



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB

Víceúčelový objekt Polana
Návrh s využitím přírodních materiálů

Multifunctional building Polana
Design by use natural materials

Bakalářská práce

Petr Čanda

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Praha, květen 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce a s jejím zveřejněním.

V Praze dne 28. 7. 2017

Petr Čanda

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Růžičkovi, Ph.D. za vedení celé práce, Ing. Kamilu Staňkovi, Ph.D. za pomoc v oblasti energetického posouzení a Ing. Lukáši Blesákovi, Ph.D. za pomoc s řešením statického řešení. Děkuji také rodině a přátelům za podporu při zpracovávání této práce.

Víceúčelový objekt Polana
Návrh s využitím přírodních materiálů

Multifunctional building Polana
Design by use natural materials

Anotace:

Cílem této bakalářské práce je navrhnout tuto stavbu s použitím přírodních materiálů jako nízkoenergetického domu. Jako hlavní stavební materiály jsou zde použity dřevo, sláma, hlína a prefabrikované slaměné nosné panely Ecococon. Budova bude navržena podle materiálového, tepelně technického, a statického návrhu tak, aby splňovala optimální provoz a komfort pro uživatele této budovy. Důraz navrhování staveb je kladen na stavební detaily, správným řešením tepelně technických podmínek stavby a tedy zamezení tepelného diskomfortu v zimním a letním provozu stavby a také správným konstrukčním řešením, které je přizpůsobeno zvolenému stavebnímu systému. Dále je součástí práce zpracovaná rešerše na téma využití slámy v moderním stavebnictví.

Klíčová slova:

sláma, Ecococon, nízkoenergetické domy, dřevostavby,

Summary:

The aim of this bachelor's thesis is to design constructional solution with use of natural materials to fulfil the requirements for low-energy houses. The main building materials for this solution are timber, straw, clay and prefabricated straw panels Ecococon. Building will be designed by material, thermally-technical and construction solutions to find optimal design for required comfort of people using it. The main effort of this thesis is to find the right solution for selected details, thermally-technical design, construction design and prevention of unwanted building's heat losses in winter and thermal gains in the summer. Another part of this bachelor's thesis is research on using straw in modern civil engineering.

Keywords

straw, Ecococon, low-energy houses, wooden buildings.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čanda Jméno: Petr Osobní číslo: 424427
Zadávací katedra: K124
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Víceúčelový objekt Polana-Návrh s využitím přírodních materiálů
Název bakalářské práce anglicky: Multifunctional building Polana - Design by use natural materials

Pokyny pro vypracování:
-Rešerše na téma využití slámy v moderním stavebnictví
-Konstrukční, materiálové a technologické řešení stavby
-Stavebně energetická optimalizace
-Předběžný statický návrh
-Řešení vybraných stavebních detailů
-Koncept řešení TZB

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 2.3.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

2.3.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Využití slámy v moderním stavebnictví

Bakalářská práce: Víceúčelový objekt Polana

Část práce: Rešerše

Vypracoval: Petr Čanda

Vedoucí práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D

Obsah

Seznam zkratk a symbolů:.....	3
Úvod.....	4
Obecně o slámě	4
1 Historický kontext využívání slámy ve stavebnictví.....	5
2 Materiálové vlastnosti slámy.....	7
2.1 Tepelně-izolační vlastnosti.....	7
2.1.1 Součinitel tepelné vodivosti λ	7
2.1.2 Měrná tepelná kapacita C	8
2.2 Statická únosnost a hustota	9
2.3 Vlhkost slámy a ochrana proti vlhkosti.....	10
2.3.1 Konstrukční ochrana	11
2.3.2 Ochrana proti vlhkosti související s vlhkostním režimem při užívání stavby	11
2.4 Odolnost vůči požáru	11
2.5 Akustika	13
2.6 Biokoroze	14
3. Sláma jako stavební materiál	15
3.1 Slaměný balík.....	15
3.2 Nosný systém	15
3.3 Nosná konstrukce vyplněná slámou.....	16
3.4 Stavební systém Ecococon a jeho ekvivalenty.....	17
3.5 Ekopanely.....	18
3.6 Sláma v podlaze a ve střeše, omítky	20
4. Shrnutí:	22
Závěr:	22
Použitá literatura:	23
Monografie, příručky:	23
Internetové zdroje:	24

Seznam zkratek a symbolů:

ESBA- European Straw Building Association

OSB- Oriented Strand Board

LOP- Lehký obvodový plášť

PUR- Polyuretan

ETICS-Vnější kontaktní zateplovací systém, mezinárodně označovaný zkratkou ETICS
(external thermal insulation composite system)

Úvod

Před vlastním zpracováním projektu Polana je zpracována rešerše s tématem využití slámy v moderním stavebnictví. Tato rešerše si klade za cíl stručně a srozumitelně podat informaci o historii, vlastnostech a využití slámy ve stavebnictví. Protože sláma je v dnešním stavebnictví méně využívanou surovinou, tato rešerše chce shrnout nejdůležitější poznatky o tomto stavebním materiálu a představit nejpoužívanější způsoby jeho využití ve stavební konstrukci. Důležitý význam mají i specifické vlastnosti materiálu pro zabudování do konstrukce či podmínky, ve kterých se sláma ve stavebním odvětví používá.

Zvláštní pozornost v této rešerši bude věnována stavebnímu systému Ecococon, který tvoří hlavní stavební systém budovy zpracovávané v rámci této bakalářské práce. Budou zde popsány jeho hlavní technické parametry, materiálové vlastnosti a použití ve stavebnictví.

Obecně o slámě

Sláma je druhotným produktem zemědělské rostlinné výroby. Většinou se z pole sklízí ve formě balíků nebo řezanky. Získává se z rozdílných druhů plodin, její vlastnosti jsou v závislosti na tomto faktu odlišné. Největší podíl její produkce představuje sláma z pšenice, ječmene a ovsa (12). V zemědělství se sláma nejčastěji využívá pro podestýlání zvířat, jako krmivo, dále pro zplynování v bioplynových stanicích nebo se zaorává znovu do půdy, která se tak zúrodnuje. Díky velké zemědělské produkci vzniká určitá nadprodukce slámy, která se v zemědělství nespotřebuje. V kontextu České republiky se jedná až o 30 % produkce (Márton 2010, Chybík 2009). Díky tomu se ze slámy stává poměrně levná, snadno dostupná a zpracovatelná komodita, která umožňuje využití v jiných odvětvích lidské činnosti.

Ve stavebnictví se sláma nejvíce uplatňuje jako tepelně izolační materiál, dále částečně jako nosný konstrukční systém. Používá se jak v neupravené formě jednotlivých stébel, tak ve formě balíků a čím dál častěji je součástí prefabrikovaných a certifikovaných stavebních systémů, ve kterých tvoří větší či menší podíl.

Sláma se hojně využívá rovněž v energetickém odvětví. Díky své značné výhřevnosti a provzdušněné struktuře dosahuje vysokých tepelných výkonů; využívá se proto nejčastěji k vytápění objektů větších objemů, jako jsou administrativní budovy, průmyslové haly a malé teplárny. Nevýhodou je značná investice do kotlů a příslušenství, kde při spalování dochází k uvolňování druhotných látek a také je zde použit systém druhotného spalování, pro dodržení povolených limitů emisí CO₂ (13). Dnes už můžeme najít i zdroje tepla pro rodinné domy a menší provozy a to pro spalování slaměných pelet či meších balíků.

Z hlediska ekologie a využívání místních zdrojů je sláma ideální materiál. Její dobrá dostupnost a nízká cena umožňuje zpracování v místě, kde byla vyrobena. Je to přírodní obnovitelný materiál, který při správném zpracování může výrazně přispět ke snížení uhlíkové stopy (sláma díky fotosyntéze přijímá do své organické hmoty CO₂) a produkce skleníkových plynů a díky minimálnímu zpracování má velmi malou energetickou náročnost na výrobu. Jako přírodní materiál je sláma zdravotně nezávadná. Značnou nevýhodou je ovlivnění její kvality okolními podmínkami (např. vlhkostí) a závislost na produkci v zemědělském průmyslu.

1 Historický kontext využívání slámy ve stavebnictví

Jako stavební materiál se sláma využívá odedávna. Byla nedílnou součástí lidové architektury, společně s ostatními přírodními materiály jako je dřevo, hlína, rákos a konopí. Tvořila jednu z podstatných složek při výrobě hliněných omítek či vymazávek, dále sloužila jako plnivo u cihel z nepálené hlíny (tzv. vepřovic) a také jako střešní krytina pro hospodářské i obytné stavby (tzv. došky). U historických staveb se sláma skladovala v podkrovních prostorech, kde působila jako tepelně izolační materiál a chránila např. ustájený skot před únikem tepla stropem. Tato vrstva se postupně snižovala (sláma a seno se zpracovávaly pro zvířata), což odpovídalo snižující se potřebě izolovat strop s blížícím se příchodem jara (Márton 2010)

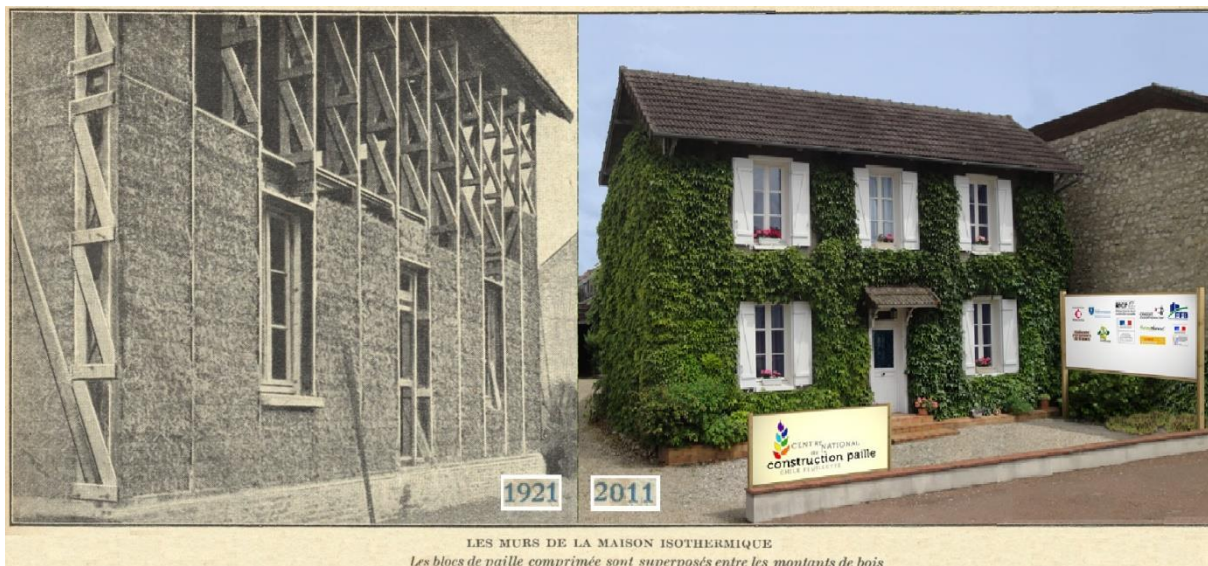
První velký nárůst použití tohoto materiálu pro stavební účely je spojen s vynálezem balíkovacího stroje v zemích, na jejichž území se nenacházelo mnoho lesů, zato však vynikaly velkou produkcí obilovin. Mezi tyto země patřila v USA Nebraska a v Evropě Ukrajina. Jednou z nejstarších staveb, kde byla sláma použita jako většinový stavební materiál, byla jednotřídní škola blízko Bayardu v Nebrasce (Márton 2010). Tato stavba byla tvořena pouze balíky slámy bez dřevěné nosné konstrukce. Díky balíkovacímu stroji nahradily balíky slámy cihly, ať už pálené nebo nepálené, staly se jejich velkoformátovým ekvivalentem. Stavění se provádělo na vazbu, stejně jako u cihel a díky velkému rozměru a nízkým nákladů si toto stavění získalo kredit pro stavění nenáročných staveb. Zajímavou stavbou z doby konce 19. století a začátku 20. století je kostel Pilgrim Holliness Church (obr. č. 1), postavený v roce 1928 v Arthuru v USA jako stavba se samonosnými stěnami ze slaměných balíků (Minke 2009). Přejedem mezi stavbami, kde je sláma využita jako nosný materiál (Nebraska styl), a systémy, v nichž sláma plní funkci tepelně-izolačního materiálu doplněného do dřevěné nosné konstrukce, je Burritův dům v Alabamě (Mártón 2010).

Evropský kontext staveb, v nichž je sláma využita jako stavební materiál, začala utvářet Francie. Jistý pan Feuillet si v letech 1920 až 1921 v Montargisu nedaleko Paříže nechal postavit dvoupodlažní slaměnou budovu (obr. č. 2). Jednalo se o dřevěný nosný systém tvořený příhradovými nosníky, které byly vyplněny slaměnými balíky. Tento způsob stavění reagoval na nedostatek peněz a stavebního materiálu, zapříčiněný nedávno skončenou první světovou válkou (Márton 2010). Slaměné domy se vyskytly i v souvislosti s jinými krizemi a katastrofami. Na území bývalého SSSR, dnešního Běloruska, vzniklo celé sídliště, sestávající asi z 200 domů, které byly určeny pro utečence z oblastí zasažených radiací po výbuchu v atomové elektrárně Černobyl (Minke 2009). I dnes se sláma využívá tam, kde je nedostatek prostředků na poskytnutí nezbytného přístřeší a zajištění základních potřeb: v zemích jako je Čína a Indie či v afrických zemích.

Zvětšující se zájem o využití slámy ve stavebnictví se datuje od konce 20. století. Díky uvolnění komunistického režimu ve východní a střední Evropě a poté i globálnímu propojení internetem se sláma začala využívat daleko hojněji. Vznikly různé organizace, které si kladou za cíl větší popularizaci tohoto materiálu. Za zmínku stojí alespoň ESBA (European Straw Building Association) (14). V kontextu moderního stavitelství zmíním stavbu S-House (15) (obr. č. 3), která světu ukázala, že sláma se dá využít nejen pro svépomocné stavění, ale i pro sofistikované a konvenčně přijímané projekty. Sláma má tedy stavebníkům i nadále co nabídnout.



Obr. č. 1: kostel Pilgrim Holliness Church (16)



Obr. č. 2: Feuillette House (17)



Obr. č. 3: S-House (18)

2 Materiálové vlastnosti slámy

V této kapitole se budeme věnovat slámě z hlediska jednotlivých materiálových charakteristik a jejich využití ve stavebnictví.

2.1 Tepelně-izolační vlastnosti

Hlavním aspektem využití slámy ve stavebnictví a ve stavební konstrukci je její použití jako izolantu. Sláma má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Tepelně izolační vlastnosti jsou zde charakterizovány těmito základními veličinami:

- Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
- Měrná tepelná kapacita c [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Sláma je přírodní anizotropní materiál, proto jsou její vlastnosti dány s určitou odchylkou, závisející na okrajových podmínkách. Tepelně izolační schopnost obecně závisí na orientaci stébel, vlhkosti a objemové hmotnosti. Organická hmota stěn poměrně dobře izoluje, ale nejlépe izoluje vzduchová vrstva, která je neprodyšně uzavřena. Tato vrstva vzduchu se nachází v jejím buněčném uspořádání a tvoří nejlepší část tepelně izolační vlastnosti materiálu. Vzduch se nachází také v trubicích uprostřed, tam však není neprodyšně uzavřen a izolační schopnost je závislá na proudění vzduchu (na konvekci), který díky většímu pohybu částic snižuje tepelně izolační schopnost slámy. Pro upřesnění jsou zde uvedeny faktory ovlivňující tyto vlastnosti:

- Orientace stébel: Propustnost tepla závisí na tom, zda je tepelný tok vzhledem ke stéblům slámy kolmý nebo rovnoběžný. Pokud je tepelný tok orientován kolmo na stébla, hodnota tepelné vodivosti je nižší, protože konvekce zde nemá takový vliv jako v případě tepelného toku rovnoběžného se stébly.
- Vlhkost. Jako u každého izolantu i zde platí, že čím větší má materiál vlhkost, tím je jeho tepelná vodivost větší. Voda má podstatně větší tepelnou vodivost materiálu než vzduch či suchý materiál, s rostoucí vlhkostí se proto izolant stává méně účinným.
- Objemová hmotnost. Kritérium objemové hmotnosti je komplikovanější než předchozí dvě kritéria. Platí, že pokud je objemová hmotnost nižší, to znamená sláma je méně stlačena, vzniká větší prostor pro vzduch mezi stébly a tím i větší izolační schopnost daná jeho procentuálním zastoupením. V tomto případě je však tepelná vodivost více závislá na proudění vzduchu. Pokud je naopak sláma více slisovaná, není zde velký prostor pro podíl vzduchu a sláma tolik neizoluje (Márton 2010).

2.1.1 Součinitel tepelné vodivosti λ

Tento ukazatel udává potřebné množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád. Zjednodušeně lze říct, že čím je tepelná vodivost vyšší, tím je schopnost materiálu vést teplo větší a izolovat menší.

Hodnoty součinitele prostupu tepla slaměných materiálů jsou v odborné literatuře uvedeny s poměrně značným rozdílem. Jak už bylo řečeno výše, tepelná vodivost materiálu je závislá na více faktorech, které se v závislosti na geografických podmínkách lokality, výrobní kvalitě produkované slámy a stavební kázni na staveništi mohou značně lišit. Vždy závisí na odpovědném návrhu projektanta, který zhodnocením okrajových podmínek a způsobem

zabudování slámy do objektu (slaměné balíky, zhutnění, spolupůsobení s ostatními materiály) určí hodnotu tepelné vodivosti. Proto se většinou udává určitý rozptyl tohoto součinitele, který je většinou pouhým doporučením.

V kontextu podmínek České republiky uvedu pouze některé relevantní zdroje. Daniel Grmela, který se v tuzemsku zabývá využitím slámy ve stavebnictví, publikoval v roce 2010 disertační práci, která měla za cíl provést odborné měření součinitele tepelné vodivosti (Grmela 2008). Dalším zdrojem je Německý závazný předpis pro tepelně technické posuzování konstrukcí z balíků slámy (19), který v knize Stavby ze slaměných balíků doporučuje Jan Márton (2010). Posledním zdrojem je výzkum v programu MPO EFEKT J. Růžička a kolektivu (2011), kde byl součinitel prostupu tepla experimentálně ověřen. Výsledky jsou porovnány v tabulce 1

Tabulka 1: Porovnání součinitele prostupu tepla λ (zdroje: Grmela 2008, (19), Růžička a kol. 2011)

Měření	Tepelný tok závislý na pozici stébel	Součinitel prostupu tepla λ [W. m-1. K-1]
Grmela D.	Kolmo	0,051-0,052
	Rovnoběžně	0,063
Německý závazný předpis	Kolmo	0,052
	Rovnoběžně	0,08
Růžička J. a kolektiv	Smíšený	0,0661

2.1.2 Měrná tepelná kapacita C

Tepelná kapacita je teplo, které musíme látce dodat, aby se její teplota zvýšila o 1 °C nebo o 1 K. Tato veličina nám tedy říká, kolik tepla musíme dodat, resp. vzít materiálu, aby zvýšil, resp. snížil svou teplotu. Závisí hlavně na hmotnosti konstrukce. Nejčastěji se jako tepelná kapacita slámy udává hodnota $c=2000$ J/kgK.

Tepelná kapacita úzce souvisí se schopností materiálu akumulovat teplo. Platí, že čím menší je hmotnost konstrukce, tím menší je schopnost akumulovat teplo. Materiál se stává teplotně nestabilnějším, čím menší je jeho schopnost akumulovat teplo. Tento problém se v současnosti vyskytuje právě u lehkých dřevostaveb a také u staveb s použitím slámy. Sláma má sice menší tepelnou kapacitu než dřevo, ale zároveň větší tepelnou kapacitu než ostatní těžší materiály jako je hlína, cihly nebo beton (viz srovnání v tabulce 2).

Tabulka 2: Srovnání Měrných tepelných kapacit materiálů (35)

Měrná tepelná kapacita					
Materiál	Cihla	Hlína	Beton	Sláma	Dřevo
c [Jkg-1K-1]	980	1000	1020	2000	2500

Do konstrukcí se slámou je nutné přidat hmotu, a to ve formě např. hliněných omítek nebo nepálených hliněných cihel. Toto opatření zajistí větší hmotnost konstrukce a tím lepší akumulaci. Sláma má sice větší tepelnou kapacitu, ale velmi nízkou hmotnost. Přidáním hmoty lze zajistit větší tepelnou stabilitu, odstranit letní přehřívání a zajistit potřebný tepelný komfort na delší dobu. Pro hliněné omítky se udává minimální tloušťka 60 mm (Chybík 2009) či 30–50 mm (Márton 2010).

Pro určení akumulční schopnosti materiálu se využívá tepelná jímavost materiálu b [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], která je součinem tepelné vodivosti, objemové hmotnosti a měrné tepelné kapacity. Vyjadřuje schopnost materiálu přijímat nebo vydávat teplo.

2.2 Statická únosnost a hustota

Hledisko únosnosti je nutno řešit především v souvislosti se systémy, v nichž jsou použity nosné slaměné balíky. Únosnost slaměných balíků závisí na jejich rozměrech a také na objemové hmotnosti-jejich slisování a kvalitě provedení. Nosné systémy ze slámy známe od začátku stavění ze slámy a i dnes se toto řešení používá v současné stavební praxi. Důraz je kladen na roznesení zatížení po délce stěny, ať už pomocí věncového roštu nebo pomocí jiných roznášecích ploch. Účelem je dostat zatížení přímo do základů, bez užití opěrné konstrukce. Podle Chybíka (2009) platí, že nosnou stěnu o tloušťce 500 mm, která přenáší zatížení od střechy, lze postavit do výšky 3 m. Minke (2009) uvádí, že vertikální zatížení na stěny může být cca 0,02 MPa, pokud jsou stěny zajištěny proti vyboulení, tak ještě více. Podle výzkumu Vysoké školy technické v Churu (20) je únosnost slaměných balíků 15 t/m^2 . Zajímavým postřehem je únosnost velkých Jumbo balíků. Architekt Werner Schmidt ve spolupráci s inženýrem Peterem Braunem navrhl a prokázal únosnost dvoupodlažního domu, který měl být postaven ve Firli v Itálii (obr. č. 4). P. Braun navrhl, že konstrukce daného typu by měla vydržet zatížení až 40 kN/m. Po dokončení domu (včetně omítnutí) se ukázalo, že zatížení bylo až 42 kN/m. Proto Braun došel k závěru, že sláma, která by podle jeho mínění sama takové zatížení bez velkých objemových změn neunesla, spolupůsobí s omítkou a tím se zvyšuje únosnost celé slámohliněné stěny (20).

Velký vliv na únosnost slaměných stěn má hustota balíků. Čím vyšší hustoty se dosáhne, tím vyšší je předpokládaná únosnost. Balíky se při zatížení stlačují, míra stlačení ovlivňuje celkový vzhled a stav stěn stavby. Stejně jako u dřevěných masivních konstrukcí tedy dochází k určitému zmenšení stěn. Míra stlačení je 1–10 %, proces stlačování trvá 5–8 týdnů. Poté se stěny mohou začít omítat (Chybík 2009). Deformace působí elasticky, balíky slámy tak pod odtažením znovu získají své původní rozměry. Pro zajištění pevnosti stěn je nutno zamezit vybočení slaměných balíků pod vlivem zatížení. Lze toho dosáhnout použitím upínacích pásů či roznášecích ploch spojených ocelovými lany (Minke 2009). Více informací o stavbách z nosné slámy je v příslušné kapitole 3.2.



Obr. č. 4: House at Firli (20)

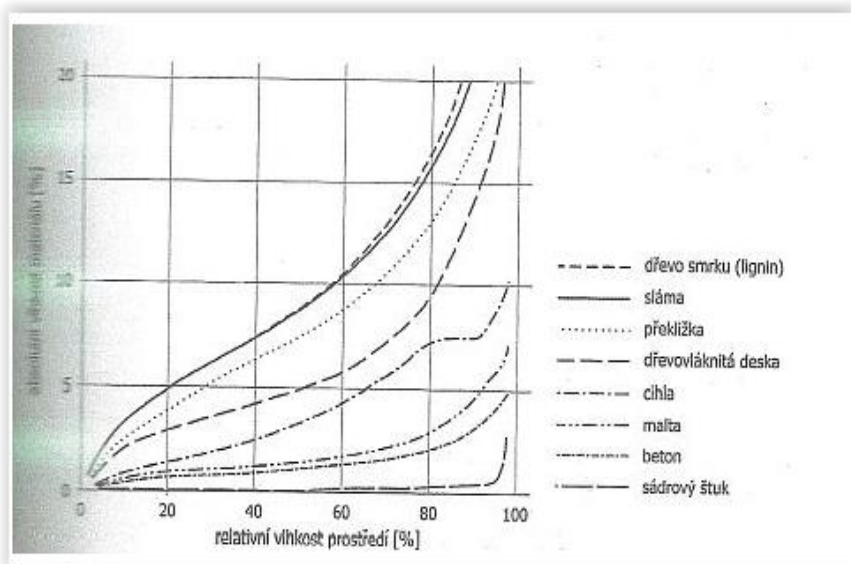
2.3 Vlhkost slámy a ochrana proti vlhkosti

Vlhkost působí problémy téměř každému materiálu. Zvětšená vlhkost zapříčiňuje horší materiálové vlastnosti (zejména vlastnosti tepelně izolační), vytváří podmínky po působení plísní a dalších biokorozních činitelů a přispívá ke snížení životnosti stavebního materiálu.

Kromě obvyklých parametrů absolutní a relativní vlhkosti je nejdůležitějším parametrem materiálu pro sledování stavu vlhkosti v konstrukci a zamezení kondenzace vodní páry faktor difuzního odporu μ [-]. Tato veličina vyjadřuje, kolikrát je daný stavební materiál propustnější (nebo méně propustný) pro vodní páru než vzduchová vrstva. V případě slámy je hodnota této veličiny značně závislá na zpracování slámy do stavebního výrobku, např. pro slaměné balíky se uvádí $\mu=2$ (Chybík 2009), kdežto pro lisované desky Ekopanel, kde sláma tvoří většinové zastoupení materiálu ve výrobku, se udává $\mu= 9,7$ (33). Můžeme tedy říci, že vrstva slámy u stěny ze slaměných balíků vede vodní páru difuzí 2x hůře, než by tomu bylo u vzduchové vrstvy.

Vliv vlhkosti posuzujeme jak při stavbě konstrukce, tak při jejím následném užívání. Je nevhodné zabudovávat slámu s vyšší vlhkostí, než je předpokládaná vlhkost, která bude působit na konstrukci během svého používání. Pokud má sláma větší vlhkost, necháme ji dosušit a až poté ji použijeme. Během užívání stavby se ve stavebním materiálu nachází tzv. rovnovážná vlhkost. Tato vlhkost je kapilárně vázaná v buňkách slámy a závisí na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu. Pokud relativní vlhkost stoupne, materiál na to zareaguje a začne vázat vlhkost z okolního prostředí. Tento proces nazýváme sorbce, chování stavebních materiálů v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu se udává na tzv. sorbčních izotermách. Porovnání vlhkosti slámy a jiných stavebních materiálů najdeme na obr. č. 5.

Vlhkost slámy se dá přesně stanovit pouze v laboratorních podmínkách. Jelikož sláma je materiál nehomogenní, lze její vlhkost mimo laboratoř určit pouze s určitou chybou. Nejčastěji se používá tzv. hygrometrická metoda (Minke 2009), která je založena na rovnovážné vlhkosti. Uvnitř balíku se pomocí sondy určí relativní vlhkost vzduch, která by se měla ustálit na určité hodnotě.



Obr. č. 5 (Martón 2010), strana 39.

Poté se ze sorbční izotermy může odečíst procentuální vlhkost slámy.

Z výše uvedeného vyplývá, že slaměnou stavbu – stejně jako každou jinou stavbu – musíme chránit proti nadměrné vlhkosti.

Rozlišujeme dvojí ochranu proti vlhkosti:

2.3.1 Konstrukční ochrana

Prvky konstrukční ochrany mají za cíl ochránit stavbu před povětrnostními vlivy, deštěm a sněhem. Patří k nim především dostatečný přesah střechy a správná povrchová úprava exteriérových ploch konstrukcí (fasádní omítky, dřevěné či jiné obklady, klempířské práce apod.). Stěnové konstrukce je vhodné zakládat nejméně 300 mm nad terénem. Dále lze zvolit vhodnou omítku, která je pro difuzně otevřené konstrukce většinou vápenná, nebo lze konstrukci opláštit například dřevěným obkladem a provětrávanou vzduchovou mezerou.

2.3.2 Ochrana proti vlhkosti související s vlhkostním režimem při užívání stavby

V žádném případě by nemělo docházet ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, ať už ve stěně, stropu nebo v podlaze, která nejde odvětrat. Kondenzace vzniká vlivem difuze, která umožňuje přejítí vodní páry z prostředí s její vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací. Ke kondenzaci v konstrukci dochází zejména za studeného počasí, kdy je v exteriéru nižší teplota než v interiéru. Vodní pára přirozeně proudí z interiéru do exteriéru. Pokud přitom narazí na prostředí, které je dostatečně studené na to, aby se vzduch zcela nasýtil na stoprocentní vzdušnou vlhkost, dochází k její kondenzaci – z plynného skupenství se změní na kapalné. Pokud se toto místo nachází uvnitř skladby konstrukce, označuje se jako rosný bod. Vzdušná vlhkost v konstrukci většinou kondenzuje, a pokud se v letních měsících odpaří, je tato bilance vodních par přípustná. Avšak čím více se zde vlhkost drží, tím je konstrukce náchylnější na degradaci vnějšími vlivy. Pro dobrý odvod vody z konstrukce navrhujeme skladby difuzně otevřené, tj. takové, které umožňují vodní páře dobře prostupovat konstrukcí. Pomocí zvolených difuzních odporů jednotlivých skladeb lze upravit difuzní působení vodní páry. Platí pravidlo, že směrem od interiéru do exteriéru by měl difuzní odpor klesat, tj. jedna z prvních vrstev v interiéru by měla být co nejméně propustná pro vodní páru. Skladby konstrukcí směřující do exteriéru mají mít stále menší difuzní odpor až k vnější straně konstrukce. Přístupu vodní páry do konstrukce lze zabránit použitím parobrzdy, například OSB desky na straně interiéru. Správné je také použití venkovní omítky s co nejmenším difuzním odporem. Malý difuzní odpor mají obecně omítky s velkými póry a otevřeným pórovým systémem, např. omítky vápenné.

2.4 Odolnost vůči požáru

Jak už bylo uvedeno výše, sláma je materiál se značnou výhřevností. Jde tedy o materiál hořlavý. Hořlavost slámy lze ovšem snížit: pokud jsou jednotlivá stébla dobře utěsněna či slisována, procento vzduchu se sníží a sláma je tak odolnější vůči ohni. Ještě lepší řešení představují slaměné konstrukce, které jsou omítnuté nehořlavými materiály (hliněné, cementové nebo vápenné omítky). Tam je jak přístup vzduchu, tak schopnost hoření daného více potlačena a tyto konstrukce jsou tedy lépe odolné vůči požáru. Požární zkoušky na konstrukce tvořené slámou byly provedeny na více místech po celém světě.

Zde se budu věnovat tuzemské zkoušce v rámci projektu MPO EFECT, který vedl ing. Jan Růžička, Ph.D. (Růžička a kolektiv 2011).

Dle metodiky požárních norem v ČR se požární odolnost konstrukcí určuje v závislosti na stupni požární bezpečnosti, který je klasifikován označeními I až VII (SPB). Pro tyto konstrukce

se určuje požadovaná požární odolnost v minutách (PO). Cílem požárních zkoušek je zjistit dobu, za kterou si konstrukce udrží požadované vlastnosti stanovené normou. Doba v minutách se počítá ve stupnici 15, 30, 60, 90, 120... Pro dosažení tohoto označení se počítá přesný čas, který překročí požadovanou dobu požární odolnosti. Např. pokud zkoušená stěna vydrží 93 minut, hodnota požární odolnosti je 90 minut. Požární odolnost se měří v laboratoři na vzorcích stěn 3x3 m v laboratorních podmínkách. Takto se simuluje určitý požární scénář, který je určený pro danou konstrukci, tj. požár vnitřní nebo požár vnější. Do výsledné požární odolnosti se nepromítá jen doba v minutách, určuje se rovněž mezní stav požární odolnosti (R, E, I, W) a také druh konstrukce podle normy v závislosti na její hořlavosti (DP1, DP2, DP3) (Pokorný 2014).

Z uvedeného experimentu vyplynulo, že sláma ve stavební konstrukci odolává ohni hlavně v závislosti na ostatních stavebních materiálech. Bylo sestaveno celkem 7 zkušebních skladeb a 4 zkušební stěny. Přehled skladeb konstrukcí a podrobný postup laboratorních měření je popsán v závěrečné zprávě dokumentu nazvaného „Vybrané vlastnosti přírodních a dalších stavebních materiálů, stavebních prvků a budov“ (Růžička a kolektiv 2011) a dále z části také na (22). V rámci této práce budou pouze shrnuty závěry z těchto zkoušek, viz tabulka 3.

Krátká charakteristika jednotlivých skladeb zkušebních stěn:

Zkušební stěna 1: LOP na bázi dřeva systému 2x4 s izolací z foukané celulózy, resp. dřevní hmoty.

Zkušební stěna 2: LOP s dřevěnými I-nosníky a izolací z foukané celulózy, resp. dřevní hmoty.

Zkušební stěna 3: Nosná a tepelně izolační obvodová stěna ze slaměných balíků.

Zkušební stěna 4: LOP s dřevěnými sloupky, resp. STEICO nosníky s tepelnou izolací ze slámy a foukané celulózy.

Tabulka 3: Srovnání požárních zkoušek v rámci projektu MPO Efect (Růžička a kolektiv 2011)

Srovnání požárních zkoušek v rámci projektu MPO Efect					
Zkušební stěna	Požární scénář	Zatížení stěny [kN/m ²]	druh konstrukce	délka zkoušky [min]	požadovaná požární odolnost
1	Vnitřní požár	22,5	DP3	70	REI 60
2	Vnější požár	22,5	DP3	106	REI 90
3	Vnitřní požár	12	DP3	145	REI 120
4	Vnitřní požár	22,5	DP3	68	REI 60

Pokud výsledné hodnoty porovnáme s potřebnými normovými hodnotami pro rodinné domy, provedeny jako dřevostavby s hořlavým konstrukčním systémem (DP3), tak jejich požadovaná požární odolnost pro obvodovou stěnu je:

RD jednopodlažní, požadovaná PO 15 min;

RD dvoupodlažní, požadovaná PO pro 1NP 30 min, pro 2NP 15 min.

Z těchto faktů vyplývá, že sláma použitá ve zkoumaných konstrukcích s rezervou vyhoví požadavkům daným normou.

2.5 Akustika

Akustické vlastnosti dělicích konstrukcí jsou podstatným hlediskem, které se při navrhování domu posuzuje vzhledem ke kvalitě prostředí a akustickému komfortu. Hluk se šíří jak vzduchem, tak konstrukcí. Vzduchovou neprůzvučností staveb se rozumí izolační schopnost konstrukce nepřepřenášet zvuk z jedné místnosti do druhé pomocí vzduchu. Tato neprůzvučnost roste s plošnou hmotností konstrukce.

Pro posouzení tohoto děje se v normách používá vážená stavební neprůzvučnost R'_{w} [dB], kde je samotná stavební neprůzvučnost doplněna o přenos zvuku bočními cestami. Více viz (23). Kročejová neprůzvučnost udává schopnost materiálu odolávat přenosu hluku konstrukcí mezi jednotlivými místnostmi. Zvuk se tedy v praxi přenáší dupáním po podlaze, chůzí po schodech a podobně. Pro šíření hluku konstrukcí se v normě uvádí hodnota vážené normované stavební hladiny kročejového zvuku L'_{nw} [dB]. Více viz (24). Další sledovanou veličinou je ekvivalentní hladina akustického tlaku A_{LAeq} [dB]. Tato hodnota stanovuje hygienické limity pro hluk u různých prostorů. Je vždy stanovena k určitému času a vyjadřuje trvalou hladina hluku mající na lidský organismus přibližně stejný účinek jako hluk, který je proměnný ve sledovaném čase. Jedná se zjednodušeně o jeho „energetický průměr“ (25).

V kontextu České republiky určují podmínky na akustiku zejména normy ČSN 73 0532 a ČSN 73 0527 a závazné nařízení vlády č. 212 / 2011 Sb. Výtah jejich požadavků je uveden níže.

Limity pro obytné místnosti podle nařízení vlády č. 212 / 2011 Sb.:

v denní době: max. $L_{Aeq,8h} = 40$ dB,

v noční době: max. $L_{Aeq,1h} = 30$ dB.

Položka	Skupina	Hlučný prostor	Chráněný prostor (přijímací)			
			Požadavky na zvukovou izolaci			
			mezi místnostmi		dveří	
		R'_{w} $D_{nT,w}$ dB	$L'_{n,w}$ [dB]	R_w [dB]		
		ve směru				
		horizontálním	vertikálním			
A.		Bytové domy (kromě rodinných domů) - nejméně jedna obytná místnost bytu o 3 a více obytných místnostech				
1	Všechny ostatní místnosti téhož bytu, pokud nejsou funkční součástí chráněného prostoru		42	42	68	-
POZNÁMKA: Za funkční součást chráněného prostoru se používají prostory sousedící s tímto chráněným prostorem, které sním funkčně souvisejí, například přístupová chodba nebo předšíň, koupelna nebo šatna určená pouze pro obsluhu dané obytné místnosti.						
B.		Bytové domy - Obytné místnosti bytu				
2	Všechny místnosti druhých bytů		52	52	58	-
3	Společné prostory domu (schodiště, vestibuly, chodby, terasy)		52	52	58	32**
4	Společné uzavřené prostory domu (např. půdy, sklepy)		47	47	63	-
5	Průchody, podchody		52	52	53	32**
6	Průjezdy, podjezdy, garáže		57	57	48	-
7	Provozovny a hlukem $L_{a,max} < 85$ dB s provozem nejvýše do 22:00h		57	57	53	-
8	Provozovny a hlukem $L_{a,max} < 85$ dB s provozem i po 22:00h		62	62	48	-
9	Provozovny s hlukem $85 \text{ dB} < L_{a,max} < 95$ dB s provozem i po 22:00h		-	72	38	-
C.		Řadové rodinné domy a dvojdomy - Obytné místnosti bytu				
10	Všechny místnosti v sousedním domě		57	57	53	-
D.		Hotely a ubytovací zařízení - Ložnicový prostor pokoje hostů				
11	Pokoje jiných hostů		47	52	58	42
12	Společně užívané prostory (chodby, schodiště)		42	52	58	32
13	Restaurace společenské prostory a služby s provozem do 22:00h		57	57	53	-
14	Restaurace s provozem i po 22:00h ($L_{a,max} < 85$ dB)		62	62	48	-

Požadavky na výše uvedené konstrukce - ČSN 73 0532, výtah týkající se pouze obytných budov a rodinných řadových domů

Obr. č. 6: Výtah z normy ČSN 73 0532. Převzato z (26)

Slaměné konstrukce mají kvůli své nízké objemové hmotnosti nízkou vzduchovou neprůzvučnost. Pokud se ale slaměná stěna z obou stran omítne, dokáže lépe pohlcovat hluk z různých vlnových délek. Tlustší omítka by měla být umístěna na straně zdroje hluku. Vznik akustických mostů najdeme v místě netěsností, u ostění oken a dveří (Márton 2010).

V českých podmínkách najdeme výrobce firmy Ekopanel, který udává pro své příčky hodnoty:

Tabulka 4: Hodnoty akustického útlumu pro příčky z Ekopanelů (34)

Hodnoty akustického útlumu pro příčky z Ekopanelů		
Označení příčky	Tloušťka [mm]	Akustický útlum [dB]
Samonosná E1	60	33
Samonosná E2	120	39
Akustická E2A	120+	43+

2.6 Biokoroze

Obavy z poškození slaměných staveb hlodavci jako jsou myši nebo potkani jsou oblíbenou otázkou po přednáškách o slaměných domech nebo na diskuzních fórech. Podle Mártona (2010), Chybíka (2009) aj. je představa stálého zabydlení myší ve slaměné konstrukci označena pouze zažitý mýtus.

Sláma sestává převážně s celulózy, kterou hlodavci nedokážou strávit. Pokud však není dobře zpracována, zůstávají v ní zbytky zrn, které lákají hlodavce. Proto je dobré si u slámy na stavbu dobře zkontrolovat, zda byla správně vymláčena a svázána. Představa, že pro hlodavce je sláma ideálním hřištěm a že ji používají jako komunikaci mezi jednotlivými místnostmi, není úplně mylná, ale při dodržení určitých principů se tomuto problému dá vyhnout. Zvláště u stěnových konstrukcí, v nichž je sláma udusána, tento problém nenastává, protože cestičky samy zanikají. Tlak, který působí ve stěnách, způsobuje, že pokud myš udělá cestičku, sláma se rozpíná a cestičku překryje. Proto je tento problém častější spíše u materiálů ne tak pružných, jako je polystyren nebo minerální vata (Márton 2010). Tam cestičky zůstávají a myš může volně migrovat tam a zpět. Horší je situace, kdy je sláma součástí vodorovných konstrukcí. Zde tlak na slámu není tak velký a cestičky se samy nezakryjí.

Slaměné konstrukce je třeba ochránit rovněž před vznikem plísní. Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.3, plísně vznikají v konstrukci pouze při špatném řešení stěny, kdy se v konstrukci drží více vlhkosti, než se dokáže dostat pryč. Konstrukce se pak stává místem vhodným pro tvorbu plísní, které, jak známo, mohou způsobovat alergie. Sláma jako taková uvolňuje pouze prach, omítnutá slaměná stěna působí v tomto ohledu jako kterákoliv jiná stěna. To samé platí o výskytu hmyzu. Pokud je slaměná konstrukce zakrytá, zůstane sláma suchá a výskyt problémů souvisejících z hmyzem je značně omezen.

Všechny konstrukce z přírodních stavebních materiálů je třeba ochránit před vlhkostí a před biologickými činiteli. Proto by stavebník neměl odkládat zaklopení či omítnutí slaměné konstrukce. Konstrukce jinak může nadměrně zvlhnout, tím se zhorší její trvanlivost. Účinná vzdálenost dolního okraje stěny od terénu u soklu je alespoň 300 mm. Ve sklepních či přízemních podlažích je vhodné nenechat volně ležet nic, co by hmyz a škůdci mohli napadnout.

3. Sláma jako stavební materiál

V této kapitole se budeme věnovat použití slámy ve stavební praxi. Uvedeme si způsoby řešené konstrukcí domů, kde se sláma dá použít a také si představíme produkty ze slámy, které se vyrábějí komerčně i svépomocí a ukážeme si, jak a kde je možné je použít.

3.1 Slaměný balík

Jako první si představíme slaměný balík, sloužící pro stavební účely. Jak bylo zmíněno v části této práce věnované historii, slaměné balíky byly původně velkoformátovým ekvivalentem k cihlám. Volně ložená sláma není moc dobře použitelná pro stavění, protože je nekompaktní, má nízkou objemovou hmotnost a nedá se s ní dobře manipulovat. Vynález balíkového stroje umožnil využití slámy jako stavebního materiálu v daleko větší míře. Slaměné balíky lze použít pro nosné konstrukce i pro nenosné účely jako izolační či dělicí vrstvu. Nosná konstrukce se sestává ze slaměných balíků, které jsou samonosné. O izolační vrstvě mluvíme tehdy, kdy nosnou část tvoří únosnější materiál, zpravidla dřevěné prvky nebo nosníky na bázi dřeva. Slaměné balíky lze použít také jako dodatečnou izolaci při rekonstrukci objektů. Izolační vrstva nemusí být součástí pouze konstrukce stěn, lze ji použít i pro stropy, střechy a podlahy. Výhodou slaměných balíků je také to, že při správném postupu lisování jsou stébla orientovaná jedním směrem a tohoto faktu můžeme využít pro lepší stanovení jeho vlastností.

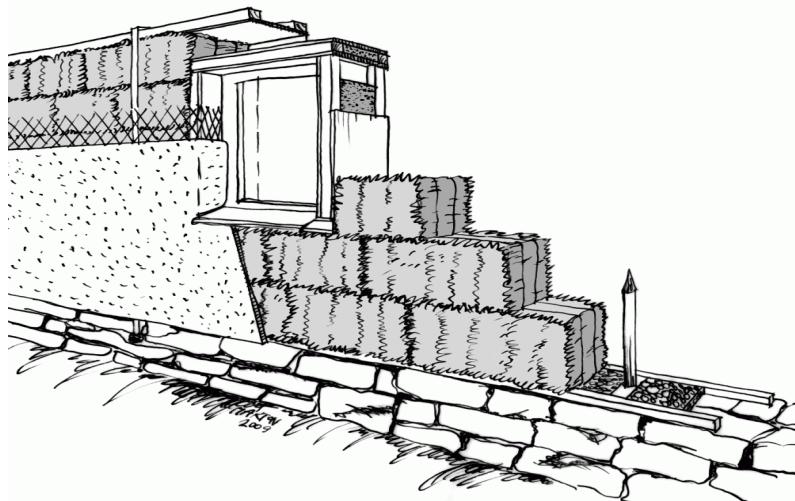
Slaměné balíky se získávají zpracováním obilí zemědělskými stroji v období pozdního léta. Pokud tedy člověk chce využít balíky na celou stavbu, měl by s tím počítat dopředu, aby sklizeň toho roku už nepřišla příliš pozdě. V našich podmínkách se nejčastěji setkáváme s menšími balíky o rozměrech 45–50 cm na šířku, 35 cm na výšku a cca 70 cm na délku. Výška a šířka balíku je většinou neměnná (záleží na balíkovacím stroji), délka se dá podle potřeby omezeně nastavit (50–120 mm). Stébla se nejčastěji získávají z pšenice. Hustota těchto balíků by neměla být menší než 90 kg/m^3 pro izolační výplně, resp. 120 kg/m^3 pro nosné účely. Hmotnost těchto balíků se pohybuje okolo 12 kg a není tedy problém s balíky manipulovat (Márton 2010). Hustota je dána tlakem lisu a pevností vázacích spojovacích prostředků. Balíková sláma by měla být co nejsušší: absolutní vlhkost by neměla přesahovat 15 %, relativní vlhkost 70 % (Minke 2009). Dále je nutné zkontrolovat, zda sláma neobsahuje výrazné množství nevytlučených zrn nebo zda není příliš poškozená žacími zařízeními. U balíků kontrolujeme jejich převázání, dostatečné slisování a jednotné rozměry. Více o technologii a postupu přípravy slaměných balíků lze najít zde (27).

3.2 Nosný systém

Nosný systém, označovaný také jako americký, používá balíky slámy jako nosného prvku pro stavbu budov. Vzhledem k omezené únosnosti balíků se tímto způsobem obvykle staví pouze jednopodlažní objekty. Platí zde pravidlo, že tloušťka stěny by měla být v poměru k její šířce cca 1:5 a přitom plocha otvorů by neměla přesahovat 50 % celkové plochy konstrukce (Minke 2009). Pro tyto stavby je typický modulový rastr konstrukce, daný velikostí balíků. Balíky se skládají jako cihly na vazbu, proto se jak rozměry celé stavby, tak rozměry oken a dveří či jiných otvorů projektují s ohledem na tento modul. Balíky musí být dostatečně únosné a kvalitně zpracované. Toho se dosahuje větší mírou lisování a kvalitními spojovacími prostředky. Stavba začíná zhotovením základů, které mohou být betonové nebo zděné. Na ně se zhotoví základový práh s hydroizolací, který odděluje konstrukci od zemní vlhkosti. Na ty se osadí zašpičatěné dřevěné tyče sloužící pro upevnění balíků k podkladu. Balíky se skládají na vazbu a v místě oken se

osazují dřevěnými rámy. Na poslední vrstvu balíků se zhotoví horní roznášecí věnec. Nosnost balíků určuje míra slisování, proto se nosná stěna předpíná táhly, které jsou mezi horním prahem a spodním věncem.

Hmotnost stropní a střešní konstrukce působí také příznivě na stlačení balíků. Střešní konstrukce musí na horní věnec dosedat po celé ploše, je nutné se vyhnout velkým bodovým zatížením. Schéma konstrukce je na obrázku č. 7.



Obr. č. 7: Nosná konstrukce ze slaměných balíků (Márton 2010), strana 62.

3.3 Nosná konstrukce vyplněná slámou.

Sláma se dá využít také v konstrukcích, které samy o sobě plní statickou funkci, ale mají nedostatečnou tepelně izolační a dělicí vlastnost. Jedná se o neznámější lehké dřevostavby označované jako „two by four“, tj. lehké sloupkové konstrukce, o masivní těžké skelety a také o konstrukce s nosnými prvky na bázi dřeva. Tyto konstrukční systémy mají určitý modulový rastr, závisující na skladbě konstrukce. Např. systém lehké sloupkové konstrukce má většinou rastr sloupků odpovídající skladebnému rozměru OSB desky, kterou je konstrukce zajištěna proti vodorovným silám neboli zavětrována. Obecně platí, že rozměr balíků prvku má být větší, než je rozteč prvků nosného systému. Balík se vklíní mezi dva tyto prvky; udusáním se řeší spojitost tepelného izolantu mezi prvky, balík také může zčásti přenášet svislé zatížení. Toho se využívá v systémech, kde se střecha zhotovuje až po dokončení stěn. Pro ukotvení balíků k podkladu se může použít spojovací prvek ve formě zašpičatěných kolíků nebo namáčením do hliněné lázně. Balík může být tedy stlačen jak ve vodorovném směru díky vklínění mezi prvky, tak ve svislém směru v důsledku zatížení vrchními podlažními a střechou. Nosná konstrukce může přenášet i bodová zatížení na stěny a také zatížení střechou nezávisle na umístění slaměné vrstvy. Díky tomu, že lze slámu osadit až po provedení střechy, je méně náchylná na vlivy počasí, než je tomu u nosného systému ze slaměných balíků. Pokud ale střecha nedosedá na balíky, nejsou balíky aktivovány, resp. jsou méně stlačeny. U masivnějších nosných konstrukcí, v nichž balíky nezakrývají nosnou konstrukci či ji zakrývají jen velmi málo, lze dodatečně provést zateplení materiálem s nižší tepelnou vodivostí, příp. se tyto mosty musí zohlednit v návrhu stavby. Realizace nosné konstrukce u tohoto typu staveb vyžaduje větší technologickou kázeň. Také pracnost a s tím spojená cena bývá řádově vyšší než u staveb provedených pouze z balíků slámy.

Zde je uveden výpis názvů některých metod. Pro více informací viz Márton (2010).

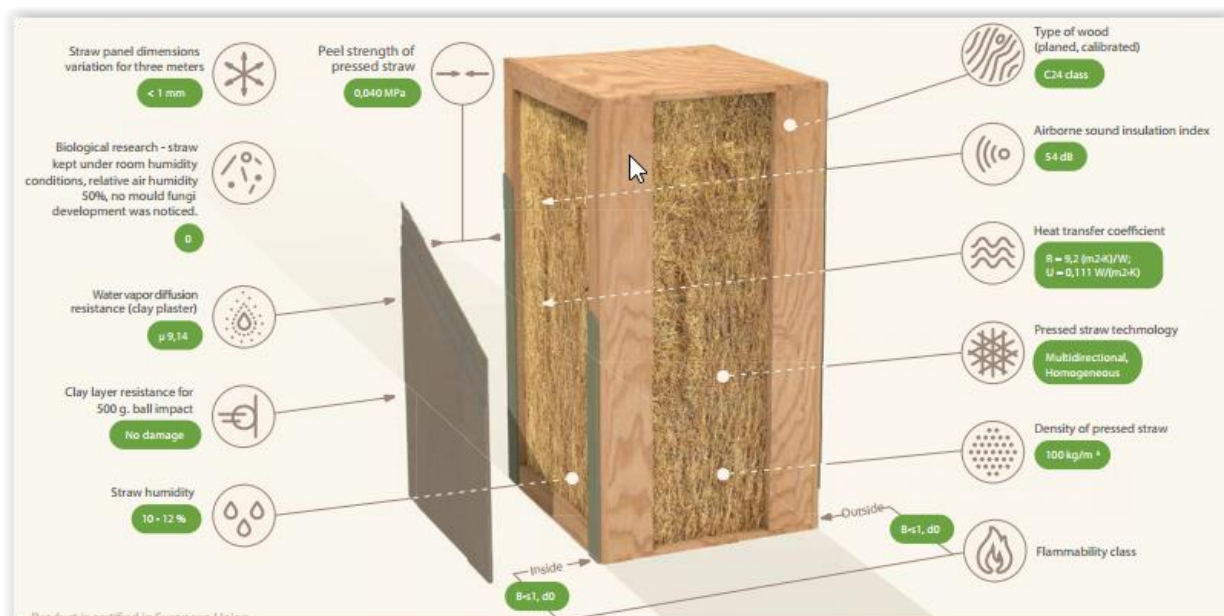
- Lehký dřevěný skelet vyplněný slámou.
- Těžký dřevěný skelet vyplněný slámou.
- Metoda Toma Rijvena.

3.4 Stavební systém Ecocon a jeho ekvivalenty

Slaměný balík není jediným stavebním výrobkem obsahujícím slámu. Dnes je na trhu několik prefabrikovaných stavebních systémů, které stavebníkovi mohou ušetřit čas i námahu. Některé z nich se dají použít také jako nosná konstrukce, i když sláma zde není hlavním nosným prvkem. Známým výrobcem prefabrikovaných stavebních panelů je litevská firma Ecocon. Český ekvivalent je k nalezení pod jménem Slámafex.

Systém Ecocon tvoří dřevěná sloupková konstrukce, do které je zalisovaná sláma. Dřevěná konstrukce působí jako nosný prvek a funguje na principu two-by-four systému. Výhoda tohoto systému spočívá v tom, že k dosažení dostatečné únosnosti materiálu není potřeba velkých průřezů. Sloupky tvoří na každé straně „tuhé“ rámy, které jsou navzájem zavětrovány dalšími sloupky. Jelikož jde o systém prefabrikovaný, mohou být jednotlivé sloupky podle potřeby navrženy s většími či menšími průřezy a využity pro prvky nepřenášeající skoro žádné zatížení, či naopak pro prvky, které potřebují přenést značné zatížení (překlady nad otvory apod.).

Uvnitř této sloupkové konstrukce je zalisována sláma, sloužící jako tepelně izolační materiál. Díky stejným výrobním požadavkům pro každý panel a díky lisování slámy do panelů mají materiálové charakteristiky stejné hodnoty. Kontrolovatelným a řízeným procesem při výrobě těchto panelů lze deklarovat hodnotu součinitele prostupu tepla U . U tohoto systému je deklarovaná na $0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$. Součinitel tepelné vodivosti λ , který je pro slámu většinou obtížně stanovitelný, se zde uvádí hodnotou $0,06 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Hustota stlačení je přibližně 120 kg/m^2 . (28).



Obr. č. 8: Vlastnosti systému Ecocon (28)

Firma Ecocon produkuje pět různých druhů panelů, které mohou být umístěny do jejího stavebního systému. Celý modulový systém je navržen na tloušťku dílce o velikosti 400 mm. Klasické panely se vyrábějí v rozměrech min. 400 mm a max. 1200 mm délky a min. 400 mm a max. 3000 mm výšky. Součástí systému jsou poté panely pro statické doplnění konstrukce:

panely, které mají šikmé hrany, vyztužené panely s větší únosností, překlady a sloupky. Dřevěná konstrukce je tvořena sloupky 60/100 mm, u kterých je přesně deklarována požadovaná jakost. Únosnost těchto panelů udává výrobce pro vertikální střednědobou sílu na 36,9 kN/m (29). Systém je vytvořen pro jednoduchou a snadnou manipulaci a montáž. Přesnost je zde deklarována s tolerancí 2mm pro všechny rozměry, kolmost má toleranci 5 mm. Vše je navrženo tak, aby ke spojení panelů stačily pouze vruty. Kompletace hrubé stavby by neměla trvat déle než několik dní. Požární odolnost může dosahovat až 120 minut, pokud je spolu se slaměnými panely použita hliněná omítka. Akustický útlum dosahuje 54 dB.

Hlavní vlastnosti systému Ecococon jsou shrnuty v obrázku č. 8, převzatém od výrobce.

Česká obdoba systému Ecococon se jmenuje Slámafex. Podle výrobce má téměř stejné vlastnosti jako Ecococon, pokud jde o součinitel prostupu tepla, hmotnost nebo všeobecnou použitelnost a uplatnitelnost. Hustota stlačení je o málo nižší, a to 110 kg/m³. Únosnost je deklarovaná na 15 tun/m, což odpovídá 150 kN/m. To je čtyřnásobek hodnoty uváděné u Ecococonu, což se mi zdá přehnané. Rozměry panelů jsou také podobné s tím rozdílem, že mohou být provedeny v menší tloušťce. Možné rozměry jsou např. 2500x350x750 mm nebo 3000x400x1200 mm. Nevýhodou tohoto systému je, že pro české podmínky není deklarovaná požární zkouška. Byla provedena pouze zkouška celoplošně vyplněné slaměné stěny v projektu MPO Efect (viz výše v kapitole 2.4), při níž tato stěna vydržela celých 120 minut. I když se nejedná o identickou konstrukci posuzovanou v požárním protokolu, můžeme předpokládat, že pro rodinné domy bude i tento systém požárně vyhovující.

Pro porovnání jsou zde uvedeny oba stavební systémy vedle sebe. Viz obr. č. 9 a 10.



Obr. č. 9: Systém Ecococon (30)



Obr. č. 10: Systém Slámafex (31)

3.5 Ekopanely

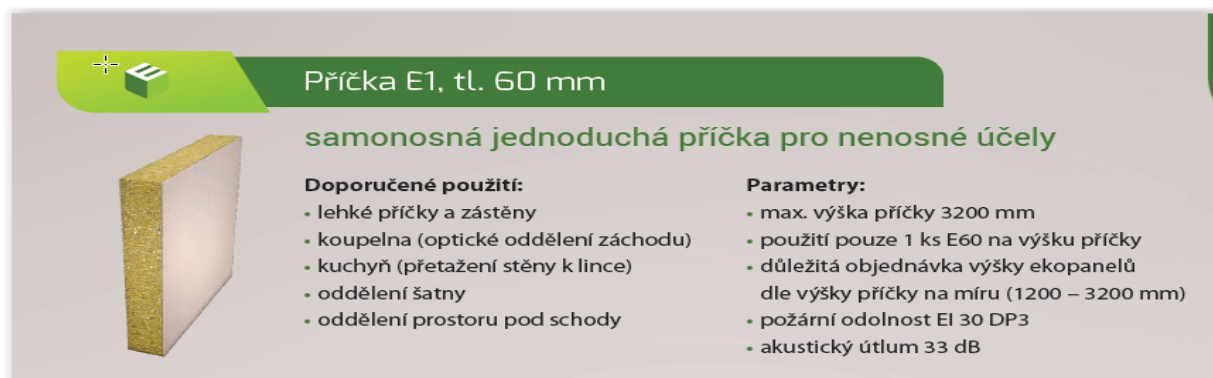
Další zajímavé využití slámy ve stavebním průmyslu představují výrobky firmy Ekopanel, dříve vyráběné pod jménem Ekodesky Stमित. Jedná se o technologii lisovaných

obilných slaměných desek opláštěných recyklovanou lepenkou. Použitým materiálem je tedy pouze sláma, papír a lepidlo. Tyto desky se dají využít na podobné účely jako jejich sádrokartonové nebo dřevěné ekvivalenty, tedy ke stavbě příček, zhotovení tepelné izolace či k opláštění konstrukcí.

Desky z ekopanelu se vytvářejí lisováním za velkých tlaků a teplot, při kterém jsou opláštěny lepenkou. Jejich tloušťka je 60 mm, lis vytváří nekonečný pás šířky 800 nebo 1200 mm. Po nařezání na potřebné délky se desky znovu osadí pláští na řezných hranách. Díky tlaku lisu je sláma v panelu velmi pevná a odolná vůči mechanickému namáhání. Častou nevýhodou příček, zvláště těch sádrokartonových je malá odolnost pláště při manipulaci s deskou; ekopanely jsou v tomto směru podstatně odolnější. Opláštění ekopanelů je způsobeno k přímému omítnutí. Stavba těchto příček je velmi snadná, protože není potřeba žádných pomocných konstrukcí ani roštů. Ekopanely se dají montovat přímo na nosnou konstrukci, jako samonosné fungují do výšky příčky až 3 m. Na stropy se upevňují pomocí vrutů s podložkami, které se při utažení uchytí pod povrch opláštění a na výsledné povrchové úpravě tedy nejsou znát. Ke stěnám se připevňují pomocí plechových spon a PUR pěny (32).

Největší výhodou ekopanelů jsou jejich tepelné izolační vlastnosti. Podle prodejce má součinitel tepelné vodivosti hodnotu 0,99 W. m-1. K-1 (viz obrázky 11, 12). To znamená, že se tento materiál dá použít jako izolace i pro nízkoenergetické domy. Tato hodnota je deklarovaná, nemusíme se ji tedy bát použít při výpočtu, protože podmínky ve výrobě jsou optimálně stejné. Požární odolnost je díky použitému materiálu také dobrá. Slisovaná sláma kvůli omezenému přístupu vzduchu špatně hoří, a i když je opláštěná lepenkou, pro nosné konstrukce v kombinaci s deskami z ekopanelu požární odolnost dosahuje REI 45, což je i pro dvoupodlažní domy vyhovující. Příčky tloušťky 60 mm mají akustický útlum 43 dB, což je pro materiály na tvorbu příček také dobré (33). Nevýhodou těchto materiálů je náchylnost na vlhkost. Pokud uvnitř příčky například praskne potrubí vodovodu či kanalizace, materiál je znehodnocen. Na závadu se však brzy přijde, materiál se jen vyřízne a nahradí novým.

Podle dnešních požadavků není problém se s dřevostavbou zateplenou tímto materiálem dostat na úroveň nízkoenergetického domu. Dosáhnutí úrovně domu v pasivním standardu je dnes ještě problémem kvůli nedostatečnému (vysokému) součiniteli tepelné vodivosti. Firma ale slibuje, že se pasivního standardu pokusí dosáhnout co nejdříve.



Příčka E1, tl. 60 mm

samosoná jednoduchá příčka pro nenosné účely


Doporučené použití:

- lehké příčky a zástěny
- koupelna (optické oddělení záchodu)
- kuchyň (přetažení stěny k lince)
- oddělení šatny
- oddělení prostoru pod schody


Parametry:

- max. výška příčky 3200 mm
- použití pouze 1 ks E60 na výšku příčky
- důležitá objednávka výšky ekopanelů dle výšky příčky na míru (1200 – 3200 mm)
- požární odolnost EI 30 DP3
- akustický útlum 33 dB

Obr. č. 11: Příčka tl 60 mm. (34).



Příčka E2, tl. 120 mm



samonosná dvojitá příčka pro nenosné účely

Doporučené použití:

- příčky bez technických rozvodů a instalací
- příčky rozdělující kterékoliv místnosti v objektu (chodba, kuchyň, obývací pokoj, koupelna, ložnice, šatna, ...)

Parametry:

- max. výška příčky 3200 mm pro standardní aplikaci
- 2 vrstvy E60
- důležitá objednávka výšky ekopanelů dle výšky příčky na míru (1200 – 3200 mm)
- akustický útlum 39 dB

Obr. č. 12: Příčka tl. 120 mm (34).

3.6 Sláma v podlaze a ve střeše, omítky

Sláma použitá ve vodorovných konstrukcích (ve stropě, střeše nebo podlaze) se od slámy použité ve svislých konstrukcích v jednom ohledu výrazně liší. Sláma ve svislých konstrukcích je většinou rovnoměrně zatížena a tímto i stlačována, dá se tedy předpokládat, že bude mít všude podobné vlastnosti (jedná se zejména o součinitel tepelné vodivosti λ a také o akustické vlastnosti). U svislých stěn vznikají problémy hlavně v místech oken a dveří či jiných prostupů. U vodorovných konstrukcí sláma není zatěžovaná až tak tíhou konstrukce nad ní, proto si stavebník musí dát pozor na to, aby potřebné vlastnosti dokázal zajistit. Neplatí to při použití různých továrních výrobků, jako jsou lisované desky apod. Pokud se však použije sláma v balících či jinak nezpracovaná, je třeba si dát záležet na tom, aby měla správnou hustotu, jinými slovy, aby byla správně stlačená.

Konstrukce střechy i podlahy jsou obvodové konstrukce, kde si musíme dát pozor na problémy s vlhkostí a biologickými činiteli. U podlahy platí jasné pravidlo, že sláma se nesmí dostat do kontaktu se zemínou (čerpá ze zeminy vlhkost, nestačí ji vydávat a hnije). Při konstrukci podlahy je proto vhodné zvolit jinou izolaci, nebo uplatnit takové konstrukční opatření, které zabrání pronikání vlhkosti. Skladba podlahy má být navržena tak, aby vlhkost odváděla: buď vzduchovou odvětrávanou mezerou, která ovšem ne vždy správně funguje, nebo parobrzdnou vrstvou umístěnou k vnitřnímu povrchu konstrukce. Ta zajistí, že konstrukce zůstane v suchu. Při použití slámy v konstrukci se jako podklad doporučují různé druhy bednění, ať už velkoformátové desky či prkenný záklop (Chybík 2009); tyto prvky zajistí, že sláma bude dostatečně zhutněna. V neposlední řadě je nutno předejít problémům s hmyzem a dalšími škůdci.

U konstrukcí střech dbáme jak na difuzně otevřenou schopnost konstrukce, tak na řešení detailů proti prosakování vody ze střešního pláště. V místě střechy je velmi obtížné na tuto závadu přijít včas, negativní důsledky přitom mohou být značné. Mezi střešním pláštěm a konstrukcí krovu je vhodné vytvořit provětrávanou vzduchovou mezeru. Pádným argumentem pro výměnu slámy za jiný druh izolačního materiálu je to, že střechu chceme mít co nejdříve opatřenou krytinou a vycpávání prostoru střešní konstrukce slámou je pracné a časově náročné (Márton 2010)

U stropních konstrukcí je problémem především akustika. Konstrukce se slaměnou vrstvou dokáží utlumit kročejový hluk, pokud je zvolena správná vrstva podlahy, avšak hluk

způsobený zvukovou neprůzvučností je výraznější, protože sláma je lehčí a méně ho tlumí. Proto se doporučuje osadit do stropních konstrukcí více hmotných prvků k snížení akustického diskomfortu (Márton 2009).

Omítka u slaměných konstrukcí je významnou součástí celého návrhu. Slámu nelze umístit do difuzně uzavřené konstrukce, protože nadměrná vlhkost, která by se tam držela, by slámu nevratně poškodila. Jak z vnější, tak z vnitřní strany omítky si stavebník musí hlídat difuzní odpor omítky, aby mu v konstrukci nezačala kondenzovat voda. Platí obecná poučka: od vnitřního povrchu směrem k vnějšímu faktor difuzního odporu konstrukce klesá. Proto u vnitřních omítek či jejich skladeb je žádoucí mít větší difuzní odpor než u vnějších omítek.

Jako omítky vnější se většinou volí vápenné, popř. hliněné omítky s úpravou povrchu. Vápenné omítky či omítky s velkým pórovým systémem umožňují vodní páře unikat pryč z konstrukce.

Vnitřní omítku či vnitřní skladbu konstrukce je vhodné vybírat zejména podle dvou kritérií. Jednak podle většího difuzního odporu, který však nemusí nutně zajišťovat omítka, ale kupříkladu vrstva za ní, např. OSB deska. Druhým kritériem je dostatečná akumuláční schopnost konstrukcí. Na vnitřní straně skladby konstrukce lze dodat akumuláční schopnost tím, že jí na povrchu přidáme skladbu s dostatečnou hmotností či dostatečnou měrnou tepelnou kapacitou. Slaměné stavby, stavěné ve většině případů v kombinaci se dřevem, trpí problémem letního přehřívání. To je způsobeno malou akumuláční schopností budovy. Zpravidla je proto vhodné použít hliněnou omítku, která dodá konstrukcím potřebnou akumuláční vrstvu (Minke 2009, Márton 2010).

Pro srovnání faktoru difuzního odporu omítek je přiložena tabulka.

Tabulka 5: Srovnání vlastností omítek podle λ a μ (zdroj 35)

Srovnání vlastností omítek podle λ a μ		
Omítka	Tepelná vodivost λ [W/(m.K)]	Faktor difuzního odporu μ [-]
Vápenná omítka	0,9	6
Vápenocementová omítka	1	19
Cementová omítka	1,2	19
Silikátová omítka pro ETICS	0,8	50
Akrylátová omítka pro ETICS	0,8	120
Silikonová omítka pro ETICS	0,7	90 - 150
Minerální omítka pro ETICS	0,8	20
Vápenocementová malta	1	19
Vápenná malta	0,9	6
Cementová malta	1,2	19

4. Shrnutí:

Sláma je přírodní stavební materiál, který je nezávadný, šetrný k životnímu prostředí, levný a dobře dostupný. Díky svým příznivým tepelně izolačním vlastnostem se dá využít hlavně pro izolace svislých i vodorovných konstrukcí. Dá se také použít pro nenáročné stavby jako nosný stavební materiál. Při práci s tímto materiálem je třeba dbát na jakost slámy, ať už jde o slámu nekompletovanou nebo slámu ve formě balíku. Zejména je třeba sledovat vlhkost slámy a její hustotu danou jejím zhutněním či slisováním ve stavebním výrobku. Při zapracovávání slámy do konstrukce je nutné dodržovat vhodné konstrukční a technologické postupy, které zajistí správné chování a trvanlivost materiálu v konstrukci. Díky stavebním výrobkům, které udržují podmínky ve výrobním procesu bez nežádoucích změn, lze slámu použít i v projektech, kde je třeba zajistit deklarované technické vlastnosti výrobku či materiálů. Obecně známá představa, že sláma je nevhodná z hlediska požární odolnosti a působení biokorozních činitelů, se ukázala při správném provedení konstrukčních postupů na stavbě jako mylná. Při aplikaci správné povrchové úpravy, hlíny nebo dřevěného opláštění, zajistíme větší trvanlivost a ochranu konstrukce proti vnějším činitelům.

Závěr:

Sláma je stavební materiál, který má i dnes významné místo ve stavebních konstrukcích. Díky své dostupnosti, ceně a výrobní nenáročnosti se hodí jak pro stavby malé velikosti, jako jsou rodinné domy, tak pro větší typy staveb. Projekty jako např. S-Haus dokazují, že sláma není druhořadý materiál, který se dá použít jen u staveb technicky nenáročných, ale že jde o materiál, který je využitelný rovněž při realizaci sofistikovaných, architektonicky a konstrukčně zajímavých projektů. Sláma v kombinaci se dřevem a hlinou se jako stavební materiály dokáží vhodně doplnit a vzniká tak kombinace materiálů, která má oproti jiným jednoznačné přednosti. Velkou výhodou slámy je její příznivý dopad na životní prostředí a udržitelnost ve stavebnictví. Díky použití přírodních materiálů jsou stavby méně zdravotně závadné. Přítomnost slámy dokáže příznivě ovlivňovat vnitřní prostředí stavby, pokud jde o vlhkost a tepelný komfort. Obecně lze říci, že postupný návrat slámy jako stavebního materiálu může výrazně ovlivnit dnešní trendy ve stavebnictví a zmenšit tak dopady tohoto odvětví na energetickou náročnost, zdraví a na životní prostředí obecně.

Použitá literatura:

Monografie, příručky:

1. CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 272 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
2. MÁRTON, Jan. *Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy*. 1. vyd. Liberec: J. Márton, 2010. 204 s. ISBN 978-80-254-6610-0.
3. MINKE, Gernot a Friedemann MAHLKE. *Stavby ze slámy: jak pořídit z balíků slámy standardní dům*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2009. 143 s. ISBN 978-80-86167-31-2.
4. HUDEC, Mojmir, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. 160 s. ISBN 978-80-247-4243-4.
5. BROTKOVÁ, Klára a Aleš BROTKÁNEK. *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3969-4.
6. POKORNÝ, Marek. *Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05456-7.
7. JONES, Barbara. *Building with straw bales: a practical guide for the UK and Ireland*. Rev. & updated ed. Totnes: Green, 2009. 184 s. ISBN 978-1-900322-51-5.
8. GRMELA, Daniel. *Šíření tepla a vlhkosti ve slaměných konstrukcích. Doktorská seminární práce č. 5*. Fakulta stavební VUT Brno: 2010.
9. GRMELA, Daniel, LÁTALOVÁ, Lucie, ed. a URBÁŠKOVÁ, Hana, ed. *Ekologické stavitelství: katalog slaměných domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury, 2012. 74 s. ISBN 978-80-214-4640-3.
10. RŮŽIČKA, Jan et al. Projekt: „Vybrané vlastnosti přírodních a dalších stavebních materiálů, stavebních prvků a budov“ – Závěrečná zpráva, Program EFECT (interní materiál) Praha FSv ČVUT: 2011
11. HTW Chur, Strohhallendruckversuche, [2003] (grey literature)

Internetové zdroje:

12. *Tab. č. 1 Bilance rostlinných výrobků v roce 2016, ČSU*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<https://www.czso.cz/documents/10180/36740450/27012616p201.pdf/08a0691b-d166-4516-8efb-03710f475e8d?version=1.0>
13. *Využití univerzálního kotle na spalování celých balíků sena, slámy, lnu a ostatní biomasy, 2010*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyuziti-univerzalniho-kotle-na-spalovani-celych-baliku-sena-slamy-lnu-a-ostatni-biomasy_N3358
14. *ESBA – European Straw Building Association*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.strawbuilding.eu/>
15. *S House presentation*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
http://www.s-house.at/presentation_s_house.pdf
16. *Obrázek: kostel Pilgrim Holliness Church*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.nebraskahistory.org/histpres/nebraska/arthur.htm>
17. *Obrázek: Feuillet House*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://thelaststraw.org/feuillet-house/>
18. *Obrázek: S-House*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<https://arch5541.wordpress.com/2012/09/21/cheap-clean-and-warm/>
19. *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
http://www.baustroh.de/pdf/z-23-11-1595_3-6-2014kl.pdf
20. *ARCHITECT WERNER SCHMIDT'S STRAW-BALE CONSTRUCTION*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://porto.polito.it/2534503/1/186.pdf>
21. *Obrázek: House at Firli*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://porto.polito.it/2534503/1/186.pdf>
22. *Požární odolnost obvodových stěn pro pasivní domy s využitím slaměných balíků jako tepelné izolace, 2012*
[online] Vid. 26.5.2017 na:

- <http://stavba.tzb-info.cz/obalove-konstrukce-nizkoenergetickych-staveb/8974-pozarni-odolnost-obvodovych-sten-pro-pasivni-domy-s-vyuzitim-slamenych-baliku-jako-tepelne-izolace>
23. *Stavební neprůzvučnost (Apparent Sound Reduction Index)*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/186-stavebni-nepruzvucnost>
24. *Vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku (Weighted Normalized Impact Sound Pressure Level)*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/195-vazena-normovana-hladina-akustickeho-tlaku-krocejoveho-zvuku>
25. *Působení zvuku v čase – ekvivalentní hladina*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/218-pusobeni-zvuku-v-case-ekvivalentni-hladina>
26. *Obrázek: Výtah z normy ČSN 73 0532*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/6150-akustika-stavebnich-konstrukci>
27. *Možnosti zpracování a využití slámy*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://zemedelec.cz/moznosti-zpracovani-a-vyuziti-slamy/>
28. *Ecococon*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.ecococon.lt/english/for-architects/>
29. *EcoCocon, Passivhaus manual*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.ecococon.lt/wp-content/uploads/sites/2/2014/02/Text-PH-manual-Ecococon-English-1.pdf>
30. *Obrázek Ecococon*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<https://cz.pinterest.com/pin/73394668902653354/>
31. *Slamaflex*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://haloo-alter-native.eu/index.php/cz/slamaflex/19-slamaflex>
32. *Ekopanely*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.ekopanely.cz/sluzby-a-produkty/ekopanely/>
33. *Ekopanely, technické parametry*
[online] Vid. 26.5.2017 na:
<http://www.ekopanely.cz/sluzby-a-produkty/ekopanely/technicke-parametry/>

34. *Ekopanely, brožura*

[online] Vid. 26.5.2017 na:

<https://www.ekopanely.cz/wp-content/uploads/ekopanely-prospekt-CZ-01-2016-mail.pdf>

35. *Vlastnosti materiálů*

[online] Vid. 26.5.2017 na:

http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4275

Průvodní zpráva

Název projektu:	Víceúčelový dům Polana
Objednatel:	Petr Bolf, 696 74 Javorník 85
Vypracoval:	Petr Čanda ČVUT fakulta stavební
Datum:	26. 5. 2017
Vedoucí práce:	Ing. Jan Růžička, Ph.D

A1. Identifikační údaje

Místo stavby: adresa: Javorník nad Veličkou ev. č. 85, 696 74 Javorník

Objekt: víceúčelový, 2 NP

Obyvatelé: 10 trvale bydlících obyvatel

Nosná konstrukce: stěnový systém 1-2NP, samostatná dřevěná konstrukce střechy a stropů

Základní rozměry: 21,6 x 10,1 m výška: 7,5 m

Podlahová plocha: 270,74 m²

A2. Údaje o území

Jedná se o stavbu nízkoenergetického víceúčelového objektu. Stavba bude umístěna na samostatné parcele ve vlastnictví investora. Pozemek není oplocen a plánovaný vjezd a vstup se uvažuje ze západní hranice pozemku. Pozemek je téměř rovinný z jihu zasazen do okolní zástavby. Celková plocha je 7670 m². Stavba je v souladu s obecnými požadavky na využití území. Území je v platné územně plánovací dokumentaci obce.

Všechny regulativy pro výstavbu v uvedené lokalitě jsou splněny.

A.3 Údaje o stavbě

- a) nová stavba: víceúčelový objekt
- b) účel užívání stavby: stavba určená pro bydlení a vzdělání
- c) trvalá stavba
- d) údaje o ochraně stavby - nejsou evidovány žádné způsoby ochrany
- e) údaje o dodržení technických požadavků na stavby a obecných technických požadavků vyplývajících z jiných právních předpisů
- f) údaje o splnění požadavků dotčených orgánů a požadavků vyplývajících z jiných právních předpisů: všechny požadavky byly splněny,
- g) seznam výjimek a úlevových řešení: stavby se netýkají žádné výjimky,
- h) navrhované kapacity stavby
zastavěná plocha: 7670 m²
podlahová plocha: 270,74 m²
počet uživatelů / pracovníků: 10,
- i) základní bilance stavby: není předmětem práce,
- j) základní předpoklady stavby: není předmětem práce,
- k) orientační náklady stavby: není předmětem práce.

DOKUMENTACE OBJEKTŮ A SOUHRNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

Název projektu:	Víceúčelový dům Polana
Objednatel:	Petr Bolf, 696 74 Javorník 85
Vypracoval:	Petr Čanda, ČVUT fakulta stavební
Datum:	26. 5. 2017
Vedoucí práce:	Ing. Jan Růžička, Ph.D

Obsah

1	Identifikační údaje	- 6 -
1.1	Údaje o stavbě	- 6 -
1.2	Údaje o stavebníkovi	- 6 -
1.3	Údaje zhotovitele dokumentace	- 6 -
2	Architektonicko-stavební řešení	- 6 -
2.1	Seznam použitých podkladů pro zpracování	- 6 -
2.2	Účel užívání stavby	- 6 -
2.3	Celkové architektonické a dispoziční řešení	- 7 -
2.4	Celkové provozní řešení	- 7 -
2.5	Bezbariérové užívání stavby	- 7 -
2.6	Bezpečnost při užívání stavby	- 7 -
3	Konstrukční a materiálové řešení stavby	- 8 -
3.1	Konstrukční řešení stavby	- 8 -
3.2	Materiálové řešení stavby	- 8 -
3.2.1	Výkopy a základy	- 8 -
3.2.2	Izolace proti vodě a radonu	- 8 -
3.2.3	Svislé konstrukce:	- 9 -
3.2.4	Vodorovné konstrukce:	- 9 -
3.2.5	Výplně otvorů	- 10 -
3.3	výkresová část	- 10 -
4	Technická zařízení budov a energetický koncept	- 11 -
4.1	Koncept energetické optimalizace	- 11 -
4.1.1	Seznam použitých podkladů pro zpracování	- 11 -
4.1.2	Stanovení součinitele prostupu tepla obálkou budovy Uem:	- 11 -
4.1.3	Posouzení objektu na letní přehřívání:	- 12 -
4.1.4	Stanovení měrné potřeby tepla na vytápění EA:	- 12 -
4.2	Systémy technických zařízení budov	- 13 -
4.2.1	Vytápění	- 13 -
4.2.2	Kanalizace	- 13 -
4.2.3	Vodovod	- 14 -
4.2.4	Plynovod	- 14 -
4.2.5	Elektroinstalace	- 14 -
4.3	výkresová část	- 14 -
5	Stavební fyzika - tepelná technika, osvětlení, oslunění, akustika	- 15 -
5.1	Tepelná technika	- 15 -

5.2 Osvětlení a oslunění:	- 15 -
5.3 Akustika	- 15 -
6 Stavebně konstrukční řešení	- 15 -
6.1 Podklady pro zhotovení projektu.....	- 15 -
6.2 Základní charakteristika konstrukčního řešení	- 16 -
6.3 Zatížení.....	- 16 -
6.3.1 Stálá zatížení.....	- 16 -
6.3.2 Užitná zatížení	- 16 -
6.3.3 Klimatická zatížení	- 16 -
6.3.4 Zatížení na konstrukce.....	- 16 -
6.3 Popis konstrukce domu	- 17 -
6.3.1 Založení.....	- 17 -
6.3.2 Stěnové nosné konstrukce	- 17 -
6.3.3 Konstrukce střechy a stropů.....	- 17 -
6.3.4 Konstrukce chatek.	- 17 -
6.3.5 Prostorová tuhost objektu.....	- 18 -
6.3.6 Přípoje jednotlivých prvků.....	- 18 -
6.4 Požadavky na vzhled, kvalitu a povrchové úpravy	- 18 -
6.4 Výkresová část	- 18 -
7 BOZP, požární ochrana, životní prostředí.....	- 18 -
8 Dodržení obecných požadavků na výstavbu:	- 18 -
9 Závěr:	- 19 -

1 Identifikační údaje

1.1 Údaje o stavbě

- a) Název stavby: Víceúčelový objekt Polana na parcele č. 755/17 Javorník
- b) místo stavby: adresa:
parcelní čísla pozemků: 755/5, 755/17, 755/4,
- c) předmět dokumentace: Víceúčelový objekt Polana

1.2 Údaje o stavebníkovi

Stavebníkem je Petr Bolf, adresa: 696 74 Javorník 85

1.3 Údaje zhotovitele dokumentace

Petr Čanda, ČVUT fakulta stavební, Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

2 Architektonicko-stavební řešení

2.1 Seznam použitých podkladů pro zpracování

- 1) Projektová dokumentace
- 2) Podklady výrobců
- 3) Vyhlášky a normy
 - Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
 - Zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví
 - Vyhláška MMR č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby., ve znění pozdějších předpisů
 - ČSN 73 0540-2:2011 - Tepelná ochrana budov
 - ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
 - ČSN 730532 – Požadavky na zvukovou izolaci obvodového pláště
 - TNI 730329

2.2 Účel užívání stavby

Funkční náplň stavby: Stavba bude sloužit z části pro výuku dětí i dospělých. Část hlavní budovy tvoří společenský sál, který bude využíván pro různé kulturní a edukační činnosti. Chatky budou sloužit pro ubytování. Poslední funkcí bude příprava jídel v kuchyni s kapacitou pro externí strávníky. Celkem se předpokládá, že trvale bude budova obydlena 10 lidmi a největší kapacita objektu bude 60 lidí.

Nakládání s odpady: dešťová voda bude vsakována do podloží vsakovacími nádržemi. Splašková kanalizace bude napojena na příslušnou přípojku inženýrských sítí. V objektu se nacházejí dva recyklovací záchody, kde tuhý odpad bude uskladněn v příslušných kontejnerech a recyklován.

2.3 Celkové architektonické a dispoziční řešení

Architektonické řešení:

Budova je zasazena do prostoru dětského tábora, fungujícího i jako škola v přírodě. Objekt hlavní budovy víceúčelového domu bude nepodsklepený, je dvoupodlažní s jedním NP (přízemím) a obytným podkrovím. Střecha bude sedlová s pálenou střešní krytinou. Z jižní a jihozápadní strany na hlavní budovu navazuje chatky s pultovou zelenou střechou. Hlavní budova má obdélníkový půdorys 21,6 x 10,1 m s chatkami o rozměrech 20,1 x 7,6m. Na objekt ze severní straně navazuje příjezdová komunikace. Se západní a jižní straně je objekt doplněn stávající zástavbou, převážně chatkami. Ve východní části na objekt doplněn volnou travnatou plochou. Budova přímo navazuje na okolní zástavbu a je urbanisticky přijatelná.

Dispoziční řešení

Hlavní budova je rozdělena do 3 funkčních celků: prostory pro bydlení, výukové a shromažďovací prostory a prostory pro přípravu jídel. Do společenského sálu se nechá vejít jak ze severovýchodní strany, tak ze strany jihozápadní strany mezi chatkami. Společenský sál je volný otevřený prostor, členěný pouze mobilními příčkami. Na něj nazývá Kuchyně se skladem a technickou místností přístupný i z exteriéru v severovýchodní části stavby. Zázemí kuchyně, které je tvořeno šatnou a hygienickými zařízeními sousedí s kuchyní z jižní strany. Obytné prostory jsou umístěny na východní straně obytného podkroví přístupného po schodišti ve společenském sále. Pokoje jsou dva, každý pro tři lůžka. Na západní straně obytného podkroví najdeme volnočasovou místnost, která je otevřená, dělení prostoru je dosaženo pouze mobilními příčkami. Volnočasová místnost s pokoji je spojena můstkem, který je umístěný nad společenským sálem. Chatky jsou situovány na jihovýchodní části objektu a skládají se šesti samostatných ubytovacích prostor, tři ze západní a tři z východní strany umístěné u sebe. Každá chatka má dvě lůžka, celková kapacita chatek je tedy 12 lůžek.

Dopravní řešení:

Hlavní vchod navrhovaného bytového domu bude ze severozápadní strany objektu. Chatky jsou přístupné z jihovýchodní strany. Komunikace k objektu je nezpevněná. Parkování je umožněno ze západní části budovy na nezpevněné ploše.

2.4 Celkové provozní řešení

V objektu budou 3 provozy.

- A) Ubytovací provoz chatek a pokojů v 2NP hlavní budovy
- B) Provoz přípravy jídel v kuchyni v 1NP hlavní budovy
- C) Shromažďovací prostor v 1NP hlavní budovy

Návrh dispozic byl zpracován tak, aby se tyto provozy vzájemně doplňovali a navzájem se co nejméně rušili. Proto shromažďovací prostor v 1NP slouží jako i jako jídelna. Ubytovací prostor v 2.NP je vhodně akusticky oddělen od provozních účinků 1.NP

2.5 Bezbariérové užívání stavby

Jelikož je objekt součástí dětského tábora, kde nejsou ani stabilní přístupové cesty, nepředpokládá se, že by se zde pohybovali osoby potřebující bezbariérové úpravy stavby.

2.6 Bezpečnost při užívání stavby

Pro dodržení bezpečnosti při užívání objektu se vyžaduje dodržování příslušných norem ČSN a zdravotní způsobilosti uživatelů stavby.

3 Konstruktivní a materiálové řešení stavby

3.1 Konstruktivní řešení stavby

Objekt (hlavní budova i chatky) bude založen na pasech z prostého betonu, které budou zakončeny betonovou vyztuženou deskou. Deska bude odizolována proti vodě a zemní vlhkosti, případně proti pronikání radonu z podloží. Základy budou svisle zatepleny nenasákavou tepelnou izolací.

Hlavní budova je řešena jako dvoupodlažní nepodsklepený objekt se stěnovým systémem, tvořeným slaměnými panely Ecococon, doplněným o dřevěnou konstrukci střechy. Panely Ecococon jsou prefabrikované slaměné panely, tvořené dřevěnými sloupky, vyplněné slámou. K sobě navzájem se spojují vruty a k základům jsou ukotveny přes prahovou fošnu. Stěny jsou doplněny z vnitřní strany instalační předstěnou a hliněnou omítkou a z vnější strany heraklitovou deskou. Stěny ukončuje dřevěnou věncovou fošnu, na kterou se provede konstrukce stropu. Dřevěná konstrukce střechy funguje na principu vzpěradla, kde zatížení ze střešního pláště se přes krokve a vaznice přenáší do vzpěr a poté do základů. Konstrukce stropu, sestávající se ze dřevěných stropních trámů a stropnic je připojena na vzpěradlovou konstrukci. Na stropní trámy je umístěna přes prahovou fošnu další stěnová konstrukce zakončená pozednicí, na které jsou ukotveny krokve. Připojení vzpěr vzpěradlové konstrukce k základům je navrženo jako kloubové, přenášející zatížení do základů stejných pro stěnovou konstrukci. Střecha je řešena jako sedlová se sklonem 30° s přesahem.

Chatky jsou řešeny jako jednopodlažní vzájemně uzavřené celky. Stěnová konstrukce je tvořena dřevěným sloupkovým systémem typu „two by four“ doplněná konopnou izolací. z vnější strany doplněny heraklitovou deskou a z vnitřní strany instalační předstěnou a hliněnou omítkou. Střecha je extenzivní, zelená, pultová se sklonem 10°. Konstrukce střechy je řešena pomocí dřevěného krovu, kde krokve jsou osedlány na pozednici a vaznici stěnové konstrukce chatek a ukotvených ocelovými botkami k stěnové konstrukci hlavní budovy. Přístup na střechu pro kontrolu a údržbu je navržen pomocí žebříku. K zajištění bezpečnosti proti sesuvu sněhu ze střechy je doporučeno umístit sněhové zábrany a to minimálně nad vchody do objektu.

3.2 Materiálové řešení stavby

3.2.1 Výkopy a základy

Před výkopem základů bude sejmuta ornice a deponována na vyhrazeném místě staveniště. Ornice bude později využita na povrchové zahradní úpravy. Dům je založen na základových pasech, které jsou zakončeny vyztuženou základovou deskou. Výkopy budou vyhloubeny do rostlého terénu. Po dokončení budou základy zahrnuty do nezámrzé úrovně. Dimenze základů nebyla předmětem této práce. Před prováděním betonáže základových pasů je nutné uložit do základové spáry uzemňovací pásek FeZn a provést všechny prostupy základovou deskou.

3.2.2 Izolace proti vodě a radonu

Těsnost spodní stavby proti zemní vlhkosti a tlakové podzemní vodě zajišťuje hydroizolační pás zoxidovaného asfaltu vrchní pás snosnou vložkou z polyesterové rohože (ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL). Hydroizolace bude plnoplošně lepena a spoje budou vystřídány. Podklad bude penetrován. Po dokončení hydroizolace bude provedena zkouška těsnosti. Hydroizolace musí být provedeny v souladu s ČSN 73 0600, ČSN 73 1901 a ON 73 3300.

Navrhovaná asfaltová izolace umožňuje dokonalou izolaci proti podzemní vodě i proti pronikání radonových plynů do budovy z podloží a odpovídá ochraně proti nízkému radonovému riziku, které bylo zjištěno při radonovém průzkumu.

3.2.3 Svislé konstrukce:

Obvodová stěna hlavní budovy

Obvodová stěna je tvořena prefabrikovanými slaměnými panely Ecococon o tloušťce 400mm. Ze strany exteriéru je konstrukce opláštěna heraklitovou deskou tl 80mm a opatřena vápennou omítkou. Z interiéru je instalační předstěna tl. 40 mm, tvořená OSB deskou, vyplněná dřevovláknitou deskou Steico Therm a na ní je hliněná omítka tl. 40 mm. Stěnová konstrukce leží na prahové fošně 300 mm nad terénem. Je do ní ukotvena pomocí vrutů. Vzduchotěsnost je zajištěna OSB deskami a proto všechny prostupy a drážky u této desky musí být opatřeny Airstop páskou. Stěny jsou zakončeny věncovou fošnou, která se na stěny osadí díky vrutům. Stěny v druhém podlaží pokračují na konstrukci stropu a jsou připevněny vruty znovu k prahové fošně. Se střešou je spojuje pozednice, na které sedí krokve.

Obvodová stěna chatek

Chatky jsou tvořeny nosnou sloupkovou konstrukcí „two by four“ se sloupky 120/60 mm a izolace zde tvoří konopné desky. Konopná izolace je jak mezi sloupky tak je předsazena před ně v celkové tloušťce 180 mm. Dodatečná izolace je upevněna dřevěnými sloupky a vynášecími deskami z OSB. Z vnější strany je konstrukce opatřena ještě heraklitovou deskou tl. 25 mm a vápennou fasádní omítkou. Vnitřní část skladby tvoří instalační předstěna a hliněná omítky stejně jako u hlavní budovy. Stěna je ukotvena na prahové fošně 300 mm nad terénem pomocí vrutů a je ukončena věncovou fošnou na kterou navazuje konstrukce krovu tj. pozednice, vaznice a krokve.

Příčky

Vnitřní nenosné stěny jsou tvořeny Ekopanely tloušťky 2x 60 mm s možnou úpravou hluku díky akustické izolaci a na vnitřních stranách opatřeny hliněnými omítkami. Příčky se osazují buď na kotvy, nebo na PUR pěnu.

3.2.4 Vodorovné konstrukce:

Objekt je dvojpodlažní, nepodsklepený. Stropní konstrukce mezi 1. NP a 2. NP bude z dřevěných stropnic 80/200 mm upevněných ocelovými botkami na stropní trámy 2x 160/280 mm z rostlého dřeva. Skladba stropu nad obytnými místnostmi je řešena pomocí akusticky efektivních materiálů Fermacell, plocha mezi stropnicemi je doplněna konopnou izolací s tl. 70mm. Ze spodu je strop opatřený sádkokartonem. Stropní konstrukce nad společenským sálem tvoří přemostění, skládající se pouze s podlahové krytiny a latí, upevněných pomocí hřebíků na stropnice.

Sedlová střecha o sklonu 30° bude tvořena pomocí dřevěného vaznicového krovu doplněného konopnou izolací a keramickou střešní krytinou. Pultová zelená střecha chatek o sklonu 10° bude též tvořena pomocí dřevěného krovu. Přístup na střechu pro kontrolu a údržbu je navržen pomocí žebříku. K zajištění bezpečnosti proti sesuvu sněhu ze střechy je doporučeno umístit sněhové zábrany a to minimálně nad vchody do objektu.

Podlahy jsou jak u hlavní budovy, tak u chatek stejně tvořeny podlahovou krytinou, strojově hlazeným betonem tl. 60 mm s dilatačními pásky po obvodě a izolační vrstvou tl. 240 mm.

Skladby všech konstrukcí jsou specifikovány v samostatném výkresu B8.

3.2.5 Výplně otvorů

Okna

Okna budou dřevěná s izolačním trojsklem, $U_{okna} = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okna jsou usazena ve stěně pomocí předsazené montáže.

Dveře

dveře exteriérové:

Vchodové dveře jsou navrženy dřevěné prosklené. Dveře jsou usazeny ve stěně pomocí předsazené montáže.

dveře interiérové:

Vnitřní interiérové dveře budou také dřevěné. Do obytných místností budou dveře ze dvou třetin prosklené, do ostatních místností budou dveře plné.

Schodiště

Schodiště bude dřevěné dvojramenné s podestou s úhlem 90° . Schody jsou dřevěné s dřevěným obložением a dřevěným zábradlím.

Úprava povrchů

Na venkovních stěnách bude provedena vápenná omítka v tloušťce max. 15mm. Kritická místa jako např. přechody různých materiálů, rohy dveřních a okenních otvorů a uložení překladů je nutno vyztužit sklotextilní sítí. Konečná povrchová úprava je provedena malbou.

Sádrokartonové podhledy budou vystěrkovány a opatřeny malbou na sádrokarton

Vnitřní omítky jsou hliněné. Viditelné venkovní dřevěné konstrukce ze smrku budou ošetřeny olejovým ochranným nátěrem.

Klempířské prvky

Podokapní žlaby vč. háků a svody včetně kolen budou provedeny z TiZn plechu.

Obklady a dlažby

Obklady v hygienických zařízeních budou provedeny z keramických obkladaček do výšky 2 m. Obklad bude rovněž proveden v pásu nad kuchyňskou linkou. Dlažby budou keramické. Barva a formát obkladaček bude upřesněn investorem.

Terénní úpravy

Mezi chatkami a hlavní budovou se provede dřevěná terasa na stěrkovém loži, kde úroveň podlahy terasy bude odpovídat úrovni podlah přilehlých místností. Po dokončení prací bude na zbylou plochu provedeno rozprostření humusové zeminy pro osetí trávou.

3.3 výkresová část

- B1. Situace stavby
- B2. Půdorys 1. NP
- B3. Půdorys 2. NP
- B4. Řez A-A'
- B5. Pohled
- B6. Výkres stropu
- B7. Výkres krovu
- B8. Skladby konstrukcí
- B9. Komplexní řez hlavní budovou
- B10. Komplexní řez chatkami

4 Technická zařízení budov a energetický koncept

Celý objekt byl posuzován na energetickou náročnost a byla připravena energetická optimalizace. Hranice vytápěné plochy lze najít v příloze E1 Schéma vytápěné zóny.

Cílem energetické optimalizace bylo:

- dosažení součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em} < 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- zajistit požadovaný komfort v létě a odstranit letní přehřívání.
- dosáhnout měrné potřeby tepla budovy na vytápění $EA \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ pro nízkoenergetický standart budovy.

Výstupy z této části posouzení budovy jsou v části práce Energetická optimalizace. Dále je přestaven koncept pro energetické optimalizace a řešení systémů TZB.

4.1 Koncept energetické optimalizace

4.1.1 Seznam použitých podkladů pro zpracování

1. TNI 73 0329 - Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy, 2010
2. ČSN 75 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

Celá energetická optimalizace byla zpracována výukovými materiály MS Office Excel vytvořeném pro předmět 124 YDRS panem Ing. Kamilem Staňkem, Ph.D.

4.1.2 Stanovení součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em} :

Objekt je dvoupodlažní s přistavenými chatkami na jihozápadní straně. Nejvíce oken je situováno na severovýchodní a jihozápadní stranu. V objektu jsou umístěna také čtyři střešní okna. Skladba stěn je uzpůsobena tak, aby součinitel prostupu tepla vyhověl podmínkám pro pasivní budovy. Také skladby konstrukcí střech a podlahy vyhovují pro toto kritérium. Nejdříve je nutné stanovit systémovou hranici objektu, která ohraničuje vytápěnou zónu pro kterou je počítána potřeba tepla na vytápění. Systémovou hranici tvoří prvky, které tuto zónu oddělují od vnějšího prostředí, nevytápěných prostor a jiných teplotních zón. Navrhovaný objekt je poměrně posuzujeme jako jeden vytápěný prostor s předpokládanou teplotou 20°C . Systémová hranice je vyznačena červenou barvou na výkresu E1.

Skladby konstrukcí byly posouzeny v programu Teplo 2014 EDU viz příloha v rámci energetické optimalizace.

Veškeré skladby splňují normové požadavky na součinitel prostupu tepla U a na šíření vlhkosti konstrukcí dle příslušné ČSN. Skladby jsou navrženy také s ohledem na kondenzaci vodní páry v konstrukci. Přírážka pro tepelné vazby a mosty je uvažována $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Posouzení detailů na tepelné ztráty nebylo provedeno.

Součinitel prostupu tepla obálkou budovy byl stanoven na $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, což splňuje podmínky zadané optimalizací a také tento stav se dá považovat jako vhodný pro pasivní domy

Detailní stanovení U_{em} lze najít v příloze energetické optimalizace

4.1.3 Posouzení objektu na letní přehřívání:

Problém tepelného přehřívání se týká hlavně objektů s malou půdorysnou plochou. Proto jako prostor pro posouzení tohoto problému jsem vybral jednu z chatek v jihozápadní části objektu, konkrétně číslo 1.11 z půdorysu. Chatka má rozměry $2,9 \times 3,76 \text{ m}$. Je určena pro dva lidi na celoroční provoz. Předpokládá se, že chatka bude používána pouze na přespání s minimem používaných přístrojů, jako jsou počítače nebo televize. V letních měsících se předpokládá noční chlazení s násobností výměny vzduchu $n=3 \text{ /h}$. Výpočet je proveden pro 3 modelové letní dny

Konstrukce mají následující součinitel prostupu tepla U :

- Obvodová stěna $U=0,015 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Vnitřní stěna $U=0,373 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Podlaha $U=0,126 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Střecha $U=0,138 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Akumulační plocha je zajištěna dřevovláknitou deskou Therm a hliněnou omítkou. Předpokládáme zjednodušení výpočtu, kdy ve 24 hodinovém cyklu je aktivní pouze 10 cm konstrukce směrem k vnitřnímu povrchu.

Podmínky, které chceme dosáhnout k vyřešení problému letního přehřívání:

- Dosáhnou standardizovaného pásma tolerance teplot v interiéru, kdy teplota se neliší více než o $8 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Teplota podle příslušných předpisů nesmí překročit hodnotu 27°C

Navrženy venkovní žaluzie 45° lamelové světlé

Detailní posouzení lze najít v příloze energetické optimalizace.

Obě podmínky byly splněny.

4.1.4 Stanovení měrné potřeby tepla na vytápění EA:

Stanovení měrné potřeby tepla na vytápění je vztaženo pro celý objekt dle vytápěné zóny, kterou lze najít v příloze E1

Vnitřní zisky byly uvažovány solární- průsvitnými konstrukcemi a vnitřní-lidmi a zařízením. Tepelné ztráty byly uvažovány prostupem tepla obálkou budovy a větráním. Díky tomu, že v objektu se nachází kuchyně, je tepelná ztráta větráním ve významná. Vnitřní zisky od uživatelů objektů jsou proměnlivé, protože závisí na jejich obsazenosti. Podmínky budou změněny, pokud se ve společenské místnosti dosáhne plná kapacita lidí. Také pokud se pokoje a chatky obsadí, budou zde jiné hodnoty tepelných zisků. Proto je nutné navrhnout klimatizaci, která tyto výkyvy dokáže zvládnout. Tepelné zisky od spotřebičů v kuchyni jsou také nezanedbatelné a jejich výkyvy při provozu kuchyně jsou nemalé.

Okrajové podmínky výpočtu:

- objekt nemá zařízení pro zpětné získávání tepla (rekuperace).
- kuchyně je mimo provoz.
- v objektu se nachází 10 lidí na 70% jejich přítomnosti
- nejsou uvažovány žádné zdroje tepla od spotřebičů a svítidel
- klimadata jsou vztažena pro danou oblast ČR (Hodonínsko, podobná nadmořská výška)

Tepelné zisky dosahují hodnoty: 22 073 kWh

Tepelná ztráta dosahuje hodnoty 33 160 kWh

Měrné potřeba tepla na vytápění E_A : 23 kWh/(m²·a)

Pokud bychom uvažovali ZZT s 70% účinností je měrné potřeba tepla na vytápění E_A : 16,2 kWh/(m²·a).

4.2 Systémy technických zařízení budov

4.2.1 Vytápění

Jako zdroj tepla bude navržen kotel na tuhá paliva v technické místnosti. Jeho výkon bude stanoven podrobným výpočtem podle výpočtu otopných těles soustavy. Systém vytápění bude trojfázový, aby dokázal reagovat na potřeby objektu jako celku. Vedení potrubí k otopným tělesům bude v instalační předstěně stěn a v podlaze. Svislé potrubí je vedeno v instalační šachtě.

První okruh bude zabezpečovat vytápění celého společenského sálu. Součástí tohoto okruhu je i vytápění kamen, které slouží jako otopné těleso. Detailní koncept tohoto řešení kamen není součástí této práce.

Druhý okruh se týká propojení otopných těles 1NP v šatně a ve 2 NP v pokojích a v koupelně. Tato regulace umožní vypnutí otopných těles, pokud se pokoje nebudou využívat.

Třetí okruh souvisí s vytápěním pokojů. Otopná tělesa jsou zapojeny tak, aby se jednotlivá otopná tělesa v chatkách vypnout bez nutnosti vypnout ostatní za daným otopným tělesem.

Dvoutrubková otopná soustava bude tvořena deskovými otopnými tělesy, v koupelně doplněnými koupelnovým trubkovým tělesem, napojeným na otopný systém.

Součástí systému vytápění je i zásobník teplé užitkové vody umístěný ve stejné místnosti jako kotel. Kotel na tuhá paliva bude převážně na dřevo a pelety. Zásobník na palivo bude umístěn ve stejné místnosti vedle kotle. Ten bude zajišťovat potřebné palivo pro určité období, nikoli však pro celý rok. Další zásoby paliva budou uskladněny na příhodném místě na pozemku. Na kotel je napojené komínové těleso, vedoucí na střechu. Schéma vedení systému vytápění je představen v příloze E2 Schéma systémů TZB

4.2.2 Kanalizace

Veškeré připojení na inženýrské sítě bude ze západní strany pozemku. Kanalizace splašková bude svedena do kanalizační šachty, které je umístěna na pozemku. Poté potrubí pokračuje do kořenové čističky odpadních vod. Dešťová kanalizace bude svedena do retenční nádrže, která bude umístěna na pozemku v jeho východní části.

V objektu se nacházejí dva recyklovací záchody, kde tuhý odpad bude uskladněn v příslušných kontejnerech a recyklován.

Před zahájením zemních prací je nutné zajistit vytyčení a provést kontrolu skutečného umístění stávajících dotčených inženýrských sítí. Při zemních pracích musí být dodrženy zásady ČSN 73 3050 a související normy a předpisy. Ležatá vnitřní kanalizace je vedena v zemi. Bude provedena z potrubí ve spádu min. 3 % pod objektem a min. 2 % mimo objekt. Bude položena do výkopu, na tl. 100 mm tlustý pískový podsyp, urovnaný v daném spádu, obsypaný jemnozrnným kamenivem tl. 200 mm a zhutněný. Svislá odpadní potrubí budou provedena v instalační šachtě. Připojovací potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům bude provedeno z plastového potrubí ve spádu min. 3%.

4.2.3 Vodovod

Za účelem zásobování objektu pitnou vodou je v blízkosti objektu vyhotovena studna na pitvou vodu. Ta prochází nezbytnou úpravou a je přivedena. Vodoměrná šachta je umístěna na pozemku investora. Uvnitř je vodoměrná sestava.

Vnitřní rozvody vody budou vedeny potrubím z vodoměrné šachty do technické místnosti, kde se nachází zásobník teplé vody.

Teplá voda bude připravována jak v kotli na tuhá paliva v technické místnosti, tak bude zřízený okruh, kde se teplá voda bude ohřívat v solárních kolektorech na střeše. Objem zásobníku je 400 l. Z technické místnosti budou rozvody vody vedeny k zařizovacím předmětům dvoutrubkově (bez cirkulace). Rozvody budou vedeny v podlaze nebo ve v instalačních předstěnách příček a obvodových konstrukcí. Rozvod teplé vody je znázorněn v příloze E2 schéma systémů TZB.

Celá soustava bude spádovaná pod spádem 0,5 % k nejnižšímu výtoku. Navržené zařizovací předměty jsou standardního provedení. Baterie u umyvadel jsou stojánkové pákové, u dřezu dřezová páková stojánková a u sprch nástěnná sprchová páková. Pro napojení pračky a myčky bude připojen ventil se zpětnou klapkou.

4.2.4 Plynovod

V místě pozemku investora není zřízena plynofikace

4.2.5 Elektroinstalace

Objekt bude napojen na elektrickou rozvodnou síť z kabelové skříně, která bude umístěna v severozápadním rohu pozemku, kde bude osazen třífázový elektroměr, HDO a jištění 3 x 25 A.

4.3.6 Výkresová část

- Výkres E1 Schéma vytápěné zóny
- Výkres E2 Schéma systémů TZB

5 Stavební fyzika - tepelná technika, osvětlení, oslunění, akustika

5.1 Tepelná technika

Tepelná technika je řešena v části Energetická optimalizace

5.2 Osvětlení a oslunění:

Orientace domu není pro nízkoenergetický koncept objektu zcela vhodně řešena. Okna na severní straně jsou spíše menší a pouze taková, aby zajistili dostatečné osvětlení společenského sálu. Denní osvětlení a oslunění odpovídá požadavkům ČSN 73 4301 a ČSN 73 0580. Velikost oken zabezpečuje dostatečnou světelnou pohodu. Místnosti bez vhodných podmínek zajištěných denním osvětlením jsou přisvětleny umělým osvětlením. Při volbě svítidel do místnosti je nutné použít postup podle technických požadavků ČSN 36 0450.

5.3 Akustika

Návrh téměř všech skladeb splňuje požadavky Nařízení vlády č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Pro stropní konstrukci je použita modifikovaná skladba výrobce Farmacell, kde jsou deklarovány potřebné akustické požadavky. Příčky z Ekopanelů mají deklarovaný požadovaný útlum od výrobce, pro mezibytové příčky je skladba příček doplněna o akustickou izolaci Wolf. Pro obvodové konstrukce systému Ecococon nejsou deklarovány potřebné akustické hodnoty, proto nejde vyhodnotit nutné požadavky. V porovnání s podobnými konstrukcemi však můžeme předpokládat, že tyto požadavky splněny jsou.

6 Stavebně konstrukční řešení

6.1 Podklady pro zhotovení projektu

- ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí
- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba, shoda
- ČSN 73 1201 – Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
- ČSN 73 0202 Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení
- ČSN 73 0210-1 Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení
- ČSN 73 0212-3 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 3: Pozemní stavební objekty
- ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí

Použitý software

Seznam programů, které byly použity při zpracování výpočtové a výkresové části dokumentace.

- AutoCAD 2016
- MS Excel
- Scia Engineer 15

6.2 Základní charakteristika konstrukčního řešení

Tyto informace byly zpracovány v části: 2.3 Konstrukční a materiálové řešení stavby

Popis materiálů nosných konstrukcí a jejich základní charakteristiky.

Konstrukce je navržena ze železobetonu v kombinaci s nosnými stěnami z keramického zdiva.

- **Základy: železobetonové, beton C25/30 XC2 (CZ) – Cl 0,2 – D_{max} 16 – S3.**
- **Nosné stěny 1. NP a 2.NP hlavní budovy: Slaměné panely Ecococon.**
- **Konstrukce střechy sedlové, střechy pultové, stropních konstrukcí a konstrukční řešení stěn chatek: Rostlé dřevo C24**

. Pro komunikaci mezi 1.NP a 2.NP je navrženo dřevěné schodiště.

6.3 Zatížení

6.3.1 Stálá zatížení

Výpočet všech stálých zatížení je uveden v části Stavebně konstrukční řešení

6.3.2 Užitná zatížení

Obytné plochy.....	2 kN/m ²
Schodiště.....	3 kN/m ²
Prostory pro shromažďování lidí (pobytové prostory).....	4 kN/m ²
Prostory pro shromažďování lidí (přemostění).....	5 kN/m ²
Nepřístupná střecha.....	0,75 kN/m ²

6.3.3 Klimatická zatížení

IV sněhová oblast (charakteristická hodnota pro sníh na zemi).....	1,9 kN/m ²
II. větrná oblast (základní rychlost).....	25,0 kN/m ²

6.3.4 Zatížení na konstrukce

Výpočet všech stálých zatížení je uveden v části Stavebně konstrukční řešení

6.3 Popis konstrukce domu

6.3.1 Založení

Dům je založen na základových pasech, které jsou zakončeny vyztuženou základovou deskou. Výkopy budou vyhloubeny do rostlého terénu. Detailní posouzení základových konstrukcí není součástí této práce

6.3.2 Stěnové nosné konstrukce

Stěnové konstrukce jsou tvořeny slaměnými prefabrikovanými panely Ecococon. Statické posouzení vychází z hodnot deklarovaných výrobcem. Panely jsou opláštěny z vnitřní strany OSB deskami zajišťující dostatečnou tuhost stěnové konstrukce. Stěnové konstrukce jsou k základové konstrukci připojeny přes prahovou fošnu a připojení ke stropu je použito věncových fošen. Detailní posudek na únosnost Ecococonu nebyl proveden.

6.3.3 Konstrukce střechy a stropů

Konstrukce střechy a stropů tvoří jednu ucelenou konstrukci. Tato konstrukce má vzpěradlový charakter statického působení a působí samostatně jako plná vazba o rozponu 3 m. Zatížení se přenáší ze střešního pláště do krokví o rozměru 120x200 mm po 1 m. Krokve jsou osedlány do pozednice o rozměrech 160x140 mm. Dále jsou osedlány na středové vaznice o rozměrech 180x260 mm a zajištěny kleštinami 2x 100x180 mm proti tahovému namáhání. Vaznice podepírají šikmé vzpěry o dimenzi 160x200 mm, které jsou připevněny k základové konstrukci kloubovým uložením. Vaznice jsou doplněny pásky 100x100 mm. Stropní konstrukce se skládá z příčných stropních trámů 2x 180x280 mm a na ně kolmých stropnic o rozměrech 80x200 mm s rozponem 0,9 m, upevněných na ně ocelovými botkami typu BV. Stropní trámy jsou na stranách osazeny na stěnovou konstrukci Ecococon přes věncovou fošnu 100x280 mm. Pro zefektivnění konstrukce jsou zde použity pásky rozměru 160x160 mm. Kleštiny jsou do vaznic částečně zapuštěny a přispívají k větší stabilitě přípoje kleštin, vzpěr a vaznic. Konstrukce střechy je opatřena OSB deskami spojený s krovem pomocí vynášecích OSB desek.

Celkové statické posouzení všech důležitých prvků lze najít v příloze Stavebně konstrukční řešení. Popis výběru vhodné variantu pro konstrukci plně vazby je popsán v příloze stavebně-konstrukční řešení. Celkové schéma navržených prvků lze nalézt v příloze S2 Schéma navržených prvků

6.3.4 Konstrukce chatek.

Konstrukce chatek, skládající se z konstrukčních sloupků 60x120 mm tvořící systém „two by four“ byla navržena odhadem. Konstrukci střechy tvoří krokve 100x 200 mm s osovou vzdáleností 625 mm také navrženou empiricky. Je zde zhotoven OSB záklop, sloužící jako podklad pro zelenou střechu. Není součástí statického výpočtu této práce.

6.3.5 Prostorová tuhost objektu

Prostorovou tuhost objektu zajišťují vzájemně provázané obvodové stěny tvořené z prefabrikovaných panelů Ecococon navzájem připojených pomocí vrutů a provázaných mezi sebou Věncovými a prahovými fošnami a OSB deskami.

Prostorová tuhost stěnové konstrukce hlavní budovy i chatek je zajištěna OSB deskami. U konstrukce sedlové střechy zajišťují tuhost OSB desky spojené s krovem pomocí vynášecích desek také z OSB. U konstrukce pultové střechy její tuhost zajišťuje záklop z OSB desek na kontralatích tvořících vzduchovou mezeru.

Pro dostatečnou tuhost, respektive smykovou únosnost musí být dřevěné desky spojeny vruty 4,5x50 mm po 300 mm.

6.3.6 Přípoje jednotlivých prvků

Detailní řešení přípojů jednotlivých prvků nebylo v této práci řešeno. Spojovací prvky tvoří hřebíky, vruty, ocelové botky typu BOVA a svorníkové spoje. Řešení přípojů je ukázáno ve stavebních detailech komplexního řezu budovou, viz. přílohy B10 a B11.

6.4 Požadavky na vzhled, kvalitu a povrchové úpravy

Povrchová úprava konstrukcí (včetně barevného provedení) se řídí technologickými postupy výrobce a požadavky investora

Dřevěné konstrukce budou ošetřeny přípravkem proti dřevokazným houbám a škůdcům s požadovaným atestem na nezávadnost vnitřního prostředí. Dřevo musí být vysušeno na rovnovážnou vlhkost. V žádném případě se nesmí použít dřevo nedostatečně vysušené!

6.4 Výkresová část

- S1 porovnání konstrukčních variant
- S2 Schéma navržených prvků

7 BOZP, požární ochrana, životní prostředí

V celém průběhu stavební činnosti i ve fázi jejích přípravných prací musí být všemi pracovníky stavby důsledně dodržována všechna opatření a zákonné předpisy k zajištění bezpečnosti práce a ochrany zdraví osob na staveništi (zákon č. 183/2006 Sb., zákoník práce č. 591/2006 Sb., o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích, nařízení vlády č. 494/2001 Sb. a č. 495/2001 Sb.). Po celou dobu výstavby budovy bude na staveništi zajištěn odborný stavební dozor.

8 Dodržení obecných požadavků na výstavbu:

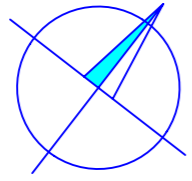
Při zpracování dokumentace stavby byly dodrženy požadavky dané platnou legislativou ve znění předpisů platných ke dni podání žádosti o stavební povolení:

- zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech
- zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích

- zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší
- zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích
- zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči
- zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně
- zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému
- zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví
- zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu
- zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií
- vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na výstavbu
- vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území
- vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb
- vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- nařízení vlády č.480/2000 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením
- nařízení vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci:

9 Závěr:

Konstrukce jsou obecně navrženy v souladu se souborem platných norem v České republice.



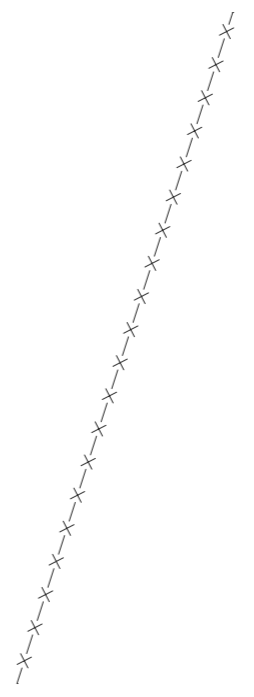
Legenda čar :

- nová elektro přípojka
- vodovodní přípojka
- vrtaná studna
- potrubí splaškové kanalizace
- potrubí dešťové kanalizace
- ohrazení pozemků

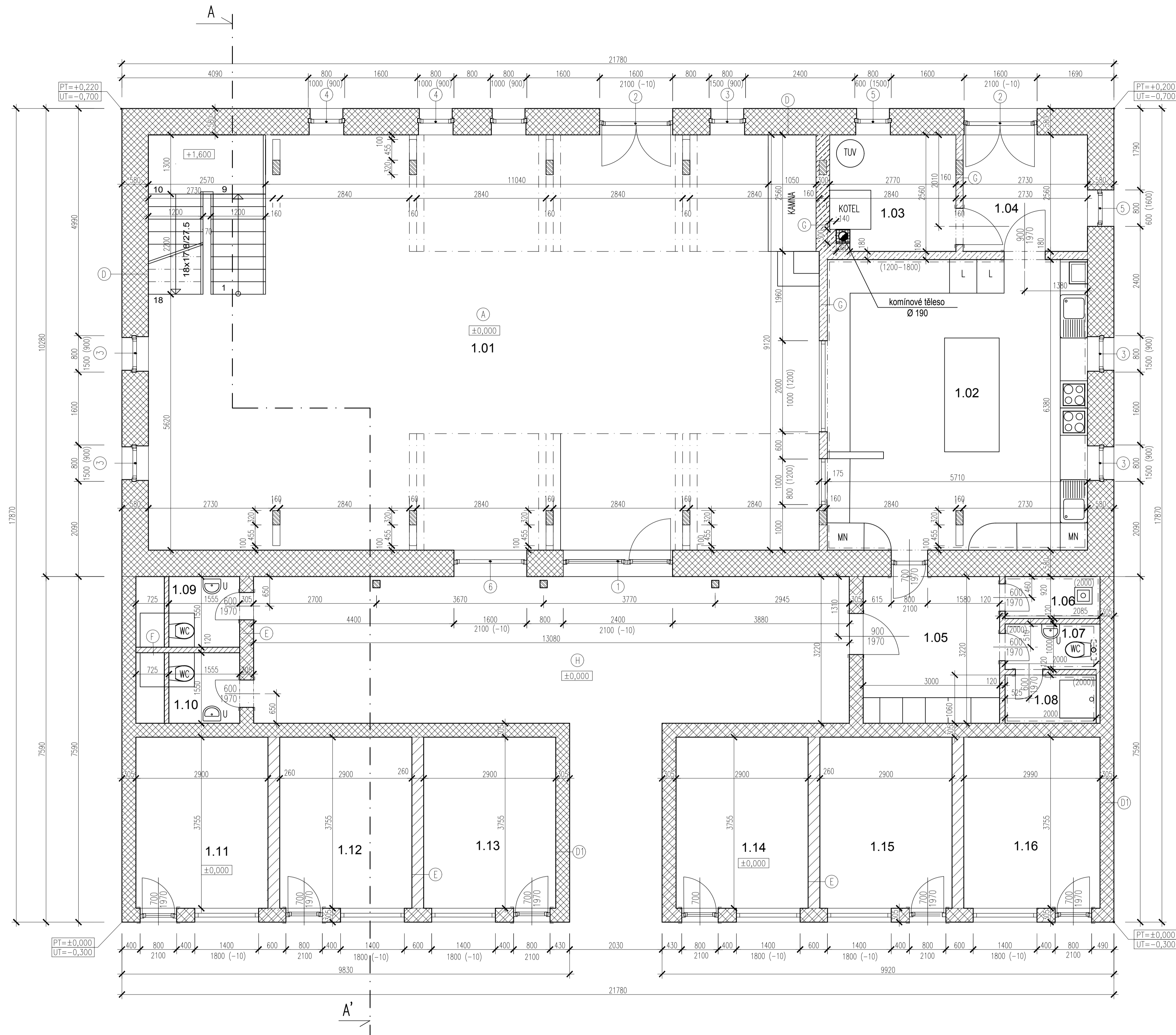
- nezpevněné plochy: prašná cesta
- řešený objekt
- vstupy do objektu
- 656 - čísla objektů

POZN.:

- Parcelační čísla zatím nejsou
- Zastavěná plocha objektu = 270,74 m²
- Plocha stavebního pozemku = 7670 m²
- ÚP 0,000 = 395,000 m n. m. (v.s. ČSNJS - Bpv)



Zpracoval: Petr Čanda	Vedoucí cvičení: ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016/2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC-BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST			Meřítko: 1:200
Název výkresu: SITUACE			Číslo výkresu: 1



A PODLAHA DOMU V PRÍZEMÍ:

- Podlahová krytina
- Strojově hlazený beton tl. 50-70 mm
- Separáčnı́ folie s obvodovým dilatačním páskem
- Podlahový polystyren EPS GREY 100 tl. 2x120 mm
- Asfaltový pás modifikovaný
- Bet. základová deska B 20 + KARI síť 150/150/5 tl. 120 mm
- Zhutněná stěrková podklad, frakce 16-32

E VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA:

- Hliněná omítka tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Instalační mezera tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Hliněná omítka tl. 40mm

D VNĚJŠÍ STĚNA HLAVNÍ BUDOVY:

- Fasádnı́ vpenn omıtka tl. 10 mm
- Heraklith tl. 80 mm
- Panel ECOCOCON tl. 400 mm
- OSB deska P+D tl. 12,5 mm
- Svisl rošt + dřevovlknit deska Therm tl. 40 mm (instalační mezera)
- Hliněná omıtka tl. 40mm

D1 VNĚJŠÍ STĚNA CHATEK:

- Fasádnı́ vpenn omıtka 10 mm
- desky Heraklith 25 mm
- Vynsecı́ desky + konopn tepeln izolace tl. 60 mm
- Vnitřnı́ konstrukční sloupky 60/120 mm + konopn tepeln izolace tl. 120 mm
- OSB deska P+D tl. 15 mm s těsněním spoj
- Svisl rošt + dřevovlknit deska Therm tl. 40 mm (instalační mezera)
- Hliněná omıtka tl. 40mm

G VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA:

- Hliněné nepřepěně chylı́ tl. 160mm

F VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA:

- Vnější povrchov úprava
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Vnější povrchov úprava

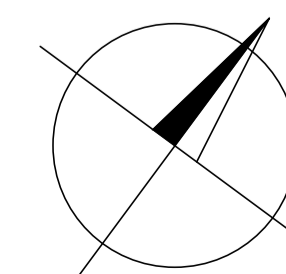
Tabulka místností

Číslo	Jméno	Plocha	Podlaha
1.01	SPOLEČENSK MÍSTNOST	133,6 m ²	DŘEVĚN PODLAHA
1.02	KUCHYNĚ	36,43 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.03	TECHNICK MÍSTNOST	11,20 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.04	CHODBA	40,30 m ²	DLAŽBA/PLOVOUČI
1.05	ŠATNA	9,69 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.06	KLDOV MÍSTNOST	1,92 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.07	WC	2,02 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.08	SPRCHA	2,21 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.09-1.10	KOMPOSTOVACI WC	2,37 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.11-1.15	CHATKA	10,89 m ²	DLAŽBA KERAMICK
1.16	CHATKA	11,22 m ²	DLAŽBA KERAMICK
	CELKEM	270,74 m ²	

Legenda materiálů:

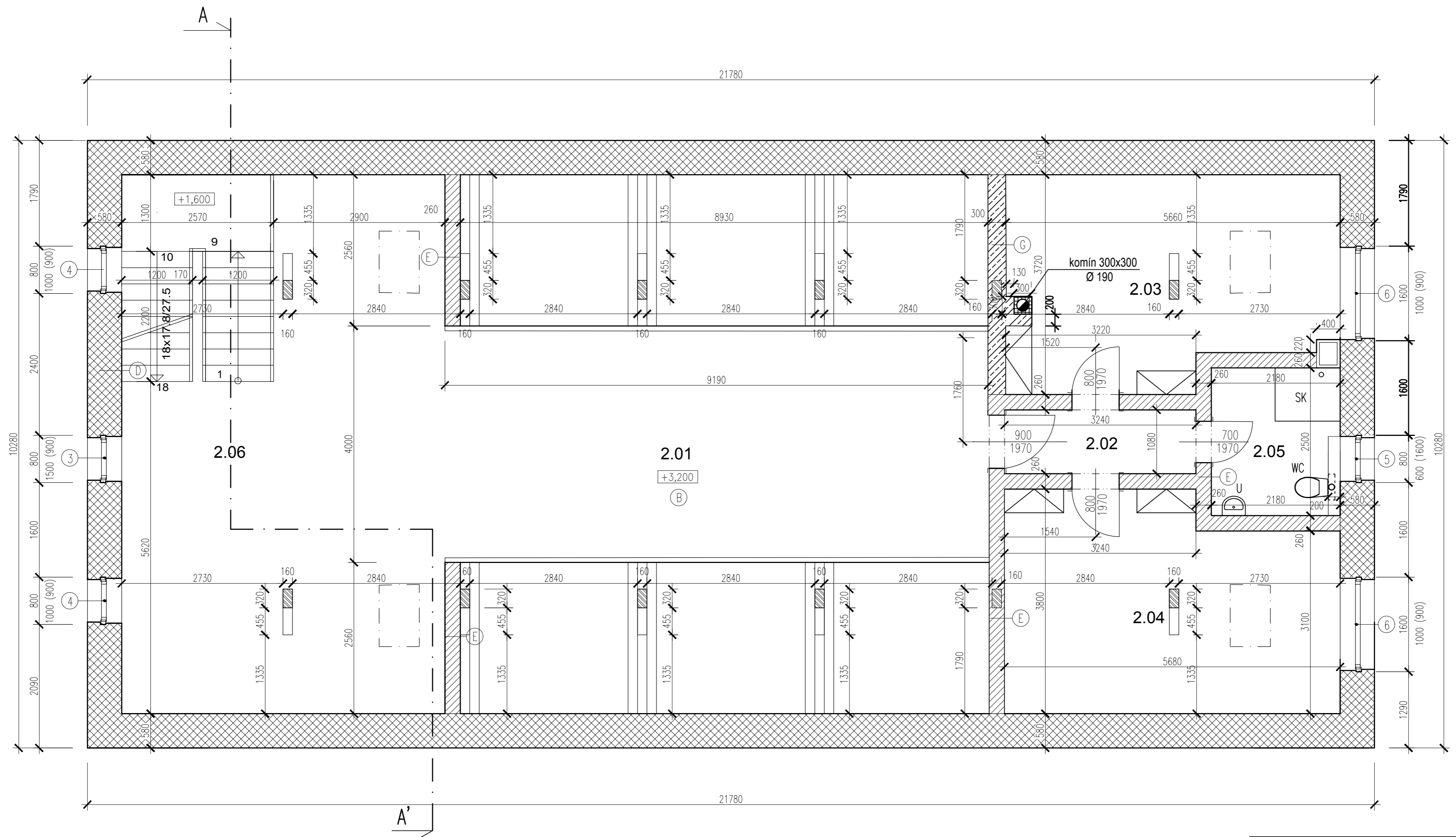
- ob. nosn Ecococon
- ob. nosn dřevěné stěny
- přı́čky ekopanel
- přı́čky z hliněných cihel
- dřev v přı́čném řezu

POZNÁMKA: SCHODIŠTĚ JE DŘEVĚNĚ SAMONOSNĚ S DŘEVĚNÝMI STUPNI



±0,000=395,00 m n. m. (Bpv)

Zpracov:	VEDOUcí DĚLN:	Šifra rok:	Ekolog stavebnı́
PETR ČANDA	Ing. JR ROZINA Ph.D.	2014-2017	ČVUT
Projekt:	124BAPC-BKALSK PRÁCE		
Názov vkny:	STAVEBNı́ ČÁST - B	Datum:	28.5.2017
Názov výkresu:	PŮDORYS 1.NP	Mstko:	1:50
		Číslo výkresu:	3



A PODLAHA DOMU V PŘÍZEMÍ:

- Podlahová krytina
- Strojové hlazený beton tl. 50-70 mm
- Separční fólie s obvodovým dilatačním páskem
- Podlahový polystyren EPS GREY 100 tl. 2x120 mm
- Asfaltový pás modifikovaný
- Bet. základová deska B 20 + KARI sít 150/150/5 tl. 120 mm
- Zhutněný stěrkový podklad, frakce 16-32

G VNITŘNÍ DĚLÍCI PŘÍČKA:

- Hliněné nepélené cihly tl. 160mm

E VNITŘNÍ DĚLÍCI PŘÍČKA:

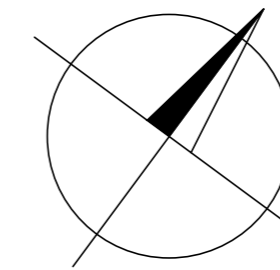
- Hliněné omítka tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Instalační mezera tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Hliněné omítka tl. 40mm

Legenda materiálů:

- ob. nosné Ecococon
- ob. nosné dřevěné stěny
- příčky ekopanel
- příčky z hliněných cihel
- dřevo v příčném řezu

Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Podlaha
2.01	PŘEMOSTĚNÍ	39,29 m ²	DŘEVĚNÁ PODLAHA
2.02	CHODBA	3,50 m ²	DŘEVĚNÁ PODLAHA
2.03	POKOJ 1	19,20 m ²	DŘEVĚNÁ PODLAHA
2.04	POKOJ 2	19,86 m ²	DŘEVĚNÁ PODLAHA
2.05	KOUPELNA + WC	5,45 m ²	DLAŽBA KERAMICKÁ
2.06	ODPOČINOVÝ PROSTOR	39,01 m ²	DŘEVĚNÁ PODLAHA
CELKEM (DŮM)		128,13 m ²	

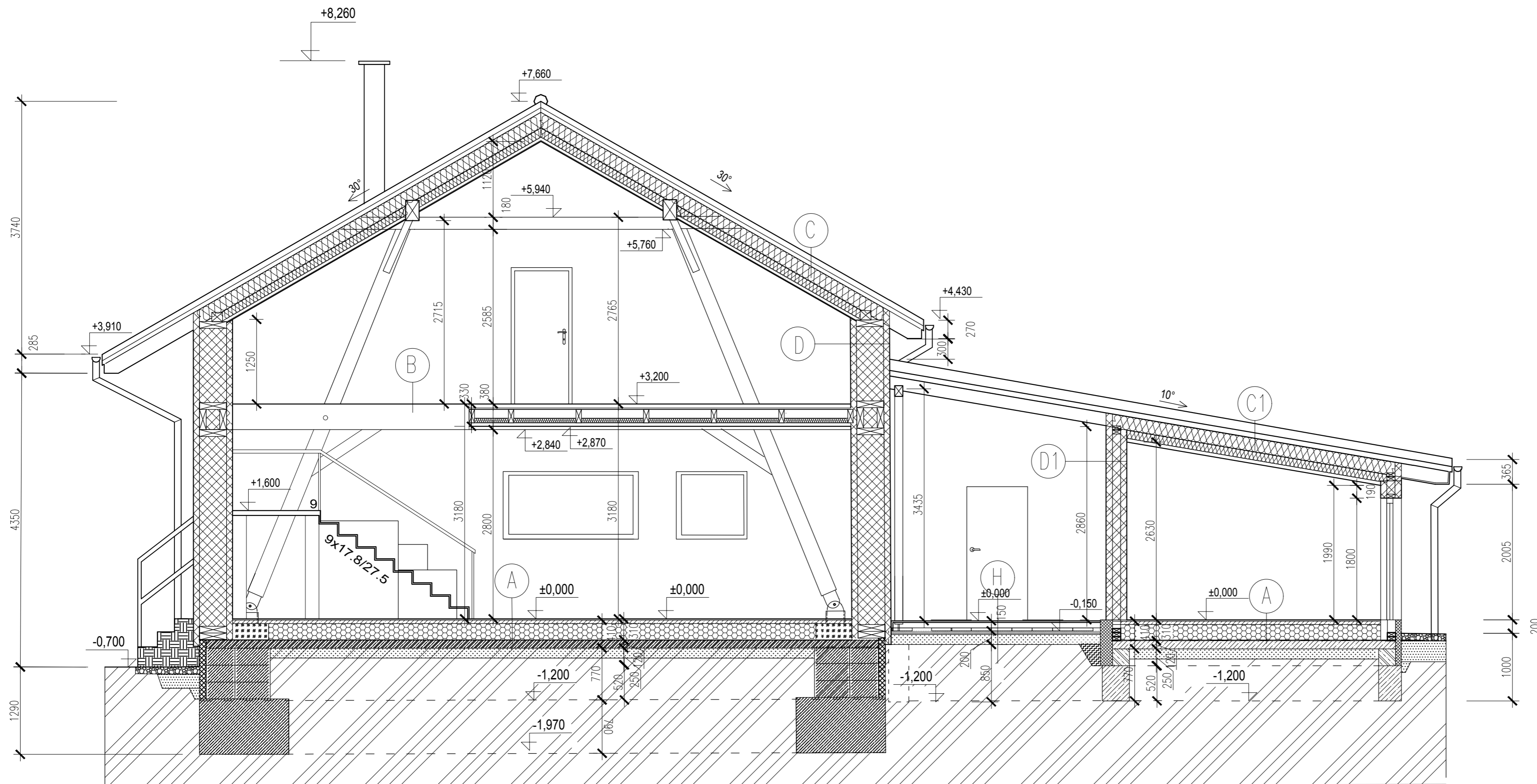
±0,000=395,00 m n. m. (Bpv)



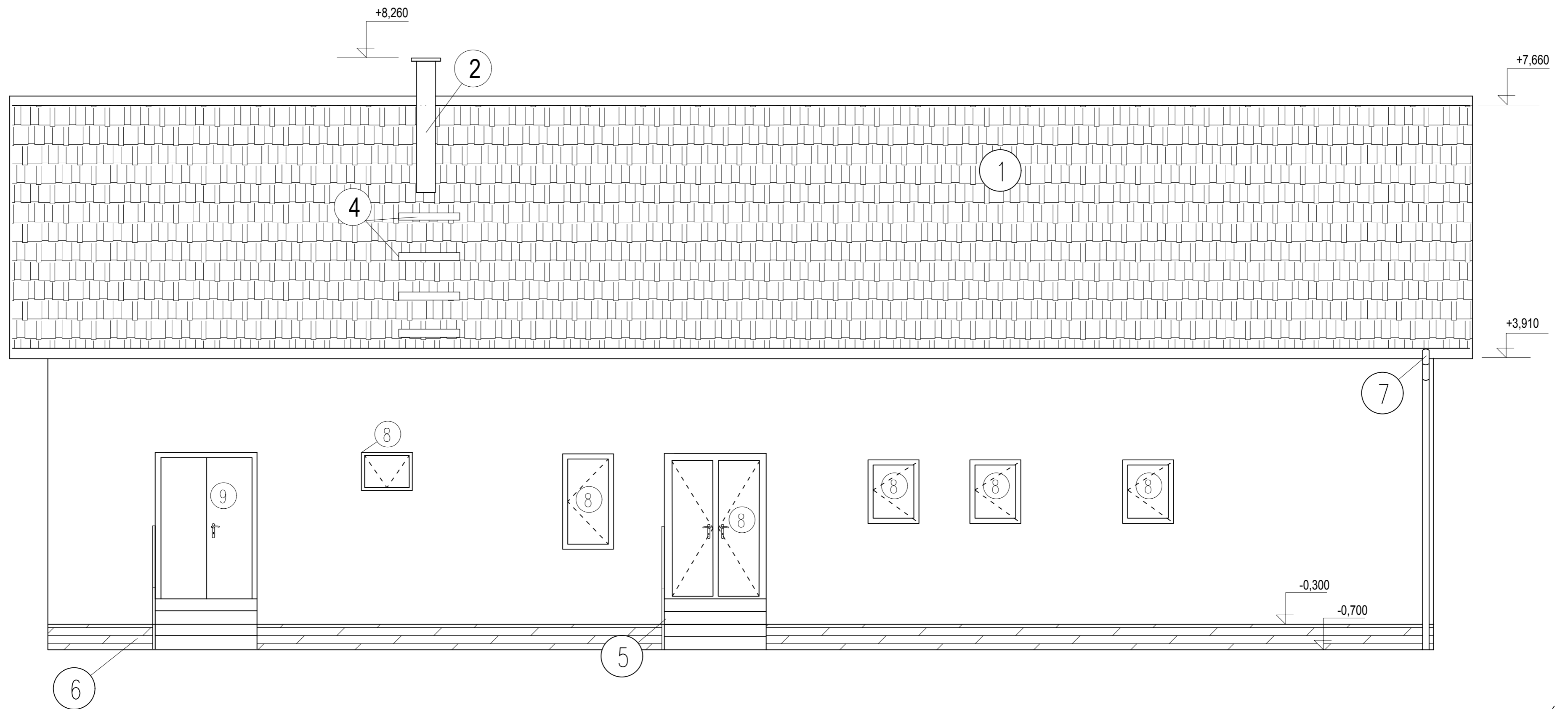
Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016-2017	Fakulta stavební CVUT
Předmět: 124BAPC-BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Měřítko: 1:50
Název výkresu: PŮDORYS 2.NP			Číslo výkresu: 3

Legenda
materiálů :

-  – štěrkový podsyp
-  – dřevo v příčném řezu
-  – železobetonové konstrukce
-  – beton prostý
-  – beton litý
-  – rostlý terén
-  – zem nasypaná
-  – tepelné izolace stěn
-  – polystyren
-  – podlahový polystyren
-  – tepelná izolace střechy – Konopná
-  – kámen



Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Měřítko: 1:50
Název výkresu: ŘEZ A–A			Číslo výkresu: 4



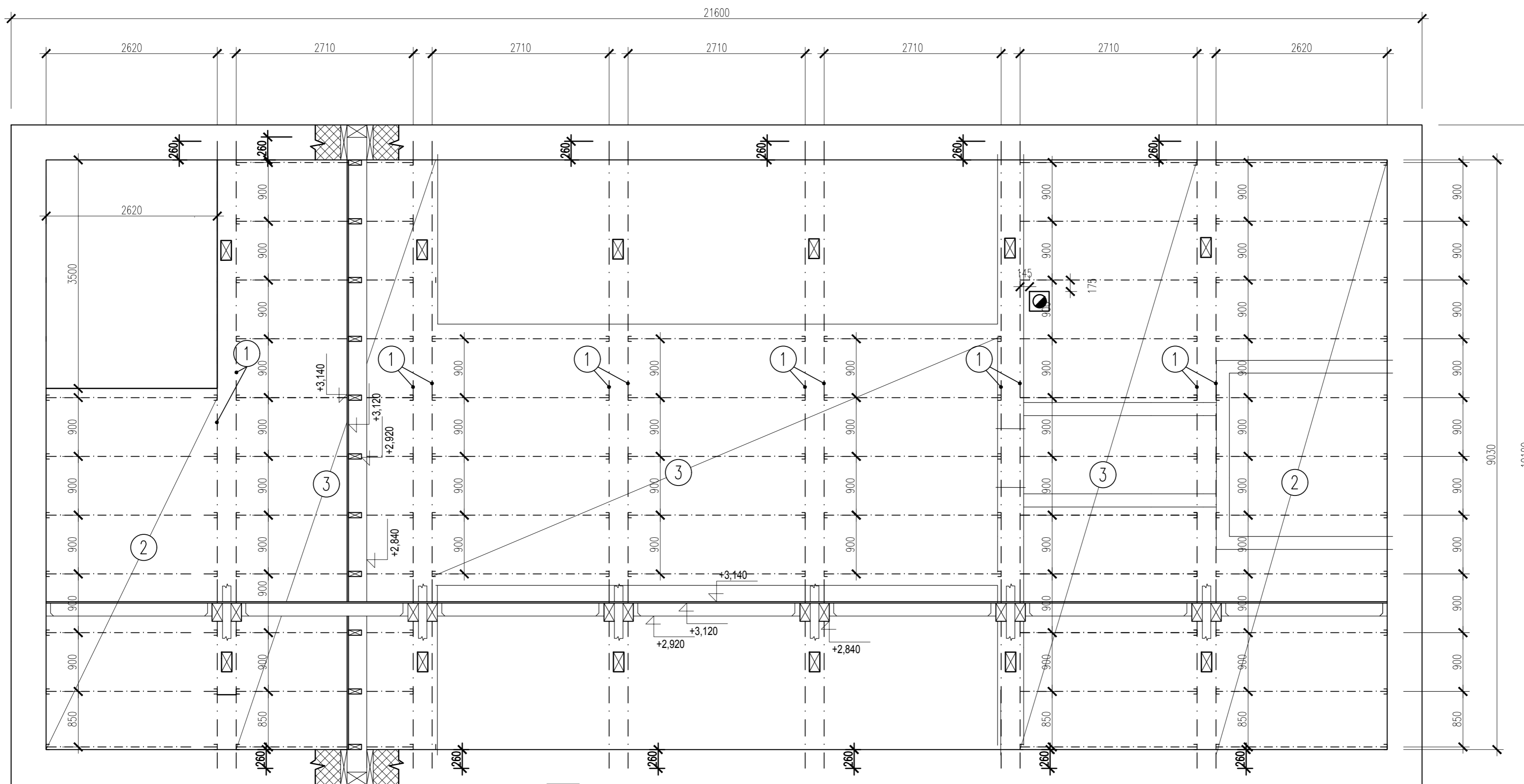
POHLED SEVERNÍ

- Legenda :
- ① – Betonová střešní krytina – cihlově červená
 - ② – Komínové těleso
 - ③ – Fasádní omítka vápenná
 - ④ – Stupně ke komínu
 - ⑤ – Kamenné schodiště se zábradlím
 - ⑥ – Sokl – soklová omítka

- ⑦ – Klempířské prvky – TiZn
- ⑧ – Plastová okna a dveře s trojsklem
- ⑨ – Dveře plné

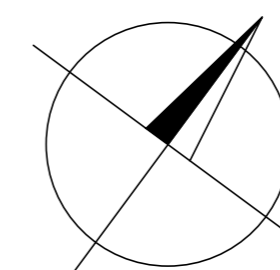
±0,000=395,00 m n. m. (Bpv)

Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Měřítko: 1:50
Název výkresu: POHLED SEVERNÍ			Číslo výkresu: 5



Výkaz řeziva stropu:

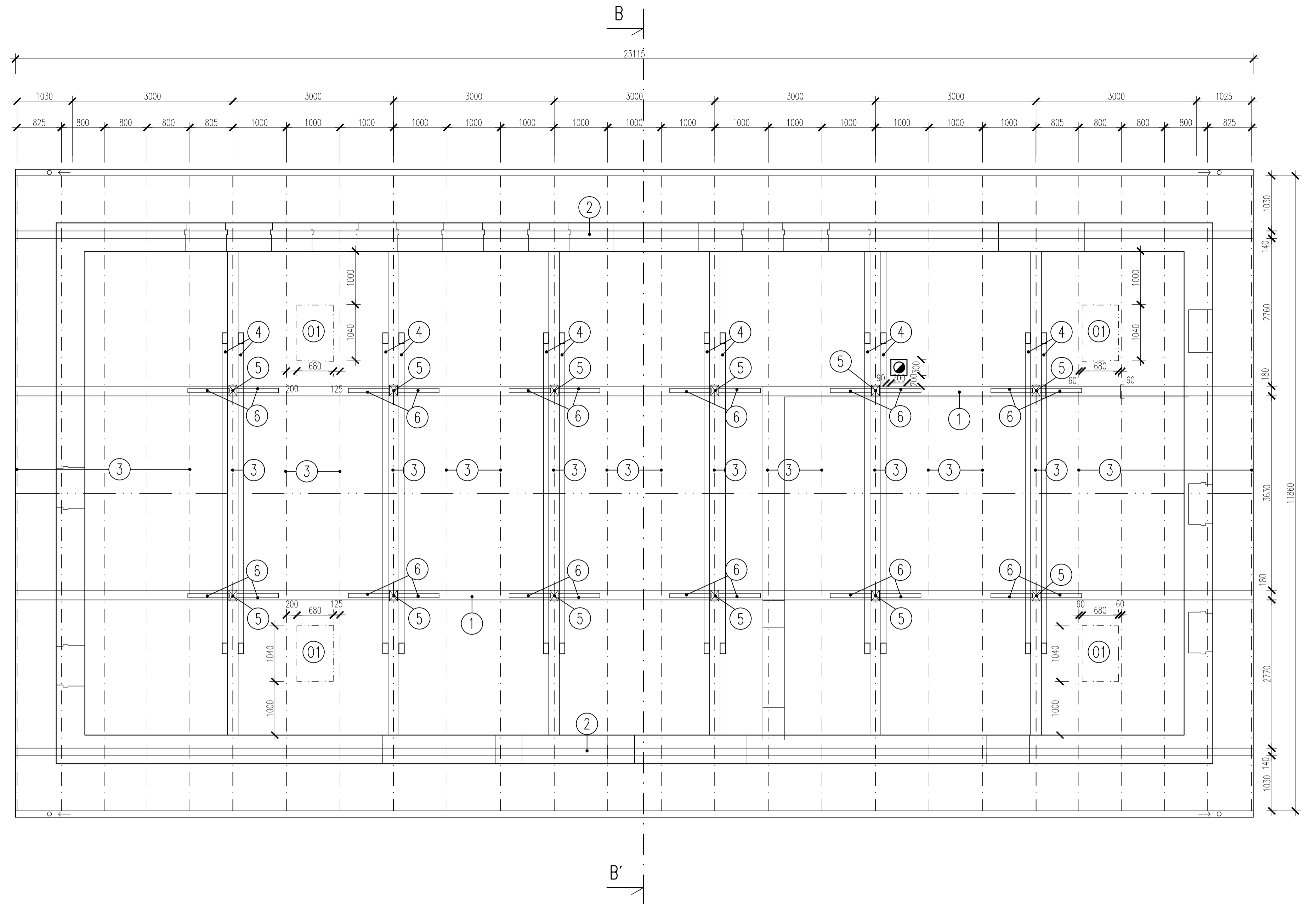
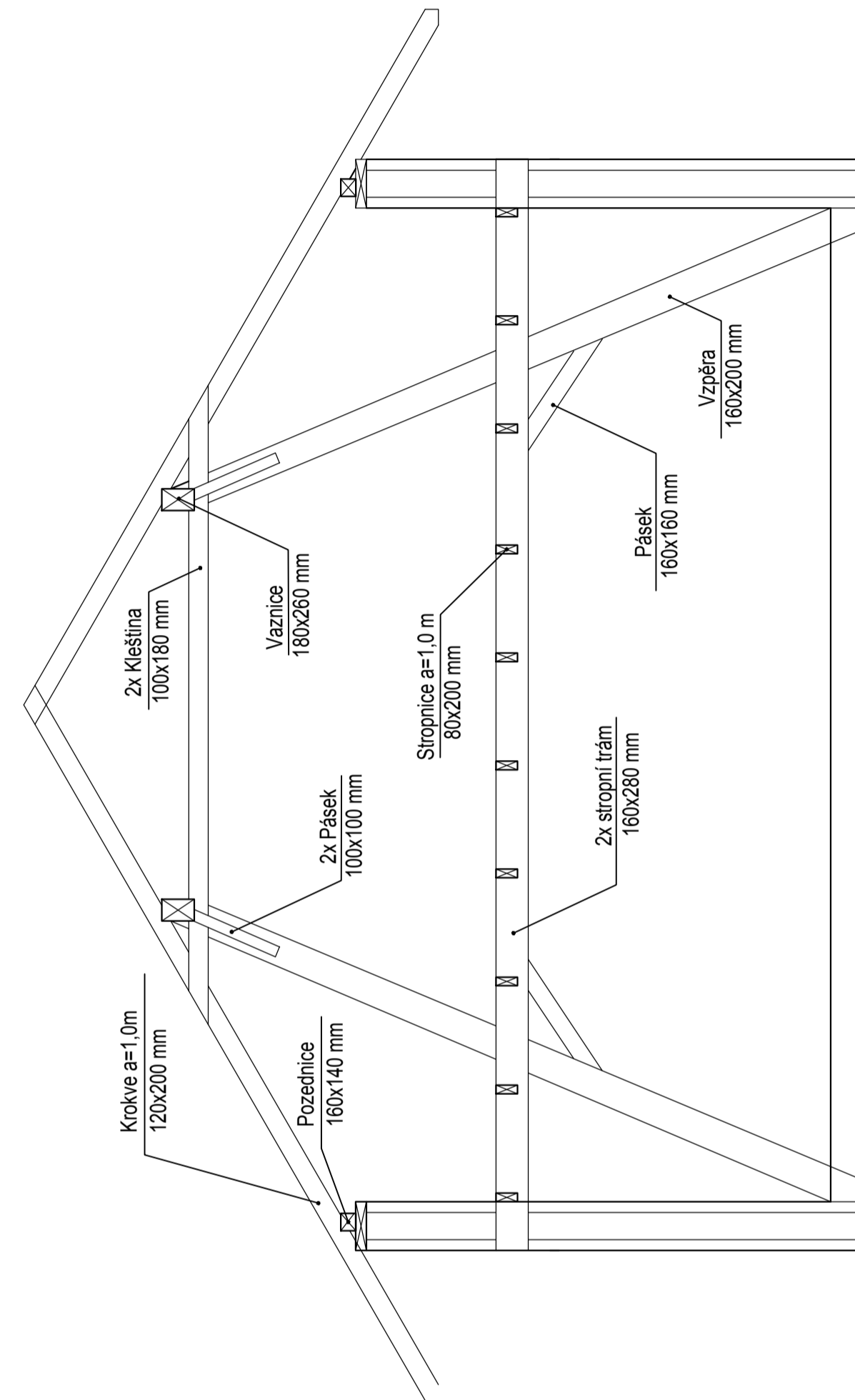
Ozn.	Název	Profil (š/v)	Délka (m)	Počet (ks)
1	Zdvojený stropní trám	160/280	9,6	12
2	Stropnice	80/200	2,62	18
3	Stropnice	80/200	2,71	37
4	Pásek	160/160	6,0	12



±0,000=395,00 m n. m. (Bpv)

Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Měřítko: 1:50
Název výkresu: VÝKRES STROPU			Číslo výkresu: 6

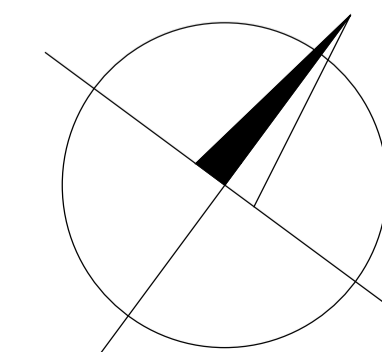
ŘEZ B - B'



POZNÁMKA: 01=STŘEŠNÍ OKNO ROZMĚR 680X1200 mm

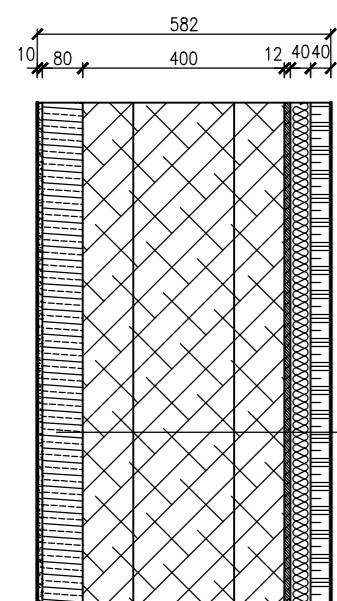
Výkaz řeziva krovu:

Ozn.	Název	Profil (š/v)	Délka (m)	Počet (ks)
1	Středová vaznice	180/260	6,0	8
2	Pozednice	140/160	6,0	8
3	Krokve	120/200	7,5	52
4	Zdvojená kleššina	100/180	6,0	12
5	Vzpěra	160/200	6,8	12
6	Pásek	100/100	1,3	24
7	Kontrolat	40/60	4,00	45
8	Střešní lat	40/60	4,00	150

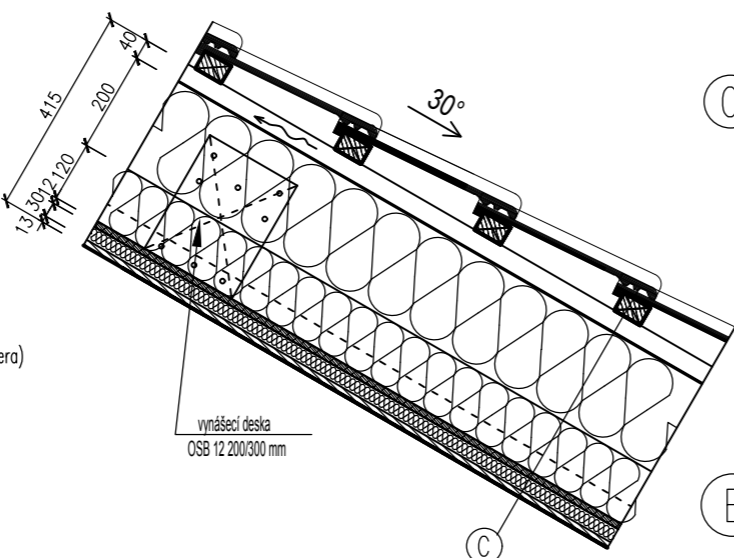


Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Ján Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016-2017	Fakulta stavební CVUT
Předmět: 124BAPC-BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název dílo: STAVEBNÍ ČÁST - B	Datum: 28.5.2017	Mřížko: 1:50	Číslo výkresu: 7
Název výkresu: VÝKRES KROVU			

HLAVNÍ BUDOVA:

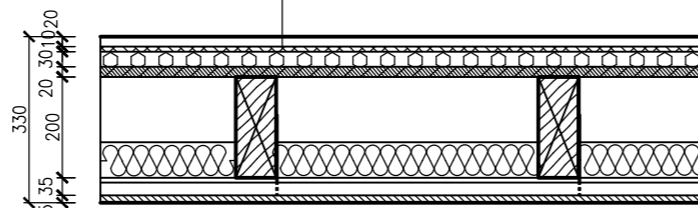


- D** VNĚJŠÍ STĚNA HLAVNÍ BUDOVY: 580 mm
- Fasádní vápenná omítka tl. 10 mm
 - Heraklith tl. 80 mm
 - Panel ECOOCOON tl. 400 mm
 - OSB deska P+D tl. 12,5 mm
 - Svislý rošt + dřevovláknitá deska Therm tl. 40 mm (instalační mezera)
 - Hliněná omítka tl. 40mm

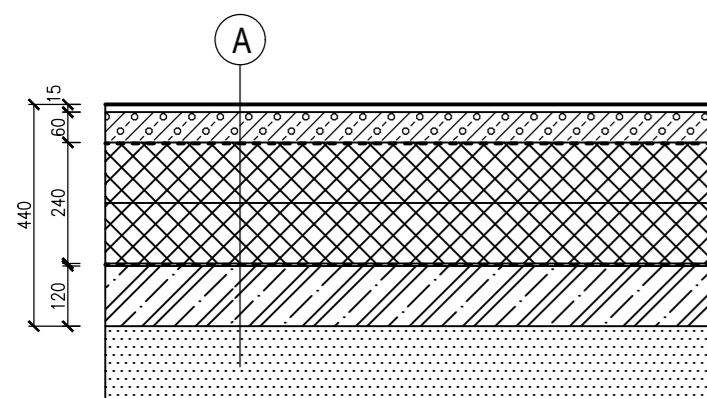


- C** STŘEŠNÍ KONSTRUKCE DOMU: 415 mm
- Pálená střešní krytina
 - Střešní latě 40/60 mm
 - Kontrolatě 40/60 mm
 - Zvětrná difúzní folie kontaktní, Jutadach 115
 - Krokve 120/200 mm + konopná tepelná izolace, tl. 200 mm
 - Vynášecí desky, vnitřní zvěsné latě 40/60 mm + konopná tepelná izolace, tl. 120 mm
 - OSB deska AIRSTOPFINISH P+D, tl. 12 mm s těsněním spojů (PAROBRZDA)
 - Dřevěný rošt, tl. 30 mm + dřevovláknitá deska Therm, tl. 20 mm (nst. mezera)
 - Sádrokarton protipožární, tl. 12,5 mm

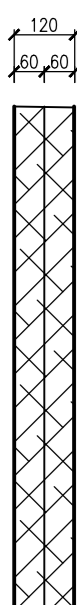
- B** STROPNÍ KONSTRUKCE HLAVNÍ BUDOVY: 330 mm
- Podlahový prvek Fermacell tl. 20 mm
 - Dřevovláknitá deska (Hobra) tl. 10 mm
 - 30 mm vošтина s voštinovým zásepem
 - OSB P+D tl. 20 mm
 - Stropnice 60/200 mm + konopná tepelná izolace tl. 70 mm
 - Sádrokarton tl. 12,5 mm na ocelovém roštu



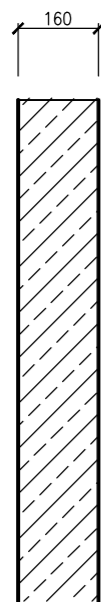
- A** PODLAHA DOMU V PŘÍZEMÍ: 440 mm
- Podlahová krytina
 - Strojově hlazený beton tl. 50-70 mm
 - SeparáčnÍ folie s obvodovým dilatačním páskem
 - Podlahový polystyren EPS GREY 100 tl. 2x120 mm
 - Asfaltový pás modifikovaný
 - Bet. základová deska B 20 + KARI síť 150/150/5 tl. 120 mm
 - Zhutněný štěrkový podklad, frakce 16-32



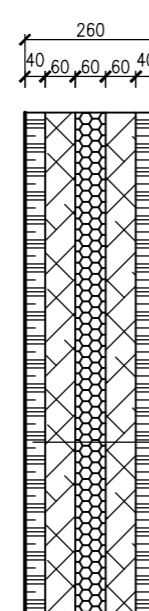
- F** VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA: 120 mm
- Vnější povrchová úprava
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - Vnější povrchová úprava



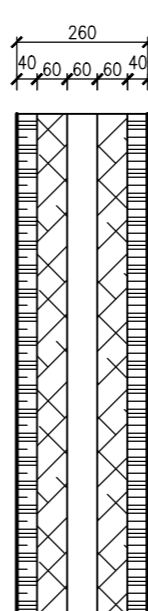
- G** VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA: 160 mm
- Hliněné nepálené cihly tl. 160mm



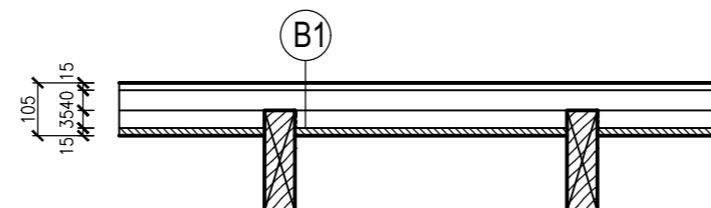
- E** VNITŘNÍ AKUSTICKÁ PŘÍČKA: 260 mm
- Hliněná omítka tl. 40mm
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - Akustická izolace tl. 40mm
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - Hliněná omítka tl. 40mm



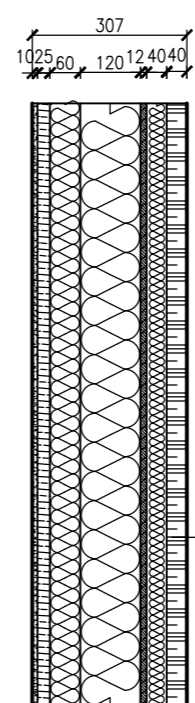
- E1** VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA: 260 mm
- Hliněná omítka tl. 40mm
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - Instalační mezera tl. 40mm
 - EKOPANEL E60 tl. 60mm
 - Hliněná omítka tl. 40mm



- B1** STROPNÍ KONSTRUKCE MŮSTKU: 105 mm
- Podlahová krytina
 - Latě 40/60 mm
 - Stropnice 60/200 mm
 - Sádrokarton tl. 12,5 mm na ocelovém roštu

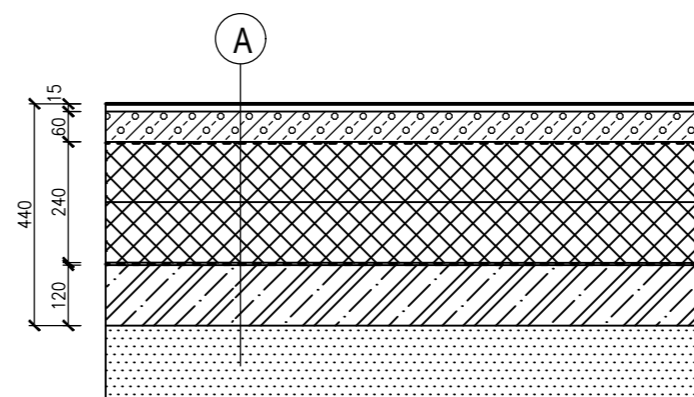


CHATKY:



- D1** VNĚJŠÍ STĚNA CHATEK: 307 mm
- Fasádní vápenná omítka 10 mm
 - desky Heraklith 25 mm
 - Vynášecí desky + konopná tepelná izolace tl. 60 mm
 - Vnitřní konstrukční sloupky 60/120 mm + konopná tepelná izolace tl. 120 mm
 - OSB deska P+D tl. 15 mm s těsněním spojů
 - Svislý rošt + dřevovláknitá deska Therm tl. 40 mm (instalační mezera)
 - Hliněná omítka tl. 40mm

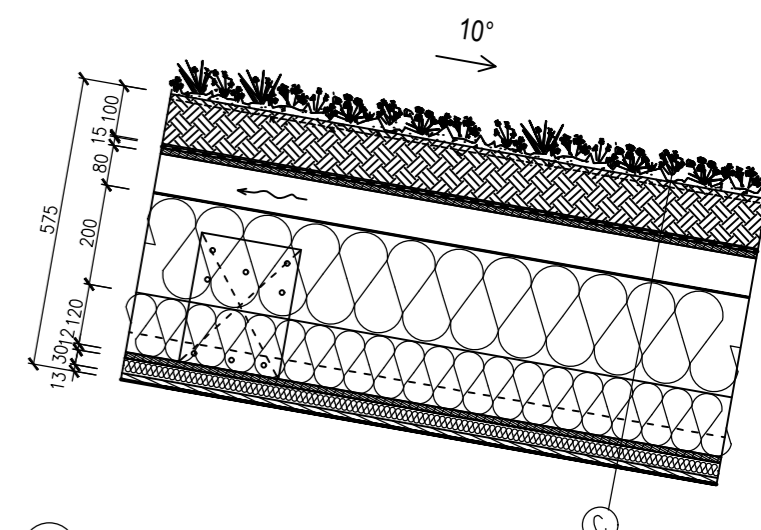
- A** PODLAHA DOMU V PŘÍZEMÍ: 440 mm
- Podlahová krytina
 - Strojově hlazený beton tl. 50-70 mm
 - SeparáčnÍ folie s obvodovým dilatačním páskem
 - Podlahový polystyren EPS GREY 100 tl. 2x120 mm
 - Asfaltový pás modifikovaný
 - Bet. základová deska B 20 + KARI síť 150/150/5 tl. 120 mm
 - Zhutněný štěrkový podklad, frakce 16-32



- štěrkový podsyp
- dřevo v příčném řezu
- železobetonové konstrukce
- beton prostý
- beton litý
- rostlý terén
- zem nasypaná
- polystyren
- tepelná izolace
- OSB deska
- sláma
- sádrokarton
- hydroizolace
- voštiny, akustická izolace
- hliněná omítka
- vápenná omítka
- heraklith

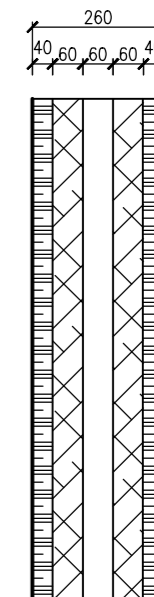
- C1** STŘEŠNÍ KONSTRUKCE DOMU: 575 mm

- Vegetační zeleň (extenzivní)
- Vegetační rohož 100 mm
- Extenzivní substrát 100 mm
- Ochranná a vodoakumulační textilie 3 mm
- Hydroizolace FATRAFOL 818/V 3mm
- Kontrolatě 80/60 mm
- OSB deska P+D tl. 15 mm s těsněním spojů
- Svislý rošt + dřevovláknitá deska Therm tl. 40 mm (instalační mezera)
- Hliněná omítka tl. 40mm

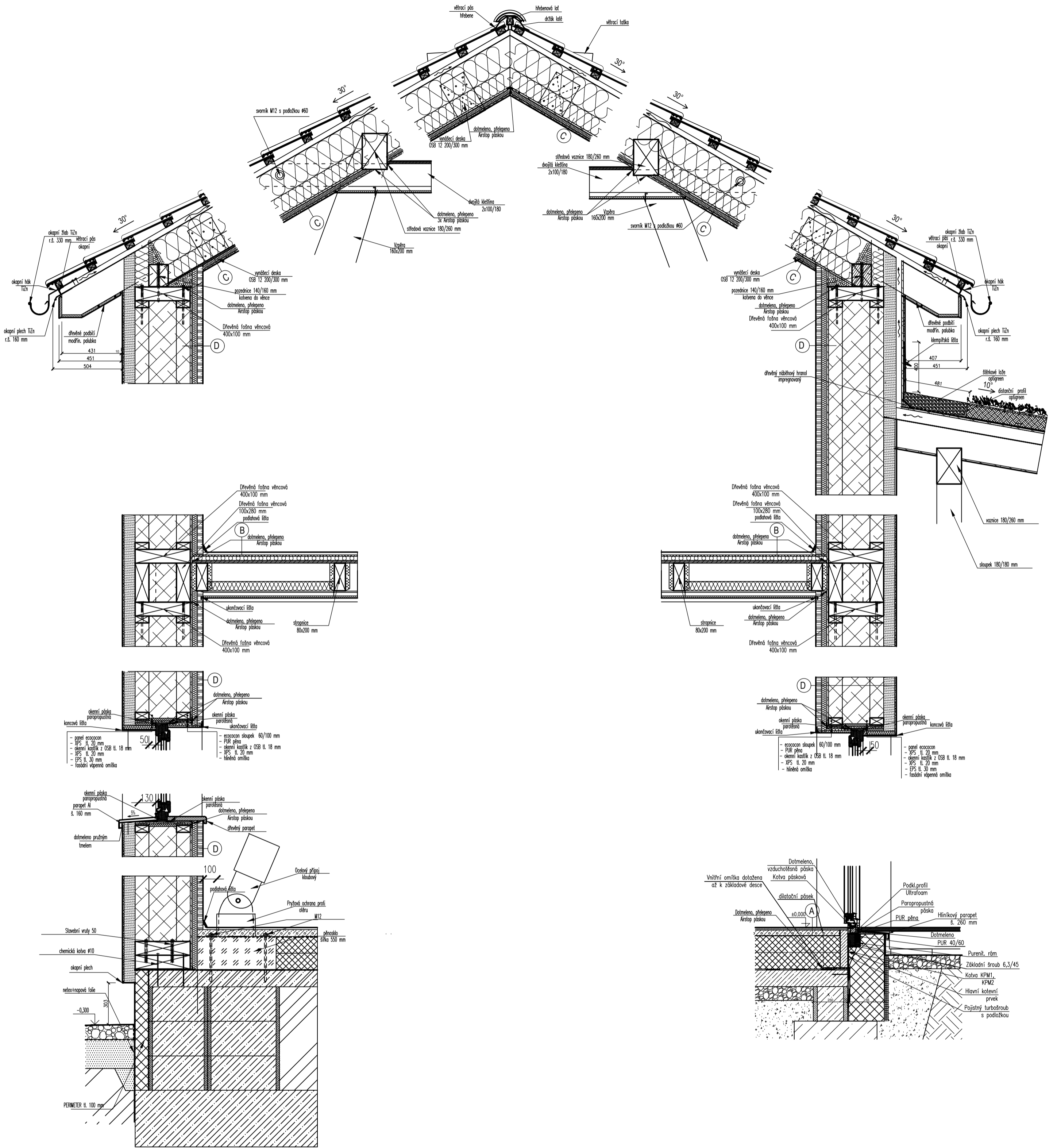




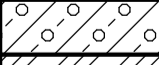
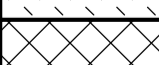

- E** VNITŘNÍ DĚLICI PŘÍČKA: 260 mm

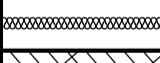


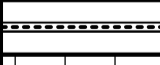
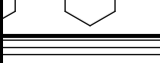
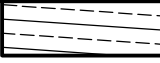

- Hliněná omítka tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Instalační mezera tl. 40mm
- EKOPANEL E60 tl. 60mm
- Hliněná omítka tl. 40mm



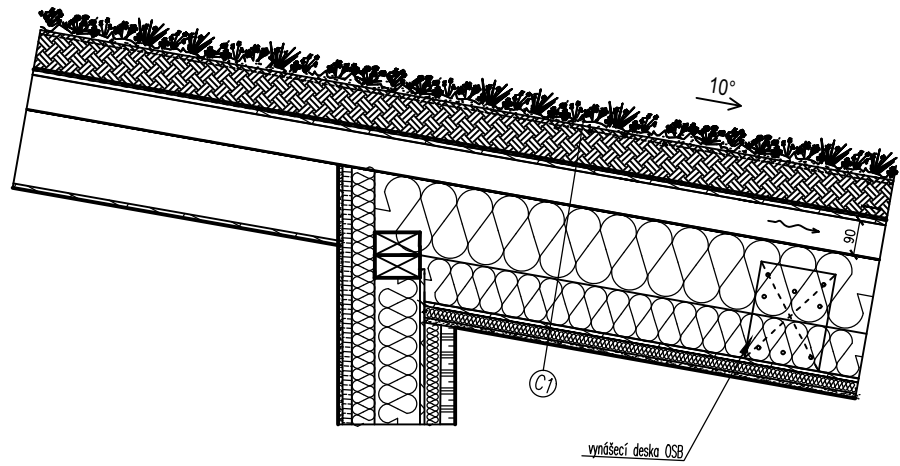
Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016-2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC-BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Meřítko: 1:15
Název výkresu: SKLADBY KONSTRUKCÍ			Číslo výkresu: 8



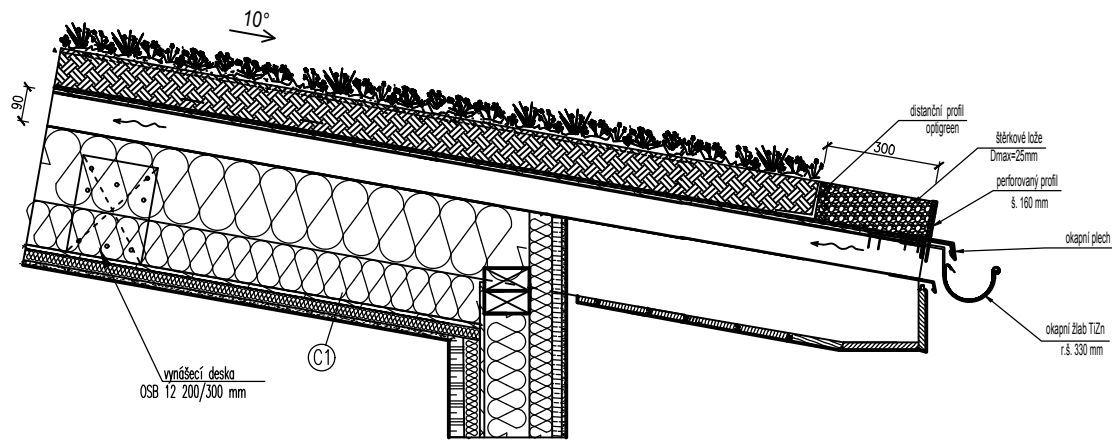
-  – štěrkový podsyp
-  – dřevo v příčném řezu
-  – železobetonové konstrukce
-  – beton prostý
-  – beton litý
-  – rostlý terén
-  – zem nasypaná
-  – polystyren

-  – tepelná izolace
-  – OSB deska
-  – sláma, Ecococon
-  – sádkarton
-  – hydroizolace
-  – voštiny, akustická izolace
-  – hliněná omítka
-  – vápenná omítka
-  – heraklith

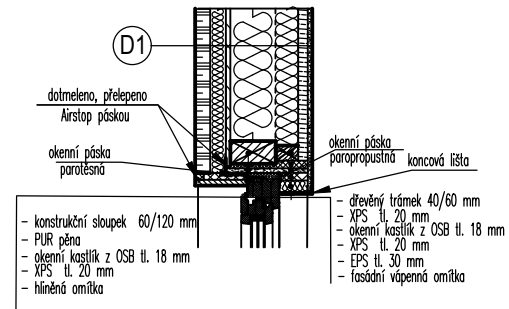
Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC – BAKALÁRSKÁ PRÁCE			
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B	Datum: 28.5.2017		
Název výkresu: KOMPLEXNÍ ŘEZ HLAVNÍ BUDOVOU	Měřítko: 1:20		
	Číslo výkresu: 9		



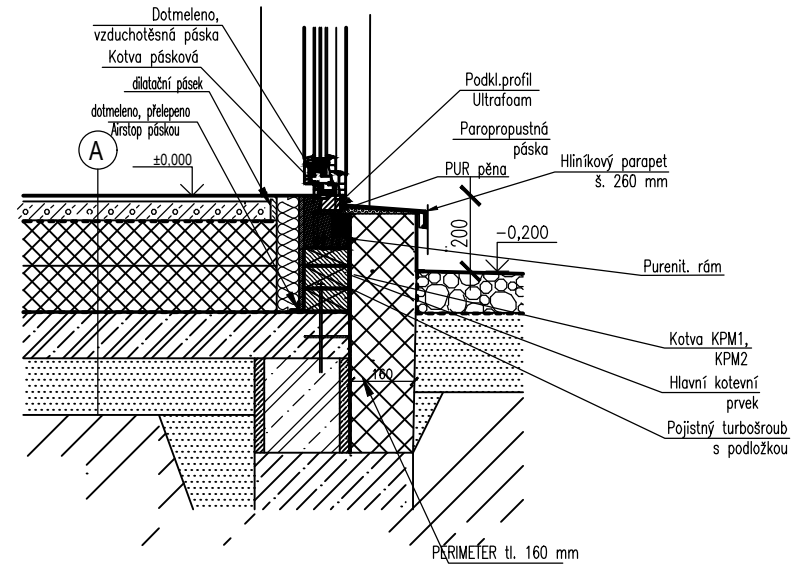
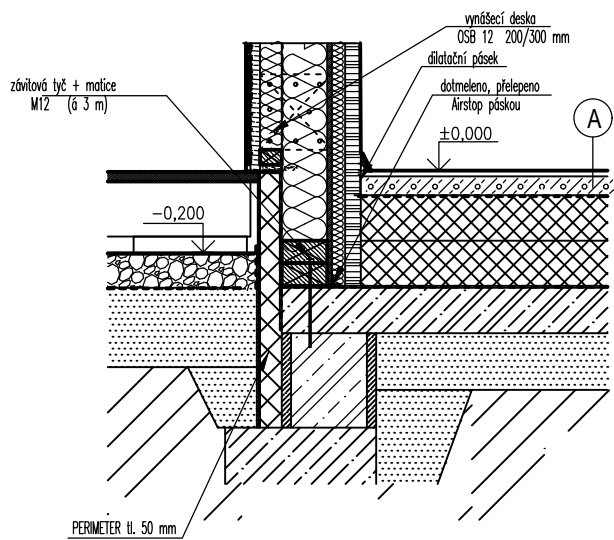
vnášecí deska OSB



vnášecí deska OSB 12 200/300 mm



- konstrukční sloupek 60/120 mm
- PUR pěna
- okenní kastlík z OSB tl. 18 mm
- XPS tl. 20 mm
- hliněná omítka
- dřevěný trámek 40/60 mm
- XPS tl. 20 mm
- okenní kastlík z OSB tl. 18 mm
- XPS tl. 20 mm
- EPS tl. 30 mm
- řísidní vápenná omítka



Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: STAVEBNÍ ČÁST – B			Meřítko: 1:20
Název výkresu: KOMPLEXNÍ ŘEZ CHATKAMI			Číslo výkresu: 10

ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE

Bakalářská práce: Víceúčelový objekt Polana

Část práce: Energetické posouzení

Vypracoval: Petr Čanda

Vedoucí práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Obsah

1.	Výpočet součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em}	3
2.1.	Stěny konstrukcí:	3
2.2.	Střecha a podlaha	3
2.3.	Výplně otvorů-plné.....	3
2.4.	Výplně otvorů-prosklené.....	4
2.5.	Rekapitulace a výpočet U_{em}	4
2.	Posouzení na letní přehřívání	6
2.1	Vybraná místnost:	6
2.2	Předpoklady výpočtu a skladba konstrukcí	6
2.3	Protokol o výpočtu a graf teploty:.....	6
3.	Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění EA:	10

PŘÍLOHY: Posouzení skladeb obálky budovy v programu teplo

Výkres E1 Schéma vytápěné zóny

Výkres E2 Schéma systémů TZB

1. Výpočet součinitele prostupu tepla obálkou budovy Uem

2.1. Stěny konstrukcí:

Obvodové stěny mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím:										
ČÁST	Stěna	podlaží	orientace	šířka	výška	celková plocha	plocha výplní otvorů		čistá plocha	součinitel prostupu tepla
				b	h	A_T	A_G		A	U
				m	m	m ²	m ²	%	m ²	W/(m ² ·K)
HLAVNÍ BUDOVA	stěna SZ	-	SZ	-	-	105,0	12,00	11,4	93,0	0,116
	stěna SV	-	JV	-	-	66,7	6,56	9,8	60,2	0,116
	stěna JV	-	JV	-	-	77,2	11,76	15,2	65,4	0,116
	stěna JZ	-	JZ	-	-	66,7	5,20	7,8	61,5	0,116
Chatky	stěna SZ		SZ			43,2	0,00	0,0	43,2	0,115
	stěna SV		SV			59,2	2,36	4,0	56,8	0,115
	stěna JV		JV			63,3	27,24	43,0	36,1	0,115
	stěna JZ		JZ			45,4	1,60	3,5	43,8	0,115
CELKEM						526,7	66,7		460,0	

2.2. Střecha a podlaha

Střechy mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím:							
Střechy	šířka	výška	celková plocha	plocha výplní otvorů		čistá plocha	součinitel prostupu tepla
	b	h	A_T	A_G		A	U
	m	m	m ²	m ²	%	m ²	W/(m ² ·K)
Sedlová střecha	-	-	251,9	3,42	1,4	248,44	0,138
Pultová střecha			115,5	0,00	0,0	115,51	0,138
CELKEM			367,4			363,95	
Sedlová střecha	-	-	66,7	0,00	0,0	66,72	0,126

2.3. Výplně otvorů-plné

Dveře mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím:									
Dveře	orientace	šířka	výška	plocha	počet	celková plocha	déka ostění	déka parapetu	souč. prost. tepla
		b	h	A_D		A_D	o_1	o_2	U
		m	m	m ²		m ²	m	m	W/(m ² ·K)
dveře 1	SZ-H	1,60	2,10	3,36	1	3,36	5,80	1,60	1,20
dveře 2	SV-CH	0,60	1,97	1,18	2	2,36	4,54	0,60	1,20
dveře 3	JV-CH	0,80	2,00	1,60	6	9,60	4,80	0,80	1,20
dveře 4	JZ-CH	0,80	2,00	1,60	1	1,60	4,80	0,80	1,20
Ke komínu	H	0,60	0,90	0,54	1	0,54	2,40	0,60	1,20
CELKEM						17,46	22,34	4,40	

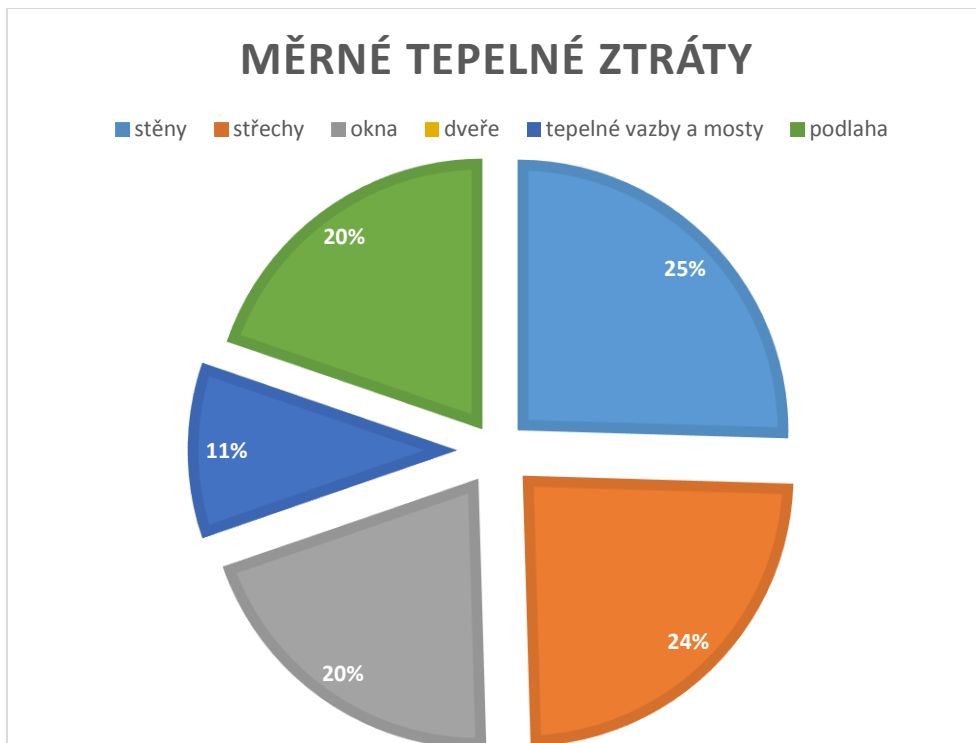
2.4. Výplně otvorů-prosklené

Okna mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím:											
Konstrukce	Okno	součinitel prostupu tepla			podlaží	orientace	šířka	výška	plocha	počet	celková plocha
		U_g	U_f	U_w			b	h	A_w		A_w
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)			m	m	m ²	ks	m ²
Hlavní budova	okno 1	0,65	0,80	0,80	1	SZ	0,80	1,00	0,80	3	2,4
	okno 2	0,65	0,80	0,80	1	SZ	0,80	1,50	1,20	2	2,4
	okno 3	0,65	0,80	0,80	1	SZ	0,80	0,60	0,48	1	0,5
	dveře sklo 1	0,65	0,80	0,80	1	SZ	1,60	2,10	3,36	1	3,4
	okno 4	0,65	0,80	0,80	1	SV	0,80	0,60	0,48	1	0,5
	okno 5	0,65	0,80	0,80	1	SV	0,80	1,50	1,20	2	2,4
	okno 6	0,65	0,80	0,80	1	JV	1,60	2,10	3,36	2	6,7
	dveře sklo 2	0,65	0,80	0,80	1	JV	2,40	2,10	5,04	1	5,0
	okno 5	0,65	0,80	0,80	1	JZ	0,80	1,50	1,20	2	2,4
	okno 6	0,65	0,80	0,80	2	SV	1,60	1,00	1,60	2	3,2
	okno 7	0,65	0,80	0,80	2	SV	0,80	0,60	0,48	1	0,5
	okno 8	0,65	0,80	0,80	2	JZ	0,80	1,00	0,80	2	1,6
	okno 8	0,65	0,80	0,80	2	JZ	0,80	1,50	1,20	1	1,2
Chatky	okno 9	0,65	0,80	0,80	1	JV	2,10	1,40	2,94	6	17,6
Střecha	okno střecha	0,65	0,80	0,80	2	H	0,60	1,20	0,72	4	2,9
Celkem										31	52,7

2.5. Rekapitulace a výpočet U_{em}

Rekapitulace měrných tepelných ztrát a výpočet U_{em} :				
Části konstrukce	Plocha	[m ²]	Tepelná propustnost	
				[W/K]
Stěny	A_1	459,986	$L_{D,1}$	53,2
Střechy	A_2	363,95	$L_{D,2}$	50,2
Okna	A_3	52,68	$L_{D,3}$	42,1
Dveře	A_4	17,46	$L_{D,4}$	0,0
Tepelné vazby a mosty	A_5	-	$L_{D,5}$	22,0
Zemina/podlaha	A_6	333,83	$L_{D,6}$	41,2
Celkem [W/K]		1227,91		208,77
U_{em} [W/m ² K]				0,17

Graf znázorňující tepelné ztráty podle druhu konstrukcí:



U_{em} pro budovy typu rodinných domů dle pasivního standardu dle normy ČSN 730540 musí být < 0,22 W/(m²K)

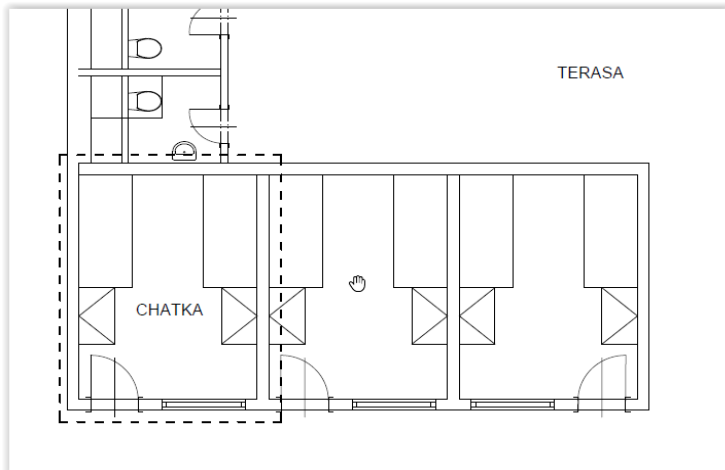
Budova má U_{em} 0,17 W/(m²K) = VYHOVUJE

2. Posouzení na letní přehřívání

2.1 Vybraná místnost:

Předmětem výpočtu je jedna z chatek nacházející se na severovýchodní straně objektu. Chatka je určena pro dva lidi na celoroční provoz. Předpokládá se, že chatka bude používána pouze na přespání s minimem používaných přístrojů, jako jsou počítače nebo televize. V letních měsících se předpokládá noční chlazení s násobností výměny vzduchu $n=3/h$.

Posuzovaná místnost:



2.2 Předpoklady výpočtu a skladba konstrukcí

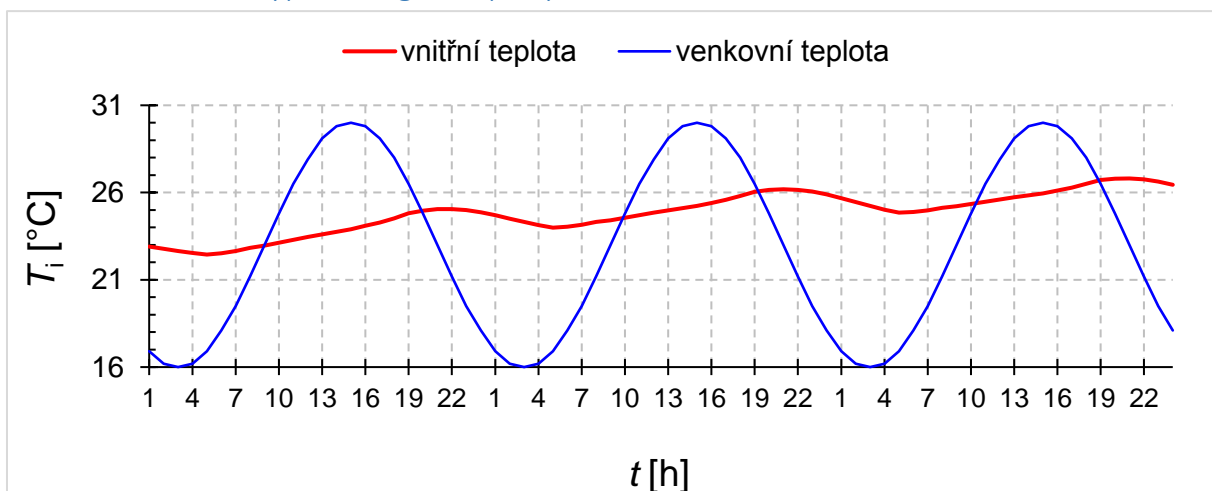
Tepelný výkon osoby při odpočinku 80 W

Tepelný výkon svítidel 40 W

Tepelný výkon osobní elektroniky 50-150 W

Navrženy venkovní žaluzie 45° lamelové světlé $F_{sh}=0,15$

2.3 Protokol o výpočtu a graf teploty:



činitel stínění				násobnost větrání	vnitřní zisky
$F_{sh} [-]$				$n [1/h]$	$Q_i [W]$
severozápad	severovýchod	jihovýchod	jihozápad		
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	161
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	161
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	161
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	50
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	125
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	150
0,15	0,15	0,15	0,15	1,0	250
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	300
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	200
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	200
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	200
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	200
1,00	1,00	1,00	1,00	3,0	161

Maximální teplota: 26,9 °C

Požadovaná maximální teplota: 27 °C

Minimální teplota: 22,4 °C

Požadovaná minimální teplota 22 +/- 2 °C

Rozpětí teplot: 26,9-22,4 (rozdíl 4,5) °C

Standardizované pásmo: 27-19

Všechny požadované podmínky jsou splněny. Návrh VYHOVUJE

Záznam vnitřních teplot ze sledované chatky:

čas	solární zisky					vnitřní zisky	měr. tep. tok větr.	venkovní teplota	vnitřní teplota
	Q _s [W]								
t [h]	severozápad	severovýchod	jihovýchod	jihozápad	CELKEM				
1	0	0	0	0	0	161	44	16,9	22,9
2	0	0	0	0	0	161	44	16,2	22,8
3	0	0	0	0	0	161	44	16,0	22,6
4	0	0	0	0	0	161	44	16,2	22,5
5	0	0	0	0	0	161	44	16,9	22,4
6	0	0	33	0	30	161	15	18,1	22,5
7	0	0	84	0	76	161	15	19,5	22,7
8	0	0	119	0	107	161	15	21,2	22,8
9	0	0	137	0	123	50	15	23,0	23,0
10	0	0	137	0	124	50	15	24,8	23,1
11	0	0	121	0	109	50	15	26,5	23,3
12	0	0	89	0	80	50	15	27,9	23,4
13	0	0	51	0	46	50	15	29,1	23,6
14	0	0	26	0	24	50	15	29,8	23,8
15	0	0	23	0	20	50	15	30,0	23,9
16	0	0	19	0	17	125	15	29,8	24,1
17	0	0	14	0	12	150	15	29,1	24,3
18	0	0	7	0	7	250	15	28,0	24,5
19	0	0	0	0	0	300	44	26,5	24,8
20	0	0	0	0	0	200	44	24,8	25,0
21	0	0	0	0	0	200	44	23,0	25,0
22	0	0	0	0	0	200	44	21,2	25,1
23	0	0	0	0	0	200	44	19,5	25,0
24	0	0	0	0	0	161	44	18,1	24,9
1	0	0	0	0	0	161	44	16,9	24,7
2	0	0	0	0	0	161	44	16,2	24,5
3	0	0	0	0	0	161	44	16,0	24,3
4	0	0	0	0	0	161	44	16,2	24,1
5	0	0	0	0	0	161	44	16,9	24,0
6	0	0	33	0	30	161	15	18,1	24,0
7	0	0	84	0	76	161	15	19,5	24,2
8	0	0	119	0	107	161	15	21,2	24,3
9	0	0	137	0	123	50	15	23,0	24,4
10	0	0	137	0	124	50	15	24,8	24,6
11	0	0	121	0	109	50	15	26,5	24,7
12	0	0	89	0	80	50	15	27,9	24,8
13	0	0	51	0	46	50	15	29,1	25,0
14	0	0	26	0	24	50	15	29,8	25,1
15	0	0	23	0	20	50	15	30,0	25,2
16	0	0	19	0	17	125	15	29,8	25,4
17	0	0	14	0	12	150	15	29,1	25,6
18	0	0	7	0	7	250	15	28,0	25,8
19	0	0	0	0	0	300	44	26,5	26,0
20	0	0	0	0	0	200	44	24,8	26,2

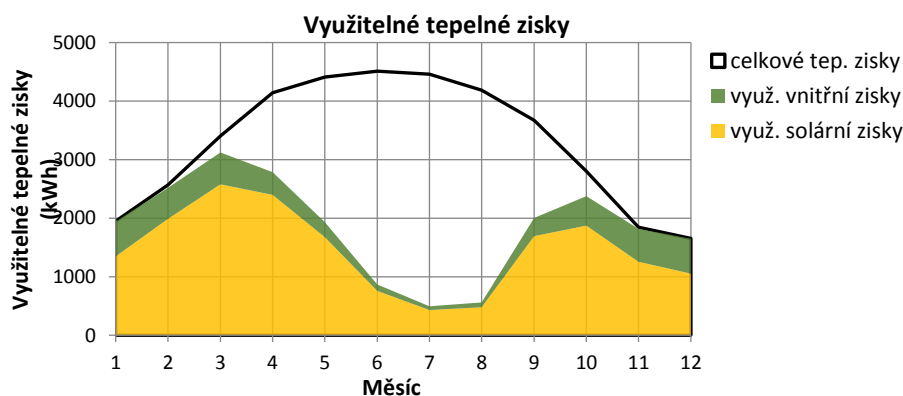
21	0	0	0	0	0	200	44	23,0	26,2
22	0	0	0	0	0	200	44	21,2	26,2
23	0	0	0	0	0	200	44	19,5	26,1
24	0	0	0	0	0	161	44	18,1	25,9
1	0	0	0	0	0	161	44	16,9	25,7
2	0	0	0	0	0	161	44	16,2	25,5
3	0	0	0	0	0	161	44	16,0	25,2
4	0	0	0	0	0	161	44	16,2	25,0
5	0	0	0	0	0	161	44	16,9	24,8
6	0	0	33	0	30	161	15	18,1	24,9
7	0	0	84	0	76	161	15	19,5	25,0
8	0	0	119	0	107	161	15	21,2	25,1
9	0	0	137	0	123	50	15	23,0	25,2
10	0	0	137	0	124	50	15	24,8	25,3
11	0	0	121	0	109	50	15	26,5	25,5
12	0	0	89	0	80	50	15	27,9	25,6
13	0	0	51	0	46	50	15	29,1	25,7
14	0	0	26	0	24	50	15	29,8	25,8
15	0	0	23	0	20	50	15	30,0	26,0
16	0	0	19	0	17	125	15	29,8	26,1
17	0	0	14	0	12	150	15	29,1	26,3
18	0	0	7	0	7	250	15	28,0	26,5
19	0	0	0	0	0	300	44	26,5	26,7
20	0	0	0	0	0	200	44	24,8	26,8
21	0	0	0	0	0	200	44	23,0	26,8
22	0	0	0	0	0	200	44	21,2	26,8
23	0	0	0	0	0	200	44	19,5	26,6
24	0	0	0	0	0	161	44	18,1	26,4

3. Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění EA:

Čisté solární zisky, vnitřní tepelné zisky a stupeň využití tepelných zisků:																
Měsíc	délka t		čisté solární zisky pro jednotlivé orientace										vnitřní tep.	celkové tep.	poměr zisků	stupeň
	dny	hodiny	S	J	V	Z	H	SV	SZ	JV	JZ	CELKEM	zisky	zisky	a ztrát	využití
	d	hod	$Q_{s,j}$ (kWh)										Q_i (kWh)	Q_g (kWh)	γ (-)	η (-)
1	31	744	0	0	0	0	84	145	110	783	231	1353	595	1948	0,39	1,00
2	28	672	0	0	0	0	147	229	174	1143	337	2030	538	2567	0,58	0,98
3	31	744	0	0	0	0	262	338	257	1509	445	2810	595	3406	0,83	0,92
4	30	720	0	0	0	0	397	513	389	1753	517	3569	576	4145	1,42	0,67
5	31	744	0	0	0	0	475	613	465	1746	515	3815	595	4410	2,27	0,44
6	30	720	0	0	0	0	507	669	508	1739	512	3935	576	4511	5,20	0,19
7	31	744	0	0	0	0	492	650	494	1719	507	3863	595	4458	8,98	0,11
8	31	744	0	0	0	0	429	541	411	1709	504	3593	595	4188	7,48	0,13
9	30	720	0	0	0	0	334	381	289	1617	477	3097	576	3673	1,80	0,55
10	31	744	0	0	0	0	202	224	170	1247	368	2210	595	2805	1,01	0,85
11	30	720	0	0	0	0	95	114	87	751	221	1268	576	1844	0,53	0,99
12	31	744	0	0	0	0	63	93	71	640	189	1056	595	1652	0,37	1,00

Využitelné solární a vnitřní tepelné zisky:															
Měsíc	délka t		využitelné solární zisky pro jednotlivé orientace										využ. vnitřní tep. Zisky Q_i (kWh)	celkové využ. tep. zisky Q_g (kWh)	
	dny	hodiny	S	J	V	Z	H	SV	SZ	JV	JZ	CELKEM			
	d	hod	$Q_{s,j}$ (kWh)												
1	31	744	0	0	0	0	83	145	110	780	230	1 349	594	1 942	
2	28	672	0	0	0	0	144	225	171	1120	330	1 989	527	2 516	
3	31	744	0	0	0	0	240	310	235	1383	408	2 577	546	3 122	
4	30	720	0	0	0	0	267	344	261	1178	347	2 398	387	2 785	
5	31	744	0	0	0	0	208	269	204	766	226	1 674	261	1 935	
6	30	720	0	0	0	0	97	129	98	334	99	757	111	868	
7	31	744	0	0	0	0	55	72	55	191	56	430	66	496	
8	31	744	0	0	0	0	57	72	55	228	67	480	80	560	
9	30	720	0	0	0	0	182	208	158	882	260	1 690	314	2 004	
10	31	744	0	0	0	0	171	190	144	1057	312	1 872	504	2 377	
11	30	720	0	0	0	0	94	113	85	742	219	1 252	569	1 820	
12	31	744	0	0	0	0	63	93	71	639	188	1 054	594	1 648	
												CELKEM	17 521	4 552	22 073

Graf využitých tepelných zisků:



Celková tepelná ztráta Q_L (kWh):														
Měsíc	délka t		venkovní	vnitřní	tepelná ztráta prostupem							tep. Ztráta větráním	tep. Ztráta zeminou	Tepelná ztráta Q_L
	dny	hodiny	teplota	teplota	stěny	střechy	okna	dveře	vazby a mosty	podlaha	CELKEM	kWh	kWh	kWh
	d	hod	θ_e (°C)	θ_i (°C)	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	31	744	-2,7	20,0	898	848	712	0	372	696,17	3 526	1 110	423	5 059
2	28	672	-1,6	20,0	772	729	612	0	319	598,33	3 030	954	435	4 420
3	31	744	2,4	20,0	696	658	552	0	288	539,77	2 734	861	510	4 104
4	30	720	7,7	20,0	471	445	373	0	195	365,05	1 849	582	484	2 915
5	31	744	12,7	20,0	289	273	229	0	119	223,88	1 134	357	455	1 945
6	30	720	17,5	20,0	96	90	76	0	40	74,20	376	118	373	868
7	31	744	19,1	20,0	36	34	28	0	15	27,60	140	44	312	496
8	31	744	18,5	20,0	59	56	47	0	25	46,00	233	73	254	560
9	30	720	10,8	20,0	352	333	279	0	146	273,05	1 383	435	218	2 037
10	31	744	7,5	20,0	495	467	392	0	205	383,36	1 942	611	236	2 788
11	30	720	3,7	20,0	624	589	495	0	258	483,77	2 450	771	272	3 493
12	31	744	-0,2	20,0	799	755	633	0	331	619,50	3 138	988	350	4 475
CELKEM					5 587	4 5 277	0 428	0	2 311	4 331	21 933	6 905	4 322	33 160

Potřeba tepla budovy Q_h (kWh):							
Měsíc	délka t		venkovní	vnitřní	tepelná ztráta	celkové využ. tep. zisky	potřeba tepla
	dny	hodiny	teplota	teplota	Q_L (kWh)	Q_g (kWh)	Q_h (kWh)
	d	hod	θ_e (°C)	θ_i (°C)			
1	31	744	-2,7	20,0	5 059	1 942	3 117
2	28	672	-1,6	20,0	4 420	2 516	1 903
3	31	744	2,4	20,0	4 104	3 122	982
4	30	720	7,7	20,0	2 915	2 785	130
5	31	744	12,7	20,0	1 945	1 935	11
6	30	720	17,5	20,0	868	868	0
7	31	744	19,1	20,0	496	496	0
8	31	744	18,5	20,0	560	560	0
9	30	720	10,8	20,0	2 037	2 004	33
10	31	744	7,5	20,0	2 788	2 377	411
11	30	720	3,7	20,0	3 493	1 820	1 673
12	31	744	-0,2	20,0	4 475	1 648	2 827
CELKEM ZA ROK					33 160	22 073	11 087
Měrná potřeba tepla budovy vztažená k vytápěné ploše						E_A kWh/($m^2 \cdot a$)	23,0

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 2014 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna Ecococon**
Zpracovatel : Petr
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 26. 4. 201

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	hliněná omítka	0,0400	0,7000	750,0	1600,0	1,5	0.0000
2	Steico Therm	0,0400	0,0400	2100,0	160,0	5,0	0.0000
3	OSB desky	0,0150	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
4	Panel ecococon	0,4000	0,0650	2000,0	90,0	2,0	0.0000
5	Heraklith Faca	0,0800	0,0700	2000,0	450,0	5,0	0.0000
6	Omítka vápenná	0,0100	0,8700	840,0	1600,0	6,0	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	hliněná omítka	---
2	Steico Therm	---
3	OSB desky	---
4	Panel ecococon	---
5	Heraklith Facade	---
6	Omítka vápenná	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.13 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 : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	55.1	1336.3	-2.4	81.2	406.1
2	28	20.6	57.3	1389.6	-0.9	80.8	457.9
3	31	20.6	58.8	1426.0	3.0	79.5	602.1
4	30	20.6	60.7	1472.1	7.7	77.5	814.1
5	31	20.6	64.9	1573.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	20.6	68.7	1666.1	15.9	72.0	1300.1
7	31	20.6	70.8	1717.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	20.6	70.1	1700.0	17.0	70.9	1373.1
9	30	20.6	65.6	1590.9	13.3	74.1	1131.2
10	31	20.6	61.0	1479.4	8.3	77.1	843.7
11	30	20.6	58.8	1426.0	2.9	79.5	597.9
12	31	20.6	57.7	1399.3	-0.6	80.7	468.9

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).

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 : 8.481 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.116 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 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} : 1.2E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 3884.1

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 1.8 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 20.10 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.985**

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	14.7	0.743	11.3	0.595	20.3	0.985	56.3
2	15.3	0.753	11.9	0.594	20.3	0.985	58.5
3	15.7	0.721	12.3	0.526	20.3	0.985	59.8
4	16.2	0.659	12.7	0.391	20.4	0.985	61.4
5	17.2	0.576	13.8	0.135	20.5	0.985	65.4
6	18.2	0.479	14.6	-----	20.5	0.985	69.0
7	18.6	0.365	15.1	-----	20.6	0.985	71.0
8	18.5	0.409	15.0	-----	20.5	0.985	70.3
9	17.4	0.564	13.9	0.087	20.5	0.985	66.0
10	16.3	0.648	12.8	0.367	20.4	0.985	61.7
11	15.7	0.723	12.3	0.529	20.3	0.985	59.8
12	15.4	0.755	12.0	0.593	20.3	0.985	58.8

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	5-6	e
theta [C]:	20.1	19.9	16.0	15.5	-8.4	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1334	1303	1200	814	403	197	166
p _{sat} [Pa]:	2351	2319	1816	1765	300	202	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.

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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny		Kondenzující množství vodní páry [kg/(m ² s)]
	levá	pravá	
1	0.4950	0.4950	5.623E-0008

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M_{c,a}: **0.0660 kg/(m².rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok M_{ev,a}: **5.4207 kg/(m².rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 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.

STOP, Teplo 2014 EDU

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Obvodová stěna Ecococon

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i :	20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} :	20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} :	-13,0 C
Teplota na vnější straně T_e :	-13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH _i :	50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	hliněná omítka	0,040	0,700	1,5
2	Steico Therm	0,040	0,040	5,0
3	OSB desky	0,015	0,130	50,0
4	Panel ecococon	0,400	0,065	2,0
5	Heraklith Facade	0,080	0,070	5,0
6	Omítka vápenná	0,010	0,870	6,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,985$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Jejím převýšením nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,116 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 2,160 kg/m².rok (materiál: Panel ecococon).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0660 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$
Roční množství odpafitelné vodní páry $M_{ev,a} = 5,4207 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

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 2014 EDU

Název úlohy : **Dřevěná konstrukce**
Zpracovatel : Petr
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 24. 4. 201

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	Hlína suchá	0,0400	0,7000	750,0	1600,0	1,5	0.0000
2	Steico Therm	0,0400	0,0400	2100,0	160,0	5,0	0.0000
3	OSB desky	0,0150	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
4	Konopná izolac	0,1200	0,0520*	1009,1	83,5	1,2	0.0000
5	Konopná izolac	0,0600	0,0400	850,0	50,0	1,2	0.0000
6	Heraklith Faca	0,2500	0,0700	2000,0	450,0	5,0	0.0000
7	Omítka vápenná	0,0100	0,8700	840,0	1600,0	6,0	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	Hlína suchá	---
2	Steico Therm	---
3	OSB desky	---
4	Konopná izolace + sloupky	vliv běžných tep. mostů dle EN ISO 6946
5	Konopná izolace	---
6	Heraklith Facade	---
7	Omítka vápenná	---

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 : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	66.3	1607.9	-2.4	81.2	406.1
2	28	20.6	68.4	1658.8	-0.9	80.8	457.9
3	31	20.6	68.3	1656.4	3.0	79.5	602.1
4	30	20.6	67.5	1637.0	7.7	77.5	814.1
5	31	20.6	69.0	1673.4	12.7	74.5	1093.5
6	30	20.6	71.0	1721.9	15.9	72.0	1300.1
7	31	20.6	72.2	1751.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	20.6	71.8	1741.3	17.0	70.9	1373.1
9	30	20.6	69.3	1680.6	13.3	74.1	1131.2
10	31	20.6	67.6	1639.4	8.3	77.1	843.7
11	30	20.6	68.3	1656.4	2.9	79.5	597.9

12 31 20.6 68.9 1670.9 -0.6 80.7 468.9

Poznámka: T_{ai} , RH_i a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , RH_e a P_e 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 :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.563 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.115 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.13 / 0.16 / 0.21 / 0.31 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:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.3E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 14698.2

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 5.8 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.65 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.972

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	17.6	0.869	14.1	0.717	20.0	0.972	69.0
2	18.1	0.883	14.6	0.720	20.0	0.972	71.0
3	18.1	0.856	14.6	0.657	20.1	0.972	70.4
4	17.9	0.788	14.4	0.517	20.2	0.972	69.0
5	18.2	0.699	14.7	0.255	20.4	0.972	70.0
6	18.7	0.591	15.2	-----	20.5	0.972	71.6
7	18.9	0.466	15.4	-----	20.5	0.972	72.6
8	18.9	0.516	15.3	-----	20.5	0.972	72.3
9	18.3	0.684	14.8	0.203	20.4	0.972	70.2
10	17.9	0.780	14.4	0.496	20.3	0.972	69.1
11	18.1	0.856	14.6	0.659	20.1	0.972	70.4
12	18.2	0.887	14.7	0.721	20.0	0.972	71.5

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	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.1	19.9	16.0	15.6	6.7	0.9	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1334	1306	1214	869	803	769	194	166
p,sat [Pa]:	2351	2320	1821	1770	982	653	202	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.

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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny		Kondenzující množství vodní páry [kg/(m ² s)]
	levá	pravá	
1	0.2750	0.4483	5.344E-0008

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: 0.0571 kg/(m².rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: 4.0400 kg/(m².rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 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 kondenzační zóny		Akt.kond./vypař. Mc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
	levá	[m] pravá		
12	0.3071	0.3199	2.21E-0009	0.0059
1	0.3007	0.3328	6.88E-0009	0.0244
2	0.3071	0.3199	2.77E-0009	0.0311
3	---	---	-3.07E-0008	0.0000
4	---	---	---	---
5	---	---	---	---
6	---	---	---	---
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---
11	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0311 kg/m2**
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$ je minimálně: **0.0311 kg/m2**

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. $M_{c,a} < M_{ev,a}$).

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.

STOP, Teplo 2014 EDU

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Dřevěná konstrukce

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -13,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Hlína suchá	0,040	0,700	1,5
2	Steico Therm	0,040	0,040	5,0
3	OSB desky	0,015	0,130	50,0
4	Konopná izolace + sloupky	0,120	0,052	1,2
5	Konopná izolace	0,060	0,040	1,2
6	Heraklith Facade	0,250	0,070	5,0
7	Oμίtka vápenná	0,010	0,870	6,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,972$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Jejich převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{,N}$... **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,180 kg/m².rok (materiál: Konopná izolace).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0571 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$
Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 4,0400 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... **2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

$M_{c,a} < M_{c,N}$... **3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

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 2014 EDU

Název úlohy : **Střecha hlavní budova**
Zpracovatel : Petr
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 26. 4. 201

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou
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	Sádrokarton	0,0125	0,2200	1060,0	750,0	9,0	0.0000
2	Steico Therm	0,0200	0,0400	2100,0	160,0	5,0	0.0000
3	OSB desky	0,0150	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
4	Konopná izolac	0,1200	0,0400	1009,1	83,5	1,2	0.0000
5	Konopná izolac	0,2000	0,0590*	1099,2	102,5	1,2	0.0000
6	Jutadach 115	0,0002	0,3900	1700,0	575,0	100,0	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	Sádrokarton	---
2	Steico Therm	---
3	OSB desky	---
4	Konopná izolace	---
5	Konopná izolace	vliv běžných tep. mostů dle EN ISO 6946
6	Jutadach 115	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.10 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	55.1	1336.3	-2.4	81.2	406.1
2	28	20.6	57.3	1389.6	-0.9	80.8	457.9
3	31	20.6	58.8	1426.0	3.0	79.5	602.1
4	30	20.6	60.7	1472.1	7.7	77.5	814.1
5	31	20.6	64.9	1573.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	20.6	68.7	1666.1	15.9	72.0	1300.1
7	31	20.6	70.8	1717.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	20.6	70.1	1700.0	17.0	70.9	1373.1
9	30	20.6	65.6	1590.9	13.3	74.1	1131.2
10	31	20.6	61.0	1479.4	8.3	77.1	843.7
11	30	20.6	58.8	1426.0	2.9	79.5	597.9
12	31	20.6	57.7	1399.3	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RHi a Pi 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).

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 : 7.063 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.138 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 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} : 7.3E+0009 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 247.7

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 11.2 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.47 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.966**

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	14.7	0.743	11.3	0.595	19.8	0.966	57.8
2	15.3	0.753	11.9	0.594	19.9	0.966	59.9
3	15.7	0.721	12.3	0.526	20.0	0.966	61.0
4	16.2	0.659	12.7	0.391	20.2	0.966	62.4
5	17.2	0.576	13.8	0.135	20.3	0.966	66.0
6	18.2	0.479	14.6	-----	20.4	0.966	69.4
7	18.6	0.365	15.1	-----	20.5	0.966	71.3
8	18.5	0.409	15.0	-----	20.5	0.966	70.6
9	17.4	0.564	13.9	0.087	20.4	0.966	66.6
10	16.3	0.648	12.8	0.367	20.2	0.966	62.6
11	15.7	0.723	12.3	0.529	20.0	0.966	61.0
12	15.4	0.755	12.0	0.593	19.9	0.966	60.3

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	5-6	e
theta [C]:	20.1	19.9	17.6	17.0	3.1	-12.5	-12.5
p [Pa]:	1334	1238	1152	511	388	183	166
p,sat [Pa]:	2357	2319	2007	1940	765	207	206

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.

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

Množství difundující vodní páry G_d : 1.709E-0007 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.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Střecha hlavní budova

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -13,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Sádkartón	0,0125	0,220	9,0
2	Steico Therm	0,020	0,040	5,0
3	OSB desky	0,015	0,130	50,0
4	Konopná izolace	0,120	0,040	1,2
5	Konopná izolace	0,200	0,059	1,2
6	Jutadach 115	0,0002	0,390	100,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,966$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Jejím převýšením nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{i,N} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,138 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{i,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

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 2014 EDU

Název úlohy : **Podlaha**
Zpracovatel : Petr
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 3.5.

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	Dřevo měkké (t	0,0150	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
2	Beton hutný 1	0,0600	1,2300	1020,0	2100,0	17,0	0.0000
3	Isover EPS Gre	0,2400	0,0320	1270,0	20,0	50,0	0.0000
4	Elastodek 40 S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	20000,0	0.0000
5	Beton hutný 1	0,1200	1,2300	1020,0	2100,0	17,0	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	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---
2	Beton hutný 1	---
3	Isover EPS Grey 100	---
4	Elastodek 40 Standard Mineral	---
5	Beton hutný 1	---

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 : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	55.1	1336.3	3.6	100.0	790.2
2	28	20.6	57.3	1389.6	2.7	100.0	741.4
3	31	20.6	58.8	1426.0	3.5	100.0	784.7
4	30	20.6	60.7	1472.1	5.4	100.0	896.5
5	31	20.6	64.9	1573.9	7.8	100.0	1057.7
6	30	20.6	68.7	1666.1	10.3	100.0	1252.2
7	31	20.6	70.8	1717.0	11.9	100.0	1392.6
8	31	20.6	70.1	1700.0	12.7	100.0	1467.8
9	30	20.6	65.6	1590.9	12.4	100.0	1439.2
10	31	20.6	61.0	1479.4	10.6	100.0	1277.5
11	30	20.6	58.8	1426.0	8.1	100.0	1079.5
12	31	20.6	57.7	1399.3	5.4	100.0	896.5

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).

Průměrná měsíční venkovní teplota T_e 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 : 7.749 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.126 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} : 5.2E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 179.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 10.4 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 20.20 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.969**

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				
1	14.7	0.652	11.3	0.452	20.1	0.969	56.9
2	15.3	0.704	11.9	0.512	20.0	0.969	59.3
3	15.7	0.713	12.3	0.512	20.1	0.969	60.8
4	16.2	0.710	12.7	0.483	20.1	0.969	62.5
5	17.2	0.738	13.8	0.466	20.2	0.969	66.5
6	18.2	0.762	14.6	0.422	20.3	0.969	70.1
7	18.6	0.774	15.1	0.369	20.3	0.969	72.0
8	18.5	0.731	15.0	0.286	20.4	0.969	71.2
9	17.4	0.612	13.9	0.187	20.3	0.969	66.6
10	16.3	0.567	12.8	0.222	20.3	0.969	62.2
11	15.7	0.608	12.3	0.333	20.2	0.969	60.2
12	15.4	0.658	12.0	0.432	20.1	0.969	59.4

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]:	20.3	20.2	20.1	8.1	8.0	7.9
p [Pa]:	1334	1327	1324	1291	1068	1063
p,sat [Pa]:	2385	2365	2354	1076	1074	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.

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/(m ² s)]
1	0.3150	0.3150	3.315E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M_{c,a}: **0.0206 kg/(m².rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok M_{ev,a}: **0.1020 kg/(m².rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 15.0 C.

Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 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 kondenzační zóny		Akt.kond./vypař. Mc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
	levá	pravá		
2	0.3150	0.3150	8.22E-0009	0.0199
3	0.3150	0.3150	8.12E-0009	0.0416
4	0.3150	0.3150	7.27E-0009	0.0605
5	0.3150	0.3150	6.50E-0009	0.0779
6	0.3150	0.3150	5.19E-0009	0.0913
7	0.3150	0.3150	4.04E-0009	0.1022
8	0.3150	0.3150	2.85E-0009	0.1098
9	0.3150	0.3150	1.80E-0009	0.1144
10	0.3150	0.3150	2.43E-0009	0.1209
11	0.3150	0.3150	4.30E-0009	0.1321
12	0.3150	0.3150	6.32E-0009	0.1490
1	0.3150	0.3150	6.89E-0009	0.1675

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$:

0.1675 kg/m2

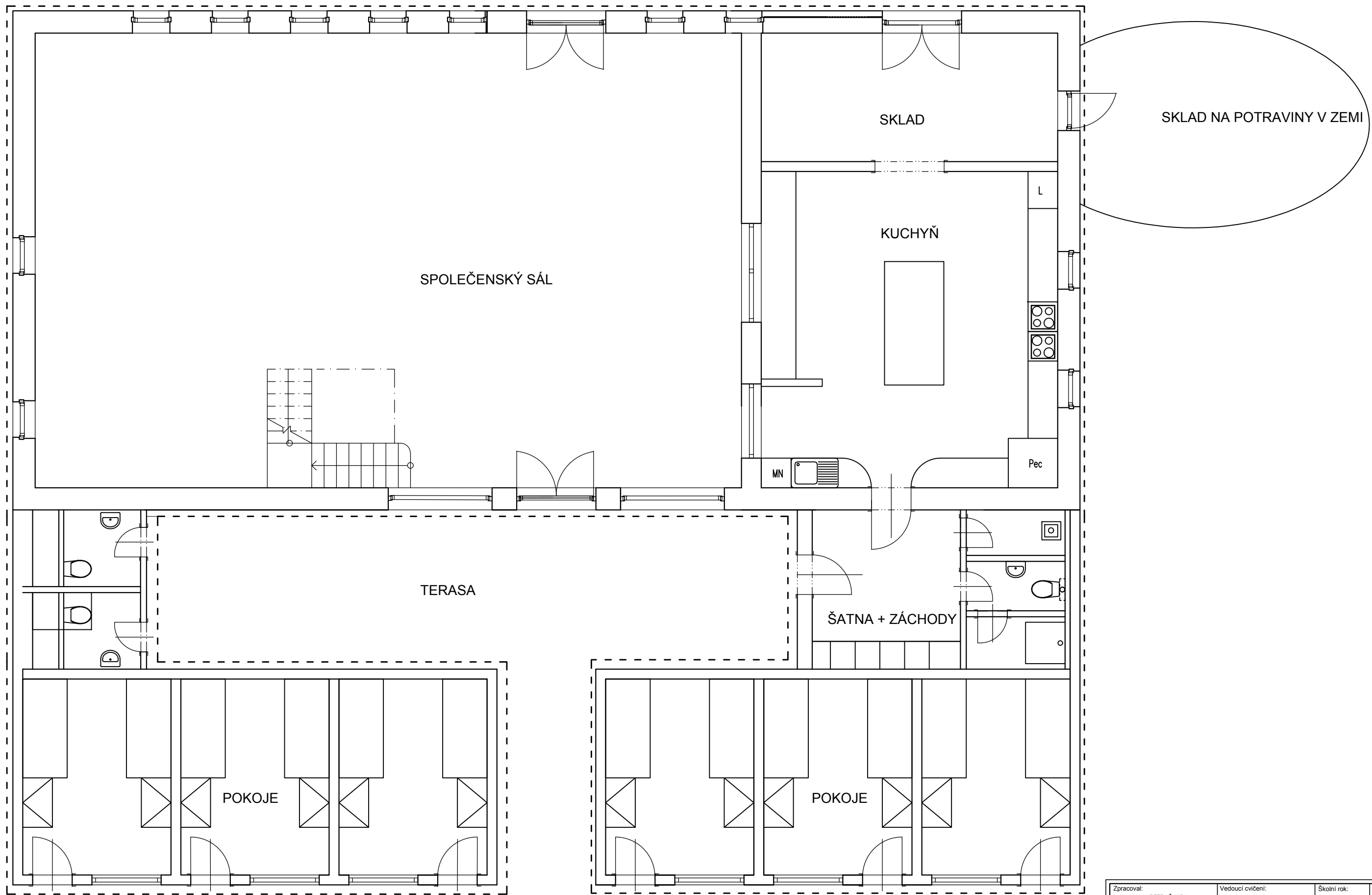
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$:

0.0000 kg/m2

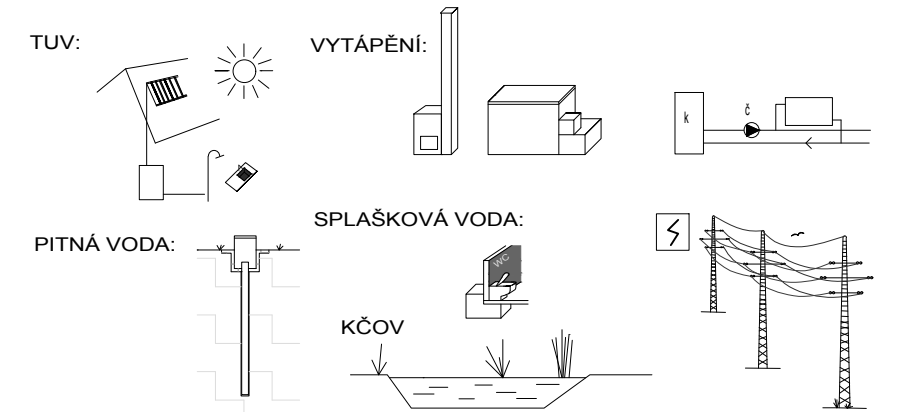
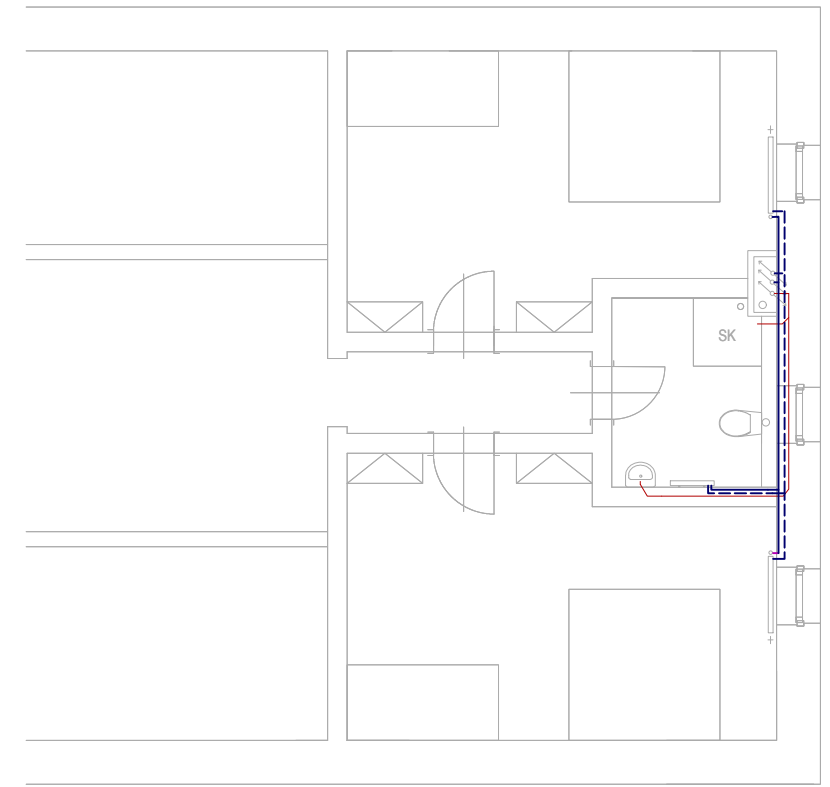
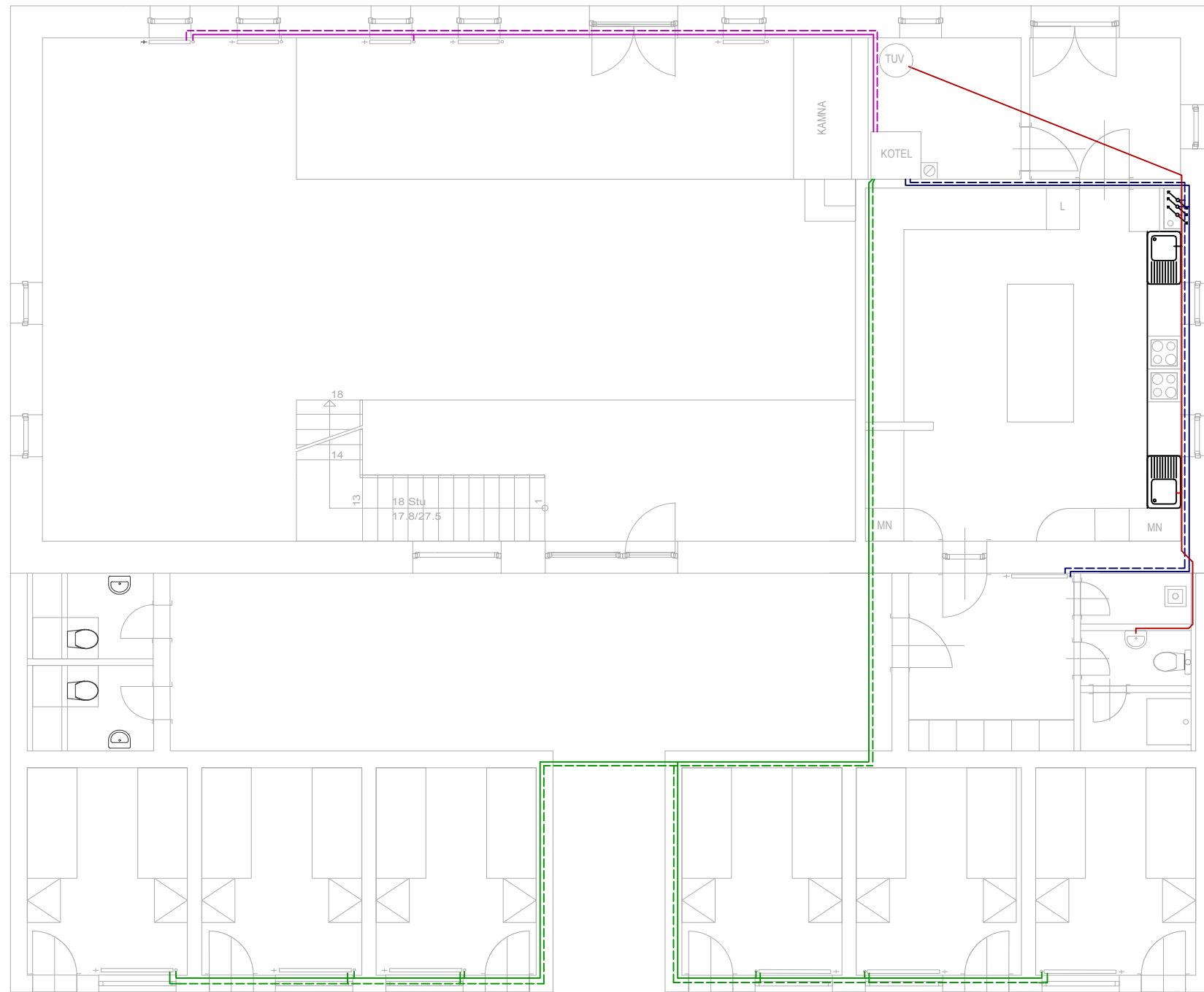
Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. $M_{c,a} > M_{ev,a}$).

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.

STOP, Teplo 2014 EDU



Zpracoval:	PETR ČANDA	Vedoucí cvičení:	Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok:	2016–2017	Fakulta sta	
Předmět:	124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE					ČVUT	
Název úlohy:	STAVEBNÍ ČÁST					Datum:	24
						Meřítko:	
Název výkresu:	VYTÁPĚNÁ PLOCHA					Císlo výkresu:	



ODPADNÍ VODA

Toalety na jihozápadě jsou řešeny jako kompostovací. Ostatní odpadní voda je vedena do kořenové čističky přes jímku filtry.

ELEKTŘINA

Elektřina bude brána ze sítě.

TUV

Teplá užitková voda bude ohřívána od kotle a také přes solární kolektory.

PITNÁ VODA

Na pozemku bude vlastní studna.

VYTÁPĚNÍ

Vytápění je řešeno přes kotel na tuhá paliva a je rozváděný teplovodní soustavou s třífázovým zapojením.

LEGENDA:

- 1.okruh
 - přívodní potrubí
 - - - vratné potrubí
- 2.okruh
 - přívodní potrubí
 - - - vratné potrubí
- 3.okruh
 - přívodní potrubí
 - - - vratné potrubí
- TUV okruh
 - rozvod teplé užitkové vody

Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 28.5.2017
Název úlohy: ENERGETICKÉ POSOUZENÍ			Měřítka: 1:100
Název výkresu: SCHÉMA SYSTÉMŮ TZB			Číslo výkresu: E2

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Bakalářská práce: Víceúčelový objekt Polana

Část práce: Statické posouzení

Vypracoval: Petr Čanda

Vedoucí práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Obsah

1. ÚVOD:	2
VYBRANÁ KONSTRUKČNÍ VARIANTA	3
1. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE HLAVNÍ BUDOVY	4
1.1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ	4
1.2. UŽITNÁ ZATÍŽENÍ	6
1.3. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÁ	6
2. SOUHRNÉ ZATÍŽENÍ NOSNÝCH KONSTRUKCÍ.....	8
2.1 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY	8
2.2 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ STROPU	8
2.3 POSOUZENÍ PROGRAMEM SCIA ENGINEER	9
3. REPORT ZE SCIA ENGINEER A POSOUZENÍ PRVKŮ	10
3.1 KROKEV	10
3.2 VAZNICE A PÁSEK	17
1.4. KLEŠTINA.....	23
1.5. STROPNÍ TRÁM A PÁSEK	26
1.6. STROPNICE	31
1.7. VZPĚRA.....	35
PŘÍLOHY: S1 POROVNÁNÍ KONSTRUKČNÍCH VARIANT	
S2 SCHÉMA NAVRŽENÝCH PRVŮ	

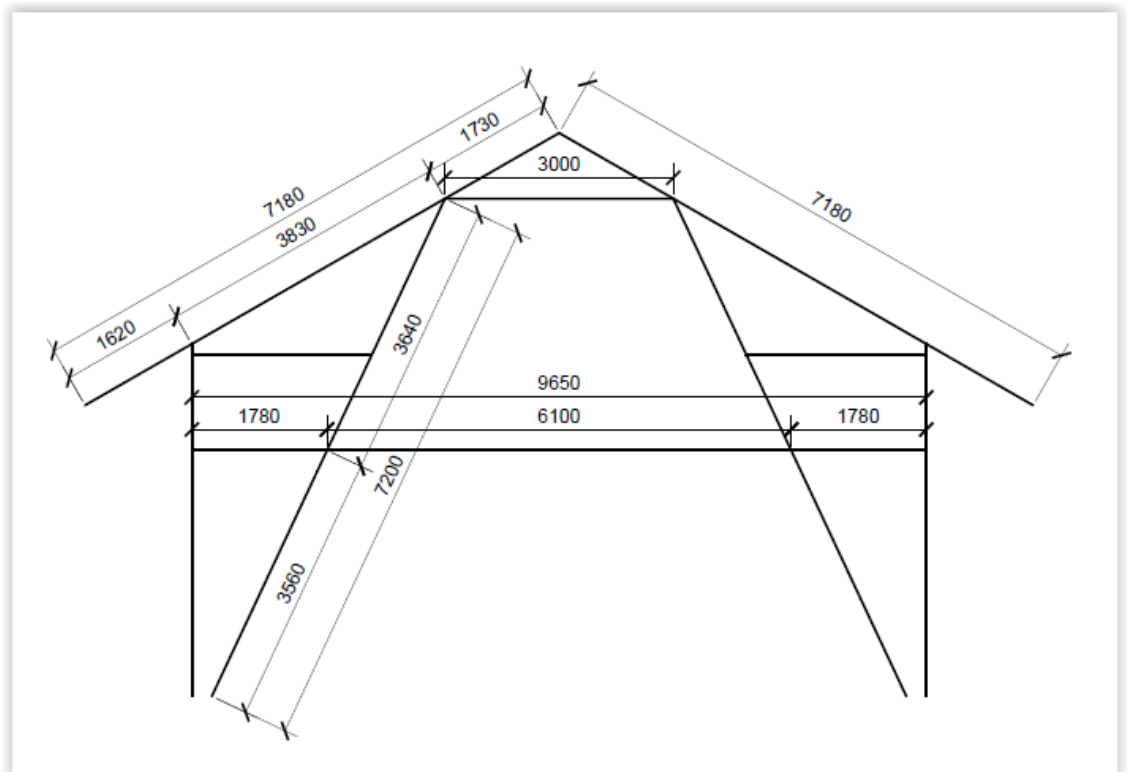
1. ÚVOD:

V této části práce je zpracováno statické řešení zpracovávaného projektu. Zaměřil jsem se na návrh nosných prvků v hlavní budově. Jsou zde uvedeny jednotlivé varianty konstrukčních systémů budovy a jejich porovnání viz. příloha S1. Z posuzovaných variant konstrukčních systémů jsem vybral variantu č. 2, která byla zpracována pro předběžný statický návrh jednotlivých prvků konstrukce hlavní budovy. Navržení prvků nosného systému u chatek jsem po poradě s vedoucím odhadl.

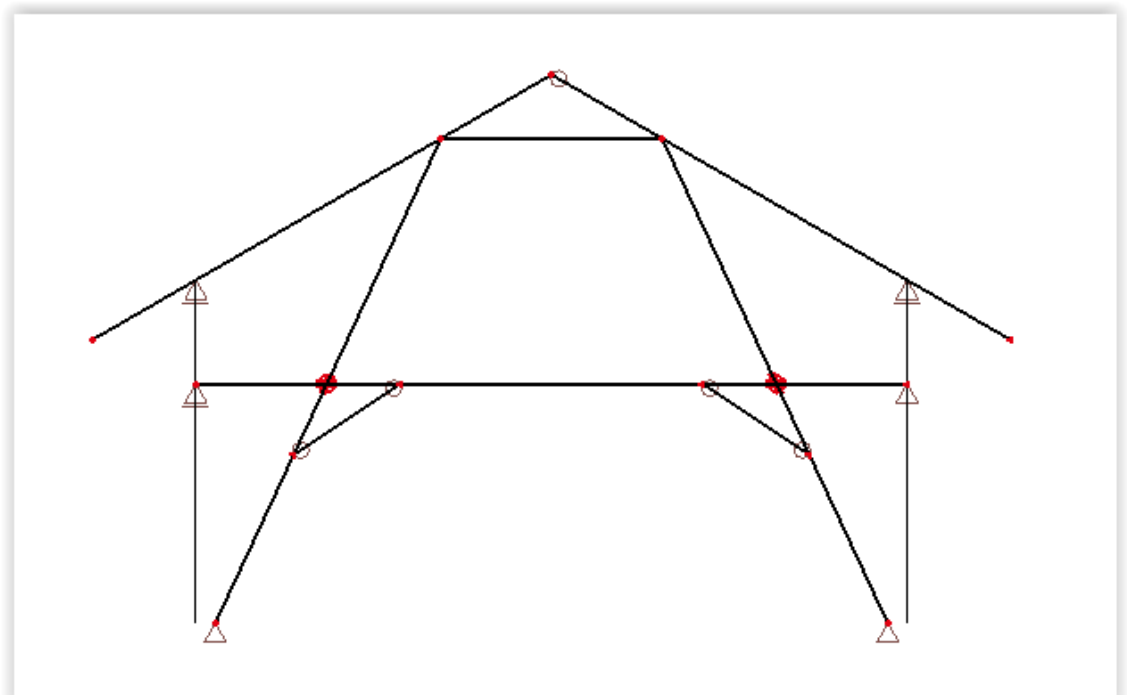
Všechny informace o statickém řešení stavby jsou popsány v souhrnné technické zprávě v části: Stavebně-konstrukční řešení stavby.

VYBRANÁ KONSTRUKČNÍ VARIANTA

Model s kótami:



Model ve Scia Engineer:



1. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE HLAVNÍ BUDOVY

1.1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ

01 - VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE STROPU

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
nášlapná vrstva	t = 15 mm	0,015	0,098	1,35	0,132
	$\rho = 650\text{kg/m}^3$	650			
betonová mazanina	t = 50 mm	0,05	1,2	1,35	1,62
	$\rho = 2400\text{ kg/m}^3$	2400			
Kročejová izolace	t = 20 mm	0,02	0,01	1,35	0,01
	$\rho = 500\text{kg/m}^3$	50			
OSB deska	t = 15 mm	0,018	0,117	1,35	0,16
	$\rho = 6500\text{ kg/m}^3$	650			
Tíha stropu	Odhadnuto		0,25	1,35	0,34
izolace	t = 120 mm	0,12	0,06	1,35	0,08
	$\rho = 500\text{ kg/m}^2$	50			
sádrokartonový podhled	t = 13 mm	0,013	0,11	1,35	0,15
	$\rho = 850\text{ kg/m}^2$	850			
			1,85		2,49

02 - VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE MŮSTKU

nášlapná vrstva+latě	t = 25 mm	0,025	0,163	1,35	0,219
	$\rho = 650\text{kg/m}^3$	650			
Tíha stropu			0,25	1,35	0,34
			0,41		0,56

03 - VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE STŘECHY

krytina			0,55	1,35	0,74
izolace	t = 380 mm	0,38	0,19	1,35	0,26
	$\rho = 500\text{ kg/m}^3$	50			
tíha konstrukce	t = 320 mm	0,32	0,20	1,35	0,27
OSB deska	t = 15 mm	0,012	0,078	1,35	0,11
	$\rho = 650\text{ kg/m}^3$	650			
dřevovláknitá deska	t = 20 mm	0,02	0,09	1,35	0,12
	m = 450 kg/m ²	450			
sádrokartonový podhled	t = 13 mm	0,013	0,11	1,35	0,15
	$\rho = 850\text{ kg/m}^2$	850			
Zatížení celkem	g1		1,22		1,64

04 - VLASTNÍ TÍHA OBVODOVÉ STĚNY 300 mm

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
vnější omítka	t = 10 mm	0,01	0,16	1,35	0,216
	$\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$	1600			
Heraklith	t = 80 mm	0,08	0,36	1,35	0,49
	$\rho = 450 \text{ kg/m}^3$	450			
Panel Ecococon	t = 400 mm	400	1,6	1,35	2,16
	m = 160 kg/m ²	160			
OSB deska	t=15 mm	0,015	0,102	1,35	0,14
	$\rho = 680 \text{ kg/m}^3$	680			
Svislý rošt+therm	t = 15 mm	0,015	0,0285	2,35	0,07
	$\rho = 190 \text{ kg/m}^3$	190			
vnitřní omítka	t = 40 mm	0,04	0,80	1,35	1,08
	$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$	2000			
			3,05		4,15

06 - VLASTNÍ TÍHA PŘÍČKY 150 mm

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
omítka	t = 40 mm	0,04	0,80	1,35	1,08
	$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$	2000			
Ekopanel E60	t = 60 mm	0,06	0,23	1,35	0,31
	$\rho = 380 \text{ kg/m}^3$	380			
Akustická izolace Wolf	t = 40 mm	0,04	0,01	1,35	0,01
	$\rho = 18 \text{ kg/m}^3$	18			
Ekopanel E60	t = 60 mm	0,06	0,23	1,35	0,31
	$\rho = 380 \text{ kg/m}^3$	380			
omítka	t = 40 mm	0,04	0,80	1,35	1,08
	$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$	2000			
			2,06		2,79

07 - VLASTNÍ TÍHA SCHODIŠTĚ (PŮDORYSNÝ PRŮMĚT)

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
deska konst. tloušťky	t = 250 mm	0,25	1,75	1,35	2,36
	$\rho = 700 \text{ kg/m}^3$	700			
schodišťové stupně	175 × 280 mm	0,175	0,61	1,35	0,83
	$\rho = 700 \text{ kg/m}^3$	700			
			2,36		3,19

1.2. UŽITNÁ ZATÍŽENÍ

A - UŽITNÁ ZATÍŽENÍ - OBYTNÉ PROSTORY

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
kategorie B	$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$	2	2,00	1,5	3
			2,00		3

B - UŽITNÁ ZATÍŽENÍ - SCHODIŠTĚ

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
schodiště	$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$	3	3,00	1,5	4,50
			3,00		4,50

C - UŽITNÁ ZATÍŽENÍ - PROSTORY PRO SCHORMÁŽDOVÁNÍ LIDÍ (POBYTOVÉ PROSTORY)

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
kategorie C2	$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$	4	4,00	1,5	6
			4,00		6

D - UŽITNÁ ZATÍŽENÍ - PROSTORY PRO SCHORMÁŽDOVÁNÍ LIDÍ (PŘEMOSTĚNÍ)

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
kategorie C3	$q_k = 5 \text{ kN/m}^2$	5	5,00	1,5	7,5
			5,00		7,5

E - UŽITNÁ ZATÍŽENÍ - NEPŘÍSTUPNÁ STŘECHA

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
kategorie B	$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$	0,75	0,75	1,5	1,125
			0,75		1,125

1.3. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÁ

F - ZATÍŽENÍ SNĚHEM

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
IV. sněhová oblast	$s_k = 1,9 \text{ kN/m}^2$	1,90	1,52	1,5	2,28
	$\alpha = 30^\circ$	30			
	$\mu_1 = 0,8$	0,80			
	$C_e = 1$	1,00			
	$C_t = 1$	1,00			
			1,52		2,28

ZATÍŽENÍ VĚTREM

Výpočet	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$	25,00	Podélný směr	d (m)	21,60	
	$C_d = 1$	1,00		h/d	0,22	
	$C_s = 1$	1,00		e stěny	$e = \min(b, 2h)$	9,40
	$v_b = C_d \cdot C_s \cdot v_{b,0}$	25,00	e střechy	$e = \min(b, 2h)$	10,10	
	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	1,25	Příčný směr	d (m)	10,10	
	$q_p = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$	391		h/d	0,47	
	kat. terénu: II.		e stěny	$e = \min(b, 2h)$	9,40	
	Pro stěny	$z_s = 4,7 \text{ m}$	5	e střechy	$e = \min(b, 2h)$	15,60
	Pro střechu	$C_e(z_s) = 1,9$	1,90	$\alpha = 30^\circ$		
		$z_c = 7,8 \text{ m}$	7,80			
$C_e(z_c) = 1,9$		2,20				

G- ZATÍŽENÍ VĚTREM - PODÉLNÝ VÍTR

položka	výpočet		charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
II. větrná oblast	$C_{pe,A}$	-1,2	-0,89	1,5	-1,34
	$C_{pe,B}$	-0,8	-0,59	1,5	-0,89
	$C_{pe,C}$	-0,5	-0,37	1,5	-0,56
	$C_{pe,D}$	-0,7	-0,52	1,5	-0,78
	$C_{pe,E}$	-0,3	-0,22	1,5	-0,33
	$C_{pe,F}$	-1,10	-0,95	1,5	-1,42
	$C_{pe,G}$	-1,4	-1,20	1,5	-1,80
	$C_{pe,H}$	-0,80	-0,69	1,5	-1,03
	$C_{pe,I}$	-0,50	-0,43	1,5	-0,64

H - ZATÍŽENÍ VĚTREM - PŘÍČNÝ VÍTR

II. větrná oblast	$C_{pe,A}$	-1,2	0,00	1,5	-0,01
	$C_{pe,B}$	-0,8	-0,59	1,5	-0,89
	$C_{pe,D}$	0,7	0,54	1,5	0,81
	$C_{pe,E}$	-0,4	-0,27	1,5	-0,40
	$C_{pe,F}$	-0,5	-0,43	1,5	-0,64
		0,7	0,60	1,5	0,90
	$C_{pe,G}$	-0,5	-0,43	1,5	-0,64
		0,7	0,60	1,5	0,90
	$C_{pe,H}$	-0,20	-0,17	1,5	-0,26
		0,40	0,34	1,5	0,52
	$C_{pe,I}$	-0,4	-0,34	1,5	-0,52
$C_{pe,J}$	-0,5	-0,43	1,5	-0,64	

2. SOUHRNÉ ZATÍŽENÍ NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

2.1 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY

Celkové stálé zatížení střechy

položka	charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
Zatížení střešním pláštěm	1,22	1,35	1,64
užitné zatížení	0,75	1,5	1,13
Zatížení celkem	1,97		2,77

Proměnné zatížení střechy

položka	charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
Zatížení sněhem	1,52	1,5	2,28
Zatížení podélným větrem	-0,95	1,5	-1,42
Zatížení příčným větrem	-0,43	1,5	-0,64

2.2 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ STROPU

Celkové stálé zatížení stropu (Učebna s mobilními příčkami)

položka	charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
zatížení konstrukcí stropu	1,85	1,35	2,49
užitné zatížení	4,00	1,5	6,00
Zatížení celkem	5,85		8,49

Celkové stálé zatížení stropu (Pokoje)

položka	charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
zatížení konstrukcí stropu	1,85	1,35	2,49
příčky v 2.NP	Norma-převedení na rovnoměrné zatížení	1,5	1,20
užitné zatížení	2,00	1,5	3,00
Zatížení celkem	4,65		6,69

Celkové stálé zatížení stropu (přemostění)

položka	charakt. [kN/m ²]	γ_f	návrh. [kN/m ²]
zatížení konstrukcí stropu	0,41	1,35	0,56
užitné zatížení	5,00	1,5	7,50
Zatížení celkem	5,41		8,06

2.3 Posouzení programem SCIA ENGINEER

Vstupní hodnoty:

Typ zatížení	Zatěžovací šířka [m]	charakt. [kN/m]	γ_f	návrh. [kN/m]
Zatížení na střechu				
Celkové stálé zatížení střechy	1	1,22	1,35	1,64
Celkové užité zatížení střechy	1	0,75	1,5	1,13
Zatížení sněhem	3	4,56	1,5	6,84
Zatížení podélným větrem	3	-2,84	1,5	-4,25
Zatížení příčným větrem	3	-1,29	1,5	-1,93
Zatížení na strop				
Největší stálé stropní zatížení	3	5,54	1,35	7,47
Užitné stropní zatížení	3	12,00	1,5	18,00
Stálé zatížení na můstek	3	1,24	1,35	1,67
Užitné zatížení na můstek	3	15,00	1,5	22,50

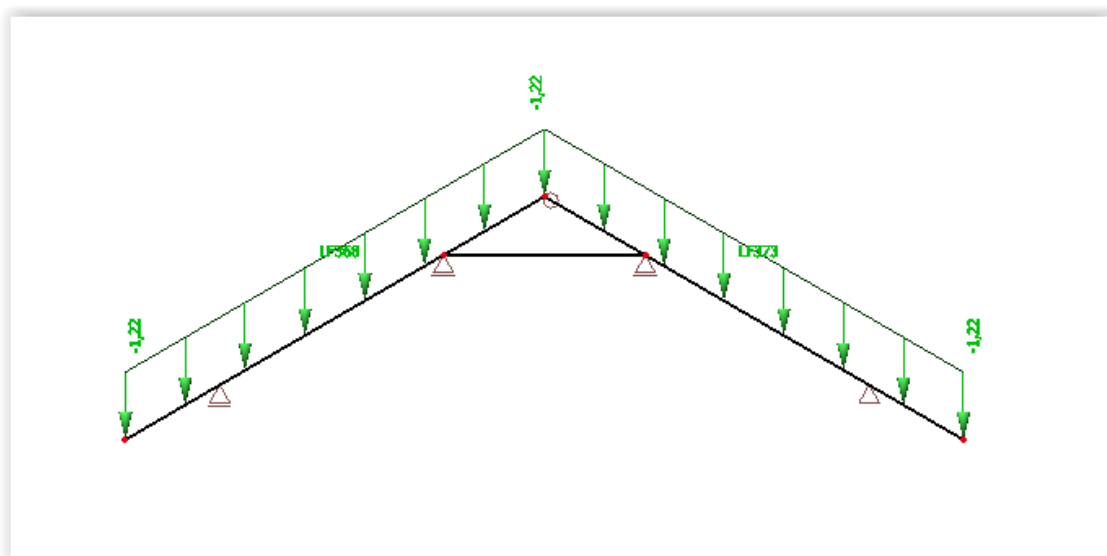
Největší stálé stropní zatížení	1	1,85	1,35	2,49
Užitné stropní zatížení	1	4,00	1,5	6,00
Stálé zatížení na můstek	1	0,41	1,35	0,56
Užitné zatížení na můstek	1	5,00	1,5	7,50

3. REPORT ZE SCIA ENGINEER A POSOUZENÍ PRVKŮ

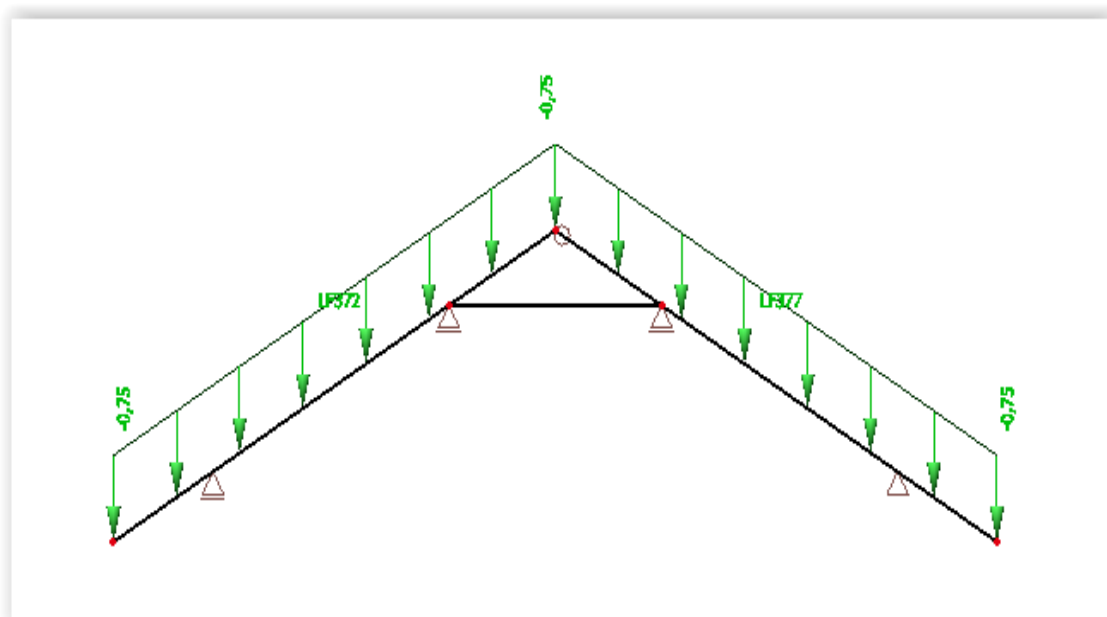
3.1 Krokav

Hodnoty zadané do Scia Engineer:

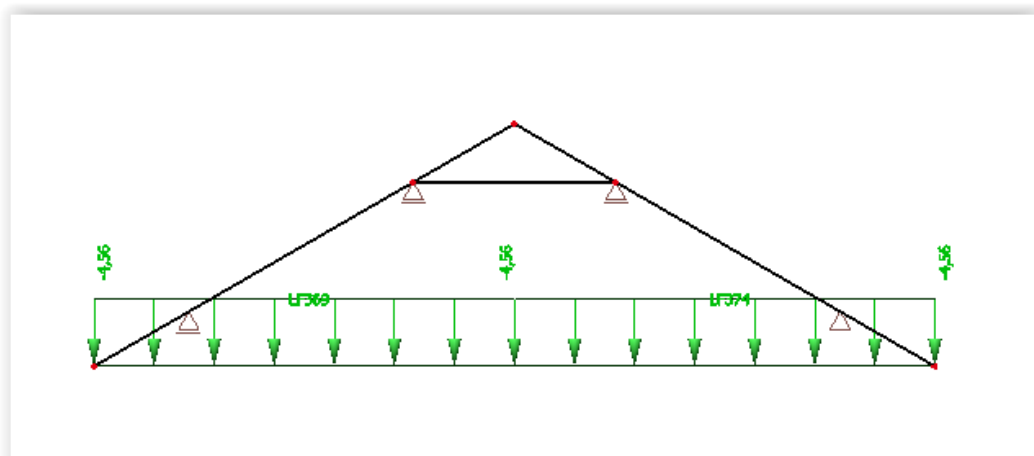
Stále:



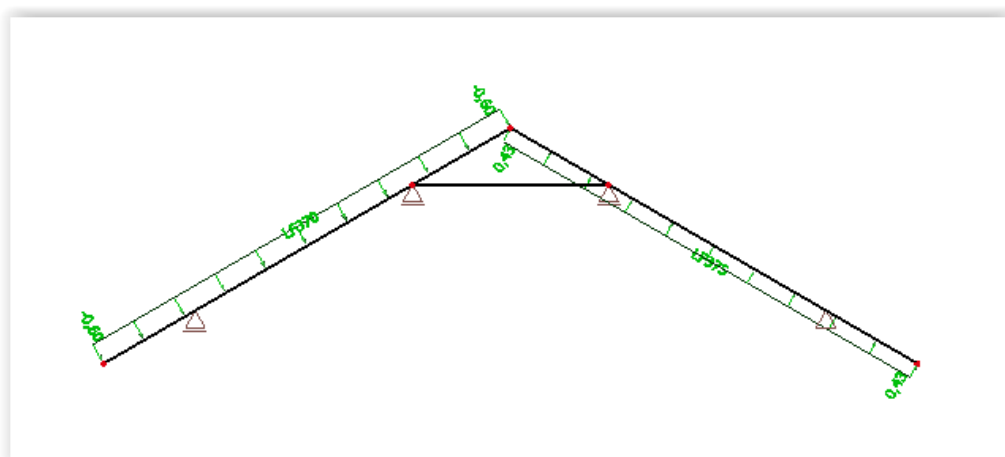
Užitné:



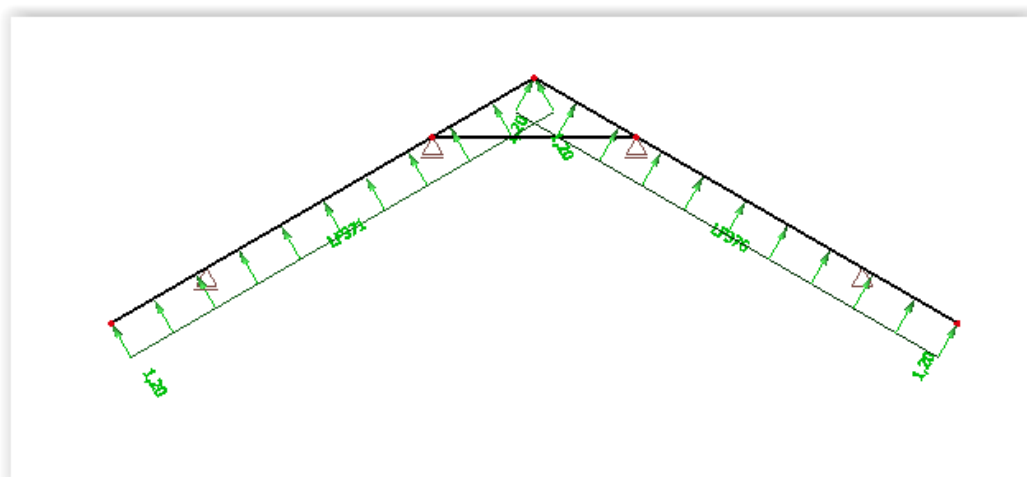
Snih:



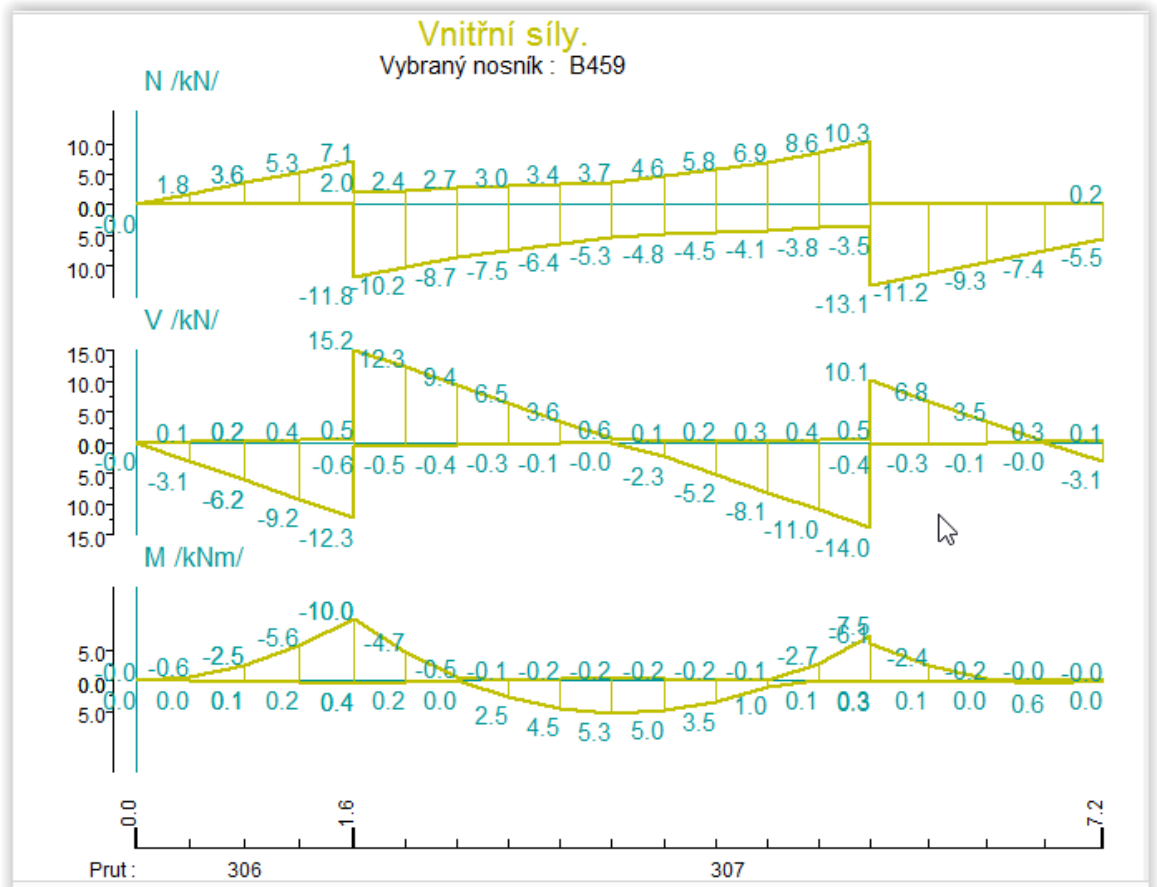
Vítr příčný:



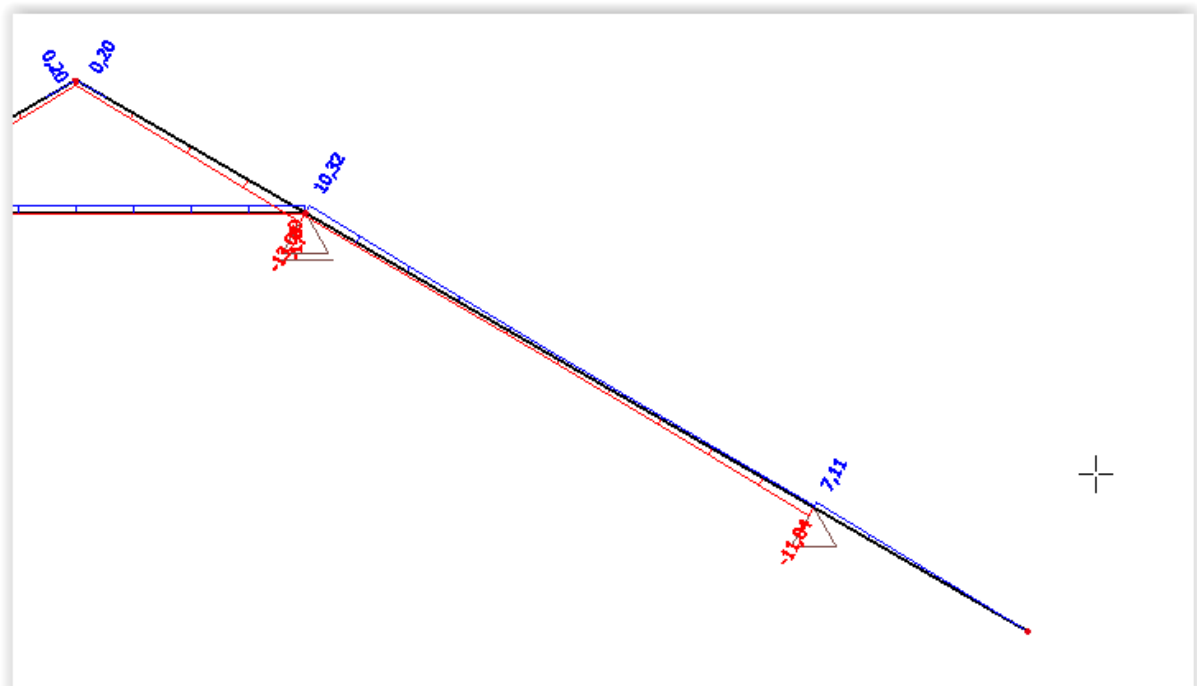
Vítr podélný:



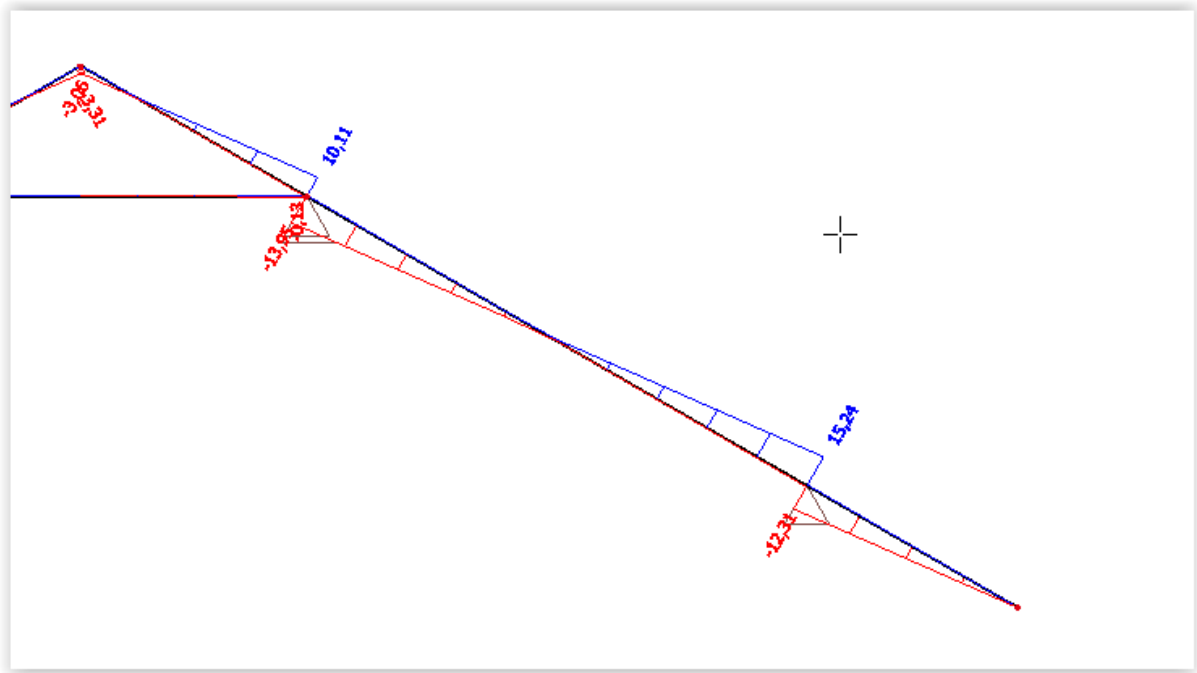
Výsledky: Vnitřní síly



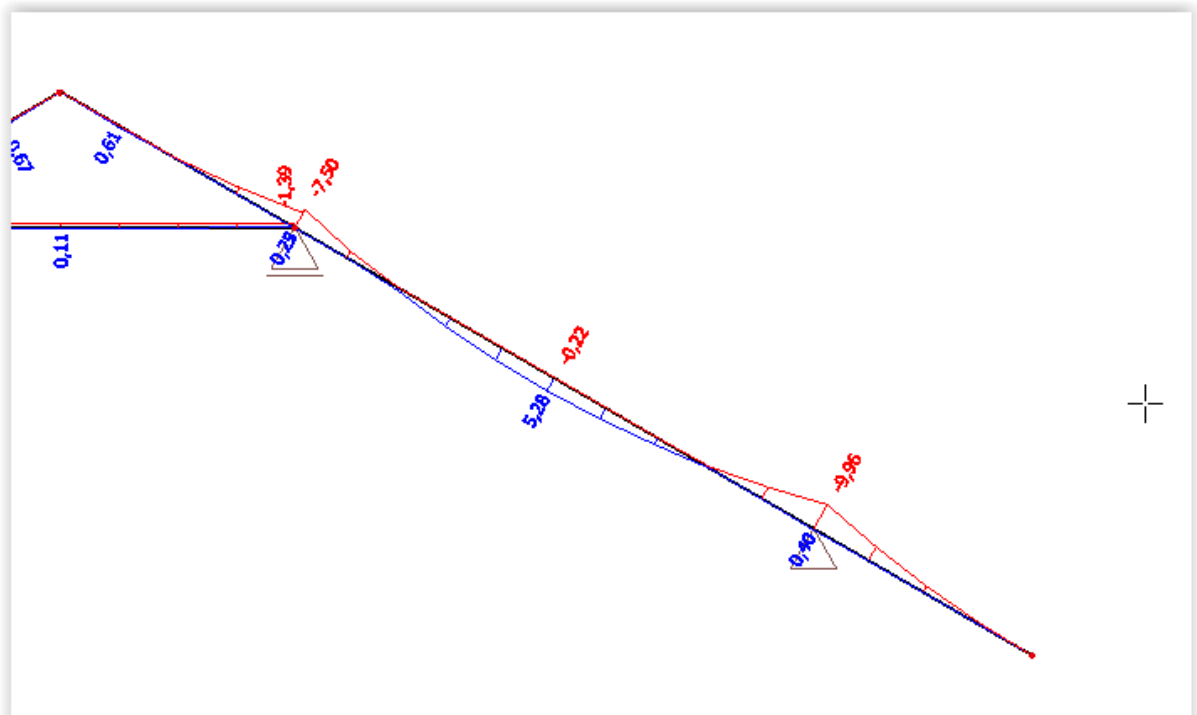
Normálová síla N:



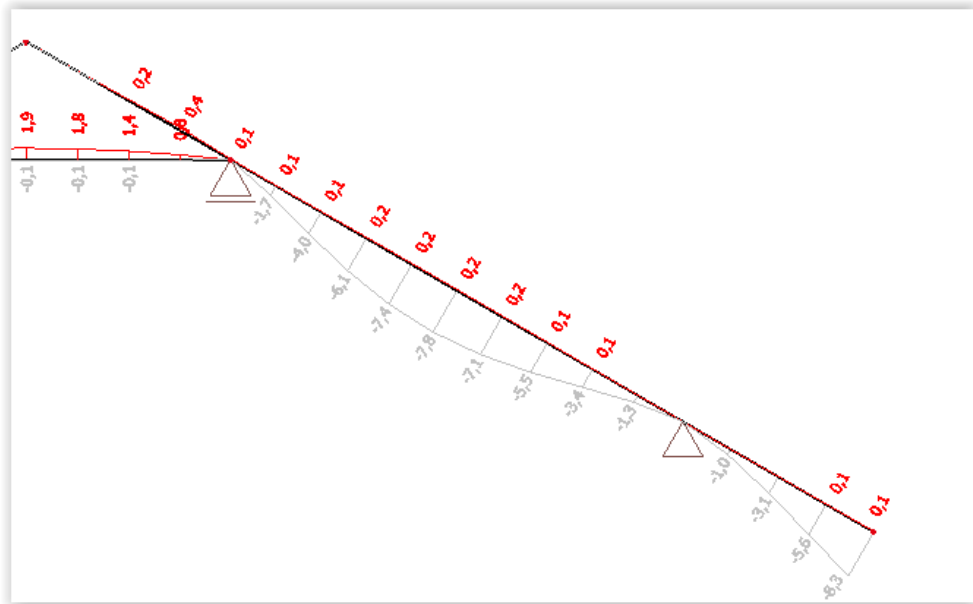
Posouvající síla Vz:



Ohybový moment M_y :



Průhyb, deformace uz:



POSOUZENÍ KROKVE

Třída pevnosti: C24

Třída provozu: 1

$k_{def}=0,60$

Součinitel

$\gamma_M=1,3$

Třída trvání zatížení:

střednědobé

$k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$

Smyk: $f_{v,k}=4,0 \text{ MPa}$

Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=21 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,mean}=11000 \text{ MPa}$

5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny:

$E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku: $G_{mean}=690 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

POSOUZENÍ NA I.MS:

(Pro získání vnitřních sil byl využit modelovací software)

Ohybový moment: $M_d=10,0 \text{ kN m}$

Posouvající síla: $V_d=15,2 \text{ kN}$

Normálová síla: $N_d=13,1 \text{ kN}$

Rozměry prvku: $h=0,200 \text{ m}$ $b=0,120 \text{ m}$ $l=3,5 \text{ m}$ $l=3,5 \text{ m}$ (předpoklad $2b=h$)

$\beta=1$ (součinitel vzpěru)

$k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky:

$$I_Y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_Y = 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,024 \text{ m}^2$$

$$w_Y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$w_Y = 0,0008 \text{ m}^3$$

$$S_Y = b \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

$$S_Y = 0,0006 \text{ m}^3$$

$$i_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{A}}$$

$$i_Y = 0,0577 \text{ m}$$

POSOUZENÍ NA OHYB

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{w_y}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 12,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

POSOUZENÍ_{OHYB} = VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA SMYK

Pevnost ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{(V_d \cdot S_y)}{b_{\text{eff}} \cdot I_Y}$$

$$\tau_{v,d} = 1,4179 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}} = b \cdot k_{\text{cr}}$$

$$k_{\text{cr}} = 0,67$$

$$b_{\text{eff}} = 0,0804 \text{ m}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,d} = 2,4615 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

POSOUZENÍ_{SMYK} = VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU

Návrhová pevnost v tlaku:

Oslabení průřezu v místě osedlání:

$$f_{c,o,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,o,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{c,o,d} = 12,9231 \text{ MPa}$$

$$h_{\text{eff}} = \frac{2 \cdot h}{3} = 0,1333 \text{ m}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_d}{A_{\text{eff}}}$$

$$\sigma_{c,o,d} = 0,8188 \text{ MPa}$$

$$A_{\text{eff}} = h_{\text{eff}} \cdot b = 0,016 \text{ m}^2$$

vzpěrná délka y: $l_{\text{ef},y} = \beta \cdot l$

$$l_{\text{ef},y} = 1,1667 \text{ m}$$

Štíhlosti:

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = 60,6218$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2}$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 19,8735 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,y}}}$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,028$$

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

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_y = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} + 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right)$$

$$k_y = 1,1011$$

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

$$k_{c,y} = 0,6685$$

POSOUZENÍ NA TLAK:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \cdot k_{c,y}$$

POSOUZENÍ_{TLAK} = VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA KOMBINACI

$$\text{POSOUZENÍ}(I_y) \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 0,8553$$

POSOUZENÍ(I_y) = VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA II.MS:

$$l_1 = 3,5 \text{ m}$$

$$w_{inst} = 8,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst} < w_{lim,inst}$$

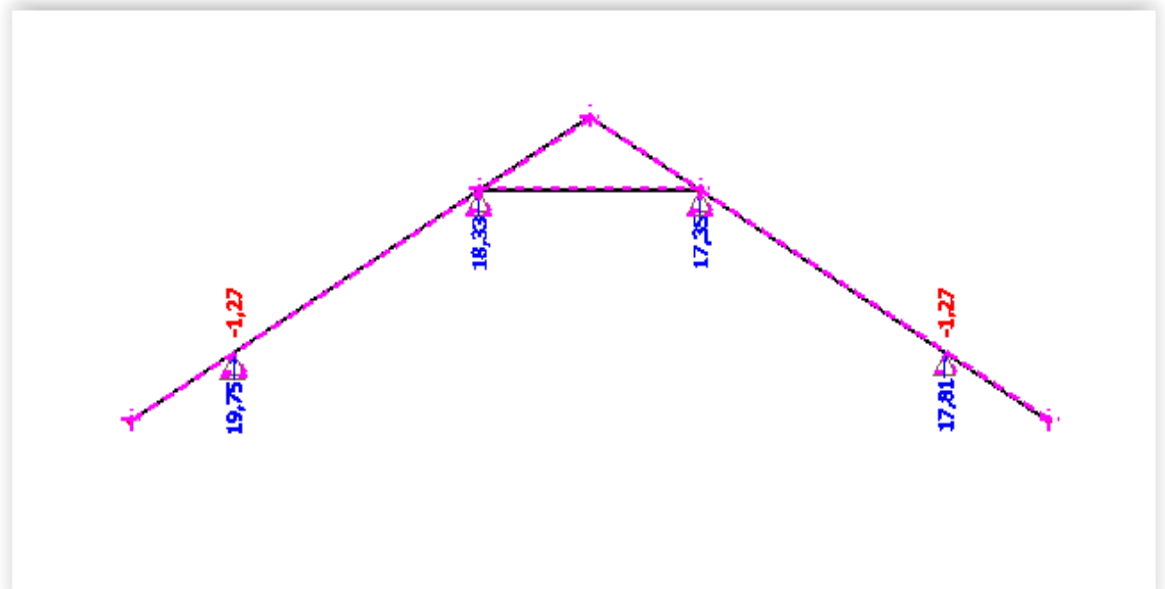
$$w_{lim,inst} = \frac{l_1}{300} = 11,6667 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ_{w_{inst}} = VYHOVÍ

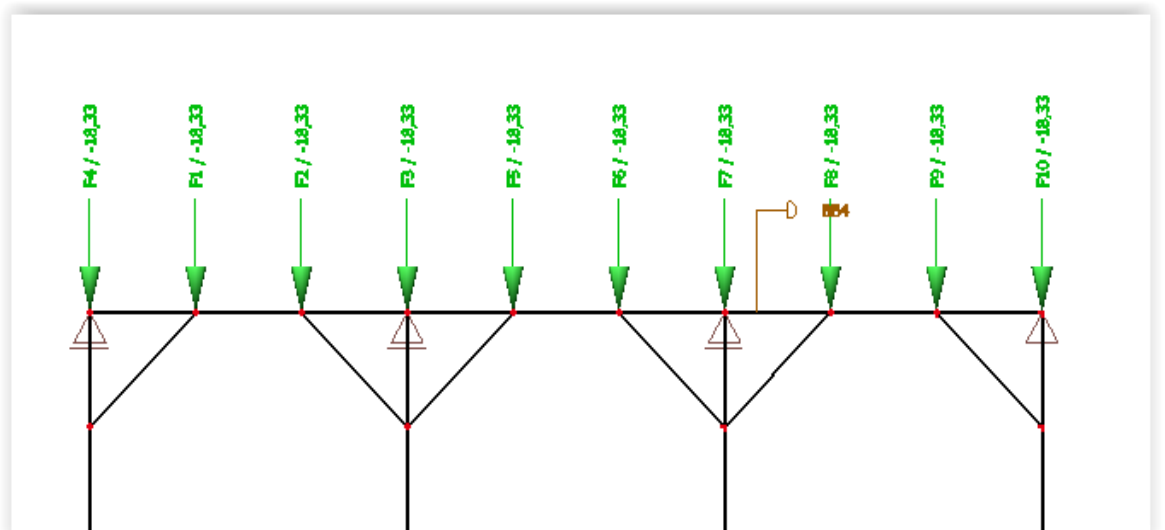
3.2 Vaznice a pásek

Hodnoty zadané do Scia Engineer

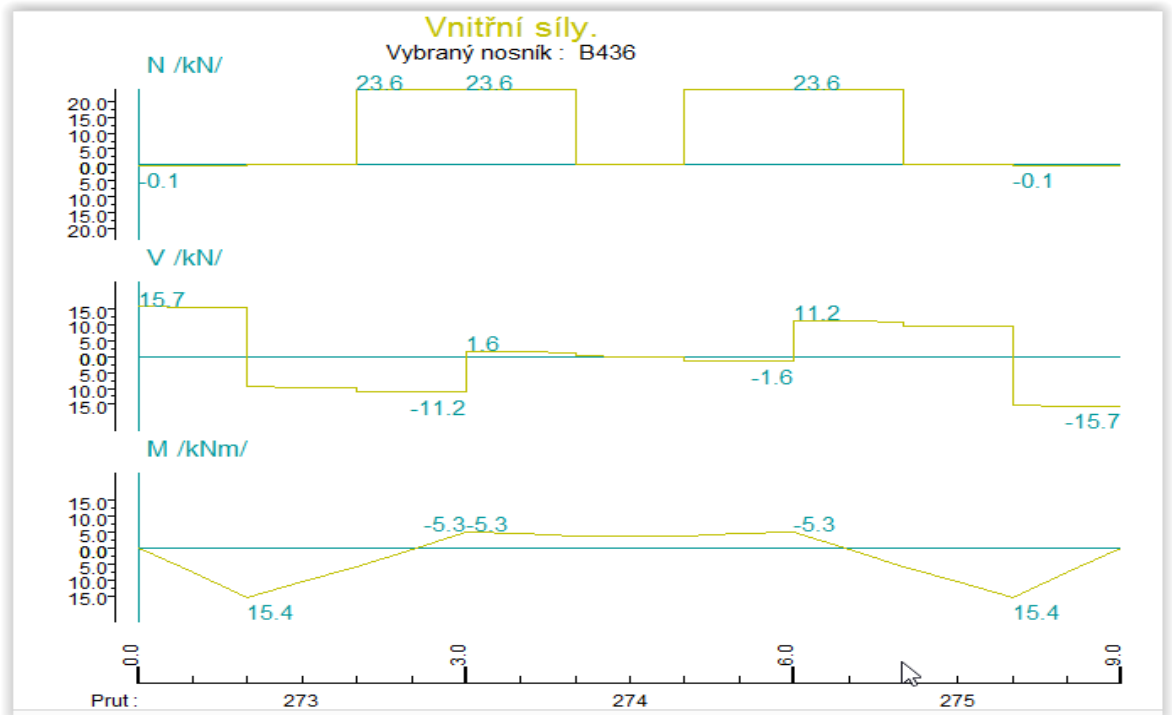
Síla působící na vaznici:



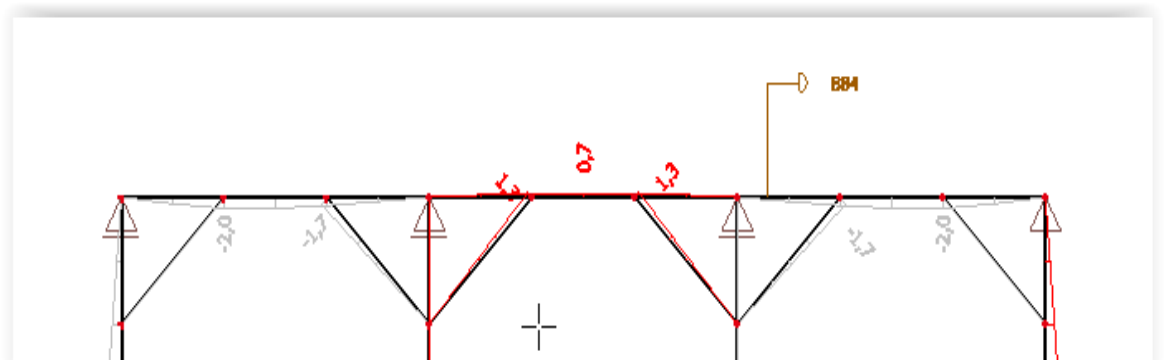
Zatěžovací schéma vaznice



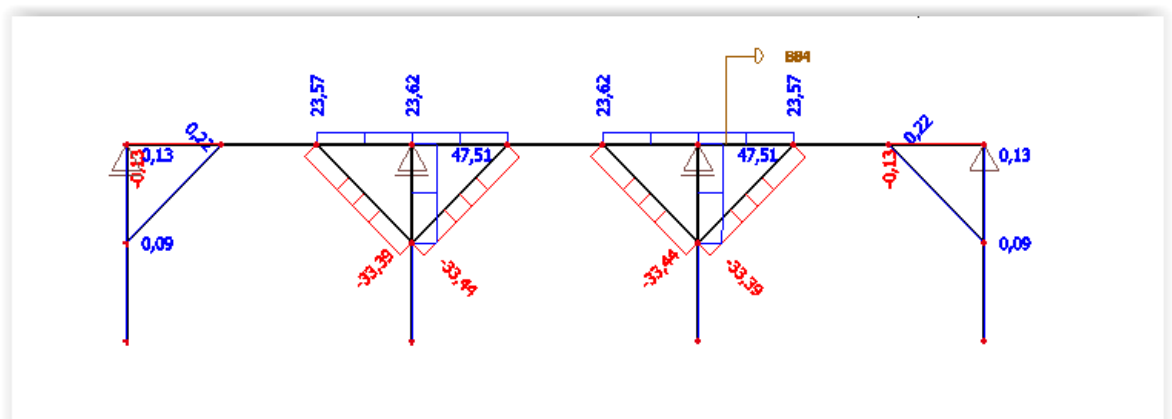
Vaznice vnitřní síly:



Průhyb vaznice:



Pásek vnitřní síly:



POSOUZENÍ VAZNICE

Třída pevnosti: C24

Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$

Součinitel $\gamma_M=1,3$

Třída trvání zatížení: střednědobé $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$

Smyk: $f_{v,k}=4,0 \text{ MPa}$

Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=21 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,mean}=11000 \text{ MPa}$

5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku: $G_{mean}=690 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

POSOUZENÍ NA I.MS:

(Pro získání vnitřních sil byl využit modelovací software)

Ohybový moment: $M_d=15,4 \text{ kN m}$

Posouvající síla: $V_d=15,7 \text{ kN}$

Normálová síla: $N_d=23,6 \text{ kN}$

Rozměry prvku: $h=0,180 \text{ m}$ $b=0,260 \text{ m}$ $l=3 \text{ m}$

$\beta=1$ (součinitel vzpěru)

$k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky:

$$I_Y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_Y = 0,0001 \text{ m}^4$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,0468 \text{ m}^2$$

$$w_Y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$w_Y = 0,0014 \text{ m}^3$$

$$S_Y = b \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

$$S_Y = 0,0011 \text{ m}^3$$

$$i_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{A}}$$

$$i_Y = 0,052 \text{ m}$$

POSOUZENÍ NA OHYB

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{w_y} \quad \sigma_{m,y,d} = 10,9687 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} \quad \text{POSOUZENÍ}_{\text{OHYB}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ NA SMYK

Pevnost ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{(V_d \cdot S_y)}{b \cdot I_y} \quad \tau_{v,d} = 0,5032 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \quad f_{v,d} = 2,4615 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \quad \text{POSOUZENÍ}_{\text{SMYK}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ NA KLOPENÍ

Průřez může klopit, pokud je h/b větší než $7/5$

$$\frac{h}{b} = \frac{9}{13}$$

$$\text{POSOUZENÍ}_{\text{KLOPENÍ}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ NA II.MS:

$$l_1 = 3,0 \text{ m}$$

$$w_{\text{inst}} = 2 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} < w_{\text{lim,inst}}$$

$$w_{\text{lim,inst}} = \frac{l_1}{300} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{POSOUZENÍ}_{w_{\text{inst}}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ PÁSKU U VAZNICE

Třída pevnosti: C24
 Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$
 Součinitel $\gamma_M=1,3$
 Třída trvání zatížení: střednědobé $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$
 Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=24 \text{ MPa}$
 5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

Ohybové momenty: $M_{d,y}=0 \text{ kNm}$ $M_{d,z}=0 \text{ kNm}$
 Posouvající síla: $V_{d,z}=0 \text{ kN}$
 Normálová síla: $N_d=33,44 \text{ kN}$
 Rozměry prvku: $l=1,414 \text{ m}$ $b=0,100 \text{ m}$ $h=0,100 \text{ m}$
 $\beta=1$ (součinitel vzpěru) $k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky

$A=b \cdot h$	$A=0,01 \text{ m}^2$		
$I_Y=\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_Y=8,3333 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$	$w_Y=\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$	$w_Y=0,0002 \text{ m}^3$
$I_Z=\frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3$	$I_Z=8,3333 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$	$w_Z=\frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2$	$w_Z=0,0002 \text{ m}^3$
$i_Y=\sqrt{\frac{I_Y}{A}}$	$i_Y=0,0289 \text{ m}$	$i_Z=\sqrt{\frac{I_Z}{A}}$	$i_Z=0,0289 \text{ m}$

vzpěrná délka y: $l_{ef,y}=\beta \cdot l$ $l_{ef,y}=1,414 \text{ m}$

vzpěrná délka z: $l_{ef,z}=\beta \cdot l$ $l_{ef,z}=1,414 \text{ m}$

Štíhlosti: $\lambda_Y=\frac{l_{ef,y}}{i_Y}$ $\lambda_Y=48,9824$ $\lambda_Z=\frac{l_{ef,z}}{i_Z}$ $\lambda_Z=48,9824$

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad f_{c,0,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad \sigma_{c,0,d} = 3,344 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{w_y} \quad \sigma_{m,y,d} = 0 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{w_z} \quad \sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \sigma_{c,crit,y} = 30,4405 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} \quad \sigma_{c,crit,z} = 30,4405 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad \lambda_{rel,y} = 0,8879$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} \quad \lambda_{rel,z} = 0,8879$$

Součinitel pro konstrukční prvky: $\beta_c = 0,1$ (lepené dřevo)

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_y = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y}^{-0,3}) + \lambda_{rel,y}^2 \right) \quad k_y = 0,9236$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z}^{-0,3}) + \lambda_{rel,z}^2 \right) \quad k_z = 0,9236$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad k_{c,y} = 0,849$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad k_{c,z} = 0,849$$

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU:

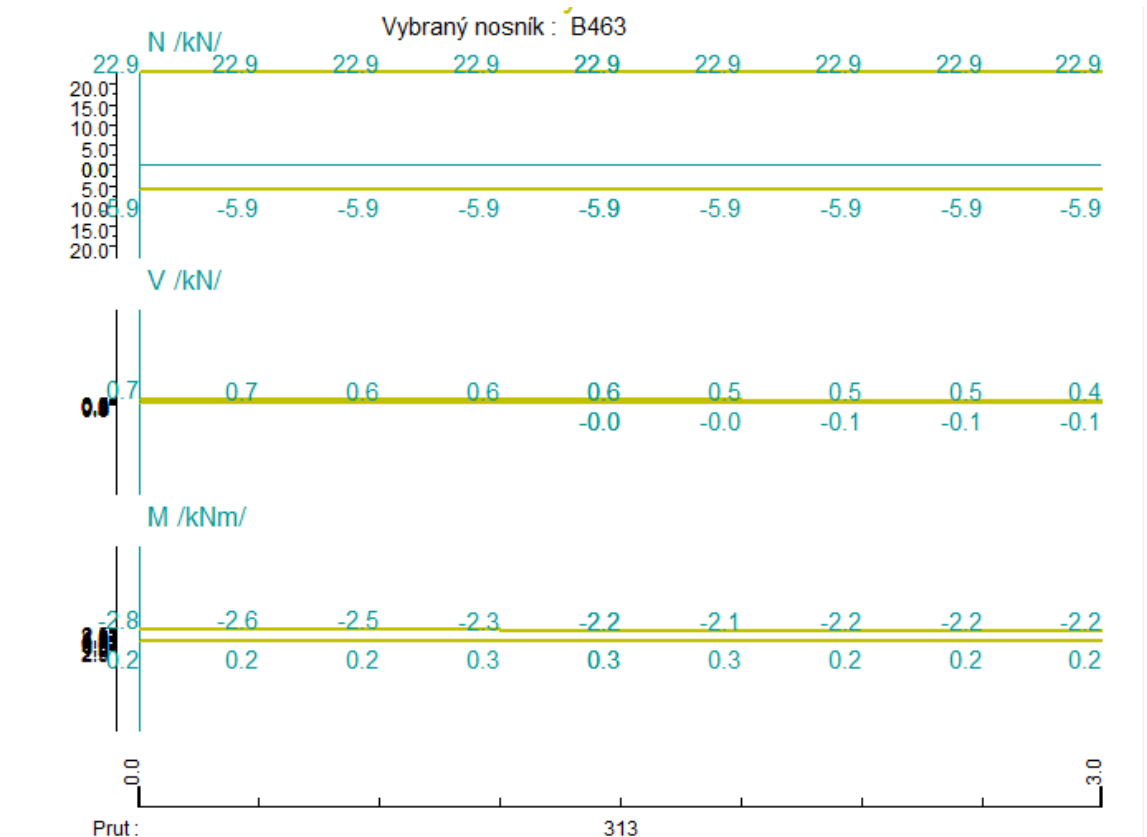
$$\text{POSOUZENÍ}(I_y) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = 0,2667 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_y) = \text{VYHOVÍ}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,2667 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) = \text{VYHOVÍ}$$

1.4. Kleština

Vnitřní síly:



POSOUZENÍ KLEŠTINY

Třída pevnosti: C24

Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$

Součinitel $\gamma_M=1,30$

Třída trvání zatížení: krátkodobé $k_{mod}=0,90$

Pevnost dřeva:

Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k}=21 \text{ MPa}$

Tah rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k}=14 \text{ MPa}$

5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

VÝPOČET: (PRO JEDNU KLEŠTINU - 1/2 SÍLA)

$l=4 \text{ m}$ $b=0,1 \text{ m}$ $h=0,18 \text{ m}$ Oslabení průřezu: zapuštění o 1/5h

Normálová síla pro tlak: $N_{d,c}=2,95 \text{ kN}$ $h_{eff}=h-\frac{1}{5}\cdot h=0,144 \text{ m}$

Normálová síla pro tah: $N_{d,t}=11,45 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky:

$$A = b \cdot h_{\text{eff}}$$

$$A = 0,0144 \text{ m}^2$$

$$I_Y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_Y = 4,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_Z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3$$

$$I_Z = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{A}}$$

$$i_Y = 0,0581 \text{ m}$$

$$i_Z = \sqrt{\frac{I_Z}{A}}$$

$$i_Z = 0,0323 \text{ m}$$

(součinitel vzpěru) $\beta = 1$

vzpěrná délka y: $l_{\text{ef},y} = \beta \cdot l$

$$l_{\text{ef},y} = 4 \text{ m}$$

vzpěrná délka z: $l_{\text{ef},z} = \beta \cdot l$

$$l_{\text{ef},z} = 4 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_Y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_Y}$$

$$\lambda_Y = 68,853$$

$$\lambda_Z = \frac{l_{\text{ef},z}}{i_Z}$$

$$\lambda_Z = 123,9355$$

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{c,0,d} = 14,5385 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{d,c}}{A}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0,2049 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_Y^2}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = 15,4058 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_Z^2}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = 4,7549 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,\text{crit},y}}}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = 1,1675$$

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

$$\lambda_{\text{rel},z} = 2,1015$$

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

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_Y = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} + 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2 \right)$$

$$k_Y = 1,2683$$

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

$$k_Z = 2,8884$$

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

$$k_{c,y} = 0,567$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_{z+1} \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{c,z} = 0,2053$$

Posouzení na tlak:

$$\text{POSOUZENÍ (I}_y) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = 0,0249$$

VYHOVÍ

$$\text{POSOUZENÍ (I}_z) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,0686$$

VYHOVÍ

Návrhová pevnost v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t,0,d} = 9,6923 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{d,t}}{A}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0,7951 \text{ MPa}$$

Posouzení na tah:

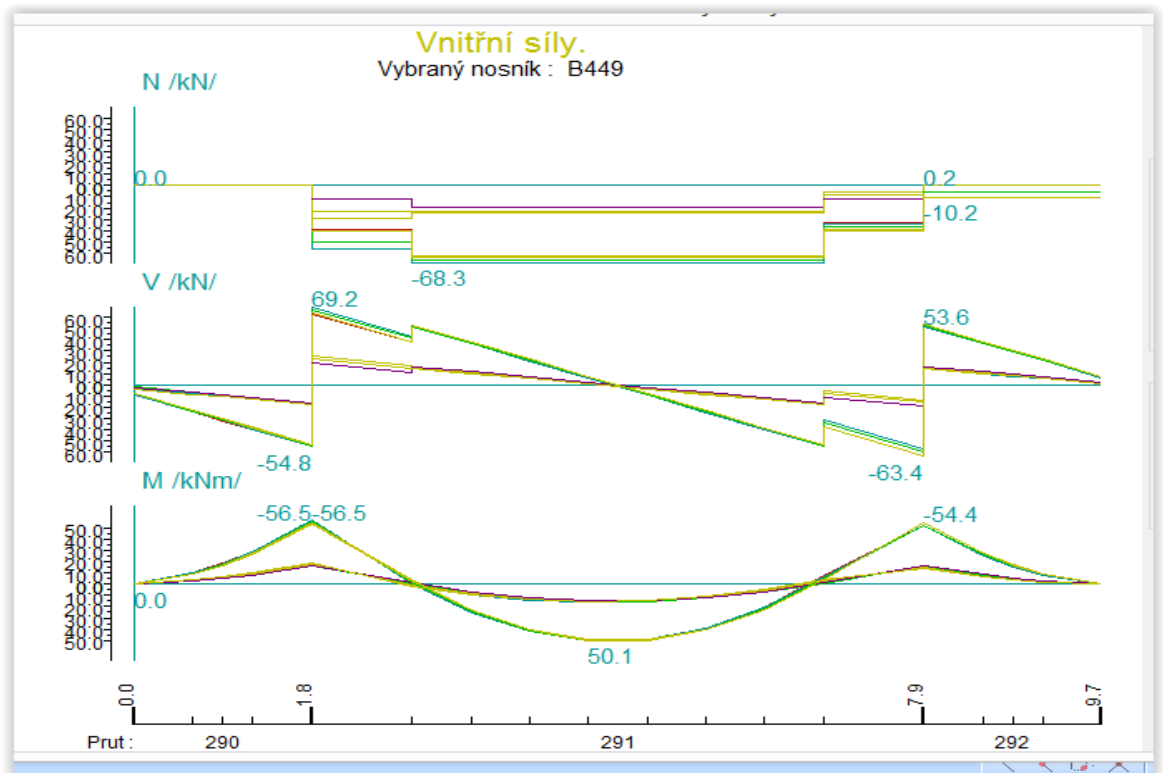
$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

VYHOVÍ

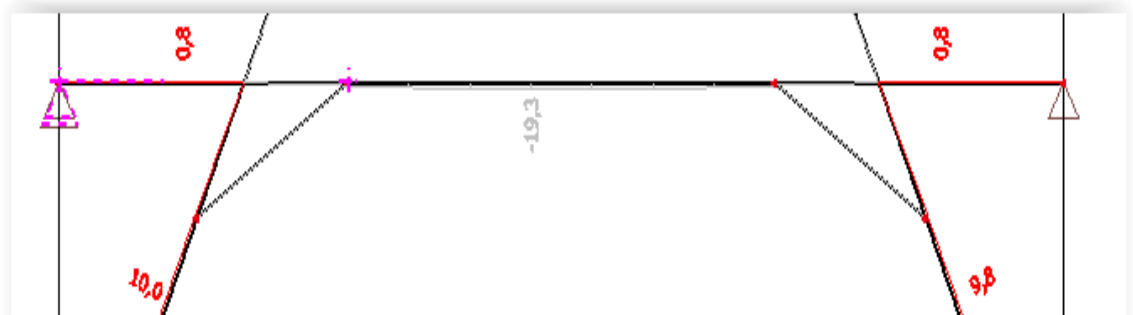
KONSTRUKČNĚ NAVRHUJI PRŮŽEZ 100X180 mm

1.5. Stropní trám a pásek

Vnitřní síly:

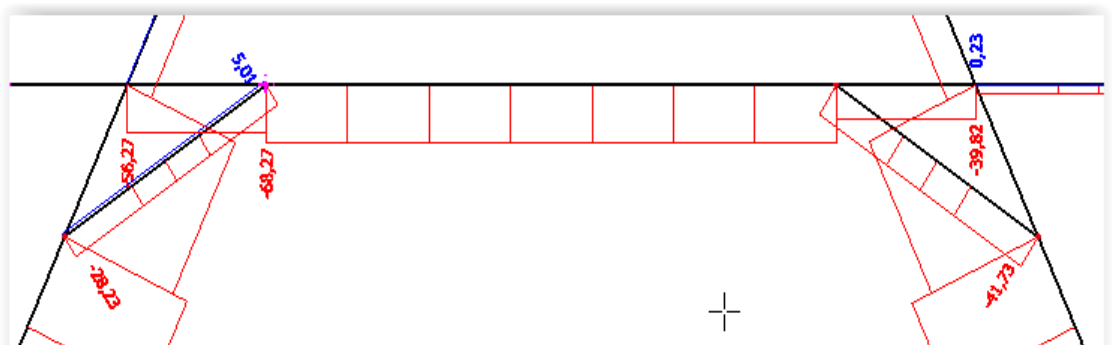


Průhyb na stropním trámu:



Pásek u stropního trámu:

Vnitřní síly:



POSOUZENÍ STROPNÍHO TRÁMU

Třída pevnosti: **C24**
 Třída provozu: **1** $k_{def}=0,60$
 Součinitel: $\gamma_M=1,3$
 Třída trvání zatížení: **střednědobé** $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$
 Smyk: $f_{v,k}=4,0 \text{ MPa}$
 Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=21 \text{ MPa}$
 Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean}=11000 \text{ MPa}$
 5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$
 Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku: $G_{mean}=690 \text{ MPa}$

VÝPOČET: (PRO JEDEN TRÁM - 1/2 SÍLA)

POSOUZENÍ NA I.MS:

(Pro získání vnitřních sil byl využit modelovací software)

Ohybový moment: $M_d=28,25 \text{ kN m}$
 Posouvající síla: $V_d=34,6 \text{ kN}$
 Normálová síla: $N_d=34,15 \text{ kN}$
 Rozměry prvku: $h=0,280 \text{ m}$ $b=0,160 \text{ m}$ $l=10,0 \text{ m}$ (předpoklad $2b=h$)
 $\beta=1$ (součinitel vzpěru) $k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky:

$$I_Y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_Y = 0,0003 \text{ m}^4$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,0448 \text{ m}^2$$

$$w_Y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$w_Y = 0,0021 \text{ m}^3$$

$$S_Y = b \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

$$S_Y = 0,0016 \text{ m}^3$$

$$i_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{A}}$$

$$i_Y = 0,0808 \text{ m}$$

POSOUZENÍ NA OHYB

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{w_y}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 13,5124 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

POSOUZENÍ_{OHYB} = VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA SMYK

Pevnost ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{(V_d \cdot S_y)}{b_{\text{eff}} \cdot I_y}$$

$$\tau_{v,d} = 1,7291 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}} = b \cdot k_{\text{cr}}$$

$$k_{\text{cr}} = 0,67$$

$$b_{\text{eff}} = 0,1072 \text{ m}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,d} = 2,4615 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

POSOUZENÍ_{SMYK} = VYHOVÍ

PRŮŘEZ JE ZAJIŠTĚN PROTI KLOPENÍ

POSOUZENÍ NA II.MS:

$$l_1 = 6,5 \text{ m}$$

$$w_{\text{inst}} = 19,3 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} < w_{\text{lim,inst}}$$

$$w_{\text{lim,inst}} = \frac{l_1}{300} = 21,6667 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ_{w_{inst}} = VYHOVÍ

POSOUZENÍ PÁSKU U STROPNÍHO TRÁMU

Třída pevnosti: C24
 Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$
 Součinitel $\gamma_M=1,3$
 Třída trvání zatížení: střednědobé $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$
 Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=24 \text{ MPa}$
 5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

Ohybové momenty: $M_{d,y}=0 \text{ kN m}$ $M_{d,z}=0 \text{ kN m}$
 Posouvající síla: $V_{d,z}=0 \text{ kN}$
 Normálová síla: $N_d=41,73 \text{ kN}$
 Rozměry prvku: $l=1,74 \text{ m}$ $b=0,160 \text{ m}$ $h=0,160 \text{ m}$
 $\beta=1$ (součinitel vzpěru) $k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky

$$A=b \cdot h \quad A=0,0256 \text{ m}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad I_y = 5,4613 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 \quad w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \quad w_y = 0,0007 \text{ m}^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 \quad I_z = 5,4613 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 \quad w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 \quad w_z = 0,0007 \text{ m}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad i_y = 0,0462 \text{ m} \quad i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad i_z = 0,0462 \text{ m}$$

vzpěrná délka y: $l_{ef,y} = \beta \cdot l$ $l_{ef,y} = 1,74 \text{ m}$

vzpěrná délka z: $l_{ef,z} = \beta \cdot l$ $l_{ef,z} = 1,74 \text{ m}$

Štíhlosti: $\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y}$ $\lambda_y = 37,6721$ $\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z}$ $\lambda_z = 37,6721$

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad f_{c,0,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad \sigma_{c,0,d} = 2,0865 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{w_y} \quad \sigma_{m,y,d} = 0 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{w_z} \quad \sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \sigma_{c,crit,y} = 20,1026 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} \quad \sigma_{c,crit,z} = 80,4103 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad \lambda_{rel,y} = 1,0926$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} \quad \lambda_{rel,z} = 0,5463$$

Součinitel pro konstrukční prvky: $\beta_c = 0,1$ (lepené dřevo)

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_y = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y}^{-0,3} + \lambda_{rel,y}^2) \right) \quad k_y = 1,1366$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z}^{-0,3} + \lambda_{rel,z}^2) \right) \quad k_z = 0,6616$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad k_{c,y} = 0,6899$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad k_{c,z} = 0,9665$$

POSOUZENÍ NA TLAK:

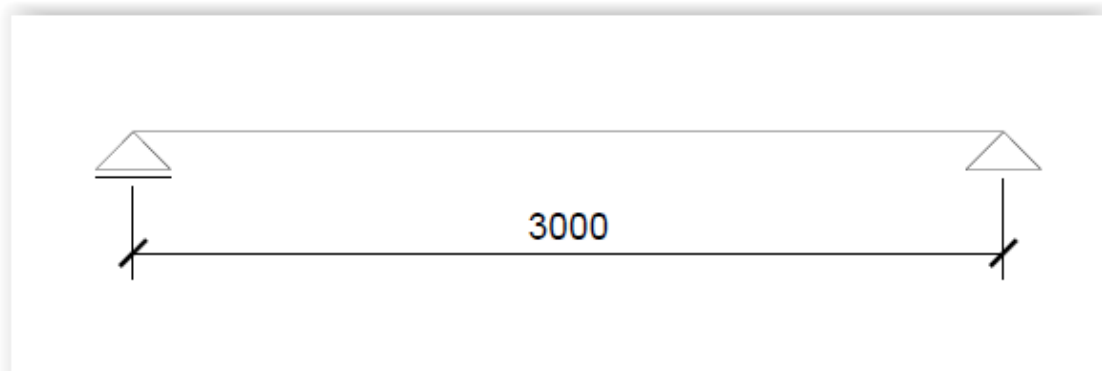
$$\text{POSOUZENÍ}(I_y) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = 0,2048 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_y) = \text{VYHOVÍ}$$

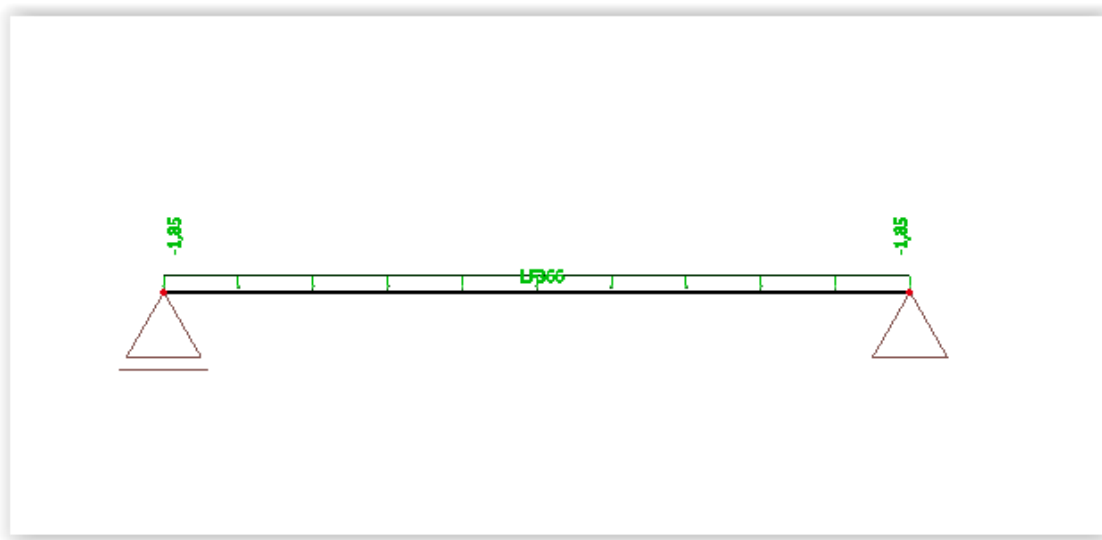
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,1462 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) = \text{VYHOVÍ}$$

1.6. Stropnice

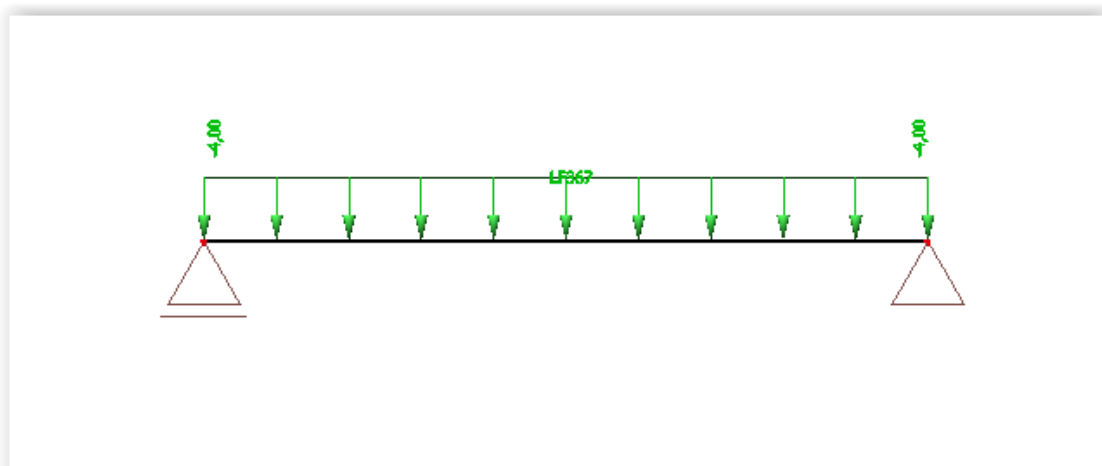
Zatěžovací schéma stropnice:



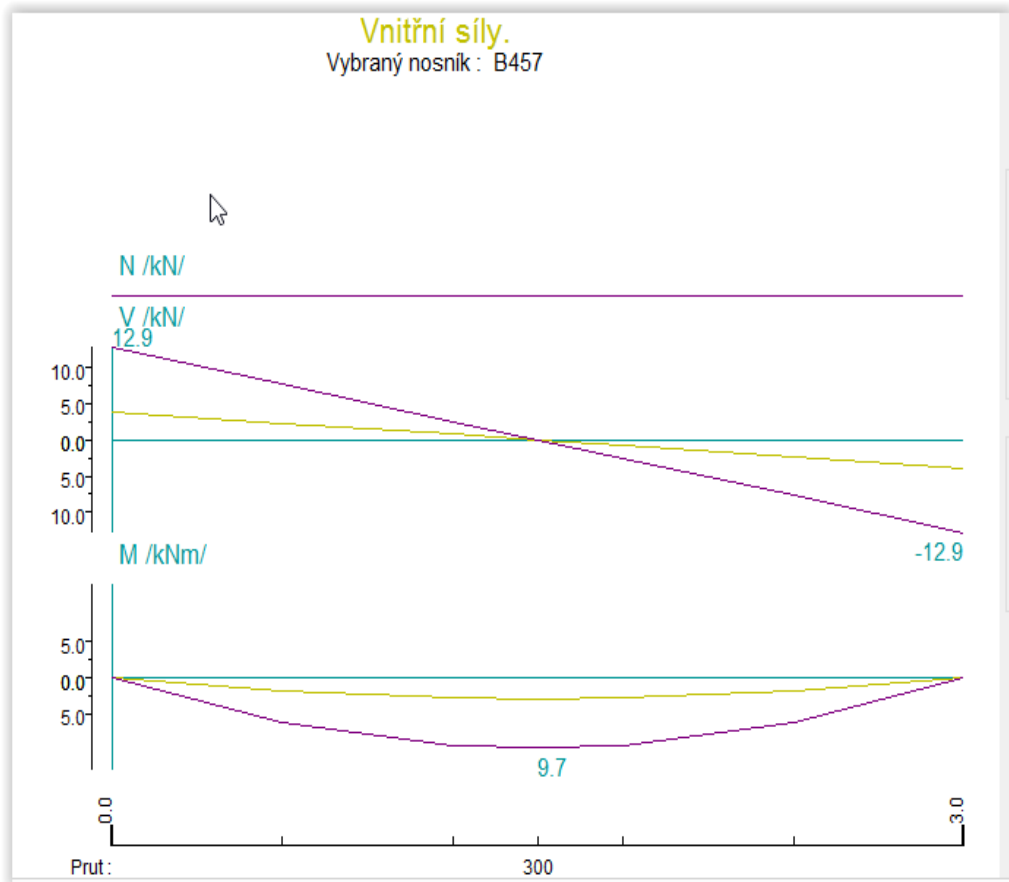
Zadání zatížení: Stálé



Zadání zatížení: Užité



Vnitřní síly:



Průhyb:



POSOUZENÍ STROPNICE

Třída pevnosti: C24
Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$
Součinitel $\gamma_M=1,3$
Třída trvání zatížení: střednědobé $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$

Smyk: $f_{v,k}=4,0 \text{ MPa}$

Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=21 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,mean}=11000 \text{ MPa}$

5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžné s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku: $G_{mean}=690 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

POSOUZENÍ NA I.MS:

(Pro získání vnitřních sil byl využit modelovací software)

Ohybový moment: $M_d=9,7 \text{ kNm}$

Posouvající síla: $V_d=12,9 \text{ kN}$

Normálová síla: $N_d=0 \text{ kN}$

Rozměry prvku: $h=0,200 \text{ m}$ $b=0,80 \text{ m}$ $l=3,0 \text{ m}$ (předpoklad $2b=h$)

$\beta=1$ (součinitel vzpěru) $k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky:

$$I_Y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_Y = 0,0005 \text{ m}^4$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

$$w_Y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$w_Y = 0,0053 \text{ m}^3$$

$$S_Y = b \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

$$S_Y = 0,004 \text{ m}^3$$

$$i_Y = \sqrt{\frac{I_Y}{A}}$$

$$i_Y = 0,0577 \text{ m}$$

POSOUZENÍ NA OHYB

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{w_y} \quad \sigma_{m,y,d} = 1,8188 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} \quad \text{POSOUZENÍ}_{\text{OHYB}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ NA SMYK

Pevnost ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{(V_d \cdot S_y)}{b_{\text{eff}} \cdot I_y} \quad \tau_{v,d} = 0,1805 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}} = b \cdot k_{\text{cr}}$$

$$k_{\text{cr}} = 0,67$$

$$b_{\text{eff}} = 0,536 \text{ m}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \quad f_{v,d} = 2,4615 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \quad \text{POSOUZENÍ}_{\text{SMYK}} = \text{VYHOVÍ}$$

POSOUZENÍ NA II.MS:

$$l_1 = 3 \text{ m}$$

$$w_{\text{inst}} = 9,1 \text{ mm}$$

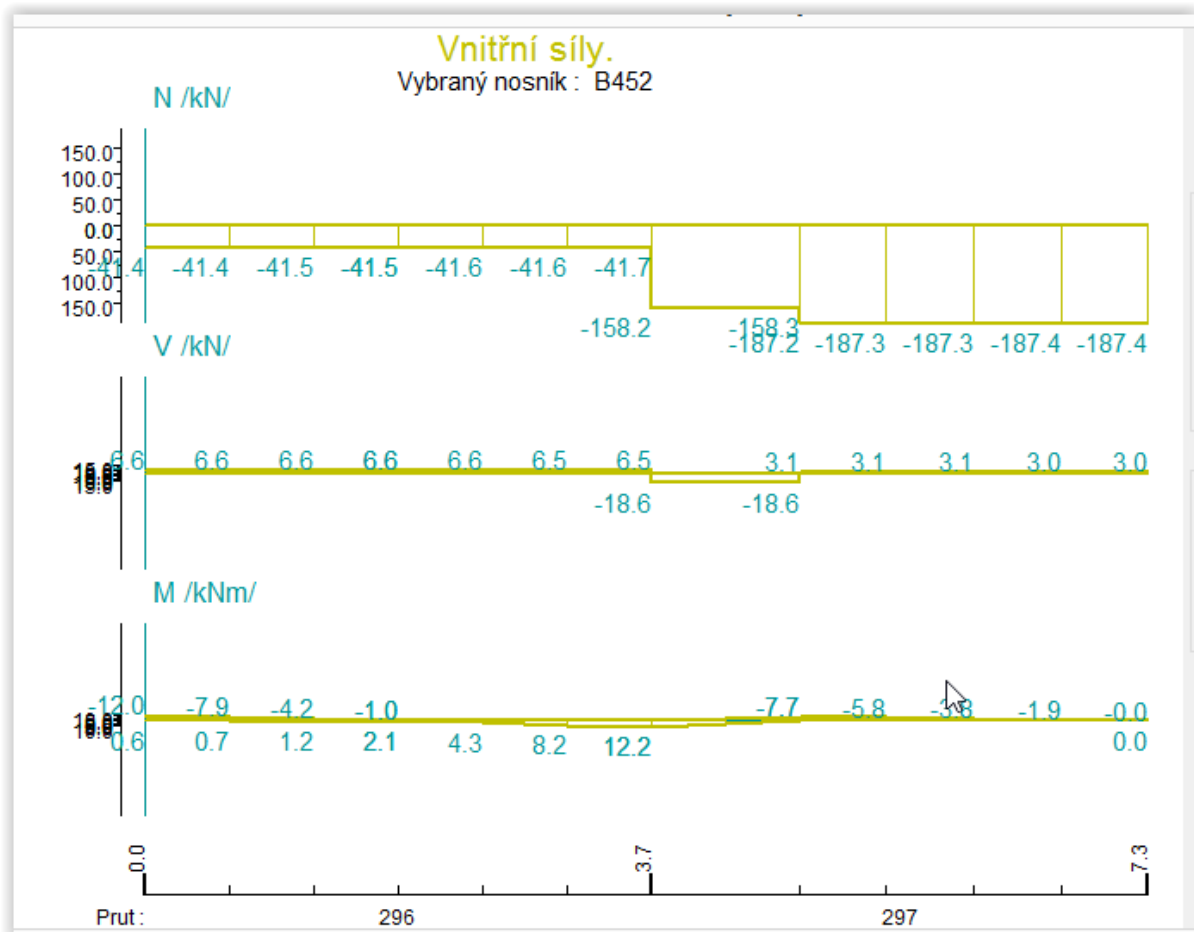
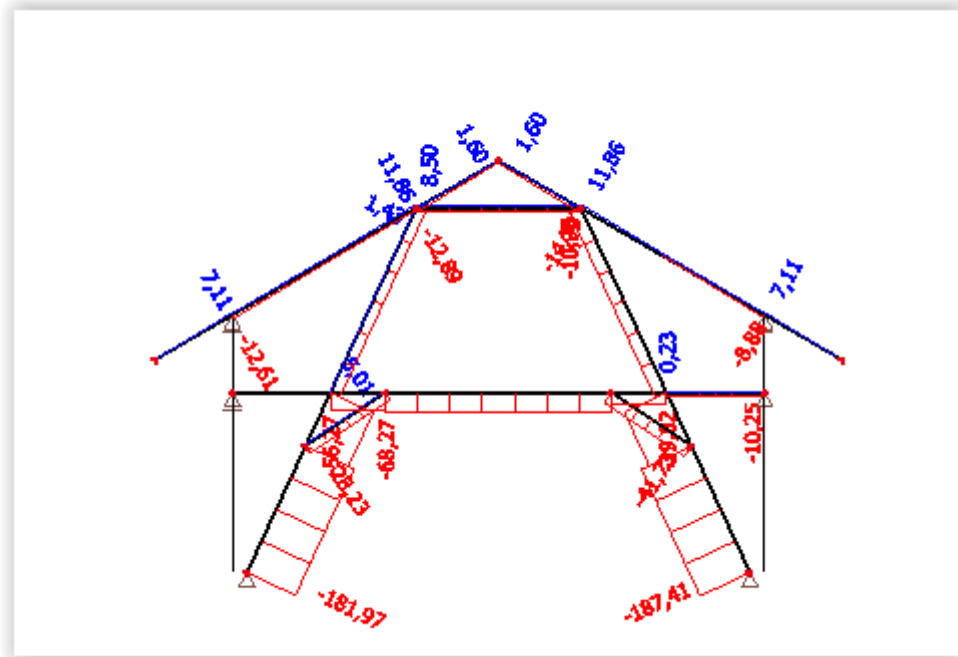
$$w_{\text{inst}} < w_{\text{lim,inst}}$$

$$w_{\text{lim,inst}} = \frac{l_1}{300} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{POSOUZENÍ}_{w_{\text{inst}}} = \text{VYHOVÍ}$$

1.7. Vzpěra

Vnitřní síly N:



POSOUZENÍ VZPĚRY:

Třída pevnosti: C24
Třída provozu: 1 $k_{def}=0,60$
Součinitel $\gamma_M=1,3$
Třída trvání zatížení: střednědobé $k_{mod}=0,80$

Pevnost dřeva:

Ohyb: $f_{m,k}=24 \text{ MPa}$
Tlak rovnoběžně s vlákny: $f_{c,o,k}=24 \text{ MPa}$
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

VÝPOČET:

Ohybové momenty: $M_{d,y}=12,2 \text{ kN m}$ $M_{d,z}=0 \text{ kN m}$
Posouvající síla: $V_{d,z}=18,6 \text{ kN}$
Normálová síla: $N_d=187,41 \text{ kN}$
Rozměry prvku: $l=6,76 \text{ m}$ $b=0,200 \text{ m}$ $h=0,160 \text{ m}$ vzpěrná délka: $l_1=3,59 \text{ m}$
 $\beta=1$ (součinitel vzpěru) $k_m=0,7$ (pro obdélník)

Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned} A &= b \cdot h & A &= 0,032 \text{ m}^2 \\ I_Y &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 & I_Y &= 6,8267 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 & w_Y &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 & w_Y &= 0,0009 \text{ m}^3 \\ I_Z &= \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 & I_Z &= 0,0001 \text{ m}^4 & w_Z &= \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 & w_Z &= 0,0011 \text{ m}^3 \\ i_Y &= \sqrt{\frac{I_Y}{A}} & i_Y &= 0,0462 \text{ m} & i_Z &= \sqrt{\frac{I_Z}{A}} & i_Z &= 0,0577 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{vzpěrná délka } y: \quad l_{ef,y} = \beta \cdot l_1 \quad l_{ef,y} = 3,59 \text{ m}$$

$$\text{vzpěrná délka } z: \quad l_{ef,z} = \beta \cdot l_1 \quad l_{ef,z} = 3,59 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlosti:} \quad \lambda_Y = \frac{l_{ef,y}}{i_Y} \quad \lambda_Y = 77,7258 \quad \lambda_Z = \frac{l_{ef,z}}{i_Z} \quad \lambda_Z = 62,1806$$

POSOUZENÍ NA TLAK ZA VZPĚRU

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,o,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,o,k}}{\gamma_M} \quad f_{c,o,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad f_{m,d} = 14,7692 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad \sigma_{c,0,d} = 5,8566 \text{ MPa}$$

Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{w_y} \quad \sigma_{m,y,d} = 14,2969 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{w_z} \quad \sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \sigma_{c,crit,y} = 12,0893 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} \quad \sigma_{c,crit,z} = 18,8895 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad \lambda_{rel,y} = 1,409$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} \quad \lambda_{rel,z} = 1,1272$$

Součinitel pro konstrukční prvky: $\beta_c = 0,1$ (lepené dřevo)

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_y = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y}^{-0,3}) + \lambda_{rel,y}^2 \right) \quad k_y = 1,5481$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z}^{-0,3}) + \lambda_{rel,z}^2 \right) \quad k_z = 1,1766$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}}} \quad k_{c,y} = 0,4568$$

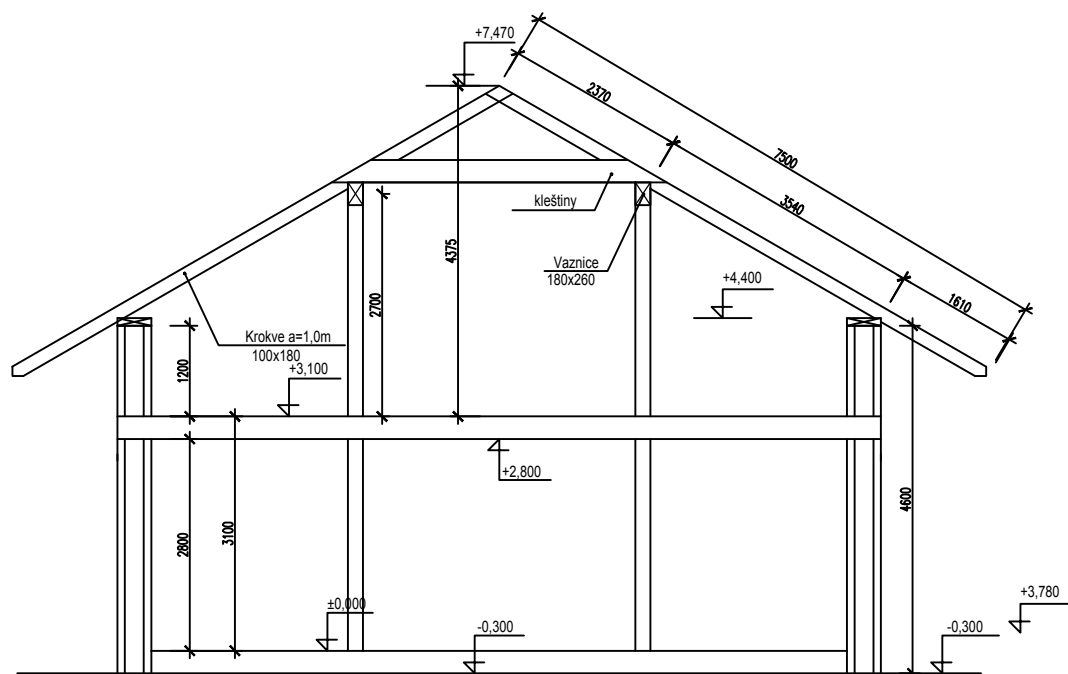
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}}} \quad k_{c,z} = 0,6604$$

Posouzení:

$$\text{POSOUZENÍ}(I_y) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} \leq 1 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) \quad \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,o,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} = 0,8682 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_y) = \text{VYHOVÍ}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,o,d}} = 0,6004 \quad \text{POSOUZENÍ}(I_z) = \text{VYHOVÍ}$$



Řešení č. 1-Klasický krov-nejjednodušší řešení

Nejpoužívanější konstrukce krovu. Zatížení se přenáší ze střešního pláště do krokví a poté do vaznic a pozednic. Ty koncentrují zatížení do jednotlivých sloupků a stěn, které přenášejí zatížení do základových konstrukcí.

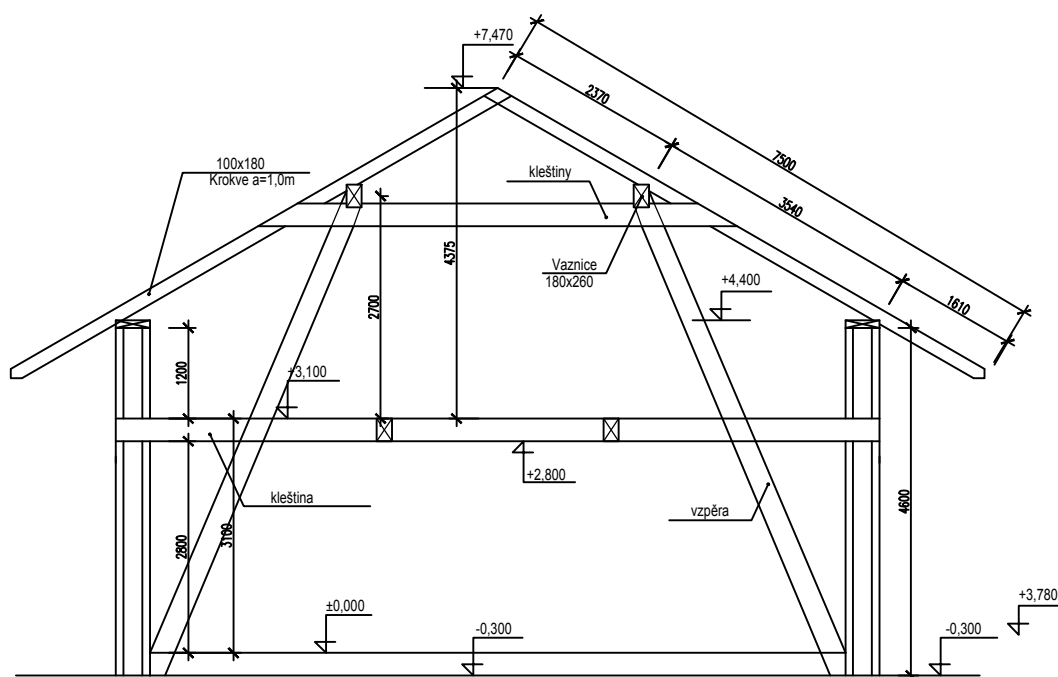
Konstrukce stropů podepírají i vnitřní nosné stěny

Výhody: Klasické řešení

Malé dimenze prvků

Bezpečný statický návrh

Nevýhody: Sloupky ve společenské místnosti budou překážet



Řešení č. 2- Vzpěradlová konstrukce, staticky nejvíce efektivní.

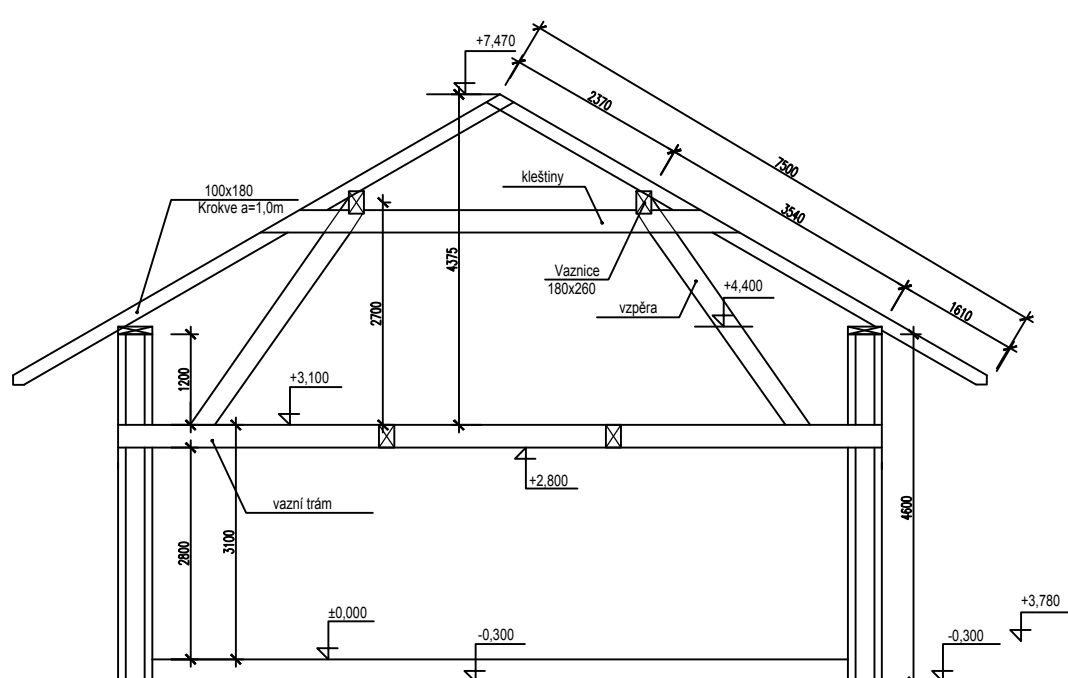
Toto řešení je charakteristické tím, že konstrukce přenáší zatížení jak od střechy tak od stropu jen s pomocí obvodových nosných konstrukcí. Zůstává zde tedy celá volná dispozice limitovaná modulovou sítí jednotlivých vazeb. Zatížení se přenáší ze střešního pláště do krokví a poté do vaznic a pozednic. Ty koncentrují zatížení do jednotlivých vzpěr a stěn, které přenášejí zatížení do základových konstrukcí.

Výhody: Staticky a ekonomicky výhodné-malé dimenze

Žádné jiné vnitřní nosné konstrukce-volná dispozice

Estetická vlastnost-vzhled

Nevýhody: Vzpěry působí jako omezení využití prostoru, zvláště v podkroví-nutno zahrnout do dispozic



Řešení č. 2- Ležatá stolice-kombinace řešení, staticky nejvíce náročné

V podkroví se nachází konstrukce ležaté stolice umožňující svedení zatížení od střechy ke krajům budovy. V přízemí zůstává volná dispozice. Zatížení se přenáší ze střešního pláště do krokví a poté do vaznic a pozednic. Ty koncentrují zatížení do jednotlivých vzpěr. Nejvíce je namáhán vazní trám, jak ohybem tak osamělými silami od vzpěr. Vazní trám poté předává zatížení do stěn, které přenášejí zatížení do základových konstrukcí.

Výhody: Naprosto volná dispozice v přízemí

Žádné jiné vnitřní nosné konstrukce

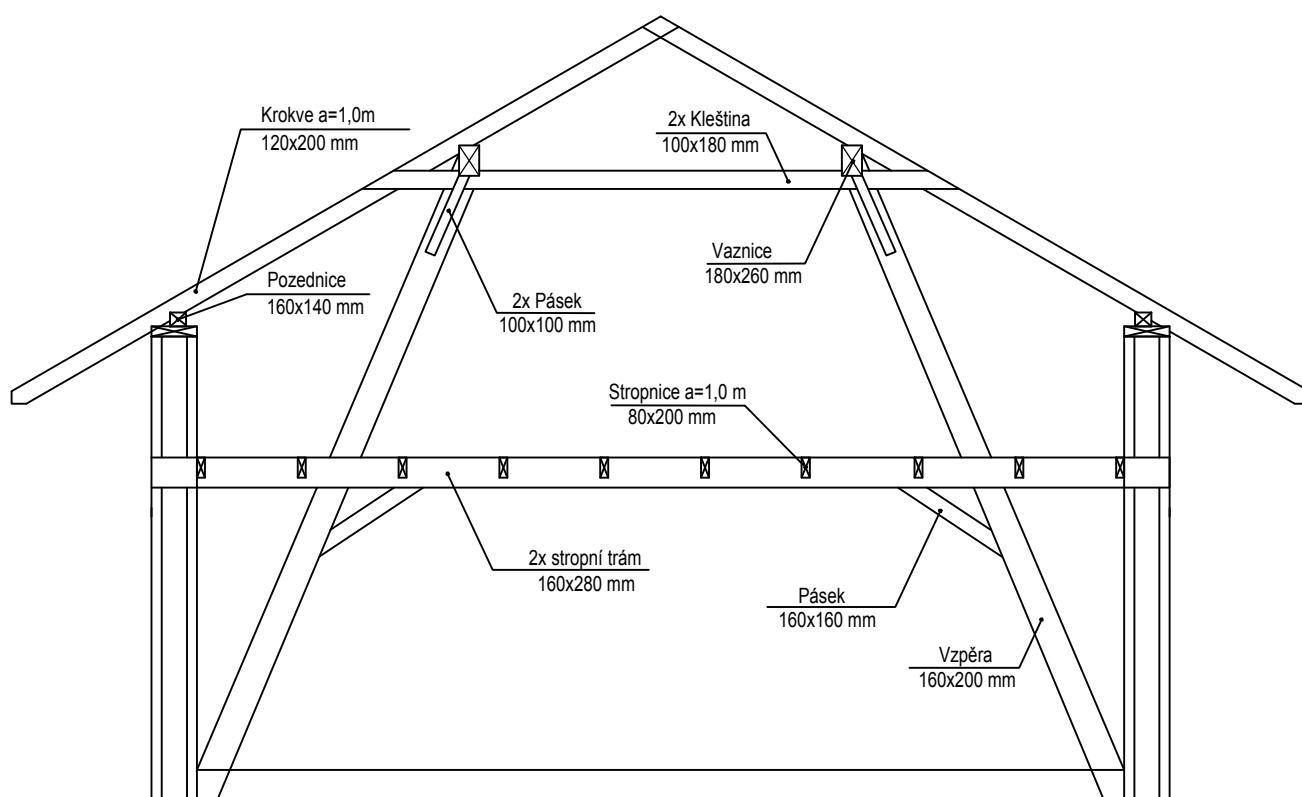
Estetická vlastnost-vzhled


Nevýhody: Staticky nejvíce náročné řešení-nutný podrobný výpočet

Ekonomicky nevýhodné-velké dimenze vazních trámů

Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Datum: 20.5.2017
Název řešené části: STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ			Měřítko: 1:100
Název výkresu: POROVNÁNÍ KONSTRUKČNÍCH VARIANT			Číslo výkresu: S1

PLNÁ VAZBA rozpon: 3 m



Zpracoval: PETR ČANDA	Vedoucí cvičení: Ing. Jan Růžička Ph.D.	Školní rok: 2016–2017	Fakulta stavební CVUT 
Předmět: 124BAPC–BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
Název řešené části: STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ			Datum: 20.5.2017
			Meřítko: 1:75
Název výkresu: SCHÉMA NAVRŽENÝCH PRVKŮ			Číslo výkresu: S2