrem bylo vypočteno již v předchozí části a podle oblastí vloženo do výpočetního modelu.

Zatížení od vlastní tíhy bylo automaticky vypočteno pomocí programu Scia Engineer.

Vnitřní síly

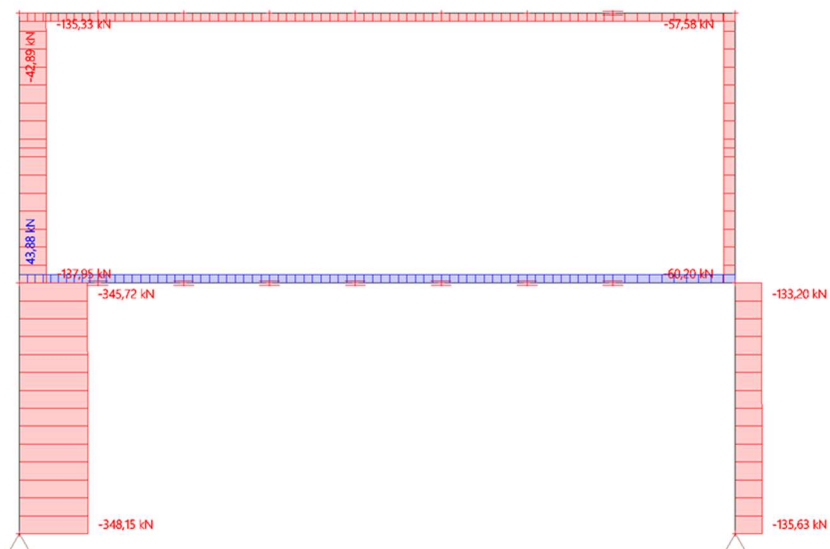
Vnitřní síly byly spočteny programem Scia Engineer.

Pro další výpočty a posouzení budeme uvažovat pouze největší hodnoty těchto sil a průhybů, které nastaly při působení různých kombinací.

Tyto maximální hodnoty jsou uvedeny v obrázcích 26 – 31.

1. 1D vnitřní síly; N

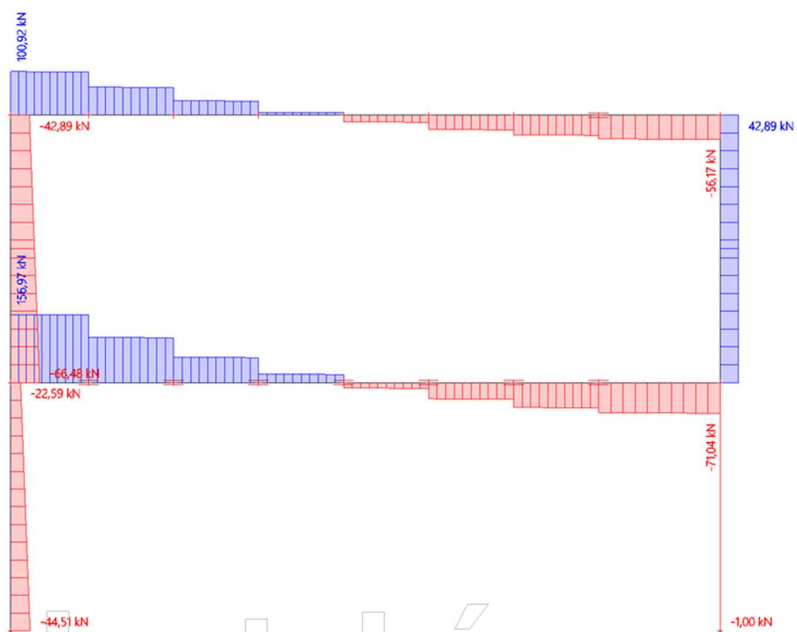
Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 25: Maximální hodnoty normálových sil

2. 1D vnitřní síly; V_z

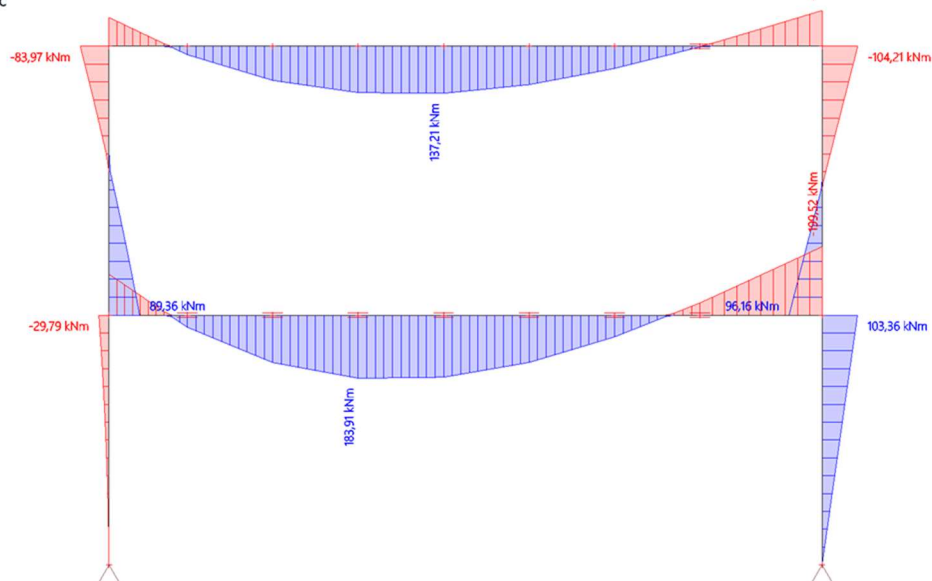
Hodnoty: V_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 26: Maximální hodnoty posouvajících sil

3. 1D vnitřní síly; M_y

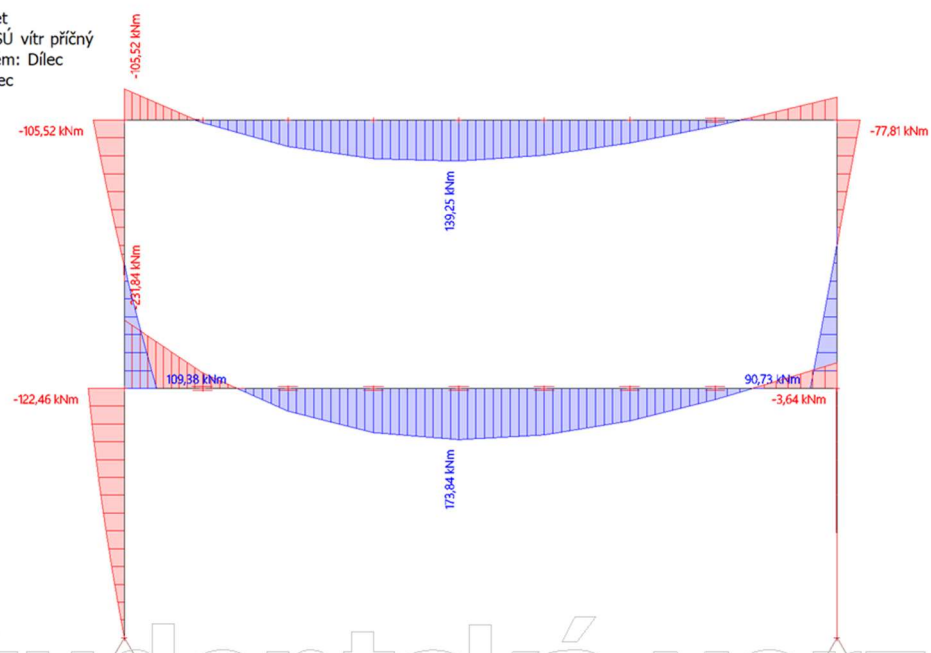
Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr podélný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 27: Maximální hodnoty momentu na průvlacích

4. 1D vnitřní síly; M_y

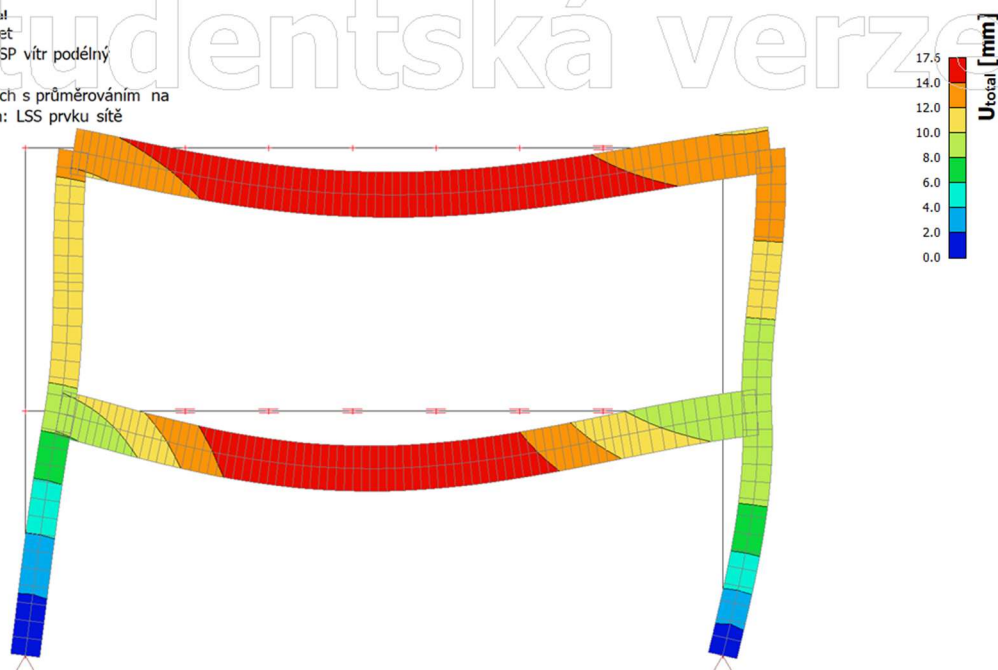
Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 28: Maximální hodnoty momentu na sloupech

5. 3D přemístění; U_{total}

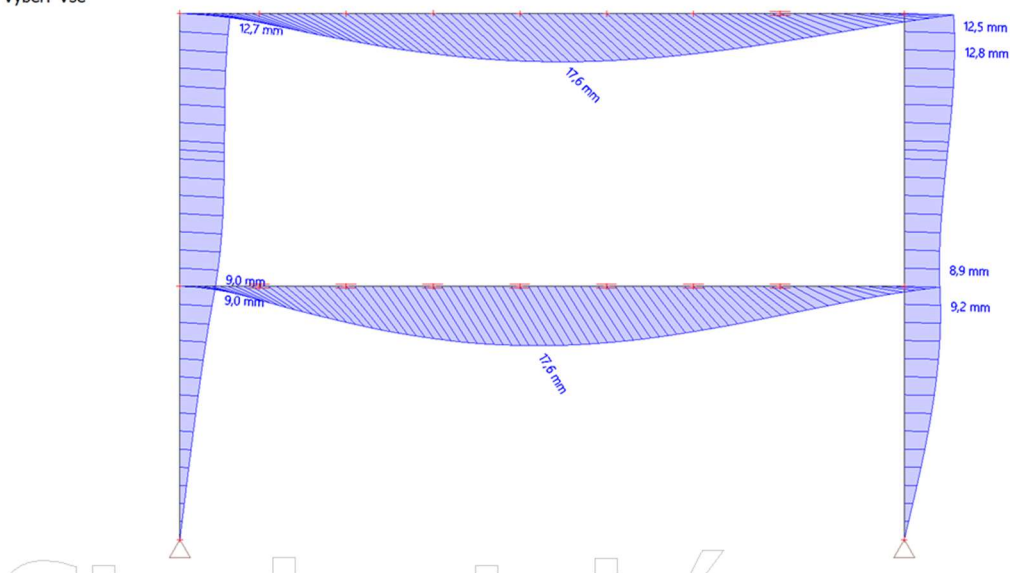
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr podélný
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 29: Maximální průhyb rámu - model

6. 1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr podélný
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 30: Maximální průhyb rámu – hodnoty

4.6.2.1. Průvlak v zaoblené části

- Přípoj průvlaku na sloup je sice polotuhý, ale v dalších výpočtech budeme uvažovat zjednodušeně kloubové uložení průvlaku.
- Posouvající síla: $V_{Ed,max} = 156,97 \text{ kN}$
- Moment uprostřed nosníku: $M_{max} = 183,91 \text{ kNm}$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 260 \cdot 680^3 = 6\,812\,693\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{6\,812\,693\,333}{340} = 20\,037\,333 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ**Normálové napětí v ohybu:**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{183,91}{0,02004} = 9\,177,15 \text{ kPa} = 9,177 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,177}{20,48} = 0,448 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (45\%)}$$

Normálové napětí v ohybu (pokud není nosník po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

Účinná délka nosníku:

$$l_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 10\,430 + 2 \cdot 680 = 10\,747 \text{ mm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,26^2}{0,68 \cdot 10,747} \cdot 11\,100 = 80,088 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{80,088}} = 0,632$$

Součinitel příčné a torzní stability je pro $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ $k_{crit} = 1$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{9,177}{1 \cdot 20,48} = 0,448 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (45\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 260 = 174,2 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin pro lepené lamelové dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 156,97}{2 \cdot 0,68 \cdot 0,1742} = 1\,941,1 \text{ kPa} = 1,9411 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 1,9411 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,048 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (94,7\%)}$$

Uvážení torzního momentu

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} = \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2$$

$$M_{tor,d} = \frac{M_d}{80} = \frac{183,91}{80} = 1,7506 \text{ kNm}$$

$$W_T = \frac{b^2 \cdot h}{3} = \frac{260^2 \cdot 680}{3} = 15\,322\,667 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor,d}}{W_T} = \frac{1,7506 \cdot 10^6}{15\,322\,667} = 0,11425 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Posouzení: } \frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0,11425}{2,048} + \left(\frac{1,9411}{2,048}\right)^2 = 0,954 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení MSP**Okamžitý průhyb**

Průhyb byl vypočten programem Scia (viz obrázek 31)

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 17,6 \text{ mm}$

$$\text{Posouzení: } w_{inst} = 17,6 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{10\,430}{300} = 34,767 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Konečný průhyb

Třída provozu I $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 8,2 \cdot (1 + 0,6) + 9,4 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,6) = 23,648 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Posouzení: } w_{net,fin} = 23,648 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{10\,430}{250} = 41,72 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

NÁVRH PRŮVLAKU V OBLOUKOVÉ ČÁSTI BUDOVY Z LEPE-
NÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 260x680 mm PŘI ROZPĚTÍ 10 430 mm
VYHOVUJE

4.6.2.2. Sloup v zaoblené části

Sloupy v zaoblené části budovy budou provedeny stejným způsobem a budou mít stejný průřez jako sloupy mimo tělocvičnu a zaoblené části. Výpočet a jejich posouzení bude tedy totožný s výpočtem v kapitole 4.6.3.2 Sloup mimo zaoblenou část i tělocvičnu.

Sloupy v zaoblené části jsou zatížené o něco menším zatížením než sloupy v kapitole 4.6.3.2 a proto budou hodnoty na straně bezpečné.

NÁVRH SLOUPŮ V ZAOBLENÝCH ČÁSTECH BUDOVY Z LEPE-
NÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA O ROZMĚRECH 260x480 mm O
VÝŠCE 3,65 m VYHOVUJE

4.6.3. Rámová konstrukce mimo tělocvičnu i zaoblenou část

Rozpon průvlaku: $L = 20\,860$ mm (rozpon mezi sloupy $10\,430$ mm)

Výška sloupu: $H = 3\,650$ mm

Uložení průvlaků na sloupy je polotuhé a uložení sloupů je kloubové.

Osová vzdálenost průvlaků: $l = 5\,000$ mm

Osová vzdálenost stropnic: $l_1 = 1\,250$ mm

Stropnice u obvodové stěny přenášejí zatížení ze šířky 755 mm

Stropnice uprostřed rozpětí přenášejí zatížení ze šířky $1\,125$ mm

Předpokládaný průřez průvlaku: 260×800 mm

Předpokládaný průřez sloupu: 260×480 mm

Předpokládáme, že průřez sloupu uprostřed rozpětí bude masivnější → přenáší větší zatížení než sloupy okrajové

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, lepené lamelové dřevo a střednědobé zatížení je $k_{\text{mod}} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro lepené lamelové dřevo je $k_{\text{def}} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo je $\gamma_M = 1,25$

Vlastnosti materiálu:

- Průvlak z lepeného lamelového dřeva (BSH) GL32c:

- Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$

- Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 3 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,92 \text{ MPa}$$

- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,048 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 13,7 \text{ GPa}$

a $E_{0,05} = 11,1 \text{ GPa}$

- Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,42 \text{ GPa}$

- Smykový modul: $G_{mean} = 0,78 \text{ GPa}$

- Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

Stropnice u stěny	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	$0,574 \cdot 0,755 \cdot 5$	2,1669	1,35	2,9252
Stropní deska	$6 \cdot 0,755 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,4077	1,35	0,5504
	$25 \cdot 0,755 \cdot 5 \cdot 0,08$	7,55	1,35	10,1925
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Podhled	$0,12 \cdot 0,755 \cdot 5$	0,453	1,35	0,6116
Užitné	$2,5 \cdot 0,755 \cdot 5$	9,4375	1,5	14,1563
Příčky	$1,2 \cdot 0,755 \cdot 5$	4,53	1,5	6,795

Stropnice v poli	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	$0,574 \cdot 1,25 \cdot 5$	3,5875	1,35	4,8431
Stropní deska	$6 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,675	1,35	0,9113
	$25 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot 0,08$	12,5	1,35	16,875
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Podhled	$0,12 \cdot 1,25 \cdot 5$	0,75	1,35	1,0125
Užitné	$2,5 \cdot 1,25 \cdot 5$	15,625	1,5	23,4375
Příčky	$1,2 \cdot 1,25 \cdot 5$	7,5	1,5	11,25

Stropnice uprostřed	Výpočet	F_k	γ_F	F_d
		[kN]	[-]	[kN]
Skladba podlahy	$0,574 \cdot 1,125 \cdot 5$	3,2289	1,35	4,3588
Stropní deska	$6 \cdot 1,125 \cdot 5 \cdot 0,018$	0,6075	1,35	0,8201
	$25 \cdot 1,125 \cdot 5 \cdot 0,08$	11,25	1,35	15,1875
Stropnice	$4,2 \cdot 5 \cdot 0,16 \cdot 0,24$	0,8064	1,35	1,08864
Podhled	$0,12 \cdot 1,125 \cdot 5$	0,675	1,35	0,9113
Užitné	$2,5 \cdot 1,125 \cdot 5$	14,0625	1,5	21,0938
Příčky	$1,2 \cdot 1,125 \cdot 5$	6,75	1,5	10,125

Stejně bylo určeno i zatížení od střešního pláště.

Zatížení větrem bylo vypočteno již v předchozí části a podle oblastí vloženo do výpočetního modelu.

Zatížení od vlastní tíhy bylo automaticky vypočteno pomocí programu Scia Engineer.

Vnitřní síly

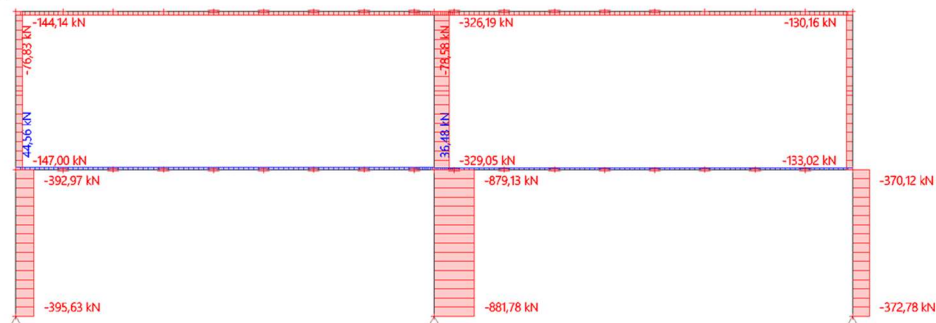
Vnitřní síly byly spočteny programem Scia Engineer.

Pro další výpočty a posouzení budeme uvažovat pouze největší hodnoty těchto sil a průhybů, které nastaly při působení různých kombinací.

Tyto maximální hodnoty jsou uvedeny v obrázcích 32 – 37.

1. 1D vnitřní síly; N

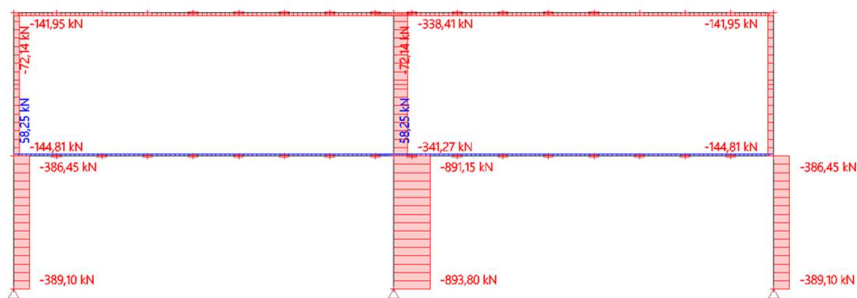
Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 31: Maximální hodnoty normálových sil pro vnější sloupy

2. 1D vnitřní síly; N

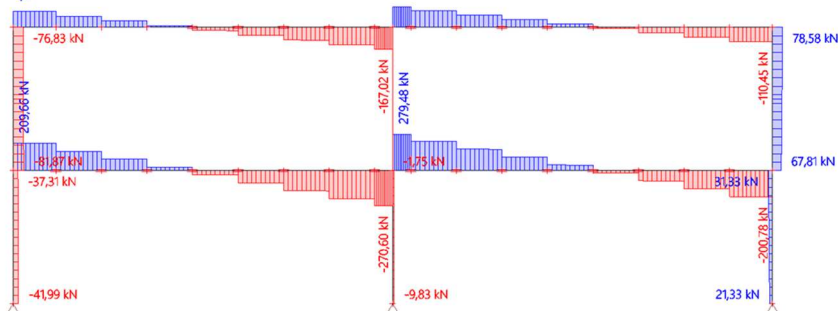
Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr podélný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 32: Maximální hodnoty normálových sil pro sloupy uprostřed rozpětí

3. 1D vnitřní síly; V_z

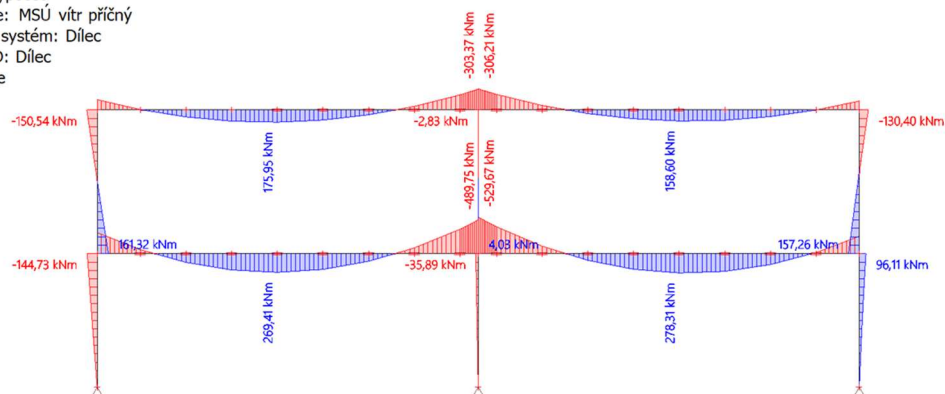
Hodnoty: **V_z**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 33: Maximální hodnoty posouvajících sil

4. 1D vnitřní síly; M_y

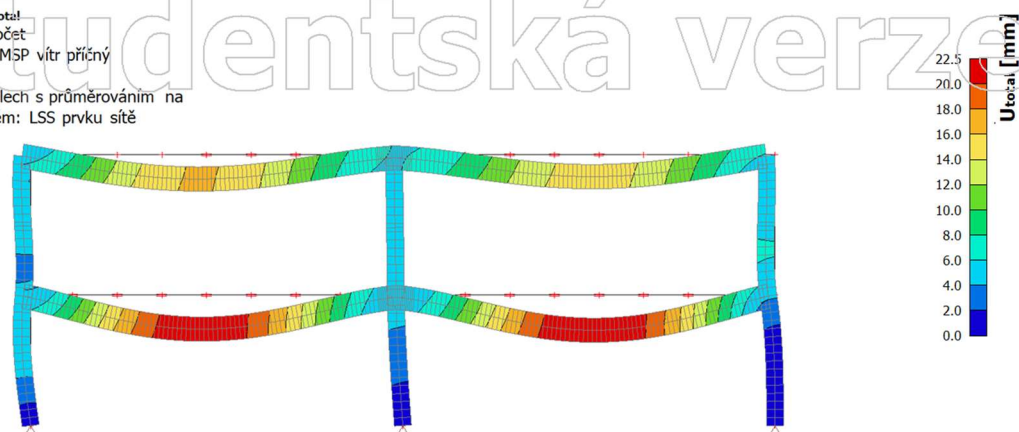
Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 34: Maximální hodnoty ohybových momentů

5. 3D přemístění; U_{total}

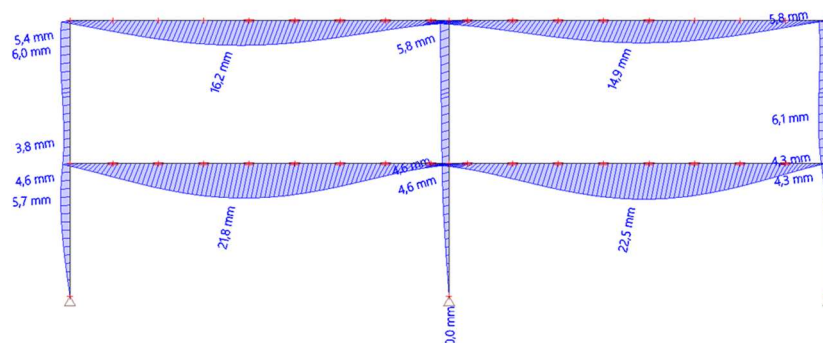
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 35: Maximální průhyb - model

6. 1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 36: Maximální průhyb – hodnoty

4.6.3.1. Průvlak mimo tělocvičnu i zaoblenou část

Budeme posuzovat nejvíce zatížený z těchto průvlaků a jedná se o průvlak nesoucí strop 1.NP.

- Přípoj průvlaku na sloupy je sice polotuhý, ale v dalších výpočtech budeme uvažovat zjednodušeně kloubové uložení průvlaku.
- Posouvající síla: $V_{Ed,max} = 279,48 \text{ kN}$
- Moment nad podporou: $M_{max} = 529,67 \text{ kNm}$
- Moment v poli: $M_{max} = 278,31 \text{ kNm}$

Průřezové charakteristiky

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 260 \cdot 800^3 = 11\,093\,333\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{h}{2}} = \frac{11\,093\,333\,333}{400} = 27\,733\,333 \text{ mm}^3$$

Posouzení MSÚ

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{529,67}{0,02773} = 19\,100,97 \text{ kPa} = 19,101 \text{ MPa}$$

Posouzení v podpoře (je zde větší zatížení → průřez vyhoví i v poli):

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{19,101}{20,48} = 0,9327 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (93\%)}$$

Normálové napětí v ohybu (pokud není nosník po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě):

Účinná délka nosníku:

$$l_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 10\,430 + 2 \cdot 800 = 10\,987 \text{ mm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,26^2}{0,8 \cdot 10,987} \cdot 11\,100 = 66,5879 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{66,5879}} = 0,6932$$

Součinitel příčné a torzní stability je pro $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ $k_{crit} = 1$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{19,101}{1 \cdot 20,48} = 0,9327 \leq 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (93\%)}$$

Posouzení na smyk

Účinná šířka průřezu: $b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 260 = 174,2 \text{ mm}$, kde k_{cr} je součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin pro lepené lamelové dřevo

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b_{eff}} = \frac{3 \cdot 279,48}{2 \cdot 0,8 \cdot 0,1742} = 1\,900,5 \text{ kPa} = 1,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 1,9 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,048 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje (93\%)}$$

Uvážení torzního momentu

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} = \left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2$$

$$M_{tor,d} = \frac{M_d}{80} = \frac{529,67}{80} = 6,6209 \text{ kNm}$$

$$W_T = \frac{b^2 \cdot h}{3} = \frac{260^2 \cdot 800}{3} = 18\,026\,667 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor,d}}{W_T} = \frac{6,6209 \cdot 10^6}{18\,026\,667} = 0,26728 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Posouzení: } \frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 = \frac{0,26728}{2,048} + \left(\frac{1,9}{2,048}\right)^2 = 0,981 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení MSP**Okamžitý průhyb**

Průhyb byl vypočten programem Scia (viz obrázek 31)

Celkový okamžitý průhyb: $w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 22,5 \text{ mm}$

$$\text{Posouzení: } w_{inst} = 22,5 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{10\,430}{300} = 34,767 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Konečný průhyb

Třída provozu 1 $\rightarrow k_{def} = 0,6$

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \\ &= 10,87 \cdot (1 + 0,6) + 11,63 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,6) = 30,4176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Posouzení: } w_{net,fin} = 30,4176 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{10\,430}{250} = 41,72 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

NÁVRH PRŮVLAKU MIMO OBLOUKOVÉ ČÁSTI I TĚLOCVIČNU
Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 260x800 mm PŘI ROZPĚTÍ
10 430 mm VYHOVUJE

4.6.3.2. Sloup mimo tělocvičnu i zaoblenou část

V minulé části bylo zjednodušeně uvažováno kloubové uložení průvlaku na sloup, které budeme uvažovat i při posuzování sloupu → sloup je na obou stranách kloubově uložen ($L = L_{cr}$).

Ohybový moment: $M_{ed} = 161,32 \text{ kNm}$

Normálová síla v krajním sloupu: $N_{ed} = 395,63 \text{ kN}$

Normálová síla v prostředním sloupu: $N_{ed} = 893,8 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,26 \cdot 0,48^3 = 2,396 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,48 \cdot 0,26^3 = 7,0304 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,396 \cdot 10^{-3}}{0,26 \cdot 0,48}} = 0,1386 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{7,0304 \cdot 10^{-4}}{0,26 \cdot 0,48}} = 0,0751 \text{ m}$$

- Štíhlost sloupků:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,65}{0,1386} = 26,3348$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,65}{0,0751} = 48,6019$$

Posouzení MSŮ

Posouzení sloupu na vzpěr

Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{395,63}{0,26 \cdot 0,48} = 3170,11 \text{ kPa} = 3,17 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{48,6019^2} = 46,3784 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{46,3784}} = 0,7559$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_z &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,7559 - 0,3) + 0,7559^2] = 0,80849 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,80849 + \sqrt{0,80849^2 - 0,7559^2}} = 0,913 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,17}{0,913 \cdot 16,96} = 0,2047 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (20\%)}$$

Posouzení sloupů na vzpěr a ohyb

Pro toto posouzení je rozhodující hodnota I_y (směr menší tuhosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,48^2 = 9,984 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{ed}}{W_y} = \frac{161,32}{9,984 \cdot 10^{-3}} = 16,1579 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{26,3348^2} = 157,9657 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{157,9657}} = 0,4096$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_y &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,4096 - 0,3) + 0,4096^2] = 0,5894 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,5894 + \sqrt{0,5894^2 - 0,4096^2}} = 0,987 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{3,17}{0,987 \cdot 16,96} + \frac{16,1579}{20,48} = 0,962 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (96\%)}$$

Ze statického hlediska by bylo možné použít i sloupky o průřezu 40x180 mm, ale kvůli jednodušší realizaci bude zvolen průřez 60x180 mm.

NÁVRH SLOUPŮ MIMO OBLOUKOVOU ČÁST BUDOVY A TĚLOCVIČNU Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA O ROZMĚRECH 260x480 mm A VÝŠCE 3,65 m VYHOVUJE

4.6.4. Rámová konstrukce přenášející zatížení z obloukové části

Tuto konstrukci posuzujeme zejména kvůli nejvíce zatíženému prostřednímu sloupu. Jinak budou průřezy ostatních konstrukčních prvků stejné jako u prvků v části Rámová konstrukce mimo tělocvičnu a obloukovou část.

Rozpon průvlaku: $L = 20\,860$ mm (rozpon mezi sloupy 10 430 mm)

Výška sloupu: $H = 3\,650$ mm

Uložení průvlaků na sloupy je polotuhé a uložení sloupů je kloubové.

Osová vzdálenost průvlaků: $l = 5\,000$ mm

Osová vzdálenost stropnic: $l_1 = 1\,250$ mm

Stropnice u obvodové stěny přenáší zatížení ze šířky 755 mm

Stropnice uprostřed rozpětí přenáší zatížení ze šířky 1 125 mm

Do této konstrukce se přenáší zatížení jak z obloukové části budovy, tak i z části mimo oblouk i tělocvičnu.

Na průvlak působí zatížení z poloviny rozpětí na něj připojených stropnic. Prostřední sloup přenáší poté toto zatížení do základů, a navíc přenáší i zatížení z poloviny rozpětí všech průvlaků zaoblené části, jedná se tedy o nejvíce zatížené sloupy celé budovy.

Předpokládáme, že průřez sloupu uprostřed rozpětí bude masivnější → přenáší větší zatížení než sloupy okrajové

Předpokládaný průřez průvlaku: 260x800 mm

Předpokládaný průřez sloupu: 260x480 mm

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze několik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, lepené lamelové dřevo a střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro lepené lamelové dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo je $\gamma_M = 1,25$

Vlastnosti materiálu:

- Průvlak z lepeného lamelového dřeva (BSH) GL32c:
 - Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$

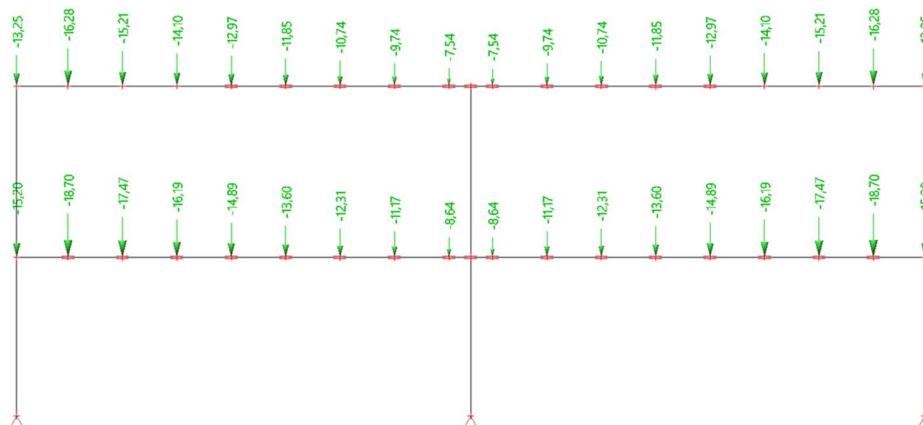
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$$
 - Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 3 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,92 \text{ MPa}$$
 - Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$

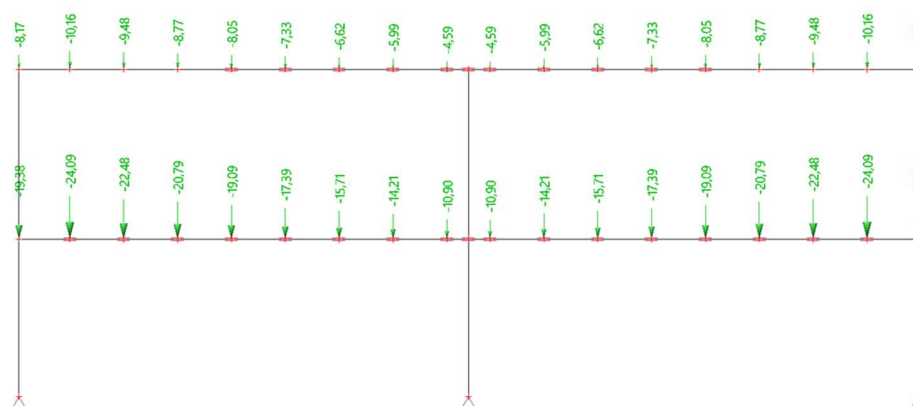
$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,048 \text{ MPa}$$
 - Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 13,7 \text{ GPa}$
a $E_{0,05} = 11,1 \text{ GPa}$
 - Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,42 \text{ GPa}$
 - Smykový modul: $G_{mean} = 0,78 \text{ GPa}$
 - Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

- Na průvlak působí vždy polovina ze zatížení od připojených stropnice z části 4.6.2 Rámová konstrukce v obloukové části a stropnic z části 4.6.3 Rámová konstrukce mimo tělocvičnu i zaoblenou část (výpočet zatížení vypadá např. takto: $\frac{1}{2}$ zatížení od stropnice 1 + $\frac{1}{2}$ zatížení od stropnice u stěny nebo $\frac{1}{2}$ zatížení od stropnice 2 + $\frac{1}{2}$ zatížení od stropnice v poli).
- Ve schématech zatížení níže je:
 - Ostatní stálé zatížení ve stropní rovině složeno ze skladby podlahy, stropní desky a stropnic a proměnné zatížení je složeno z užitného a zatížení od příček (příčky nejsou u zatížení z obloukové části)
 - Ostatní stálé zatížení ve střešní rovině složeno ze skladby střechy, střešní desky a stropnic a proměnné zatížení je složeno z užitného zatížení a zatížení od sněhu a větru.



Obrázek 37: Schéma zatížení od ostatního stálého zatížení



Obrázek 38: Schéma zatížení od proměnného zatížení

- K tomuto zatížení je navíc nutné uvažovat zatížení větrem, které bylo podle oblastí vloženo do výpočetního modelu a zatížení od vlastní tíhy, které bylo automaticky vypočteno pomocí programu Scia Engineer.
- V případě zatížení nejvíce namáhaného, prostředního sloupu je nutné uvažovat, že přenáší do základů výše zmíněné zatížení, ale i zatížení z poloviny rozpětí čtyř průvlaků obloukové části

Vnitřní síly

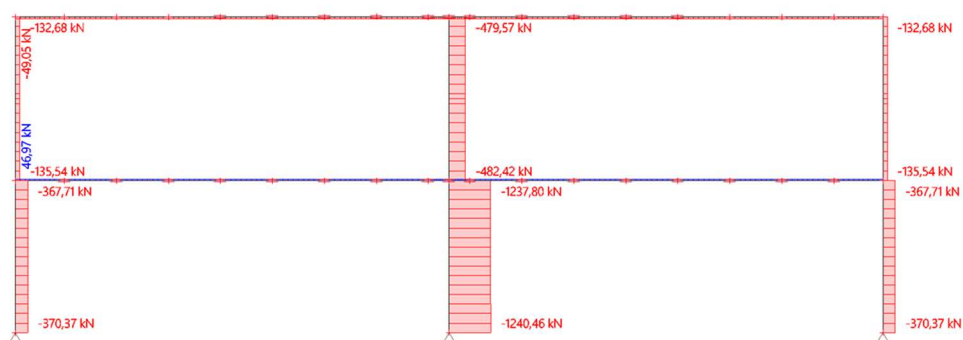
Vnitřní síly byly spočteny programem Scia Engineer.

Pro další výpočty a posouzení budeme uvažovat pouze největší hodnoty těchto sil a průhybů, které nastaly při působení různých kombinací.

Tyto maximální hodnoty jsou uvedeny v obrázcích 40 – 44.

1. 1D vnitřní síly; N

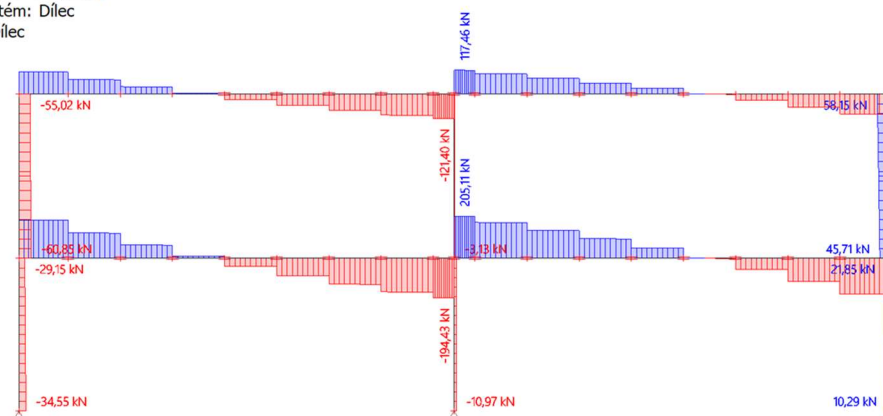
Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ vítr podélný
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Obrázek 39: Maximální hodnoty normálových sil

2. 1D vnitřní síly; V_z

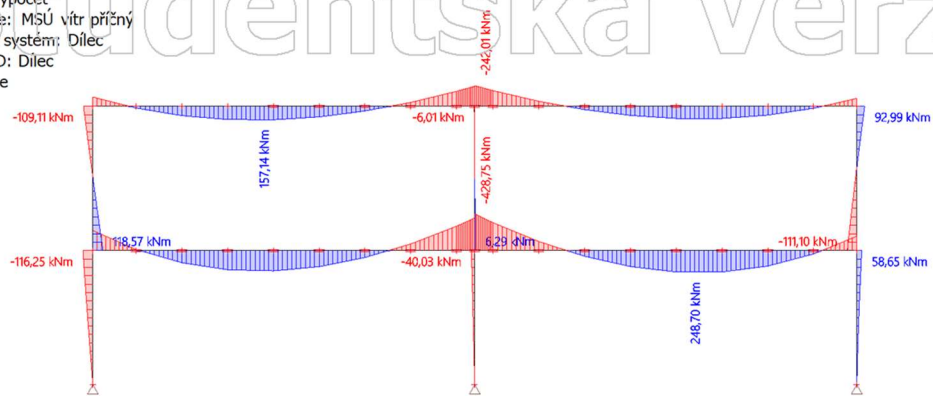
Hodnoty: V_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ vítr příčný
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Obrázek 40: Maximální hodnoty posouvajících sil

3. 1D vnitřní síly; M_y

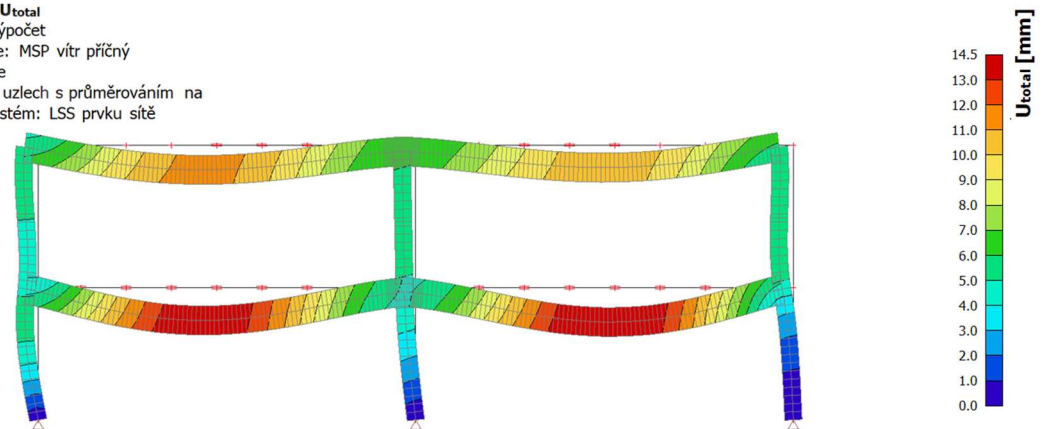
Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ vítr příčný
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 41: Maximální hodnoty ohybových momentů na průvlacích i sloupech

4. 3D přemístění; U_{total}

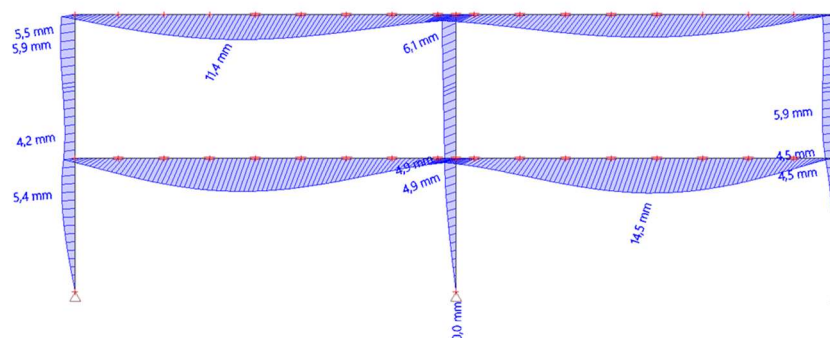
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 42: Maximální průhyb - model

5. 1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP vítr příčný
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Obrázek 43: Maximální průhyb – hodnoty

4.6.4.1. Průvlak

Průvlak, jak již bylo výše zmíněno, přenáší zatížení z obloukové části i části mimo tělocvičnu a obloukovou část. Toto zatížení vyvozuje o něco menší vnitřní síly než jsou u rámové konstrukce mimo tělocvičnu a obloukovou část → proto můžeme bezpečně uvažovat stejný průřez jako ve zmíněné části 4.6.3 a uvažovat stejné provedení tohoto průvlaku.

NÁVRH PRŮVLAKU RÁMU, KTERÝ PŘENÁŠÍ ČÁST ZATÍŽENÍ Z OBLOUKOVÉ ČÁSTI, Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 260x800 mm PŘI ROZPĚTÍ 10 430 mm VYHOVUJE

4.6.4.2. Sloup přenášející zatížení z obloukové části

Jedná se o nejvíce zatížený sloup celé budovy, který přenáší zatížení ze čtyř průvlaků obloukové části i průvlaku řešeného v části 4.6.4.1.

Připojení průvlaků na sloup je sice polotuhé ale pro výpočet u nich budeme zjednodušeně uvažovat kloubové uložení. Kloubově bude sloup uložen i v jeho patě → sloup je na obou stranách kloubově uložen ($L = L_{cr}$).

Ohybový moment: $M_{ed} = 40,03 \text{ kNm}$

Normálová síla působící na sloup: $N_{ed} = 1\,240,46 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky

- Momenty setrvačnosti:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,26 \cdot 0,48^3 = 2,396 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,48 \cdot 0,26^3 = 7,0304 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,396 \cdot 10^{-3}}{0,26 \cdot 0,48}} = 0,1386 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{7,0304 \cdot 10^{-4}}{0,26 \cdot 0,48}} = 0,0751 \text{ m}$$

- Štíhlost sloupků:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,65}{0,1386} = 26,3348$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,65}{0,0751} = 48,6019$$

Posouzení MSÚ**Posouzení sloupu na vzpěr**

Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{1\,240,46}{0,26 \cdot 0,48} = 9\,939,58 \text{ kPa} = 9,9396 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{48,6019^2} = 46,3784 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{46,3784}} = 0,7559$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned} k_z &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,7559 - 0,3) + 0,7559^2] = 0,80849 \\ k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,80849 + \sqrt{0,80849^2 - 0,7559^2}} = 0,913 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{9,9396}{0,913 \cdot 16,96} = 0,674 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (67\%)}$$

Posouzení sloupů na vzpěr a ohybPro toto posouzení je rozhodující hodnota I_y (směr menší tuhosti)

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,48^2 = 9,984 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{ed}}{W_y} = \frac{40,03}{9,984 \cdot 10^{-3}} = 4,00942 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \cdot \frac{11,1 \cdot 10^3}{26,3348^2} = 157,9657 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{26,5}{157,9657}} = 0,4096$$

Součinitel vzpěrnosti (pro lepené lamelové dřevo $\beta_c = 0,1$):

$$\begin{aligned}k_y &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,4096 - 0,3) + 0,4096^2] = 0,5894 \\ k_{c,y} &= \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,5894 + \sqrt{0,5894^2 - 0,4096^2}} = 0,987\end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,9396}{0,987 \cdot 16,96} + \frac{4,00942}{20,48} = 0,804 < 1 \rightarrow \text{Vyhovuje (80\%)}$$

NÁVRH NEJVÍCE ZATÍŽENÝCH SLOUPŮ PŘENÁŠEJÍCÍCH ZATÍŽENÍ Z OBLOUKOVÝCH ČÁSTÍ Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA O ROZMĚRECH 260x480 mm A VÝŠCE 3,65 m VYHOVUJE

5. Návrh základů

Základy tohoto sportovního a kulturního centra jsou provedeny ve formě základových patek a základových pasů a z prostého betonu.

Předběžný odhad vlastní tíhy základu: $N_{g,0} \approx 0,05 \cdot N_{ed,0}$

5.1. Základový pas

- Základový pas se nachází pouze pod suterénní stěnou po celé její délce.
- Provedeme pouze jednoduchý výpočet základových konstrukcí pro určení jejich rozměrů.

Zatížení

- Zatížení budeme stanovovat na 1 běžný metr
- Výška suterénní stěny je 3,97 m
- Výška dřevěné konstrukce nad stěnou je 3,93 m
- Největší zatěžovací šířka 10,63 m

Vrstva	Výpočet	F_k [kN/m]	γ_F [-]	F_d [kN/m]
Suterénní stěna	$0,0995 \cdot 3,97 \cdot 1$	0,395	1,35	0,5333
Skladba podlahy	$1,129 \cdot 10,63 \cdot 1$	12,001	1,35	16,2014
Skladba CLT stěny	$1,2039 \cdot 3,93 \cdot 1$	4,731	1,35	6,3873
Zatížení, které přenáší sloup do základů				395,63
Celkem			$N_{ed,0} = 418,782 \text{ kN}$	

Návrh rozměrů základového pasu:

- Únosnost základové půdy: $R_{dt} = 700 \text{ kPa}$
- Požadovaná efektivní plocha základu: $R_{dt} = \frac{n}{a_{rqd}}$

$$a_{rqd} = \frac{n}{R_{dt}} = \frac{1,05 \cdot n_{Ed,0}}{R_{dt}} = \frac{1,05 \cdot 418,782}{700} = 0,628 \text{ m}^2$$

Návrh půdorysných rozměrů 1,0 m x 1 m'

- Vyložení patky: $a = \frac{l_{pat} - b_{sloup}}{2} = \frac{1 - 0,48}{2} = 0,26 \text{ m}$
- Roznášecí úhel pro prostý beton: $\alpha = 60^\circ$
- Výška patky: $h_{pas} \geq tg60 \cdot a = tg60 \cdot 0,26 = 0,45$

(při $\alpha \geq 45^\circ$ není třeba ověřovat protlačení)

NÁVRH ZÁKLADOVÉHO PASU O ŠÍŘCE 1,0 m A VÝŠCE 0,7 m

5.2. Základové patky

- Základové patky se nachází pouze pod všemi sloupy těžkého skeletu.
- Budeme posuzovat základovou patku pod nejvíce zatíženým sloupem z minulé kapitoli.

Zatížení

- Výška dřevěné konstrukce nad základy je 7,9 m
- Největší zatěžovací plocha 26,075 m²

Vrstva	Výpočet	F _k [kN/m]	γ _F [-]	F _d [kN/m]
Skladba podlahy	1,129 · 26,075	29,439	1,35	39,742
<u>Zatížení, které přenáší sloup do základů</u>				<u>1240,46</u>
Celkem			F_d = 1280,202 kN	

Návrh rozměrů ŽB patky:

- Únosnost základové půdy: $R_{dt} = 700 \text{ kPa}$
- Požadovaná efektivní plocha základu: $R_{dt} = \frac{N}{A_{raqd}}$

$$A_{raqd} = \frac{N}{R_{dt}} = \frac{1,05 \cdot N_{Ed,0}}{R_{dt}} = \frac{1,05 \cdot 1280,202}{700} = 1,92 \text{ m}^2$$

Návrh půdorysných rozměrů 1,4 x 1,4 m

- Vyložení patky: $a = \frac{l_{pat} - b_{sloup}}{2} = \frac{1,4 - 0,48}{2} = 0,46 \text{ m}$
- Roznášecí úhel pro prostý beton: $\alpha = 60^\circ$
- Výška patky: $h_{pat} \geq tg60 \cdot a = tg60 \cdot 0,46 = 0,787$
(při $\alpha \geq 45^\circ$ není třeba ověřovat protlačení)

NÁVRH ZÁKLADOVÉ PATKY O ROZMĚRECH 1,4 x 1,4 x 0,8 m

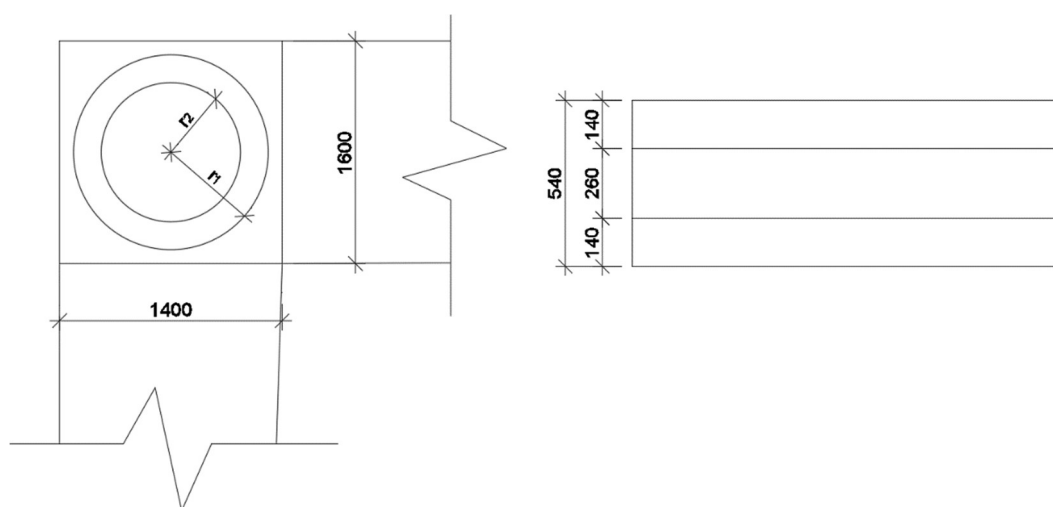
6. Rámový roh

Spoj sloupů a průvlaků nosného těžkého skeletu bude proveden jako polo-
tuhý rámový spoj.

V této části budeme posuzovat a navrhovat spoj, který se nachází u rámu
v tělocvičně.

Sloupy těžkého skeletu byly sice navrženy o rozměrech 2x140x480 mm,
ale i z důvodu vytvoření ideální styčné plochy s průvlakem je nutné vy-
tvořit náběh, což zvětší šířku na 1400 mm.

Průvlaky mají rozměr 260x1600 mm



Obrázek 44: Schéma rámového rohu

Předpoklady výpočtu:

- Uvažujeme střednědobé zatížení
- Třída provozu 1 (relativní vlhkost přesahuje při 20°C 65% pouze něko-
lik týdnů v roce)
 - Modifikační součinitel pro třídu provozu 1, lepené lamelové dřevo a
střednědobé zatížení je $k_{mod} = 0,8$
 - Deformační součinitel pro lepené lamelové dřevo je $k_{def} = 0,6$
- Dílčí součinitel materiálu pro lepené lamelové dřevo je $\gamma_M = 1,25$

Vlastnosti materiálu:

- Průvlak i sloup jsou z lepeného lamelového dřeva (BSH) GL32c:
 - Pevnost v ohybu: $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$

- Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$$

- Pevnost v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 3 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,92 \text{ MPa}$$

- Smyková pevnost: $f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,048 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 13,7 \text{ GPa}$

a $E_{0,05} = 11,1 \text{ GPa}$

- Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 0,42 \text{ GPa}$

- Smykový modul: $G_{mean} = 0,78 \text{ GPa}$

- Průměrná hustota: $\rho_{mean} = 410 \text{ kg/m}^3$

Vnitřní síly

- $M_d = 529,67 \text{ kNm}$

- Na průvlaku:

- $V_d = 293,86 \text{ kN}$

- $N_d = 144,14 \text{ kN}$

- Na sloupu:

- $V_d = 81,87 \text{ kN}$

- $N_d = 392,97 \text{ kN}$

Návrh kolíkového spoje

- Kolíky z oceli S355 Ø24, $f_{u,k} = 500 \text{ MPa}$

- Vnější kruh:

$$r_1 \leq 0,5 \cdot h - 4 \cdot d = 0,5 \cdot 1400 - 4 \cdot 24 = 704 \text{ mm} \rightarrow r_1 = 550 \text{ mm}$$

$$n_1 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 550}{6 \cdot 24} = 28,36 \rightarrow n_1 = 28 \text{ ks}$$

- Vnitřní kruh:

$$r_2 \leq r_1 - 5 \cdot d = 704 - 5 \cdot 24 = 584 \text{ mm} \rightarrow r_2 = 450 \text{ mm}$$

$$n_2 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{6 \cdot d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 450}{6 \cdot 24} = 23,998 \rightarrow n_2 = 22 \text{ ks}$$

- Zatížení kolíku od ohybového momentu:

$$F_M = M_d \cdot \frac{r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} = 529,67 \cdot \frac{0,55}{28 \cdot 0,55^2 + 22 \cdot 0,45^2} = 18,625 \text{ kN}$$

- Zatížení kolíku ve sloupu rámu:

- o Od normálové síly:

$$F_{N,c} = \frac{N_{d,c}}{n_1 + n_2} = \frac{392,97}{28 + 22} = 7,859 \text{ kN}$$

- o Od posouvající síly:

$$F_{V,c} = \frac{V_{d,c}}{n_1 + n_2} = \frac{81,87}{28 + 22} = 1,637 \text{ kN}$$

- Zatížení kolíku v průvlaku rámu:

- o Od normálové síly:

$$F_{N,R} = \frac{N_{d,R}}{n_1 + n_2} = \frac{144,14}{28 + 22} = 2,883 \text{ kN}$$

- o Od posouvající síly:

$$F_{V,R} = \frac{V_{d,R}}{n_1 + n_2} = \frac{293,86}{28 + 22} = 5,877 \text{ kN}$$

- Celkové zatížení kolíku v ose rámu:

$$F_{D,c} = \sqrt{(F_M + F_{V,c})^2 + F_{N,c}^2} = \sqrt{(18,625 + 1,637)^2 + 7,859^2} = 21,733 \text{ kN}$$

$$F_{D,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} = \sqrt{(18,625 + 5,877)^2 + 2,883^2} = 24,671 \text{ kN}$$

- Smyková síla v místě spoje:

$$V_M = \frac{M_d}{\pi} \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} = \frac{529,67}{\pi} \cdot \frac{28 \cdot 0,65 + 22 \cdot 0,55}{28 \cdot 0,65^2 + 22 \cdot 0,55^2} = 276,36$$

$$F_{V,d,c} = V_M - \frac{V_{d,c}}{2} = 276,63 - \frac{81,87}{2} = 235,425 \text{ kN}$$

$$F_{V,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2} = 276,36 - \frac{293,86}{2} = 129,43 \text{ kN}$$

Mechanické vlastnosti kolíků

- Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 410 = 25,551 \text{ MPa}$$

- Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 24^{2,6} = 581\,621,55 \text{ Nmm}$$

Únosnost kolíků v ose stojky

- Úhly mezi působícím zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{F_M + F_{V,c}}{F_{N,c}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{18,625 + 1,637}{7,859} \right) = 68,8^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) = 0 - \left(\frac{180}{2} - 68,8 \right) = -21,2^\circ$$

- Charakteristické hodnoty pevnosti v otláčení:

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{25,551}{1,66 \cdot \sin^2 79,52 + \cos^2 79,52} = 16,236 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = \frac{25,551}{1,66 \cdot \sin^2(-21,2) + \cos^2(-21,2)} = 23,521 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{23,521}{16,236} = 1,449$$

- Charakteristická únosnost kolíků:

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ (účinek sepnutí), } t_1 = 14 \text{ mm, } t_2 = 260 \text{ mm}$$

$$F_{V,Rk,c} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 1,05 \cdot \frac{16,236 \cdot 140 \cdot 24}{2 + 1,449} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 1,449 \cdot (1 + 1,449) + \frac{4 \cdot 1,449 \cdot (2 + 1,449) \cdot 581621,55}{16,236 \cdot 24 \cdot 140^2}} - 1,449 \right]; \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,449}{1 + 1,449}} \cdot \sqrt{2 \cdot 581621,55 \cdot 16,236 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$= \min\{48\ 662,64; 78\ 015,6; 23\ 564,9; 26\ 633,8\} = 23,56 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost kolíků:

$$F_{V,Rd,c} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,rk,v}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{23,56}{1,25} = 14,816 \text{ kN}$$

Únosnost kolíků v ose příčle

- Úhly mezi působícím zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{F_M + F_{V,R}}{F_{N,R}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{18,625 + 5,877}{2,883} \right) = 83,289^\circ$$

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2 = \frac{180}{2} + 0 - 83,289 = 6,711^\circ$$

- Charakteristické hodnoty pevnosti v otláčení:

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{25,551}{1,66 \cdot \sin^2 6,711 + \cos^2 6,711} = 25,323 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = \frac{25,551}{1,66 \cdot \sin^2(83,289) + \cos^2(83,289)} = 15,476 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{15,476}{25,323} = 0,611$$

- Charakteristická únosnost kolíků:

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ (účinek sepnutí)}, t_1 = 130 \text{ mm}, t_2 = 260 \text{ mm}$$

$$F_{V,Rk,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d;}{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d;} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}; \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{25,323 \cdot 140 \cdot 24;}{0,5 \cdot 15,476 \cdot 260 \cdot 24;} \\ 1,05 \cdot \frac{25,323 \cdot 140 \cdot 24}{2 + 0,611} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 0,611 \cdot (1 + 0,611) + \frac{4 \cdot 0,611 \cdot (2 + 0,611) \cdot 581621,55}{25,323 \cdot 24 \cdot 140^2}} - 0,611 \right]; \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,611}{1 + 0,611}} \cdot \sqrt{2 \cdot 581621,55 \cdot 25,323 \cdot 24} \end{array} \right\}$$

$$= \min\{79\,519,4; 48\,094,8; 29\,181,1; 26\,630,8\} = 26,631 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost kolíků:

$$F_{V,Rd,R} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk,v}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{26,631}{1,25} = 17,044 \text{ kN}$$

Ověření podmínek porušení

- Posouzení únosnosti spoje sloupu a průvlaku rámu:

$$F_{d,c} \leq 2 \cdot F_{V,Rd,c}$$

$$21,733 \leq 2 \cdot 14,816$$

$$21,733 \text{ kN} \leq 29,632 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$F_{d,R} \leq 2 \cdot F_{V,Rd,R}$$

$$24,671 \leq 2 \cdot 17,044$$

$$24,671 \text{ kN} \leq 34,088 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Smykové napětí:

$$\tau_{V,c} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{v,d,c}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{232,425}{2 \cdot 0,14 \cdot 1,4} = 889,38 \text{ kPa}$$

$$\tau_{V,R} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{v,d,R}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{129,43}{0,26 \cdot 1,6} = 466,695 \text{ kPa}$$

- Návrhová smyková pevnost:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3200}{1,25} = 2048 \text{ kPa}$$

- Posouzení smykového napětí sloupu a průvlaku rámu:

$$\tau_{V,c} \leq f_{v,g,d}$$

$$889,38 \text{ kPa} \leq 2048 \text{ kPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\tau_{V,R} \leq f_{v,g,d}$$

$$466,695 \text{ kPa} \leq 2048 \text{ kPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Navrhují rámový roh: $b_c \times h_c = (2 \times 140) \times 1400$ a $b_R \times h_R = 26 \times 1600$
--

7. Seznam obrázků

Obrázek 1: Určení z_0 a z_{\min} pomocí kategorie terénu.....	15
Obrázek 2: graf pro určení součinitele expozice $c_e(z)$	17
Obrázek 3: Závislost dynamického tlaku na výšce.....	17
Obrázek 4: Schéma větrné oblasti pro svislé stěny a podélný vítr.....	18
Obrázek 5: Schéma větrných oblastí pro vyšší svislou stěnu a příčný vítr.....	19
Obrázek 6: Schéma větrných oblastí pro nižší svislou stěnu a příčný vítr.....	21
Obrázek 7: Schéma větrných oblastí pro střechu a podélný vítr.....	23
Obrázek 8: Schéma větrných oblastí pro větší výšku střechy a příčný vítr.....	24
Obrázek 9: Schéma větrných oblastí pro nižší výšku střechy a příčný vítr.....	25
Obrázek 10: Model hlavních nosných dřevěných konstrukčních prvků.....	26
Obrázek 11: Statické schéma dřevěné stropnice.....	29
Obrázek 12: Spolupůsobící průřez.....	30
Obrázek 13: Schéma průběhu napětí v průřezu.....	30
Obrázek 14: Statické schéma sloupku obvodové stěny.....	38
Obrázek 15: Statické schéma dřevěného překladu.....	43
Obrázek 16: Statické schéma CLT překladu.....	46
Obrázek 17: Statické schéma dřevěného překladu.....	49
Obrázek 18: Maximální hodnoty normálových sil.....	54
Obrázek 19: Maximální hodnoty posouvajících sil.....	54
Obrázek 20: Maximální hodnoty momentu na průvlacích.....	54
Obrázek 21: Maximální hodnoty momentu na sloupech.....	55
Obrázek 22: Maximální průhyb rámu – model.....	55
Obrázek 23: Maximální průhyb rámu – hodnoty.....	55
Obrázek 24: Zatěžovací plocha průvlaku + označení stropnic 1-8.....	62
Obrázek 25: Maximální hodnoty normálových sil.....	65
Obrázek 26: Maximální hodnoty posouvajících sil.....	65
Obrázek 27: Maximální hodnoty momentu na průvlacích.....	66
Obrázek 28: Maximální hodnoty momentu na sloupech.....	66
Obrázek 29: Maximální průhyb rámu – model.....	67
Obrázek 30: Maximální průhyb rámu – hodnoty.....	67
Obrázek 31: Maximální hodnoty normálových sil pro vnější sloupy.....	73
Obrázek 32: Maximální hodnoty normálových sil pro sloupy uprostřed rozpětí.....	73
Obrázek 33: Maximální hodnoty posouvajících sil.....	73
Obrázek 34: Maximální hodnoty ohybových momentů.....	74
Obrázek 35: Maximální průhyb – model.....	74
Obrázek 36: Maximální průhyb – hodnoty.....	74
Obrázek 37: Schéma zatížení od ostatního stálého zatížení.....	81
Obrázek 38: Schéma zatížení od proměnného zatížení.....	81

Obrázek 39: Maximální hodnoty normálových sil.....	82
Obrázek 40: Maximální hodnoty posouvajících sil.....	82
Obrázek 41: Maximální hodnoty ohybových momentů na průvlacích i sloupech.....	83
Obrázek 42: Maximální průhyb – model.....	83
Obrázek 43: Maximální průhyb – hodnoty.....	83
Obrázek 44: Schéma rámového rohu.....	89

8. Seznam tabulek

Tabulka 1: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny.....	18
Tabulka 2: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	18
Tabulka 3: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny.....	20
Tabulka 4: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	20
Tabulka 5: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro stěny.....	22
Tabulka 6: Tlak větru na stěny (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	22
Tabulka 7: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou.....	23
Tabulka 8: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	23
Tabulka 9: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou.....	24
Tabulka 10: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	24
Tabulka 11: Součinitel vnějšího tlaku $C_{pe,10}$ pro střechy s atikou.....	26
Tabulka 12: Tlak větru na střechu (podle vzorce $w_e = q_{p1}(z_e) \cdot c_{pe}$).....	26

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ČÁST D – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Datum odevzdání:

František Hlásek

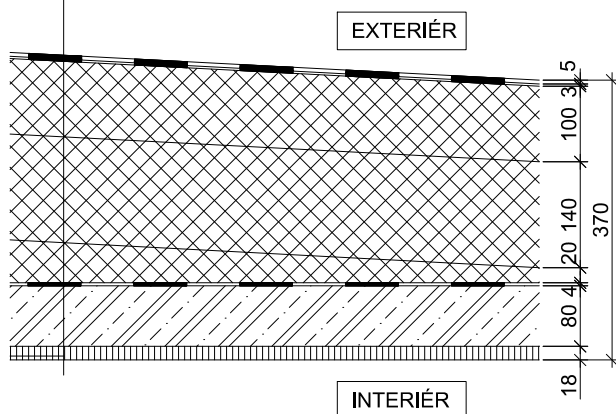
doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Květen 2024

OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	-
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
			MĚŘÍTKO	-
NÁZEV VÝKRESU: SKLADBY			Č. VÝKRESU	-

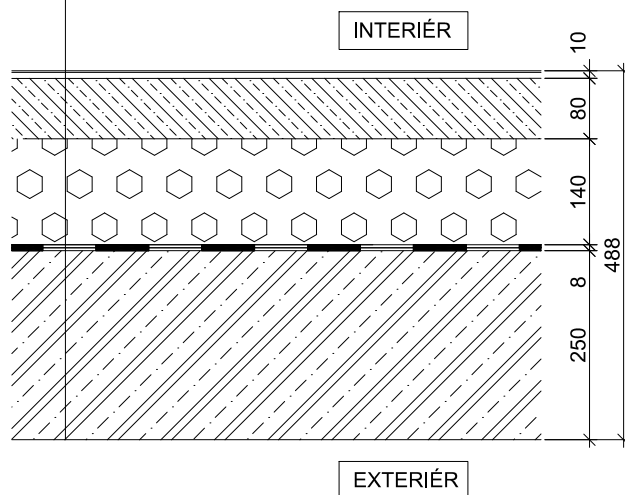
S1 STŘECHA, MIN TL. 370mm

- ELASTEK 40 COMBI (NATAVENÁ)	5mm
- GLASTEK 30 STICKER ULTRA (LEPENÉ)	3mm
- IZOLACE ISOVER EPS 150	100mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO THERMO KLEBER ROOF	-
- IZOLACE ISOVER EPS 150	140mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO THERMO KLEBER ROOF	-
- SPÁDOVÉ KLÍNY ISOVER EPS 150	min.20mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO THERMO KLEBER ROOF	-
- ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 AL MINERAL	4mm
- ASFALTOVÁ PENETRACE	-
- ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA	80mm
- SEPARAČNÍ FOLIE	0,2mm
- OSB DESKA 3 NEBO PALUBKY	18mm



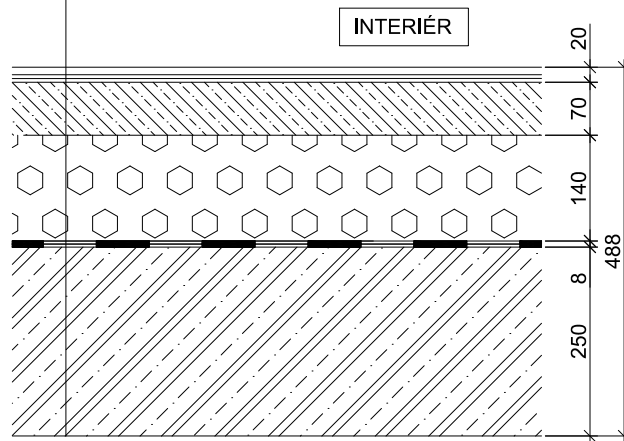
S2 PODLAHA V TĚLOCVIČNĚ 1.PP, TL. 488,5mm

- POLYURETANOVÝ LAK HERCULAN PE 100 W	-
- NOSNÁ POLYURETANOVÁ VRSTVA HERCULAN WX800	2mm
- UZAVÍRACÍ POLYURETANOVÁ VRSTVA TMELEM HERCULAN	0,3mm
- ELASTICKÁ POLYURETANOVÁ PODLOŽKA	8mm
- CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 230 SCREED + KARI SÍŤ	80mm
- SEPARAČNÍ PE FOLIE	0,2mm
- TEPelná IZOLACE ISOVER EPS 200	140mm
- 2x ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2x4mm
- ASFALTOVÝ PENETRAČNÍ NÁTĚR	-
- ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA C25/30	250 mm



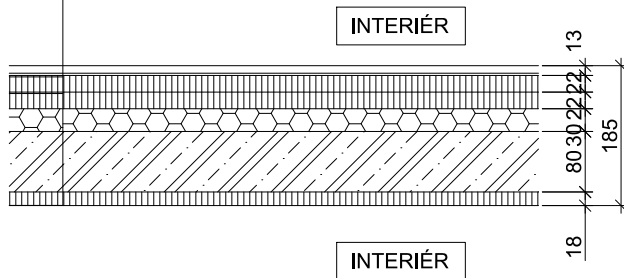
S3 PODLAHA V 1.PP, TL. 488,5mm

KERAMICKÁ DLAŽBA	10 mm
LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX	5 mm
TĚSNÍCÍ FÓLE PROFI	0,3mm
LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX	5 mm
PENETRACE SIKA LEVEL 01 PRIMER	-
CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 220 SCREED + KARI SÍŤ	70mm
SEPARAČNÍ PE FOLIE	0,2mm
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 200	140mm
2x ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2x4mm
ASFALTOVÝ PENETRAČNÍ NÁTĚR	-
ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA C25/30	250 mm



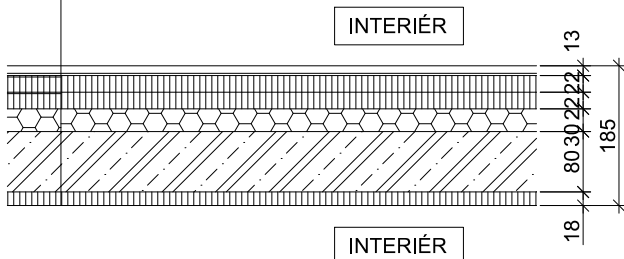
S4 PODLAHA V 1.NP (LEHKÁ PLOVOUCÍ), TL. 185mm

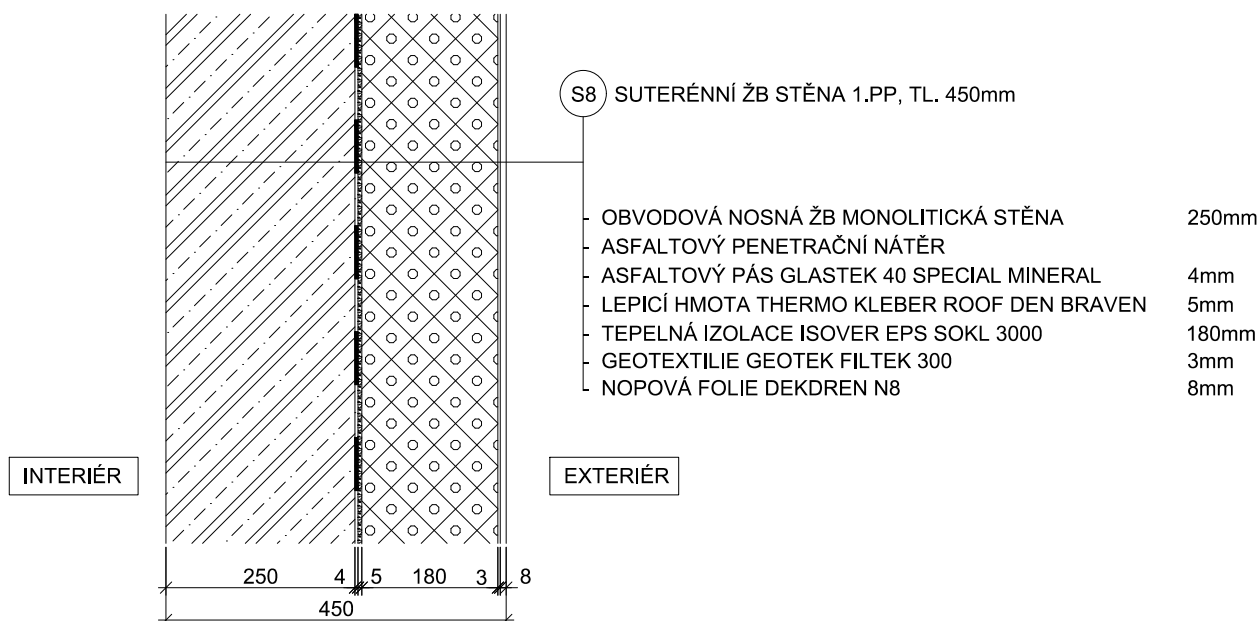
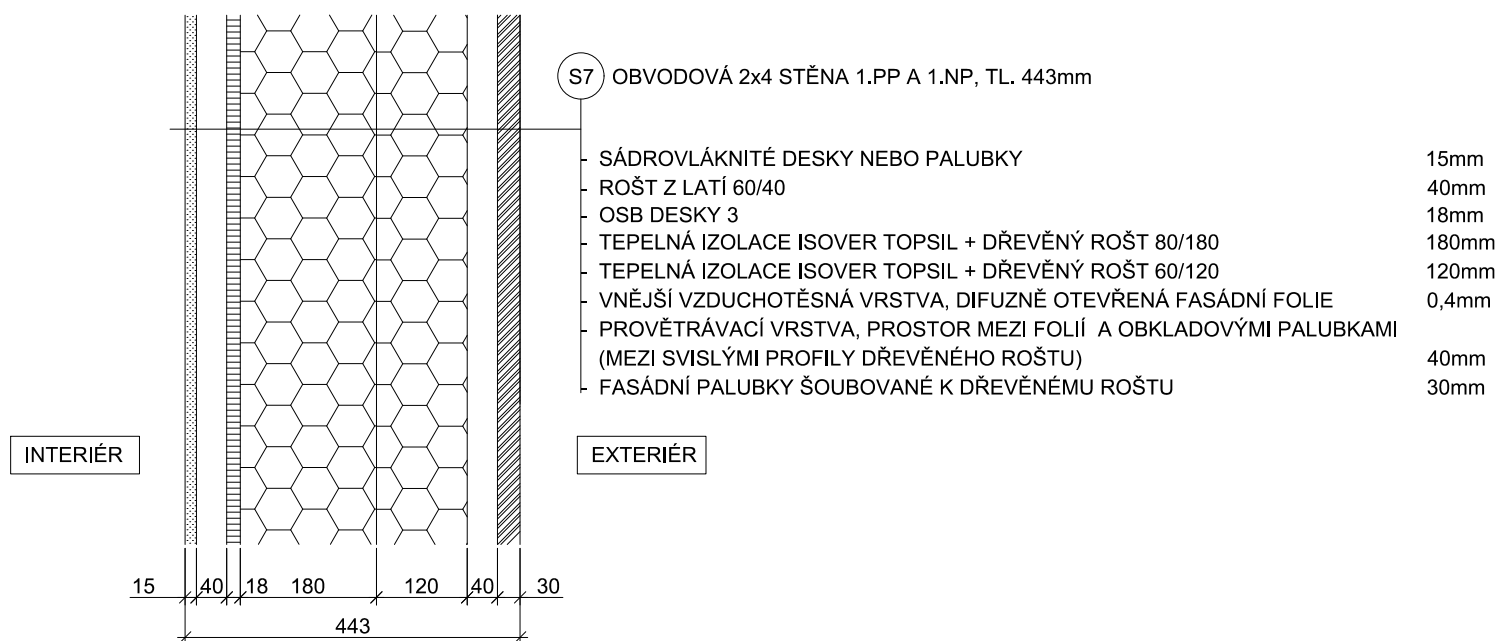
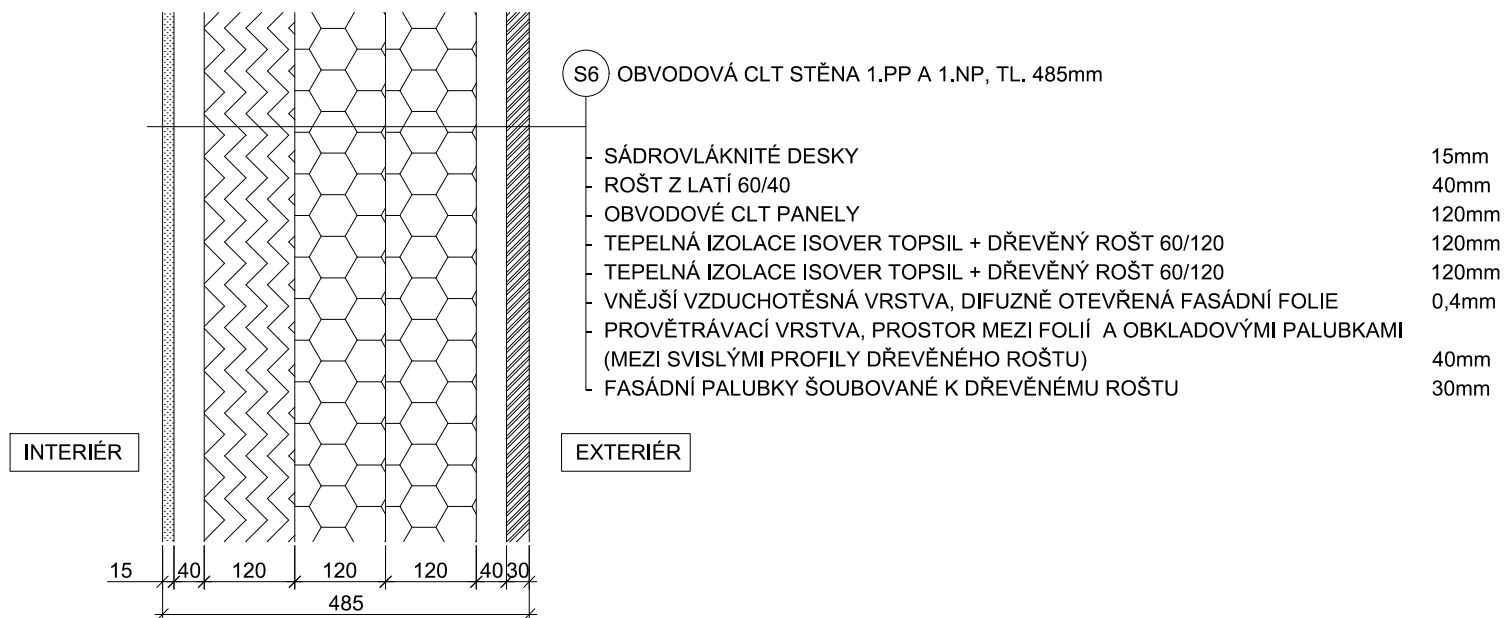
VINYLOVÁ PODLAHA CLICK	10mm
MIRELON	3mm
DESKY OSB 3	22mm
DESKY OSB 3	22mm
AKUSTICKÁ IZOLACE ISOVER T-P	30mm
ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA	80mm
SEPARAČNÍ FOLIE	0,2mm
DESKY OSB 3 NEBO PALUBKY	18mm

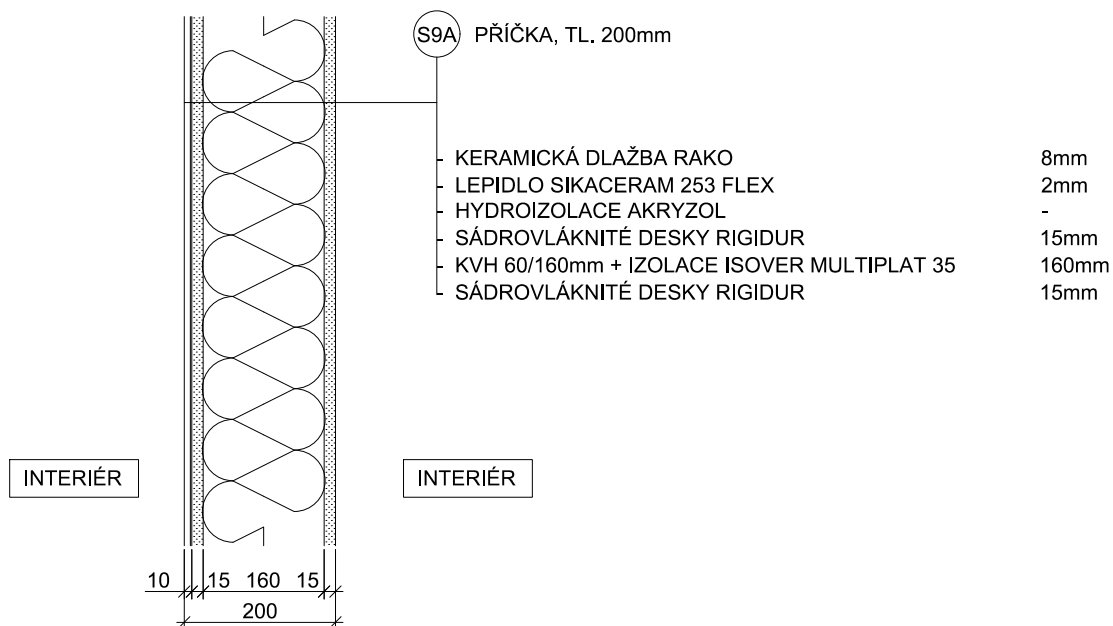
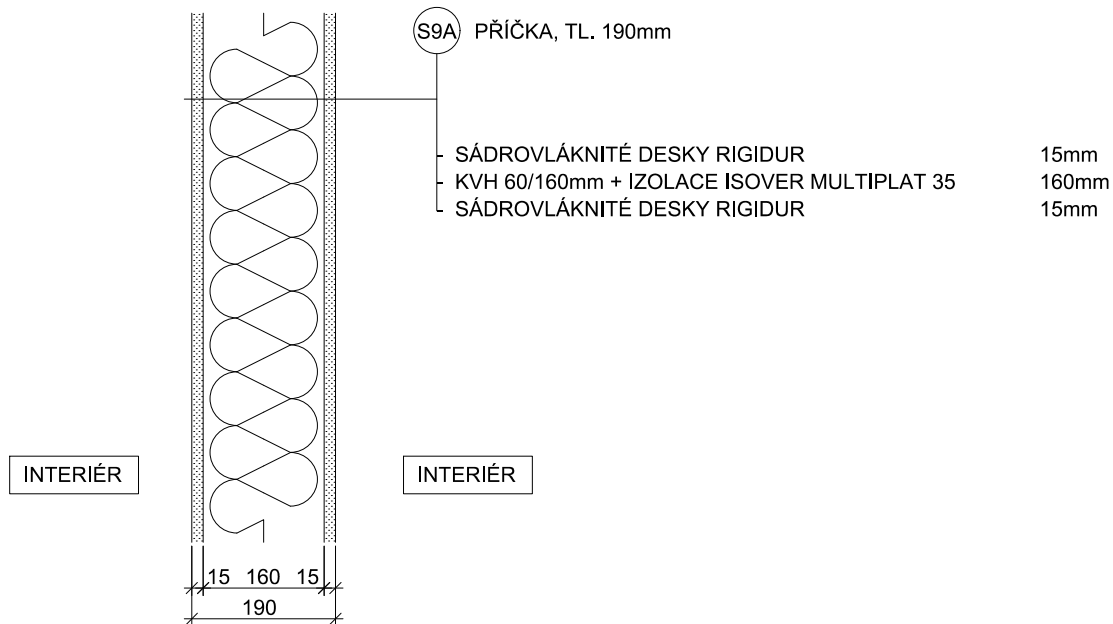
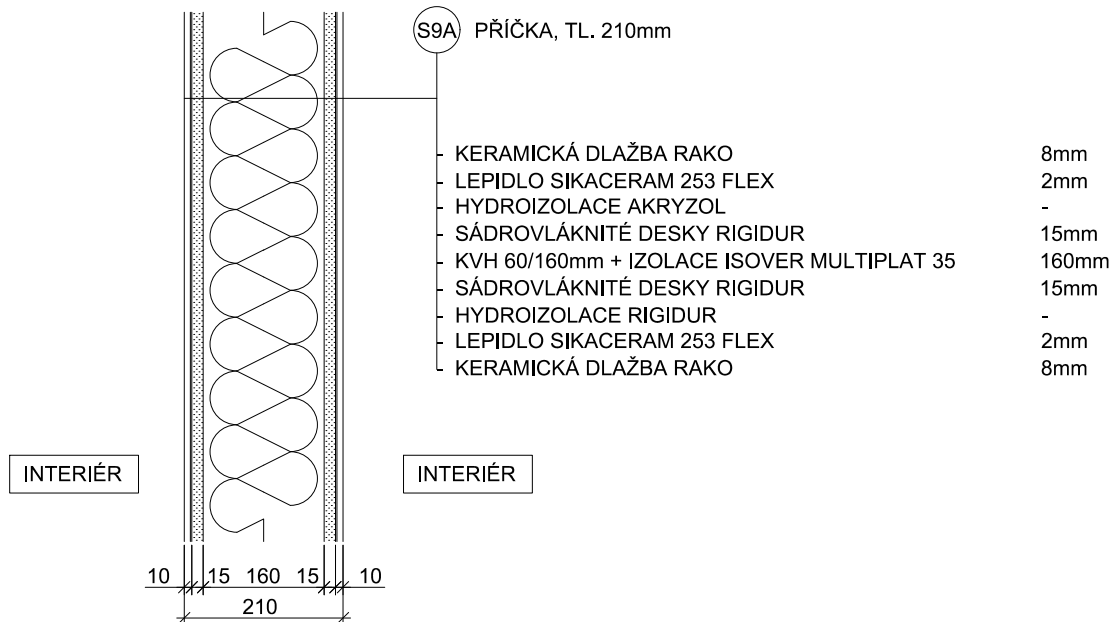


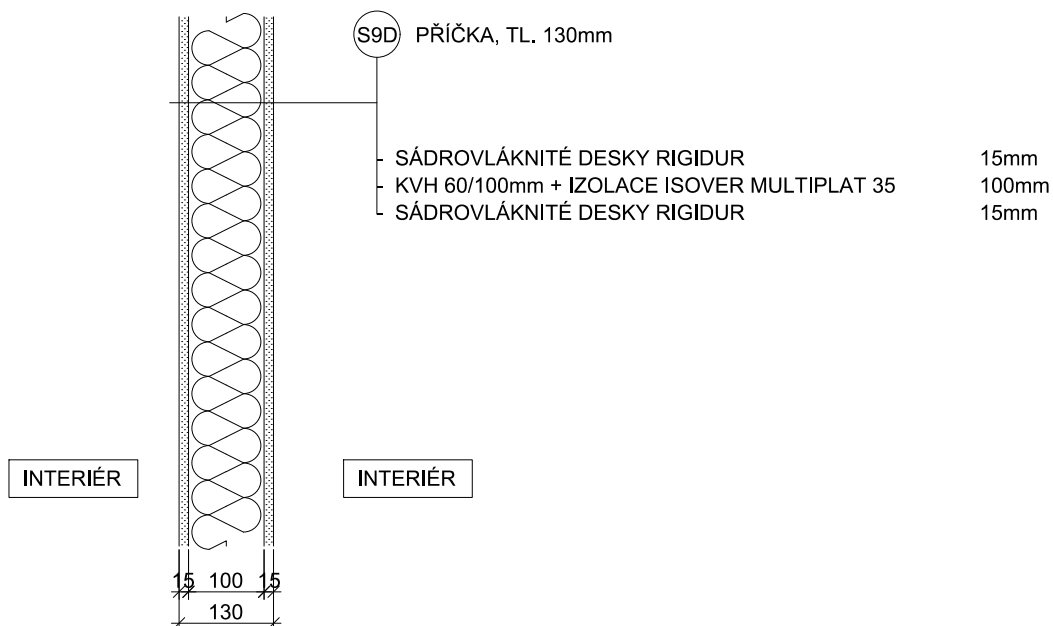
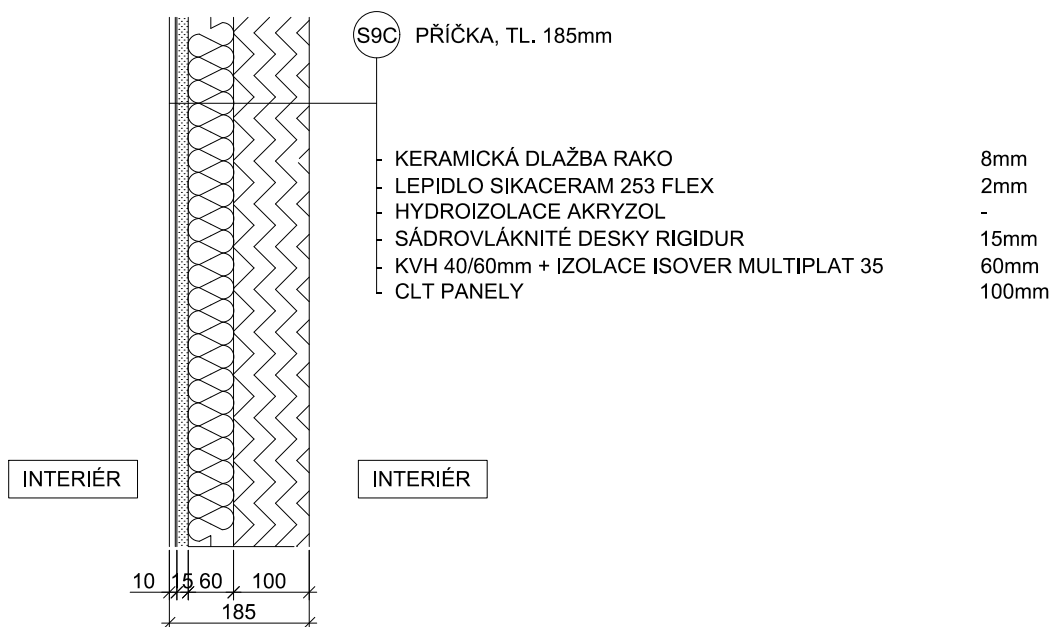
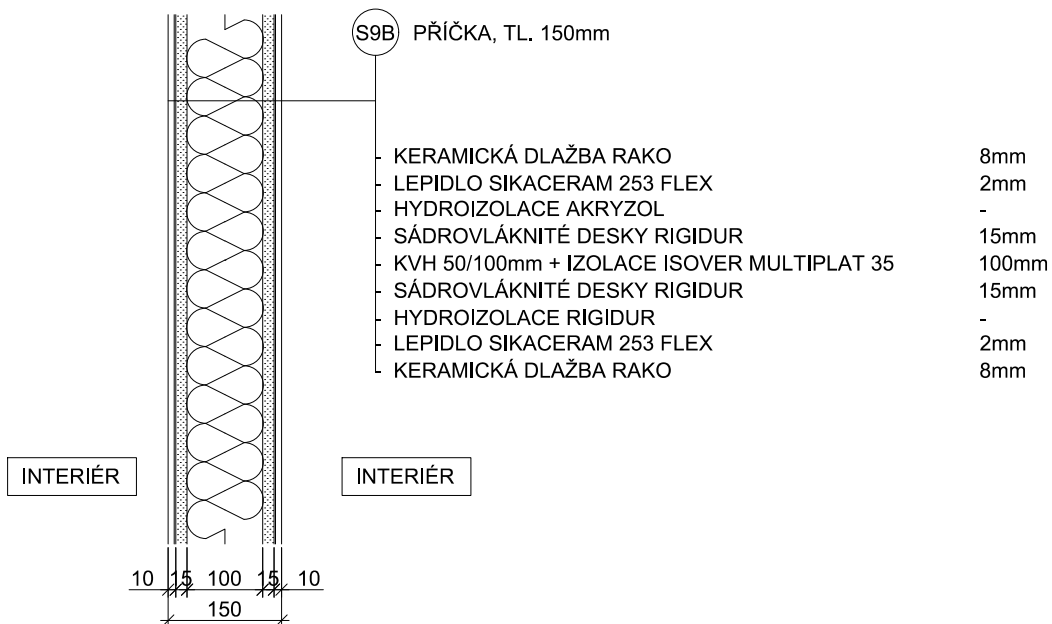
S5 PODLAHA V 1.NP (LEHKÁ PLOVOUCÍ), TL. 185mm

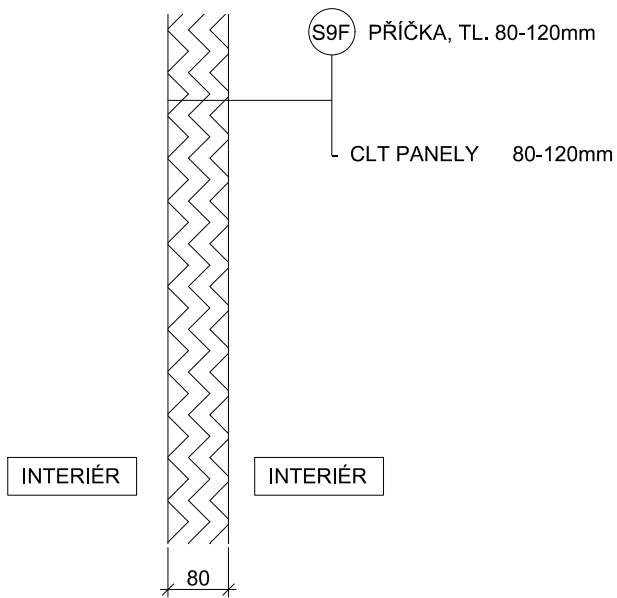
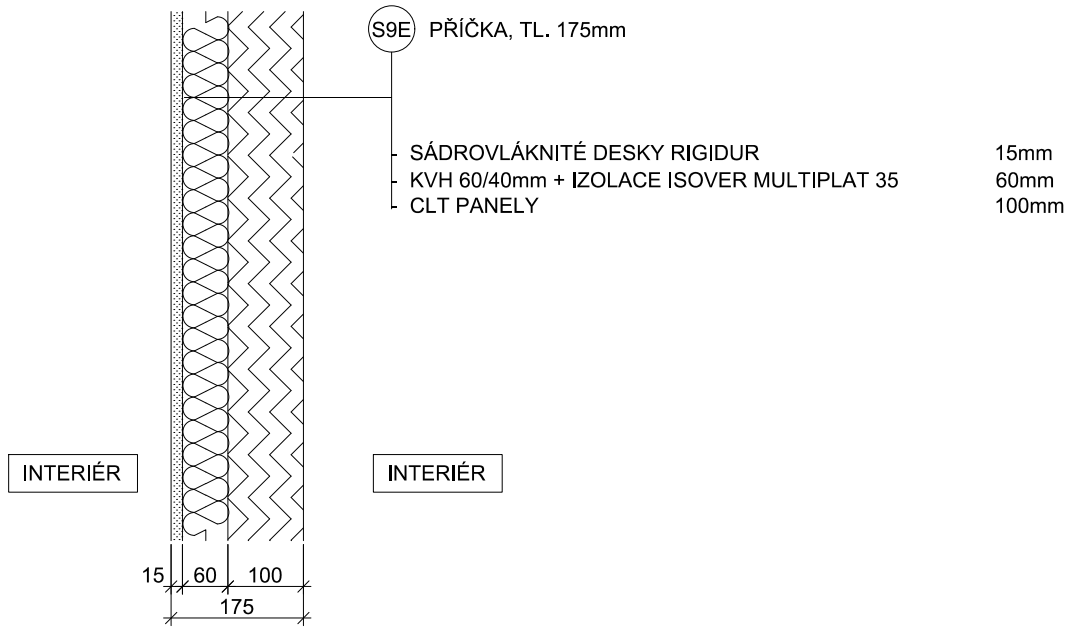
KERAMICKÁ DLAŽBA RAKO	10mm
LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX	3mm
HYDROIZOLACE AKRYZOL	-
DESKY OSB 3	22mm
DESKY OSB 3	22mm
AKUSTICKÁ IZOLACE ISOVER T-P	30mm
ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA	80mm
SEPARAČNÍ FOLIE	0,2mm
DESKY OSB 3 NEBO PALUBKY	18mm

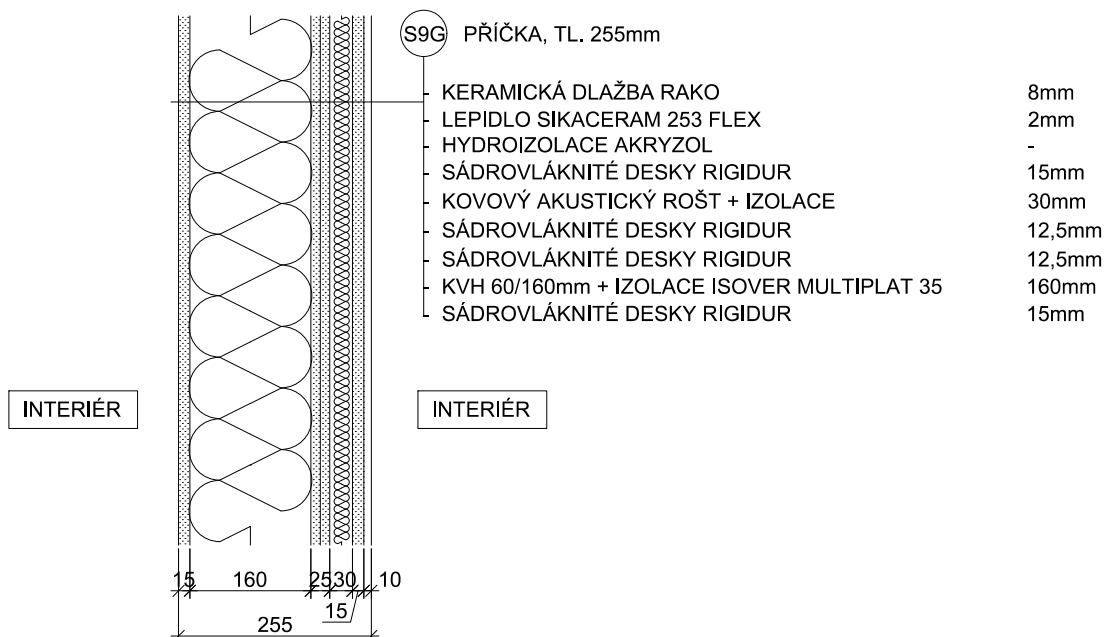
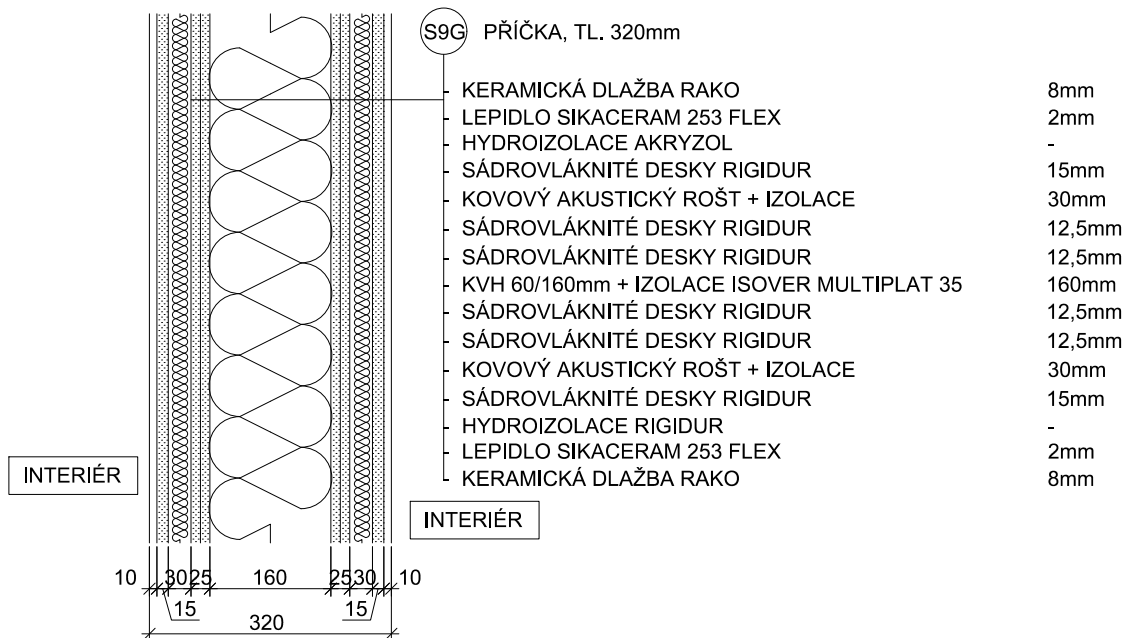
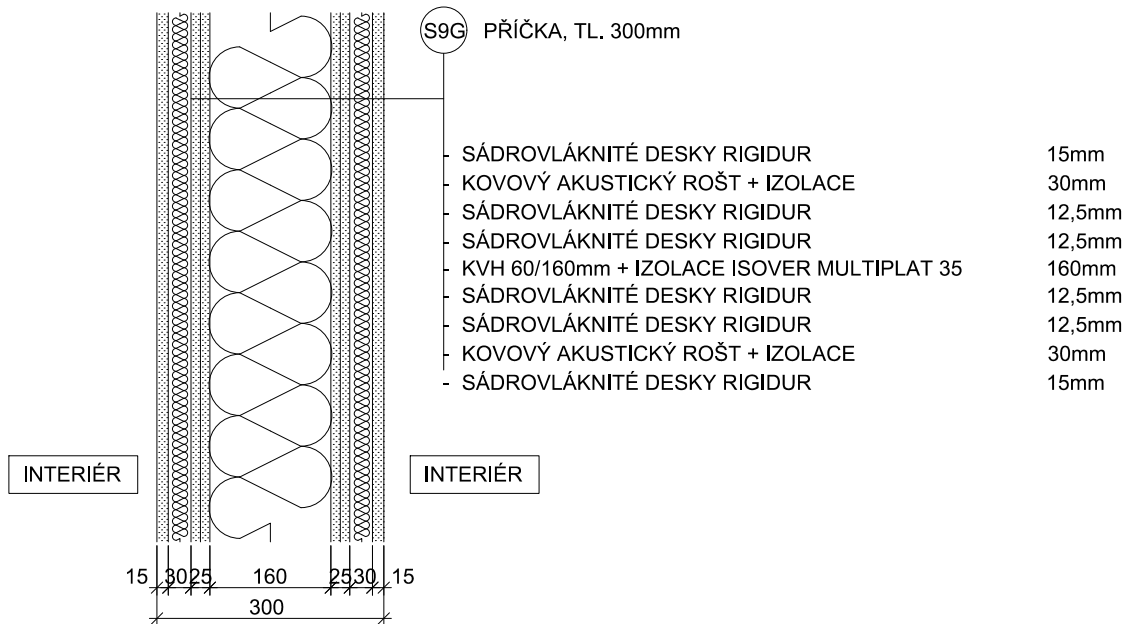


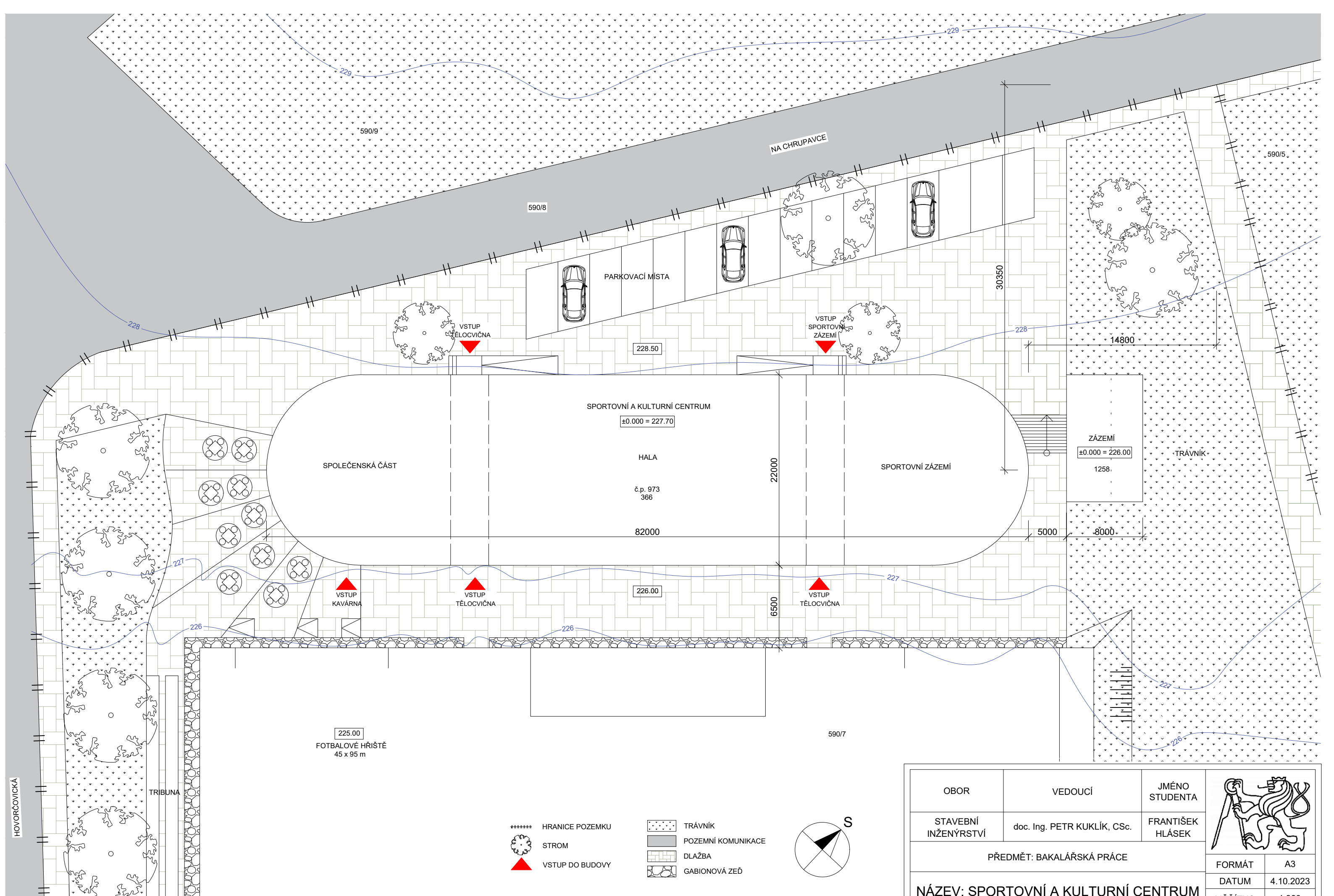




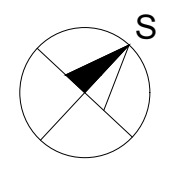






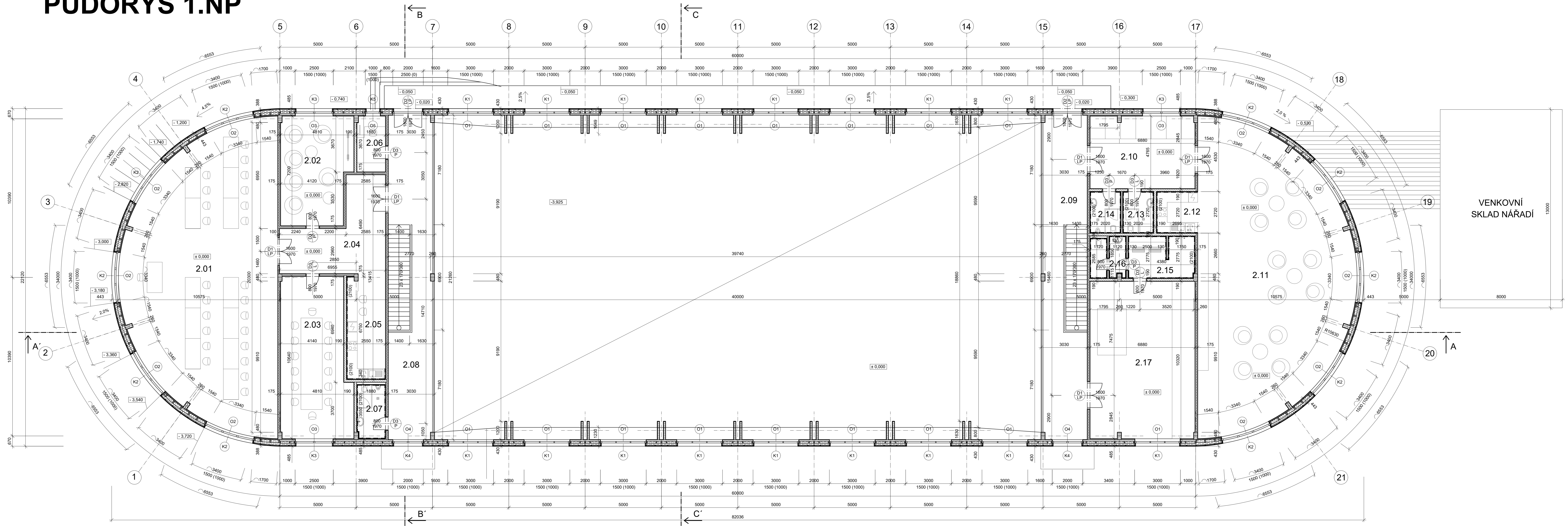


- ***** HRANICE POZEMKU
- ☼ STROM
- ▲ VSTUP DO BUDOVY
- ☐ TRÁVNÍK
- ▨ POZEMNÍ KOMUNIKACE
- ▤ DLAŽBA
- ▧ GABIONOVÁ ZEĎ



OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.10.2023
			MĚŘÍTKO	1:300
NÁZEV VÝKRESU: SITUACE			Č. VÝKRESU	1









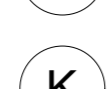
PŮDORYS 1.NP



LEGENDA MATERIÁLŮ

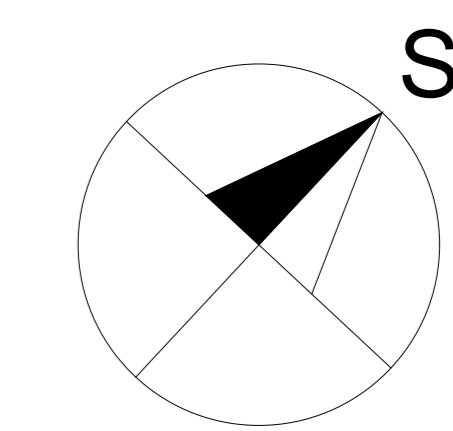
-  CLT PANELY, tl. 100 mm
-  NOSNÍK KVH 60 x 160 + MINERÁLNÍ IZOLACE, tl. 160 mm
-  NOSNÍK KVH 60 x 100 + MINERÁLNÍ IZOLACE, tl. 100 mm
-  IZOLACE ISOVER TOPSIL
-  ŽELEZOBETON C25/30, tl. 250 mm
-  IZOLACE ISOVER EPS SOKL 3000, tl. 160 mm
-  LEPENÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY
-  PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA

LEGENDA PRVKŮ

-  O1 OKNO DŘEVĚNÉ 3000x1500 mm - NEOTEVÍRATELNÉ
-  O2 OKNO DŘEVĚNÉ ATYPICKÉ 3400x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
-  O3 OKNO DŘEVĚNÉ 2500x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
-  O4 OKNO DŘEVĚNÉ 2000x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
-  O5 OKNO DŘEVĚNÉ 1000x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
-  D1 DVEŘE DVOUKŘÍDLÉ 1600x1970 mm
-  D2 DVEŘE VCHODOVÉ DVOUKŘÍDLÉ 1800x1970 mm
-  D3 DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 800x1970 mm
-  K PARAPETY

LEGENDA MÍSTNOSTÍ

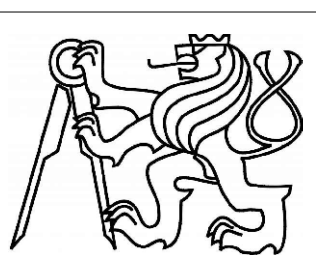
Č.MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA	PODLAHA
2.01	PŘEDNÁŠKOVÝ SÁL	171,33 m ²	VINIL
2.02	KLUBOVNA 1	32,39 m ²	VINIL
2.03	KLUBOVNA 2	46,62 m ²	VINIL
2.04	CHODBA	30,24 m ²	VINIL
2.05	KUCHYŇKA	16,88 m ²	DLAŽBA
2.06	KANCELÁŘ	7,03 m ²	VINIL
2.07	WC	6,40 m ²	DLAŽBA
2.08	CHODBA + BALKON	52,29 m ²	VINIL
2.09	CHODBA + BALKON	52,29 m ²	VINIL
2.10	CHODBA + KOČÁRKÁRNA	32,85 m ²	VINIL
2.11	CENTRUM PRO R. S DĚTMI	171,33 m ²	VINIL
2.12	KUCHYŇKA	7,39 m ²	DLAŽBA
2.13	WC - ŽENY	5,33 m ²	DLAŽBA
2.14	WC - MUŽI	5,33 m ²	DLAŽBA
2.15	ŠATNA + SPRCHY	11,98 m ²	DLAŽBA
2.16	WC	5,94 m ²	DLAŽBA
2.17	POSILOVNA	71,89 m ²	VINIL



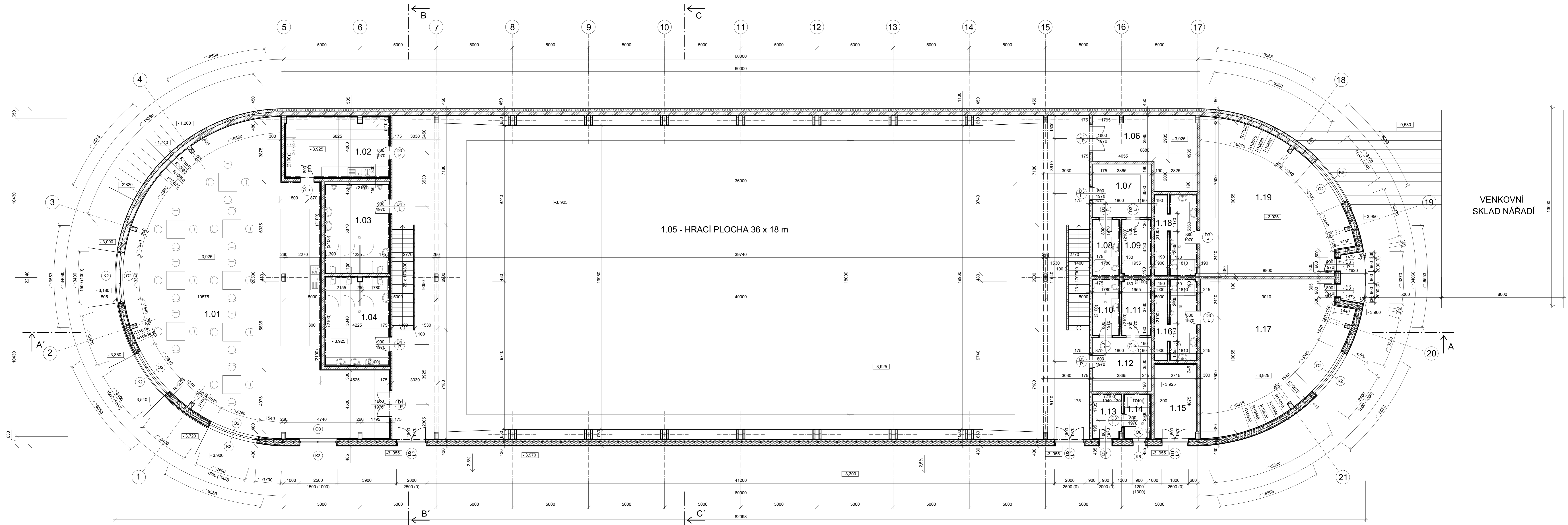
POZNÁMKY

- VÝPIS VENKOVNÍCH PARAPETŮ K1 - NENÍ SOUČÁSTÍ TÉTO PRÁCE
- SPECIFIKACE KERAMICKÝCH OBKLADŮ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- INSTALACE VEDENY PŘÍČKAMI A PODHLEDEM STROPŮ
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ (V TÉTO PRÁCI NENÍ BLÍŽE SPECIFIKOVÁNO)
- PŘÍPADNÉ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁŘADÍ NUTNO ZAKRESLIT NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

0,000=287,7 m.n.m, B.p.v./SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSC

OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK	
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM
NÁZEV VÝKRESU: PŮDORYS 1.NP			MĚŘITKO
			Č. VÝKRESU

PŮDORYS 1.PP



LEGENDA MATERIÁLŮ

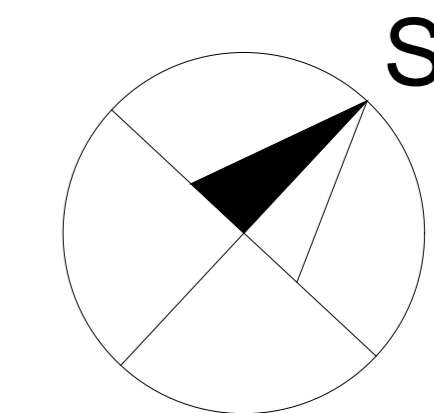
	CLT PANELY, tl. 100 mm
	NOSNÍK KVH 60 x 160 + MINERÁLNÍ IZOLACE, tl. 160 mm
	NOSNÍK KVH 60 x 100 + MINERÁLNÍ IZOLACE, tl. 100 mm
	IZOLACE ISOVER TOPSIL
	ŽELEZOBETON C25/30, tl. 250 mm
	IZOLACE ISOVER EPS SOKL 3000, tl. 160 mm
	LEPENÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY
	PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA

LEGENDA PRVKŮ

	OKNO DŘEVĚNÉ ATYPICKÉ 3400x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
	OKNO DŘEVĚNÉ 2500x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
	OKNO DŘEVĚNÉ 900x1200 mm - OTEVÍRATELNÉ
	DVEŘE DVOUKŘÍDLÉ 1600x1970 mm
	DVEŘE VCHODOVÉ DVOUKŘÍDLÉ 1800x1970 mm
	DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 800x1970 mm
	DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 900x1970 mm
	PARAPETY

LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA	PODLAHA
1.01	BISTRO	235,80 m ²	DLAŽBA
1.02	KUCHYŇ	26,78 m ²	DLAŽBA
1.03	WC - MUŽI	24,67 m ²	DLAŽBA
1.04	WC - ŽENY	23,78 m ²	DLAŽBA
1.05	TĚLOCVIČNA	925,64 m ²	SPEC. POVRCH
1.06	SKLAD SPORT. NÁRADÍ	26,29 m ²	DLAŽBA
1.07	ŠATNA - MUŽI	13,53 m ²	DLAŽBA
1.08	WC - MUŽI	6,06 m ²	DLAŽBA
1.09	SPRCHY - MUŽI	7,14 m ²	DLAŽBA
1.10	WC - ŽENY	6,06 m ²	DLAŽBA
1.11	SPRCHY - ŽENY	7,14 m ²	DLAŽBA
1.12	ŠATNA - ŽENY	13,53 m ²	DLAŽBA
1.13	ŠATNA - ROZHODČÍ	5,55 m ²	DLAŽBA
1.14	WC - ROZHODČÍ	4,95 m ²	DLAŽBA
1.15	TECH. ZAŘÍZENÍ BUDOV	13,57 m ²	DLAŽBA
1.16	WC + SPRCHY	13,69 m ²	DLAŽBA
1.17	ŠATNA - DOMÁCI	82,12 m ²	DLAŽBA
1.18	WC + SPRCHY	13,69 m ²	DLAŽBA
1.19	ŠATNA - HOSTÉ	81,12 m ²	DLAŽBA



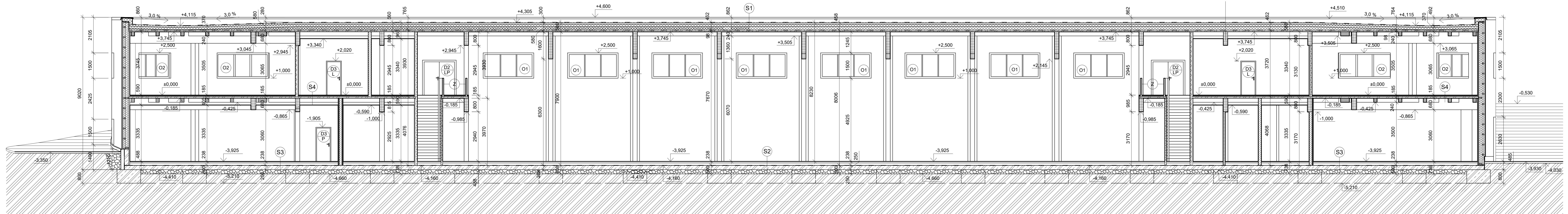
POZNÁMKY

- VÝPIS VENKOVNÍCH PARAPETŮ K1 - NENÍ SOUČÁSTÍ TĚTO PRÁCE
- SPECIFIKACE KERAMICKÝCH OBKLADŮ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- INSTALACE VEDENY PŘÍČKAMI A PODHLEDEM STROPŮ
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ (V TĚTO PRÁCI NENÍ BLÍŽE SPECIFIKOVÁNO)
- PŘÍPADNÉ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁRADÍ NUTNO ZAKRESLIT NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

0,000=287,7 m.n.m, B.p.v./SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK	
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT A0
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM 4.5.2024
NÁZEV VÝKRESU: PŮDORYS 1.PP			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 3





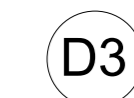

ŘEZ A-A'







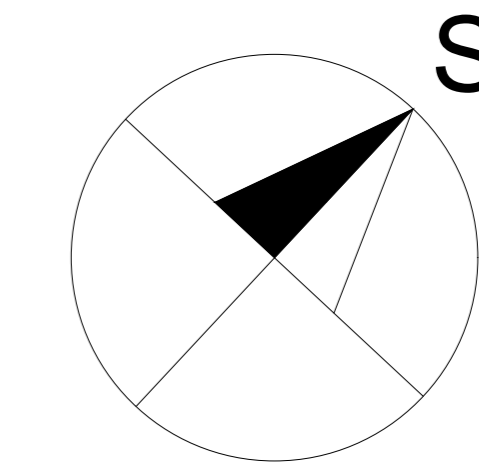
LEGENDA MATERIÁLŮ

	CLT PANELY
	PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA
	IZOLACE ISOVER TOPSIL MEZI DŘEVĚNÝM ROŠTEM
	ŽELEZOBETON C25/30
	IZOLACE ISOVER EPS 150
	LEPENÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY
	ŠTĚRKOVÝ PODSYP, tl 250 mm
	LEHKÉ PŘÍČKY Z KVH
	PŮVODNÍ ZEMINA

LEGENDA PRVKŮ

	O1 OKNO DŘEVĚNÉ 3000x1500 mm - NEOTEVÍRATELNÉ
	O2 OKNO DŘEVĚNÉ ATYPICKÉ 3400x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
	D1 DVEŘE DVOUKŘÍDLÉ 1600x1970 mm
	D2 DVEŘE VCHODOVÉ DVOUKŘÍDLÉ 1800x1970 mm
	D3 DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 800x1970 mm
	Z OCELOVÉ ZÁBRADLÍ VÝŠKY 1000 mm

	- ELASTEK 40 COMBI - GLASTEK 30 STICKER ULTRA - ISOVER EPS 150 - SPÁDOVÉ KLÍNY ISOVER EPS 150 - ISOVER EPS 150 - GLASTEK 40 AL MINERAL - ASFALTOVÝ PENETRAČNÍ NÁTĚR - ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA - SEPARAČNÍ FOLIE MIRELON - OSB DESKA 3 NEBO PALUBKY P + D	5 mm 3 mm 140+100 mm 20-200 mm 140+100 mm 4 mm - 80 mm 0,2 mm 18 mm
	- POLYURETANOVÝ LAK - SAMONIVELAČNÍ POLYURETANOVÁ VRSTVA - UZAVÍRACÍ POLYURETANOVÝ TMEL - ELASTICKÁ POLYURETANOVÁ PODLOŽKA - CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 230 SCREED - PE FOLIE - ISOVER EPS 200 - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL - ŽB DESKA C25/30 - HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP	- 2 mm - 8 mm 80 mm - 140 mm 2 x 4 mm 250 mm 250 mm
	- KERAMICKÁ DLAŽBA - LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX - TĚSNÍCÍ FOLIE - LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX - CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 220 SCREED - PE FOLIE - ISOVER EPS 200 - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL - ŽB DESKA C25/30 - HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP	10 mm 5 mm - 5 mm 70 mm 0,2 mm 140 mm 2 x 5 mm 250 mm 250 mm
	- VINILOVÁ PODLAHA CLICK - MIRELON - OSB DESKY TYPU 3 P + D - IZOLACE ISOVER T-P - ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA - SEPARAČNÍ FOLIE - OSB DESKY 3 NEBO PALUBKY P+D - DŘEVĚNÉ STROPNICE - (VZDUCHOVÁ MEZERA PRO INSTALACE - (PAROZÁBRANA - (SÁDROVLÁKNITÁ DESKA	10 mm 3 mm 2 x 22 mm 30 mm 80 mm - 18 mm 240 mm 150 mm -) 15 mm)



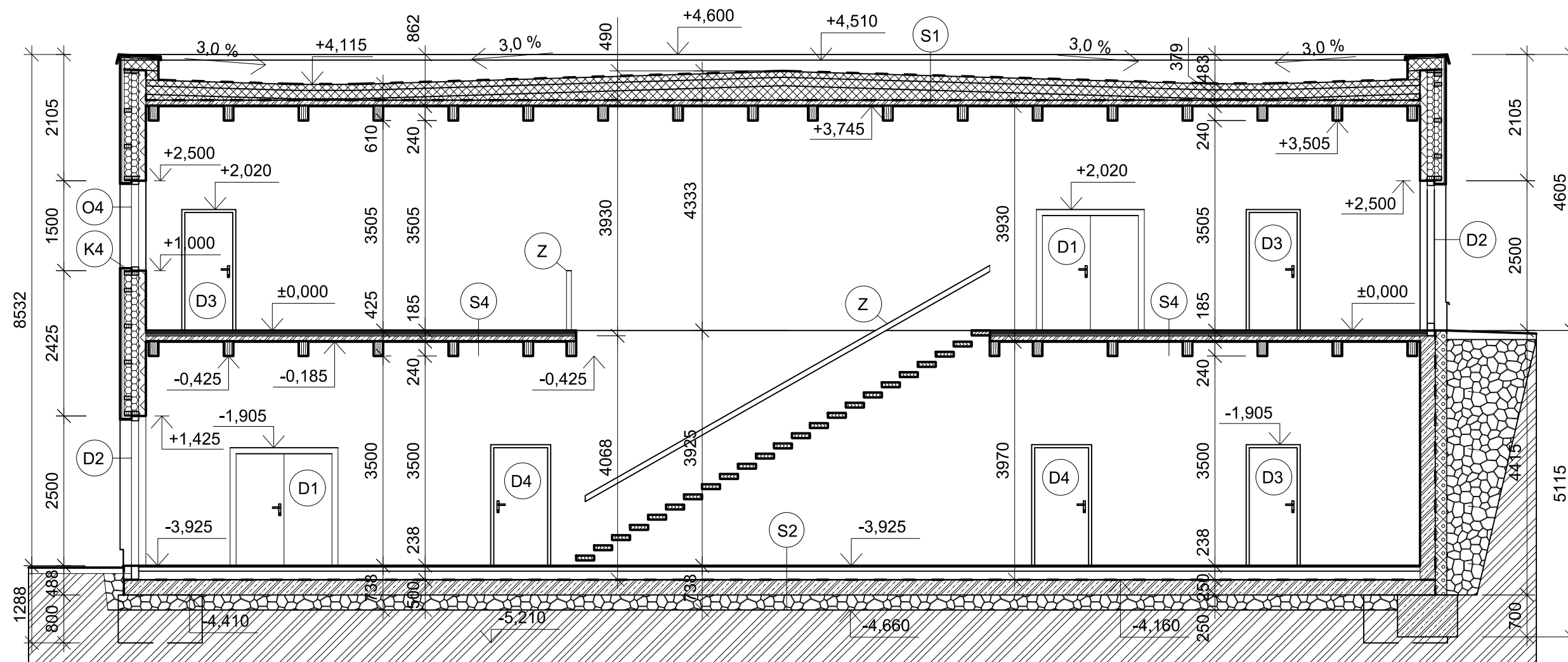
POZNÁMKY

- VÝPIS VENKOVNÍCH PARAPETŮ K1 - NENÍ SOUČÁSTÍ PRÁCE
- VÝPIS OKEN A DVEŘÍ NENÍ SOUČÁSTÍ PRÁCE
- SPECIFIKACE KERAMICKÝCH OBKLADŮ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- INSTALACE VEDENÝ PŘÍČKAMI A PODHLEDEM STROPŮ
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ (V TĚTO PRÁCI NENÍ BLÍŽE SPECIFIKOVÁNO)
- PŘÍPADNĚ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁŘADÍ NUTNO ZAKRESLIT NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

0,000=287,7 m.n.m, B.p.v./SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK	
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT A0
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM 4.5.2024
NÁZEV VÝKRESU: PODÉLNÝ REZ			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 4

ŘEZ B-B'



LEGENDA MATERIÁLŮ

	CLT PANELY
	PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA
	IZOLACE ISOVER TOPSIL MEZI DŘEVĚNÝM ROŠTEM
	ŽELEZOBETON C25/30
	IZOLACE ISOVER EPS 150
	ŠTĚRKOVÝ PODSYP, tl. 250 mm
	PŮVODNÍ ZEMINA
	IZOLACE ISOVER EPS SOKL 3000, tl. 180 mm

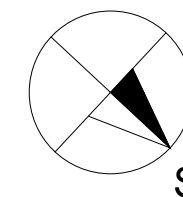
LEGENDA PRVKŮ

- (O4) OKNO DŘEVĚNÉ 2000x1500 mm - OTEVÍRATELNÉ
- (K4) VNĚJŠÍ PLECHOVÝ PARAPET
- (D1) DVEŘE DVOUKŘÍDLÉ 1600x1970 mm
- (D2) DVEŘE VCHODOVÉ DVOUKŘÍDLÉ 1800x1970 mm
- (D3) DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 800x1970 mm
- (D4) DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 900x1970 mm
- (Z) OCELOVÉ ZÁBRADLÍ VÝŠKY 1000 mm

- (S1) - ELASTEK 40 COMBI 5 mm
- GLASTEK 30 STICKER ULTRA 3 mm
- ISOVER EPS 150 140+100 mm
- SPÁDOVÉ KLÍNY ISOVER EPS 150 20-200 mm
- ISOVER EPS 150 140+100 mm
- GLASTEK 40 AL MINERAL 4 mm
- ASFALTOVÝ PENETRAČNÍ NÁTĚR -
- ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA 80 mm
- SEPARAČNÍ FOLIE MIRELON 0,2 mm
- OSB DESKA 3 NEBO PALUBKY P + D 18 mm

- (S2) - POLYURETANOVÝ LAK -
- SAMONIVELAČNÍ POLYURETANOVÁ VRSTVA 2 mm
- UZAVÍRACÍ POLYURETANOVÝ TMEL -
- ELASTICKÁ POLYURETANOVÁ PODLOŽKA 8 mm
- CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 230 SCREED 80 mm
- PE FOLIE -
- ISOVER EPS 200 140 mm
- GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL 2 x 4 mm
- ŽB DESKA C25/30 250 mm
- HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP 250 mm

- (S4) - VINILOVÁ PODLAHA CLICK 10 mm
- MIRELON 3 mm
- OSB DESKY TYPU 3 P + D 2 x 22 mm
- IZOLACE ISOVER T-P 30 mm
- ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA 80 mm
- SEPARAČNÍ FOLIE -
- OSB DESKY 3 NEBO PALUBKY P+D 18 mm
- DŘEVĚNÉ STROPNICE 240 mm



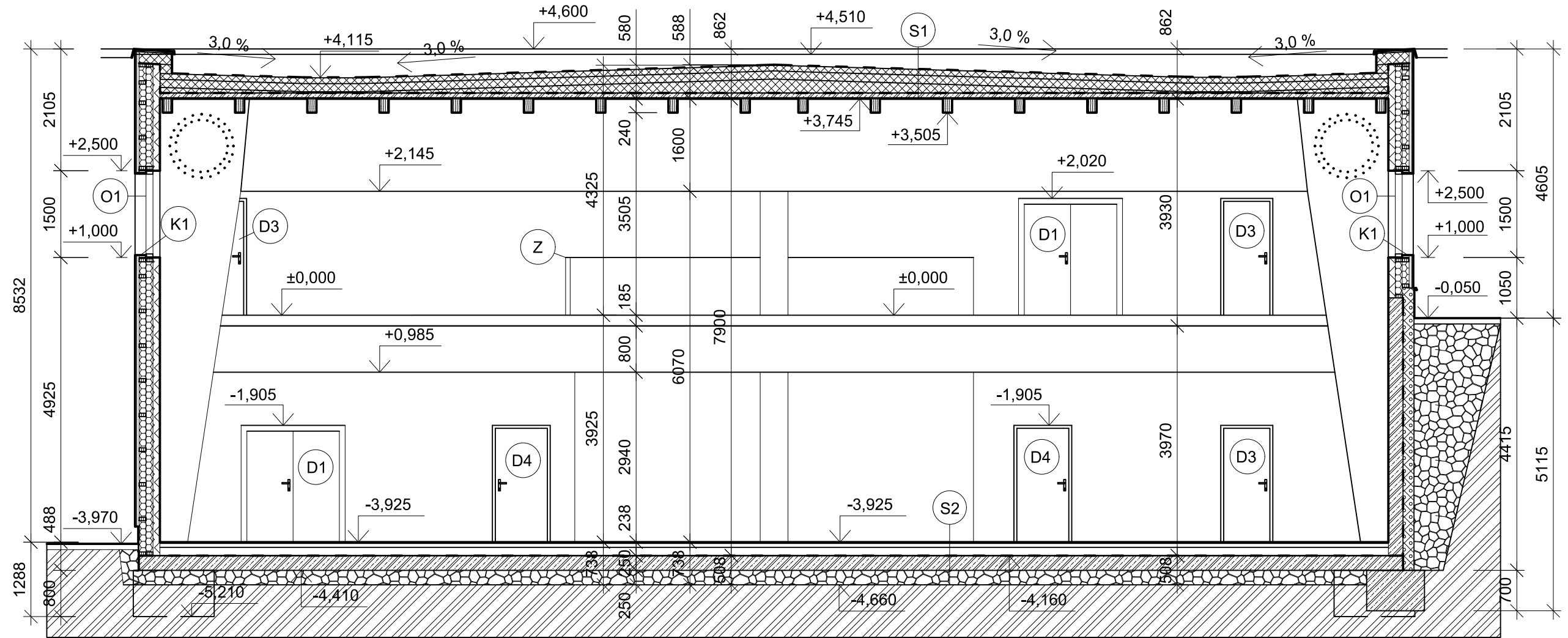
POZNÁMKY

- VÝPIS VENKOVNÍCH PARAPETŮ K1 - K6 VIZ PŘÍLOHA KLEMPÍŘSKÝCH VÝROBKŮ
- VÝPIS OKEN A DVEŘÍ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- SPECIFIKACE KERAMICKÝCH OBKLADŮ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- INSTALACE VEDENY PŘÍČKAMI A PODHLEDEM STROPŮ
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ
- PŘÍPADNÉ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁŘADÍ ZAKRESLEN NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

0,000=287,7 m.n.m, B.p.v./SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
			MĚŘÍTKO	1:75
NÁZEV VÝKRESU: PŘÍČNÝ ŘEZ B			Č. VÝKRESU	5

ŘEZ C-C'



LEGENDA MATERIÁLŮ

	CLT PANELY
	PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA
	IZOLACE ISOVER TOPSIL MEZI DŘEVĚNÝM ROŠTEM
	ŽELEZOBETON C25/30
	IZOLACE ISOVER EPS 150
	ŠTĚRKOVÝ PODSYP, tl. 250 mm
	PŮVODNÍ ZEMINA
	IZOLACE ISOVER EPS SOKL 3000, tl. 180 mm

LEGENDA PRVKŮ

O1	OKNO DŘEVĚNÉ 3000x1500 mm - NEOTEVÍRATELNÉ
K1	VNĚJŠÍ PLECHOVÝ PARAPET
D1	DVEŘE DVOUKŘÍDLÉ 1600x1970 mm
D2	DVEŘE VCHODOVÉ DVOUKŘÍDLÉ 1800x1970 mm
D3	DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 800x1970 mm
D4	DVEŘE JEDNOKŘÍDLÉ 900x1970 mm
Z	OCELOVÉ ZÁBRADLÍ VÝŠKY 1000 mm

S1	ELASTEK 40 COMBI	5 mm
	GLASTEK 30 STICKER ULTRA	3 mm
	ISOVER EPS 150	140+100 mm
	SPÁDOVÉ KLÍNY ISOVER EPS 150	20-200 mm
	ISOVER EPS 150	140+100 mm
	GLASTEK 40 AL MINERAL	4 mm
	ASFALTOVÝ PENETRAČNÍ NÁTĚR	-
	ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA	80 mm
	SEPARAČNÍ FOLIE MIRELON	0,2 mm
	OSB DESKA 3 NEBO PALUBKY P + D	18 mm
S2	POLYURETANOVÝ LAK	-
	SAMONIVELAČNÍ POLYURETANOVÁ VRSTVA	2 mm
	UZAVÍRACÍ POLYURETANOVÝ TMEL	-
	ELASTICKÁ POLYURETANOVÁ PODLOŽKA	8 mm
	CEMENTOVÝ POTĚR SIKAFLOOR 230 SCREED	80 mm
	PE FOLIE	-
	ISOVER EPS 200	140 mm
	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2 x 4 mm
	ŽB DESKA C25/30	250 mm
	HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP	250 mm

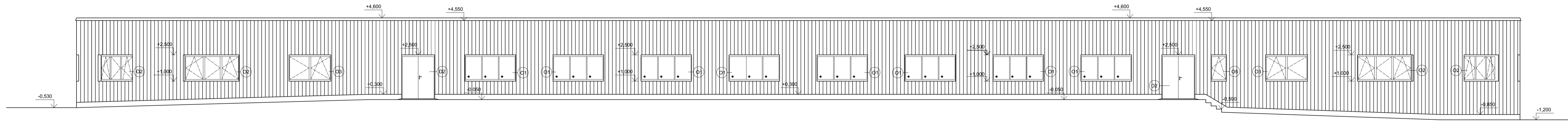
POZNÁMKY

- VÝPIS VENKOVNÍCH PARAPETŮ K1 - K6 VIZ PŘÍLOHA KLEMPÍŘSKÝCH VÝROBKŮ
- VÝPIS OKEN A DVEŘÍ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- SPECIFIKACE KERAMICKÝCH OBKLADŮ VIZ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- INSTALACE VEDENY PŘÍČKAMI A PODHLEDEM STROPŮ
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVŮVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ
- PŘÍPADNÉ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁRADÍ ZAKRESLEN NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

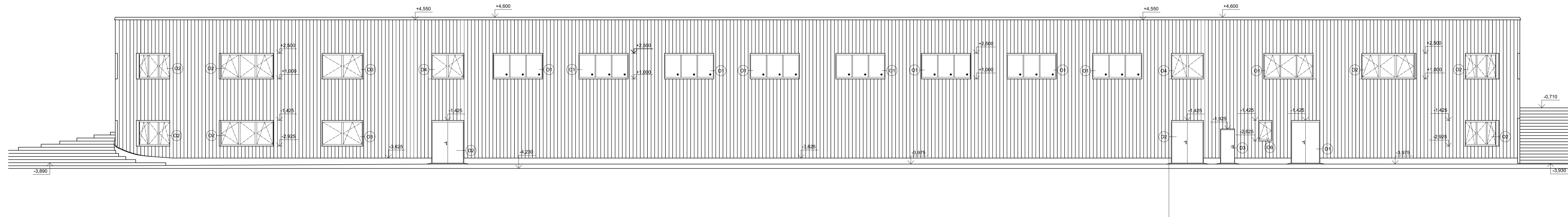
0,000=287,7 m.n.m, B.p.v./SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

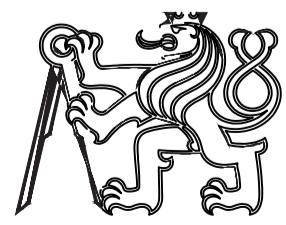
OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
NÁZEV VÝKRESU: PŘÍČNÝ ŘEZ C			MĚŘITKO	1:75
			Č. VÝKRESU	6

POHLED JIHOVÝCHODNÍ

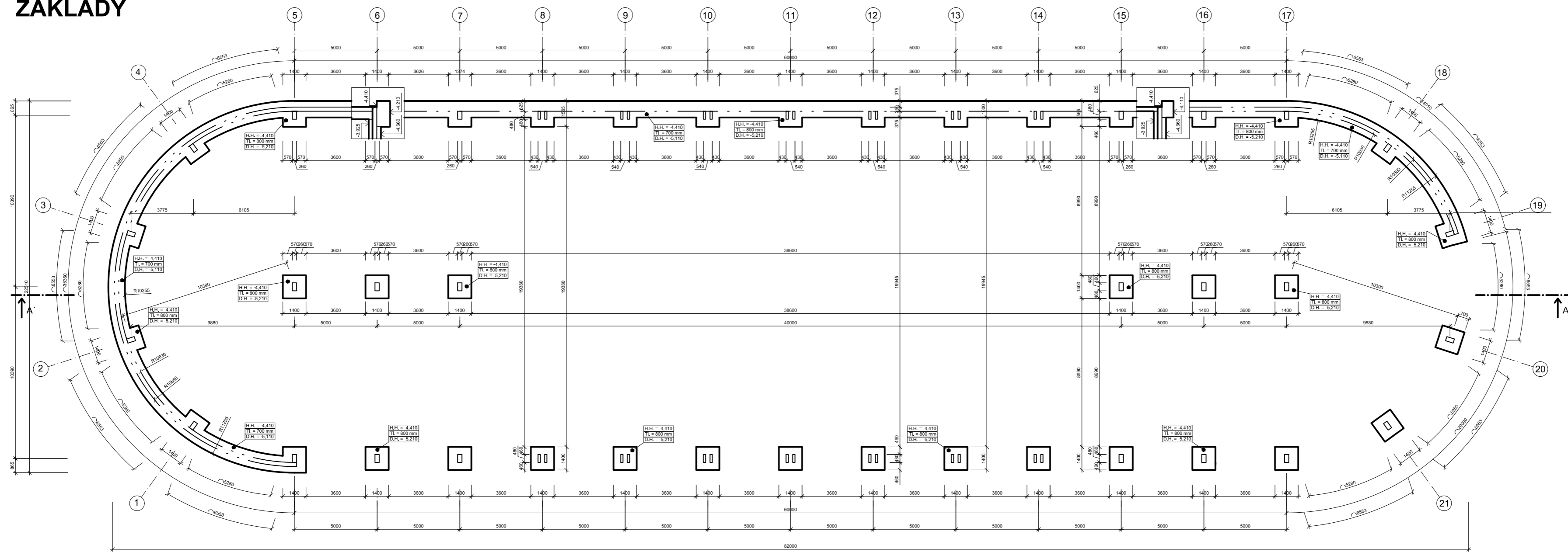


POHLED SEVEROZÁPADNÍ

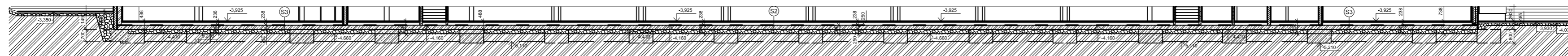


OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A1
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
NÁZEV VÝKRESU: POHLED ZE SZ A JV STRANY			MĚŘÍTKO	1:100
			Č. VÝKRESU	7

ZÁKLADY



ŘEZ A-A:



LEGENDA MATERIÁLŮ

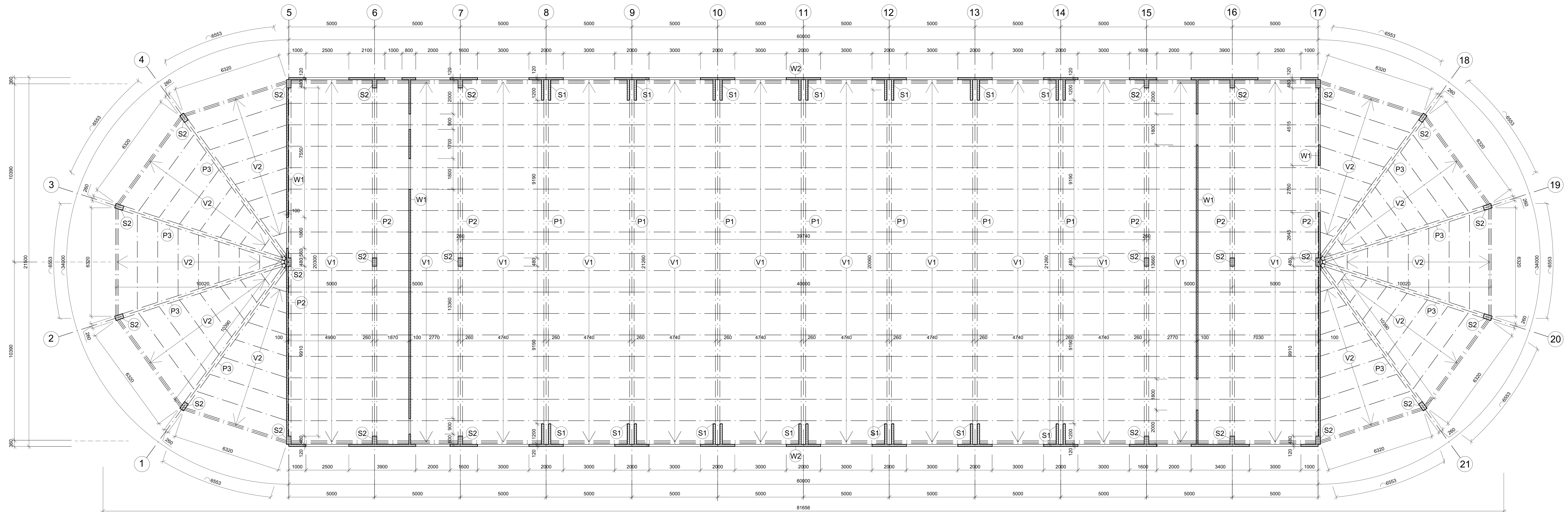
- (S2) - POLYURETANOVÝ LAK -
 - SAMONIVELAČNÍ POLYURETANOVÁ VRSTVA 2 mm
 - UZAVÍRACÍ POLYURETANOVÝ TMEL -
 - ELASTICKÁ POLYURETANOVÁ PODLOŽKA 8 mm
 - CEMENTOVÝ POTÉR SIKAFLOOR 230 SCREED 80 mm
 - PE FOLIE -
 - ISOVER EPS 200 140 mm
 - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL 2 x 4 mm
 - ŽB DESKA C25/30 250 mm
 - HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP 250 mm

- (S3) - KERAMICKÁ DLAŽBA 10 mm
 - LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX 5 mm
 - TĚSNÍCÍ FOLIE -
 - LEPIDLO SIKACERAM 253 FLEX 5 mm
 - CEMENTOVÝ POTÉR SIKAFLOOR 220 SCREED 70 mm
 - PE FOLIE 0,2 mm
 - ISOVER EPS 200 140 mm
 - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL 2 x 5 mm
 - ŽB DESKA C25/30 250 mm
 - HUTNĚNÝ ŠTĚRKOVÝ PODSYP 250 mm


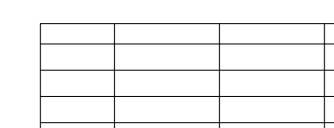
- CLT PANELY
 PRVKY Z ROSTLÉHO DŘEVA
 IZOLACE ISOVER TOPSIL MEZI DŘEVĚNÝM ROŠTEM
 ŽELEZOBETON C25/30
 IZOLACE ISOVER EPS SOKL 3000, tl. 180 mm
 LEPENÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY
 ŠTĚRKOVÝ PODSYP, tl. 250 mm + U STĚNY DRENÁŽNÍ POTRUBÍ
 LEHKÉ PŘÍČKY Z KVH
 PŮVODNÍ ZEMINA

OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A2
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.10.2023
NÁZEV VÝKRESU: VÝKRES ZÁKLADŮ			MĚŘITKO	1:200
			Č. VÝKRESU	8

PŮDORYS 1.NP



LEGENDA MATERIÁLŮ

	CLT PANELY
	PRVKY Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA

LEGENDA PRVKŮ

	PRŮVLAKY RÁMU
	SLOUPY RÁMU
	VAZNICE
	STĚNY Z CLT

P1 - PRŮVLAK RÁMU V TĚLOCVIČNĚ

MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
ROZMĚRY: 260x1600 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm

P2 - PRŮVLAK MIMO TĚLOCVIČNU A OBLOUK

MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
ROZMĚRY: 260x800 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm

P3 - PRŮVLAK RÁMU V OBLOUKOVÉ ČÁSTI

MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
ROZMĚRY: 260x680 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 0-6550 mm

S1 - SLOUPY RÁMU V TĚLOCVIČNĚ

MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
ROZMĚRY: 2x140x480-1400 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm

S2 - SLOUPY MIMO TĚLOCVIČNU

MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
ROZMĚRY: 260x480 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm

V1 - VAZNICE

MATERIÁL: ROSTLÉ DŘEVO C24
ROZMĚRY: 160x240 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 1250 mm

V2 - VAZNICE V OBLOUKOVÉ ČÁSTI

MATERIÁL: ROSTLÉ DŘEVO C24
ROZMĚRY: 160x240 mm
OSOVÁ VZDÁLENOST: 1190 mm

W1 - VNITŘNÍ CLT STĚNY

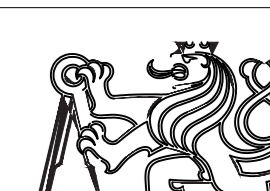
MATERIÁL: CLT PANELY
TLOUŠŤKA: 100 mm

W2 - OBVODOVÉ CLT STĚNY

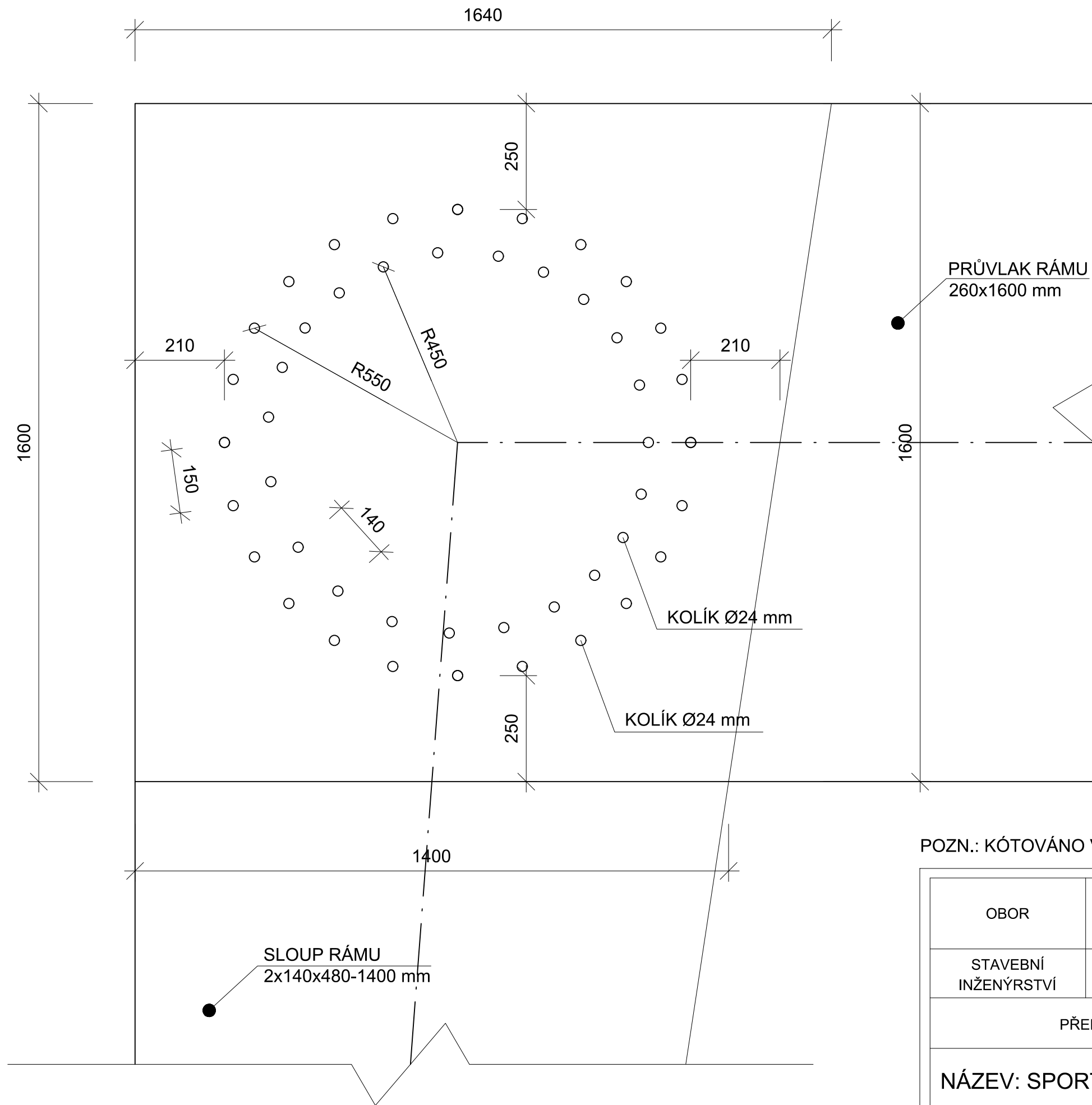
MATERIÁL: CLT PANELY
TLOUŠŤKA: 120 mm

POZNÁMKY

- KONSTRUKČNÍ PRVKY 1.PP JSOU TOTOŽNÉ S PRVKY V 1.NP (JEDINÝM ROZDÍLEM JSOU SCHODIŠTĚ, U KTERÝCH JSOU VAZNICE PŘIPOJENY NA CLT STĚNU NESOUCÍ SCHODNICE)
- PROVEDENÍ SPOJŮ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ POMOCÍ TESAŘSKÝCH SPOJŮ A SPECIÁLNÍCH KOVOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ
- PŘÍPADNÉ ZMĚNY V KONSTRUKCI NUTNO KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM A STATIKEM
- VENKOVNÍ SKLAD NÁŘADÍ ZAKRESLEN NA SPECIFICKÝCH VÝKRESECH

OBOR	VEDOUČÍ	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK	
PŘEDMĚT: BAKALÁRSKÁ PRÁCE			FORMÁT: A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DÁTUM: 4.5.2024
NÁZEV VÝKRESU: VÝKRES NOSNÝCH PRVKŮ			MĚŘÍTKO: 1:100
			Č. VÝKRESU: 9

DETAIL D1 - DETAIL RÁMOVÉHO ROHU:

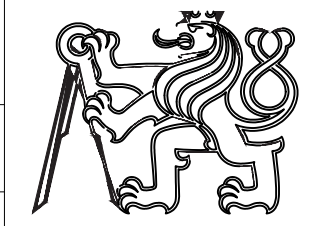


SLOUP RÁMU:
 MATERIÁL: LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
 ROZMĚRY: 2x140x480-1400 mm
 OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm

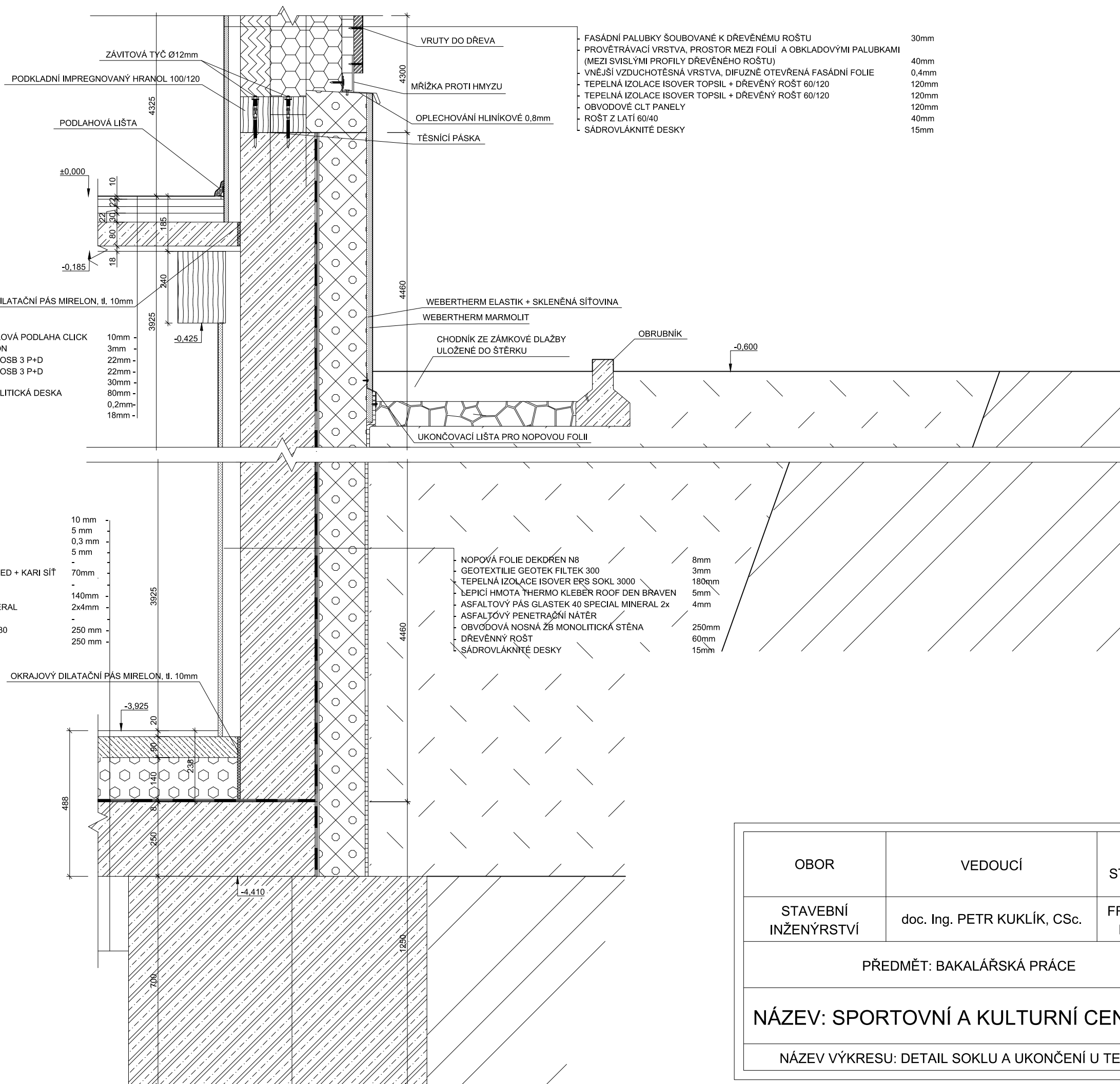
PRŮVLAK RÁMU:
 MATERIÁL : LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32c
 ROZMĚRY: 260x1600 mm
 OSOVÁ VZDÁLENOST: 5000 mm


RÁMOVÝ ROH:
 SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY: OCEL S355
 KOLÍKY Ø24 mm
 CELKEM: 28 ks VNĚJŠÍ KRUH
 22 ks VNITŘNÍ KRUH

POZN.: KÓTOVÁNO V mm, VÝŠKOVÉ KÓTY V m

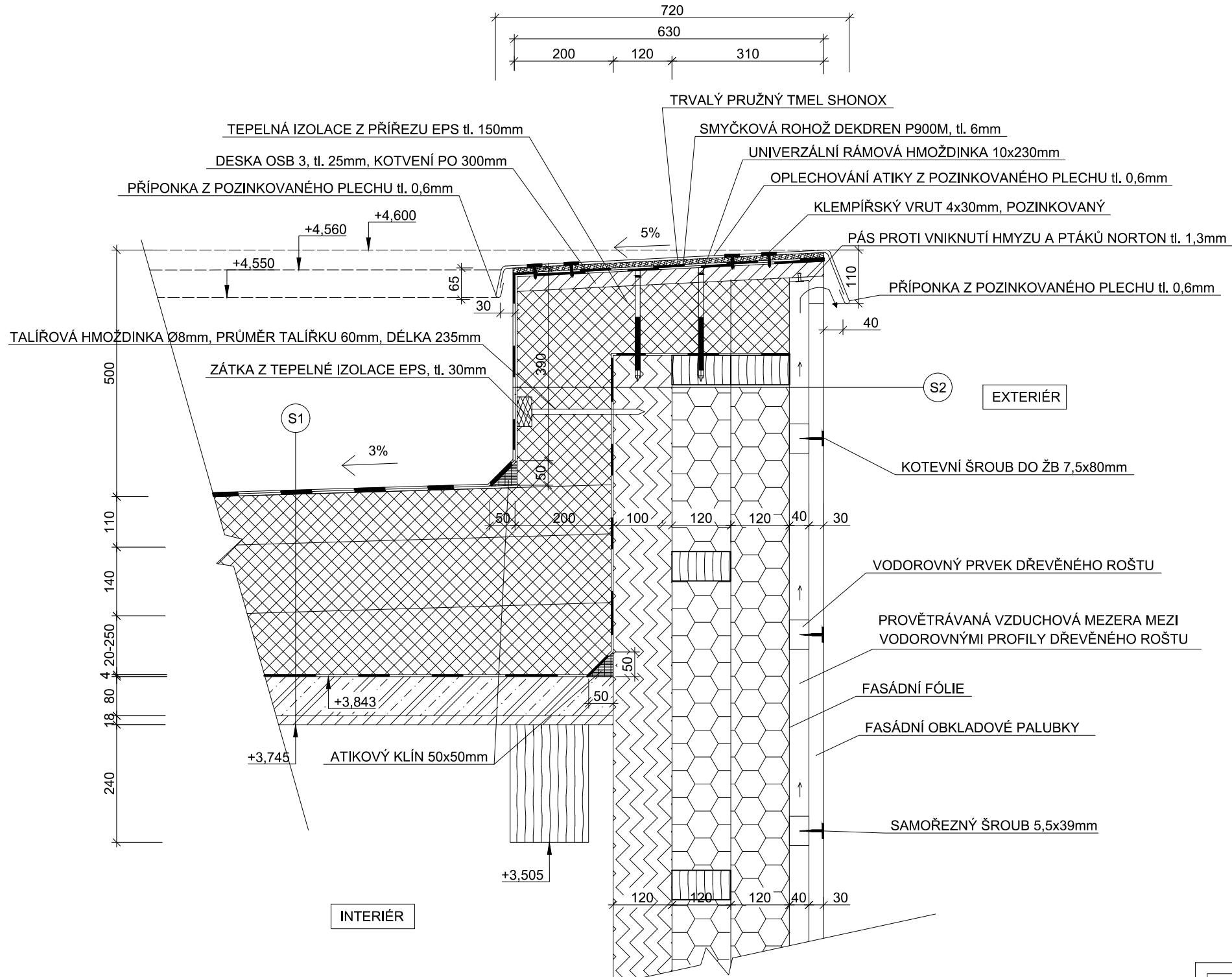
OBOR	VEDOUcí	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNí INŽENÝRSTVí	doc. Ing. PETR KUKLík, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE				
NÁZEV: SPORTOVNí A KULTURNí CENTRUM			FORMÁT	A3
			DATUM	4.5.2024
			MĚŘíTKO	1:10
NÁZEV VÝKRESU: DETAIL RÁMOVÉHO ROHU			Č. VÝKRESU	10

DETAIL 3 - SOKL + DETAIL 4 - STĚNA V KONTAKTU SE ZEMINOU



OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
			MĚŘÍTKO	1:10
NÁZEV VÝKRESU: DETAIL SOKLU A UKONČENÍ U TERÉNU			Č. VÝKRESU	11

DETAIL 5 - ATIKA PLOCHÉ STŘECHY



VÝPIS SKLADEB

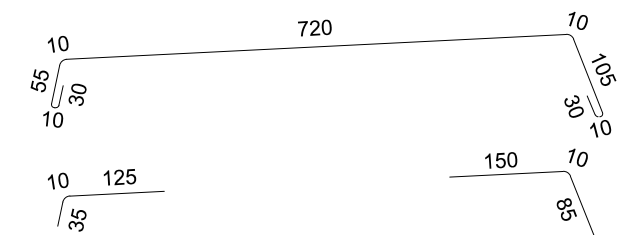
S1 STŘECHA PLOCHÁ - NEPOCHOZÍ

- ELASTEK 40 COMBI (NATAVENÁ) 5 mm
- GLASTEK 30 STICKER ULTRA (LEPENÁ) 3 mm
- ISOVER EPS 150 100 mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO -
- ISOVER EPS 150 140 mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO -
- SPÁDOVÉ KLÍNY ISOVER EPS 150 20-250 mm
- POLYURETANOVÉ LEPIDLO -
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE GLASTEK 40 AL MINERAL 4 mm
- ASFALTOVÁ PENETRACE -
- ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ DESKA 80mm
- SEPARAČNÍ FOLIE 0,2 mm
- PALUBKY P + D 18 mm

S2 ATIKA

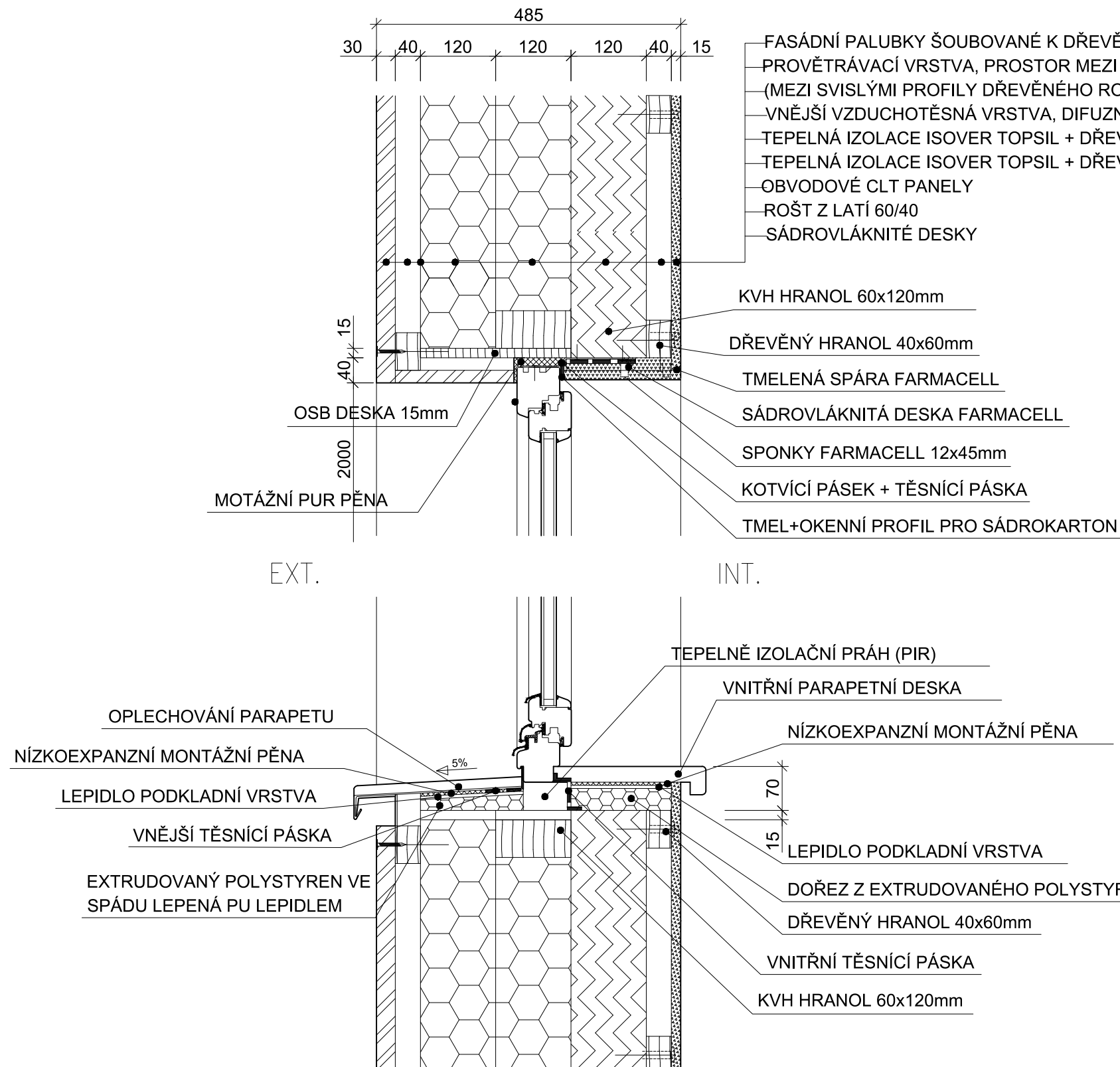
- DŘEVĚNÝ OBKLAD Z PALUBEK 30 mm
- DŘEVĚNÝ ROŠT Z LATÍ 60/40 40 mm
- FASÁDNÍ FOLIE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ 0,4 mm
- TEPELNÁ IZOLACE ISOVER TOPSIL + DŘEVĚNÝ ROŠT 120 mm
- TEPELNÁ IZOLACE ISOVER TOPSIL + DŘEVĚNÝ ROŠT 120 mm
- CLT PANELY 120 mm
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE TOPDEK AL BARRIER 4 mm
- ISOVER EPS 150 200 mm
- GLASTEK 40 STICKER ULTRA (LEPENÉ) 3 mm
- ELASTEK 40 COMBI (NATAVENÁ) 5 mm

OPLECHOVÁNÍ ATIKY



OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE				
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			FORMÁT	A3
			DATUM	4.5.2024
			MĚŘÍTKO	1:10
NÁZEV VÝKRESU: DETAIL ATIKY			Č. VÝKRESU	12

DETAIL 6 - PARAPET OKNA + DETAIL 7 - NADPRAŽÍ OKNA



OBOR	VEDOUCÍ	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc.	FRANTIŠEK HLÁSEK		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			FORMÁT	A3
NÁZEV: SPORTOVNÍ A KULTURNÍ CENTRUM			DATUM	4.5.2024
			MĚŘÍTKO	1:10
NÁZEV VÝKRESU: DETAIL PARAPETU A NADPRAŽÍ			Č. VÝKRESU	13