

---

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Rekonstrukce rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy školy**

**Refurbishment of large roof space of historical school building**

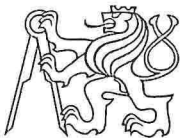
Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

**Bc. Regina Suchardová**

---

**Praha 2019**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Suchardová Jméno: Regina Osobní číslo: 424393  
Zadávací katedra: K124  
Studijní program: Budovy a prostředí  
Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Rekonstrukce rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy školy

Název diplomové práce anglicky: Refurbishment of large roof space of historical school building

Pokyny pro vypracování:

Zjednodušený stavebně-technický průzkum podkrovního prostoru historické budovy školy, návrh vybraných sanačních opatření, zjednodušený návrh půdní vestavby.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Hájek, P: Konstrukce pozemních staveb 1. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2007, ISBN 80-01-01396-0
- [2] Witzany J., Jiránek M., Zlesák J., Zigler R.: Konstrukce pozemních staveb 20. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2006, ISBN 80-01-03422-4
- [3] Daniels, K.: Technika budov. Příručka pro projektanty a architekty. 3. přepracované vydání. Jaga group, Bratislava, 2003, ISBN 80-88905-60-5
- [4] Neufert E.: Navrhování staveb: Příručka pro stavebního odborníka, stavebníka, vyučujícího i studenta. Consultinvest, Praha, 2000, ISBN 80-901486-6-2
- [5] Prováděcí vyhláška č. 268/2009 Sb. (Vyhláška o technických požadavcích na stavby) zákona č. 183/2006 Sb.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 2.10. 2018 Termín odevzdání diplomové práce: 6.1. 2019

*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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Regina Suchardová

Název diplomové práce: Rekonstrukce rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy školy

Základní část: KPS podíl: 80 %

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: 2.10.2010

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ODK podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): MICHAL JANDERA

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÍ NÁVRH KROKVE, OCELOVÉHO  
RÁMU A STROPNICE

Podpis konzultanta: ..... Datum: 2.10.2010

3. Část: TZB podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): FROLIK IKRT

Formulace úkolů: KONČEČNÍ NÁVRH VTAŘENÍ, VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ  
V OBJEKTU ŠKOLY, SCHEMATICKÉ TUDOROVSKÉ VĚDEČNÉ  
+ TECH. ZPRÁVA

Podpis konzultanta: ..... Datum: 2.10.2010

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

## Čestné prohlášení

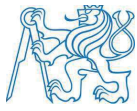
Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma „Rekonstrukce rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy školy“ vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce doc. Ing. Jiřího Pazderky, Ph.D., a že všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

V Praze dne 4. 1. 2019

---

Bc. Regina Suchardová



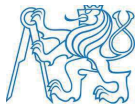


## Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucímu této diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, čas, který mi při zpracování práce věnoval, a celkově za skvělou spolupráci. Děkuji také doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za konzultace ohledně dřevěných a ocelových konstrukcí a Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za konzultace ohledně technického zařízení budovy. Veliké poděkování patří i Ivaně Loušové z Chemické a mikrobiologické laboratoře Katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT za pomoc při zpracování a analýze odebraných vzorků.

Dále bych chtěla poděkovat vedení základní školy Skálovy v Turnově za zpřístupnění celého objektu, možnosti provedení všech měření a odebrání vzorků. Děkuji také kantorkám z kabinetu přírodopisu, které mi umožnili přístup do podkrovního prostoru, který vede přes tento kabinet, a poskytli mi zázemí v době provádění stavebně technického průzkumu.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala i svému partnerovi, rodině a kolegům i vedení z BBP za podporu, kterou mi po celou dobu zpracování této práce poskytovali.



## **Anotace**

Cílem této práce je návrh rekonstrukce rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy školy v Turnově. V první části jsou uvedeny základní informace o celém objektu, na které navazuje stavebně technický průzkum zaměřený na řešenou oblast podkroví. Během stavebně technického průzkumu byly analyzovány a zaznamenány poruchy včetně měření vlhkosti v dřevěných prvcích krovu a v problémových oblastech byly odebrány vzorky pro určení původce poškození dřevěných prvků. Poslední část se zabývá vhodným sanačním opatřením s ohledem na návrh půdní vestavby. Součástí této práce je výkresová dokumentace stávajícího stavu zasažených oblastí, tj. oblast podkroví a 3. NP včetně návrhu nového využití podkroví. Návrhy nových prvků krovu jsou doplněny statickým výpočtem.

## **Klíčová slova**

rekonstrukce, krov, porucha, technický průzkum, ocelový rám

## **Annotation**

The aim of the thesis is a design of refurbishment of a large attic of a historical school building in Turnov. The first part deals with a description of the basic information about the whole building, which is followed by a technical survey focused on a chosen part of the attic. Failures were analysed and recorded during the technical survey, including humidity measurement of timber truss. In the problematic areas, samples of the timber truss were taken to determine the cause of damage. The last part deals with the design of a suitable renovation regarding the design of the original attic. The thesis comprises of drawings of the current state of the attic and 3rd floor of the building including the design of a new use of the attic. The design of new load-bearing elements of the roof truss is completed with static calculations.

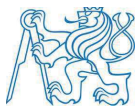
## **Keywords**

reconstruction, roof truss, failure, technical survey, steel frame

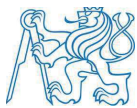


## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>INFORMACE O OBJEKTU</b>	<b>10</b>
2.1	UMÍSTĚNÍ OBJEKTU	10
2.2	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU	11
2.2.1	ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU	11
2.2.2	PROVOZNÍ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ	12
2.3	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	13
<b>3</b>	<b>STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM ROZSÁHLÉHO PODKROVÍ A ZJEDNODUŠENÝ PRŮZKUM SOUVISEJÍCÍHO 3. NP</b>	<b>14</b>
3.1	MÍSTNÍ ŠETŘENÍ A POPIS KONSTRUKCÍ	15
3.1.1	STŘECHA	15
3.1.2	KROV	16
3.1.3	SVISLÉ KONSTRUKCE	17
3.1.4	VODOROVNÉ KONSTRUKCE	17
3.1.5	KOMÍNY	18
3.1.6	OKAPY, SVODY A HROMOSVODY	18
3.2	ANALÝZA PORUCH	19
3.2.1	LABORATORNÍ ZKOUŠKY	19
3.2.1.1	Dřevokazné houby	20
3.2.1.2	Dřevokazný hmyz	22
3.2.1.3	Plísně	23
3.2.2	VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA CELÉ KONSTRUKCE KROVU	26
3.2.3	SHRNUTÍ STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU	31
<b>4</b>	<b>NÁVRH SANACE STATICKÝCH PORUCH A PŮDNÍ VESTAVBY</b>	<b>31</b>
4.1	ZÁPADNÍ KŘÍDLO – PŮDNÍ VESTAVBA	32
4.1.1	STROPNÍ KONSTRUKCE	32
4.1.2	KROV	32
4.1.3	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	33
4.1.4	NÁVRH NOVÝCH PRVKŮ KROVU – STATICKÝ VÝPOČET	35



4.1.4.1	Výpočet zatížení na krokev K 1	35
4.1.4.2	Návrh a posouzení krokve K 1	38
4.1.4.3	Výpočet zatížení na krokev K 2	41
4.1.4.4	Návrh a posouzení krokve K 2	42
4.1.4.5	Návrh a posouzení vaznice	44
4.1.4.6	Návrh a posouzení ocelového rámu	45
4.1.4.7	Výpočet zatížení na ocelobetonový strop, skladba P6	47
4.1.4.8	Návrh a posouzení stropnice z válcovaného profilu	48
<b>4.2</b>	<b>VÝCHODNÍ A STŘEDNÍ KŘÍDLO – SANACE STATICKÝCH PORUCH</b>	<b>50</b>
4.2.1	STŘECHA	50
4.2.2	KROV	50
4.2.3	STROP A PODLAHA	53
4.2.3.1	Výpočet zatížení a stropnici z válcovaného profilu	55
4.2.3.2	Návrh a posouzení stropnice z válcovaného profilu	56
<b>4.3</b>	<b>KONCEPČNÍ NÁVRH TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ PODKROVÍ</b>	<b>58</b>
4.3.1	VYTÁPĚNÍ	58
4.3.2	VĚTRÁNÍ	61
4.3.3	CHLAZENÍ	63
<b>4.4</b>	<b>KONCEPČNÍ NÁVRH POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ</b>	<b>64</b>
<b>4.5</b>	<b>AKUSTICKÉ POŽADAVKY</b>	<b>65</b>
<b>4.6</b>	<b>POŽADAVKY NA DENNÍ OSVĚTLENÍ</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b><u>ZÁVĚR</u></b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b><u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u></b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b><u>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</u></b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b><u>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</u></b>	<b>74</b>
<b>9</b>	<b><u>SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE</u></b>	<b>76</b>
<b>10</b>	<b><u>PŘÍLOHA 1 – VÝPOČTY POMOCÍ SOFTWARE</u></b>	<b>77</b>
<b>11</b>	<b><u>PŘÍLOHA 2 – TECHNICKÉ LISTY VÝROBCŮ</u></b>	<b>106</b>
<b>12</b>	<b><u>PŘÍLOHA 3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE (SAMOSTATNÁ SLOŽKA)</u></b>	<b>112</b>



## 1 Úvod

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy základní školy. Řešený objekt se nachází v centru města Turnova ve Skálově ulici. Bývalá chlapecká škola ve své historii vždy sloužila jako školní budova a v současné době školu navštěvuje cca 550 žáků od 5. do 9. třídy. Výrazný vnější plášť objektu je zdoben novorenesančními prvky, které jsou doplněné prvky nastupující secese. Základní škola nedávno oslavila jubileum 110 let od svého vzniku. Momentálně na škole probíhají drobné rekonstrukce jako výměna oken, modernizace toalet, avšak konstrukce krovu, která je v havarijním stavu, zůstává doposud opomíjena. Pouze v neznámém roce došlo na objektu k výměně střešní krytiny a části bednění, krov však zůstává původní.

V rámci zpracování diplomové práce byla oblast podkroví podrobena důkladnému stavebně technickému průzkumu, při kterém byla vytvořena výkresová dokumentace stávajícího stavu podkroví a 3.NP. Jako výchozí podklad sloužil pouze jeden historický výkres podkroví, do kterého bylo možné nahlédnout v archivu města Turnov. Stavebně technický průzkum byl zaměřen především na technický stav konstrukce krovu. Kromě vlhkostního měření in-situ byly také odebrány vzorky dřevěných prvků, které byly následně analyzovány v mikrobiologické laboratoři Katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT. Na základě vizuální prohlídky a provedených analýz byly do vytvořených výkresů zakresleny zjištěné poruchy. Další část práce se zabývá návrhem sanačního opatření, kde je objekt rozdělen na dvě části. Západní část podkroví je sanována s ohledem na půdní vestavbu učeben, kde je původní krov nahrazen ocelovými rámy, které výrazně přispějí k uvolnění dispozice. Při návrhu sanace střední a východní části podkroví, kde zůstává konstrukce krovu původní, je navrženo opatření na využití půdního prostoru pro skladování.

### **Cíl práce**

Cílem diplomové práce bylo provedení stavebně technického průzkumu dotčených oblastí, návrh sanačních opatření s ohledem na dispoziční a konstrukční požadavky půdní vestavby.



## 2 Informace o objektu

### 2.1 Umístění objektu

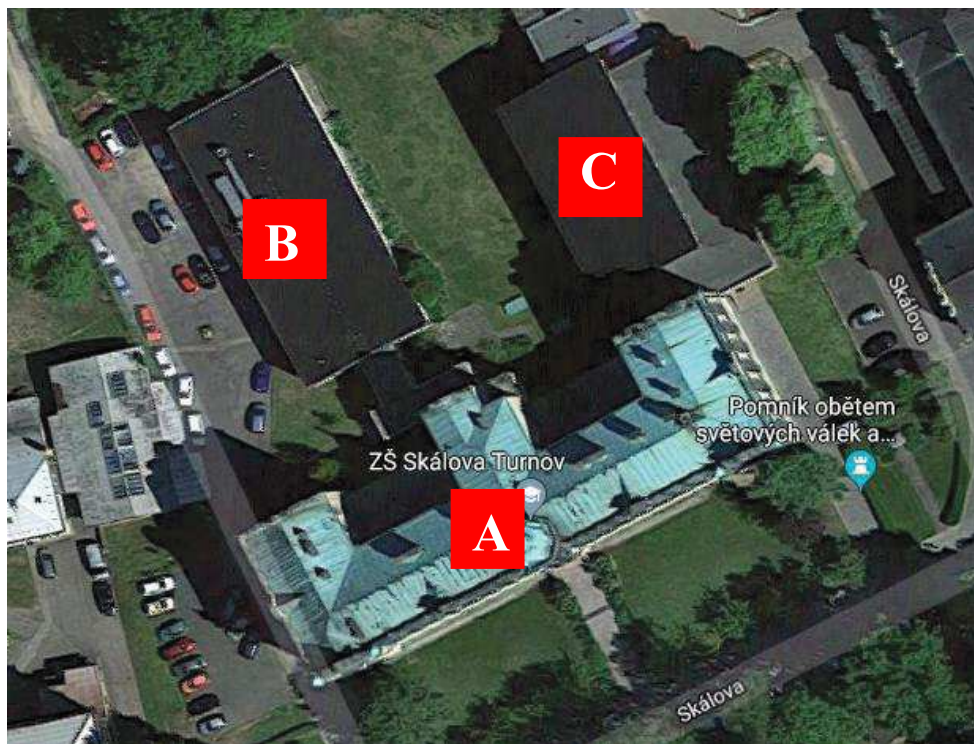
Novorenesanční základní škola se nachází v centru města Turnova na pozemku p.č. 609 severně od Skálovy ulice mezi zrekonstruovanou budovou městského úřadu ze západní strany a ze strany východní sousedí s budovou Sokola.

Půdorys objektu tvoří písmeno E se třemi dvorními křídly. V poslední třetině 20. století byly ke školní budově (A) přistaveny dvě další budovy a to jídelna (B) a tělocvična (C) (viz. obr. č. 1). Tyto objekty leží na samostatných parcelách č. 610/2 a 607/2. Východní a střední křídlo školy společně s navazujícími budovami jídelny a tělocvičny svírají obdélníkový dvorek, který k objektu náleží.

Půdorysná délka průčelí objektu je 65,3 metrů a přiléhající křídla dosahují délek 21 metrů.

Vstup do objektu je umožněn ze Skálovy ulice hlavními vstupními dveřmi, které jsou situovány uprostřed hlavního průčelí objektu. Vstup je možný také přes vedlejší vchody, které jsou umístěné na západním i východním křídle.

Řešený objekt se nachází přibližně ve výšce 260 m. n. m.



Obrázek 1- Letecký pohled na školní kampus Skálova 600 [1]

## 2.2 Základní údaje o objektu

Řešená základní škola Skálova byla postavena mezi lety 1906-1907 podle projektu pražského architekta Jaroslava Valečky [2]. Objekt v historii sloužil vždy jako školní budova, zpočátku to byla škola pouze pro chlapce, a proto je dodnes neoficiálně nazývána „Chlapecká škola“. Dnes do této školní budovy chodí děti od 5. do 9. třídy a nedávno tato budova oslavila své 110. výročí.



Obrázek 2 - Pohled na školní budovu

### 2.2.1 Architektonické řešení objektu

Ačkoli je 20. století charakteristické globalizací, které s sebou přináší do architektury moderní výrazové prostředky, přesto je školní budova příkladem tradičních architektonických forem. Základní škola byla postavena v novorenesančním stylu se secesními zdobnými prvky.

Objekt stejně jako v historii i dnes slouží jako základní škola. Budova sestává celkem ze 4 podlaží, ze třech symetrických pater a zvýšeného suterénu nad terénem, a podkroví. Půdorys objektu tvoří písmeno E se třemi dvorními křídly.



Obrázek 3 – Osmiboká věž s ochozem



Průčelí objektu je členěno postranními rizality, které zvýrazňují boční křídla budovy a vstupním rizalitem, který je zdočen dominantní osmibokou věží. Tato věž zastřešená cibulovou střechou je opatřena kamenným ochozem,



Obrázek 4 - Pohled severní

hodinami a secesní výzdobou.

Budova je postavena ze smíšeného zdiva a je zastřešena sedlovou střechou. Střecha objektu je z čelního a bočních pohledů zakrytá za atikovými nástavbami a výraznými štítovými vikýři. Střešní krytinu na tvoří měděný plech, který



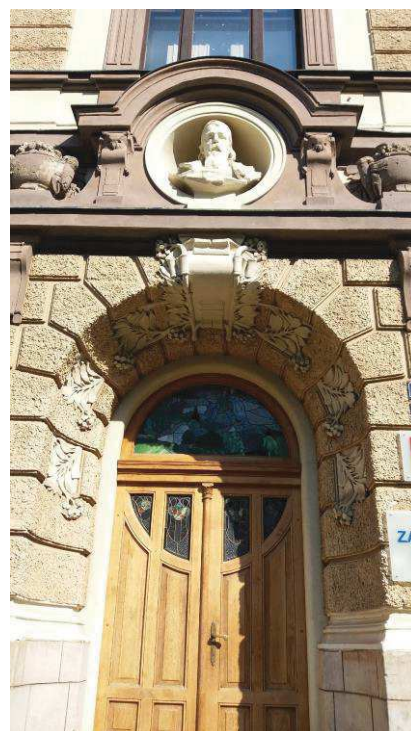
nahradil původní pálené tašky. Výška hřebce střechy je 19 m.

Obrázek 5 - Pohled na střechu západního křídla z věže

Vlastnické právo objektu spadá Městu Turnov.

## 2.2.2 Provozní a dispoziční řešení

Veškeré vstupy do objektu jsou možné pouze ze Skálovky ulice. Hlavní vstup do objektu tvoří velké dřevěné dvoukřídlé dveře v úrovni 1.NP, které jsou umístěny uprostřed průčelí budovy (obr. 6). Dále je objekt vybaven bočními vedlejšími vstupy, a to na západním křídle dveřmi do suterénu a na křídle východním dveřmi do 1.NP. Hlavní vertikální komunikaci v objektu zajišťuje dvouramenné schodiště, které je umístěno v prostředním křídle objektu a propojuje 1.PP až 3.NP. Vstup do podkroví je umožněn ocelovým zatočeným jednoramenným schodištěm šířky 1 m, které leží na konci západního



Obrázek 6 - Hlavní vstup do objektu

křídla. Vstup do podkroví chrání ocelové dveře (obr. 7).

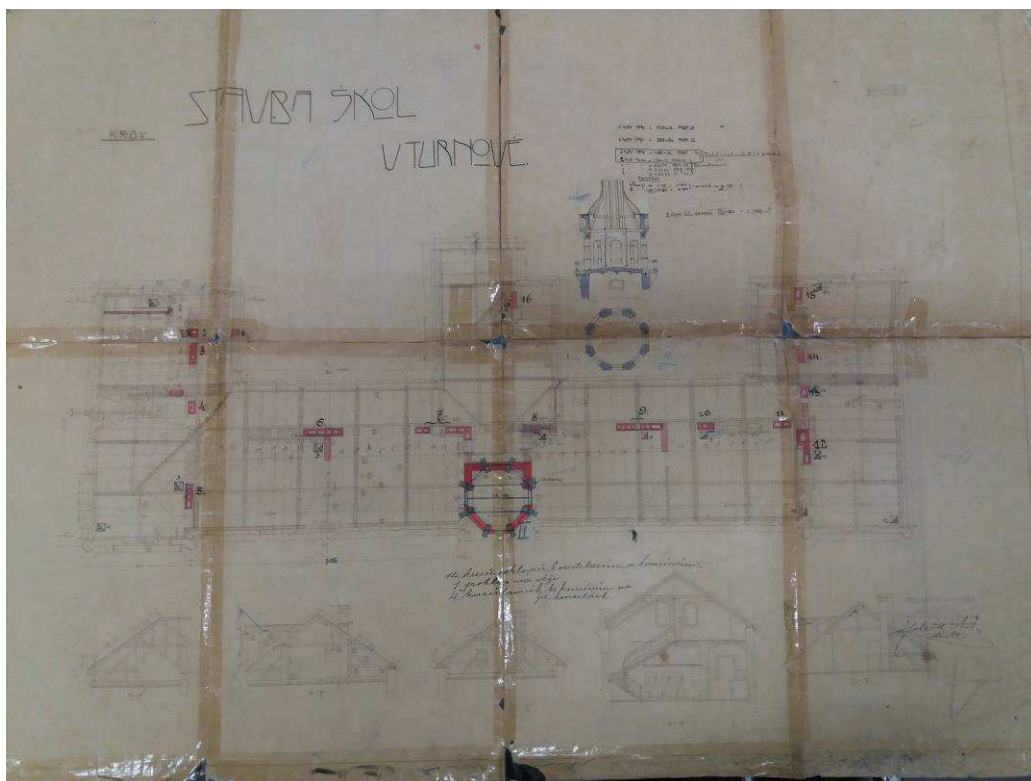
V suterénu se nachází šatny, pracovní dílny, kuchyňka a kotelna. Ve vyšších patrech jsou umístěny učebny a učitelské kabinety. Celkem je zde umístěno 21 učeben pro děti od 5. do 9. třídy. Škola se potýká s nedostatkem prostoru pro vytvoření speciálních učeben, zejména pro výtvarnou výchovu, učebnu ekologie a jazykovou učebnu.

### 2.3 Výkresová dokumentace

Tato diplomová práce je zaměřena na oblast rozsáhlého podkrovního prostoru objektu. V rámci diplomové práce byla veškerá výkresová dokumentace zpracována autorkou DP. Došlo k zaměření a zakreslení stávajícího stavu 3.NP a podkroví objektu metodou in-situ pomocí pásma a laserového přístroje. Jako výchozí podklad sloužil historický výkres podkroví (1ks), do kterého bylo možno nahlédnout v archivu města Turnov. Veškerá výkresová dokumentace pořízená v rámci DP je vyhotovena v elektronické podobě.



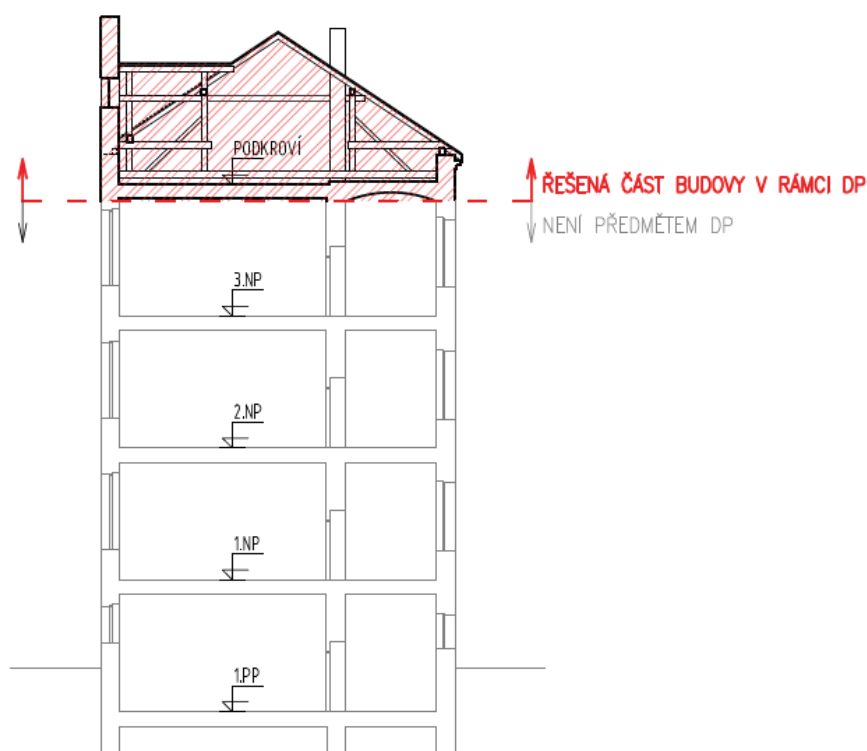
**Obrázek 7 -** Schodiště do podkroví



**Obrázek 8 -** Výkres krovu v archivu města Turnov

### 3 Stavebně technický průzkum rozsáhlého podkroví a zjednodušený průzkum souvisejícího 3. NP

V současné době je škola stále pravidelně využívána. I když se ve škole provádí změny a drobné rekonstrukce, konstrukce krovu je opomíjena, přesto že je ve špatném technickém stavu a potřebuje celkovou rekonstrukci. Škola se dlouhodobě potýká s nedostatkem učeben a umístění několika nových tříd v podkroví při jejím rekonstruování by velice ulehčila dlouhodobou kritickou situaci ve škole.



Obrázek 9 - Schéma rozsahu DP

Podkroví bylo podrobena důkladnému vizuálnímu průzkumu, na několika místech byla změřena vlhkost v dřevěných konstrukcích. Na vybraných místech byly odebrány vzorky pro stanovení rozboru plísní a určení napadení dřevěných konstrukcí škůdci. Podkrovní prostor v současné době slouží jako sklad školního vybavení, což výrazně komplikovalo přístup k některým částem podkroví. V návaznosti na řešenou problematiku byl proveden také zjednodušený stavebně technický průzkum 3.NP, kde jsou umístěny učebny a kabinety.





Obrázek 10 - Současný stav podkroví

### 3.1 Místní šetření a popis konstrukcí

#### 3.1.1 Střecha

Střešní plášť je nezateplený, krytinu tvoří měděný falcovaný plech, který je položený na celoplošném bednění. Plechová krytina nahradila původní pálené tašky. Střechu zdobí výrazné štítové vikýře a atiková nástavba, za kterou se střecha z čelního pohledu skrývá. Z pohledu z exteriéru se jeví střešní krytina v celkem dobrém stavu bez známek poškození. Avšak z pohledu z interiéru je možné vidět na několika místech, drobné otvory, kterými do objektu zatéká. Jsou to především místa, kde dochází k prostupu střešním pláštěm a místa, kde dochází k napojení konstrukčních prvků. To je vidět především za slunečného dne, kdy sluneční paprsky pronikají přes otvory ve střešním pláště do prostoru půdy (obr. 12).



Obrázek 11 – Pohled z věžičky na střechu východního křídla



Obrázek 12 – Otvory ve střešním pláště

### 3.1.2 Krov

Konstrukce krovu je původní dřevěná, trámová, vaznicové soustavy. Příčné ztužení tvoří plné vazby, podélně je krov zavětrován pásky. Všechny nosné prvky jsou původní, tzn. z roku 1908, pouze na několika místech je zřejmé, že došlo k výměně dřevěného záklopu, a to pravděpodobně současně s výměnou střešní krytiny. Na dřevěných prvcích jsou vizuálně znatelné tmavé oblasti a fleky, které značí, že do objektu zatékalo, případně stále na některých místech zatéká.



Obrázek 13 – Kovové konstrukční prvky



Obrázek 14 – Výměna části záklopu



Obrázek 15 - Projevy zatékání do objektu na dřevěných prvcích



Obrázek 16 - Vaznicová soustava, stojatá stolice



### 3.1.3 Svislé konstrukce

Budova školy je postavena z plných pálených cihel na obyčejnou maltu. Obvodové stěny v nadzemních podlažích mají tloušťku 600 – 700 mm a vnitřní nosné stěny mají tloušťky 450, 650 a 750 mm (oblast suterénu a nižších podlažích není předmětem této DP). Ze statického hlediska jsou svislé konstrukce v řešených oblastech v dobrém stavu. Z pohledu exteriéru i interiéru se na zdech neobjevují výrazné trhliny, ani projevy zvýšené vlhkosti, které by značily porušení zdí.



Obrázek 17 - Obvodové stěny, okapy, komíny

### 3.1.4 Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce nad 3.NP tvoří nad učebnami dřevěné trámové stropy. Celková tloušťka skladby konstrukce je cca 50 cm. Jelikož nebyla provedena sonda a strop není v žádném místě porušen, neznáme přesnou skladbu trámového stropu, rozměry nosných trámů ani jejich technický stav. V místě chodeb tvoří stropní konstrukci valené klenby o rozponech do 3,0 m. Stejně jako u trámového stropu skladbu nad klenbami neznáme, nebyla zde provedena žádná sonda. Stropní konstrukce ve 3.NP jsou dle vizuální prohlídky v dobrém stavu, neprojevují se zde žádné známky poškození.

Stropní konstrukce ve střední části podkroví v místě vstupu na věž je tvořena kleinovými klenbami – valené cihelné klenby do traverz. Problémovým místem je ochoz na věži, ze kterého není řešen odvod srážkové vody a ta se vsakuje do stavebních konstrukcí. To je znatelné na vnitřních konstrukcích, zejména na stropních kleinových klenbách v místě vstupu na věž. Svislé i vodorovné konstrukce jsou zde viditelně vlhké, což způsobuje degradaci zděných konstrukcí, odlupování omítky a tvorbu plísní.

**Obrázek 18 - Věžička****Obrázek 19 -** Projevy zatékání srážkové vody z ochozu na věži na vnitřních konstrukcích

### 3.1.5 Komíny

V řešeném objektu je celkem 12 úzkých zděných komínů z plných pálených cihel, které jsou všechny součástí střední nosné stěny objektu (obr. 20). Komíny jsou stále používány, jsou napojeny na plynové kotle v suterénu a nevykazují žádné známky poškození.

**Obrázek 20 –** Pohled na střechu - komíny, hromosvod

### 3.1.6 Okapy, svody a hromosvody

Na hlavním jižním průčelí objektu a na západním a východním průčelí, která jsou zdobena zvýšenými atikami, jsou použity okapy zaatikové. Na severní straně objektu jsou použity okapy nástřešní. Svody dešťové vody vedou z venkovní strany po fasádě a jsou v dobrém technickém stavu.

Systém hromosvodu je v celkem dobrém stavu. Na střeše je umístěno několik tyčových jímačů, které jsou umístěny na komínech a na nejvyšších bodech průčelí objektu (obr. 20). Jímací ocelové dráty dále vedou po hřebenu střechy, kde jsou spojovány. Svedení a uzemnění soustavy je provedeno na každém rohu budovy a na průběhu jižním průčelí budovy je uzemnění provedeno na dalších dvou místech.

### 3.2 Analýza poruch

Na základě vizuální prohlídky, bylo zjištěno, že největší známky poškození se projevují na konstrukci krovu. V místech, kde byly patrné tmavé fleky na dřevěných prvcích, bylo provedeno měření vlhkosti dřeva pomocí odporového měřiče vlhkosti materiálu GREISINGER GMH 3810 s integrovanými hroty (obr. 21). Měření bylo provedeno během suchého období, kdy dlouhodobě nepadaly srážky, a to za slunečného dne 01.10.2018. Vlhkost dřeva byla měřena na desítkách míst a pohybovala se mezi 10 – 14 %. V období vlhka a dešťů lze vlivem špatného stavu střešní krytiny předpokládat vlhkost dřeva mnohem vyšší. Prostředí vlhké od zatékající vody je vhodné pro růst dřevokazných hub a vlhké dřevo je také lépe stravitelné pro dřevokazný hmyz. Proto byla konstrukce krovu v rámci stavebně technického průzkumu podrobena systematické prohlídce, aby bylo zjištěno, zda jsou prvky krovu napadané dřevokaznými houbami a škůdci, a zároveň aby byl určen případný rozsah poškození prvků.

#### 3.2.1 Laboratorní zkoušky

Kontrola krovu spočívala v systematické prohlídce jeho jednotlivých prvků doplněné jednoduchými diagnostickými metodami, poklepem, vpichováním a odsekáváním třísek. Na základě důkladné prohlídky bylo vybráno 5 míst, odkud byly odebrány vzorky MV 1 – 5. Místa odběru vzorků jsou znázorněna ve výkresové dokumentaci. Odebrané vzorky, byly očíslovány a následně převezeny do Chemické a mikrobiologické laboratoře Katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT, kde byly vzorky zpracovány a analyzovány (Obr. 22). Tato laboratoř je akreditovaným střediskem pro rozbor biologického napadení stavebních materiálů včetně určení jejich vlivu na degradaci staveb.



Obrázek 21 - Měřicí přístroj GMH 3810





Obrázek 22 - Odebrané vzorky MV 1 – 5

VZOREK	POŠKOZENÍ
MV 1	dřevokazná houba, plísň
MV 2	dřevokazný hmyz – tesařík, červotoč
MV 3	dřevokazná houba
MV 4	dřevokazná houba, dřevokazný hmyz – červotoč
MV 5	dřevokazná houba, dřevokazný hmyz – červotoč

Na základě laboratorního průzkumu je zřejmé, že se konstrukce krovu potýká nejen s problémem výskytu dřevokazných hub, ale také s dřevokazným hmyzem, který krov napadl na několika místech.

### 3.2.1.1 Dřevokazné houby

Dřevokazné houby jsou závažným škůdcem, který způsobuje destrukci dřevěných prvků. Napadají krovové prvky v místech se zvýšenou vlhkostí (18 – 20 % a více). Tyto houby způsobují hnilobu a nakonec i rozklad dřeva. Dřevokazné houby dělíme na celulózožravé a lignivožravé.

#### CELÚLÓZOŽRAVÉ DŘEVOKAZNÉ HOUBY

Rozkládají pouze celulózní složku dřeva, které postupně tmavne. Celulózožravá houba způsobí uvnitř napadeného dřeva červenohnedou hnilobu a následně se dřevní

hmota začne kostkovitě rozpadat [3]. Mezi nejznámější zástupce patří dřevomorka domácí, trámovka plotní a kaniofora sklepní.

### *Dřevomorka domácí*

Je to patrně nejznámější dřevokazná houba, která se rozmnožuje už při nízkých vlhkostech dřeva tím, že si rozkladem dřevní hmoty produkuje vlastní zásoby vody. Napadené dřevo se doporučuje celé odstranit, odstranit vlhkost v prostředí, ve kterém se dřevomorka nachází, a prostory řádně odvětrat. Dřevomorka ničí nejen dřevěné konstrukce, ale prorůstá i zdi a betonem a devastuje celé budovy.



**Obrázek 23** - Koskovitý rozpad dřeva, nalezeno během STP

Na obr. 23 můžeme vidět koskovitý rozpad dřeva, který je pravděpodobně způsoben dřevomorkou domácí. Tento vzorek je částí pozednice, která je ze dvou stran ve styku se zdí a v těchto místech dochází k jejímu poškození.



**Obrázek 24** - Krokev napadená dřevomorkou domácí, odběr vzorku MV5

### LIGNIVORNÍ DŘEVOKAZNÉ HOUBY

Tyto dřevokazné houby ničí všechny složky dřeva. Nenapadají pouze celulózu, ale i lignin. Barva napadeného dřeva se mění ve světle hnědou až žlutobílou, houba působí tzv. bílou hnilobu dřeva. Dřevní hmota se rozpadá korozivně, dřevo je měkké a drobné, na rozdíl od hniloby červenohnědé se dřevo nerozpadá kostkovitě a neubývá na objemu [4]. Mezi nejznámější zástupce patří outkovka a klanolístka obecná.

#### 3.2.1.2 Dřevokazný hmyz

Kromě dřevokazných hub se konstrukce krovů potýkají i s dalšími škůdci, a to je dřevokazný hmyz. Nejčastějším hmyzem, který v našich podmínkách napadá zabudované dřevo, jsou červotoči a tesaříci. Tento hmyz žije ve starém suchém dřevě a živí se celulózu a škrobem. Dřevo čerstvé nebo dobře proschlé nenapadají, lépe je pro ně stravitelné dřevo napadené dřevokaznými houbami. Zda je dřevo napadené dřevokazným hmyzem poznáme podle výletových otvorů. Výletové otvory červotoče jsou drobné kulaté průměru cca 1,5 mm, tesařík může mít výletové otvory oválné a široké až 1 cm.



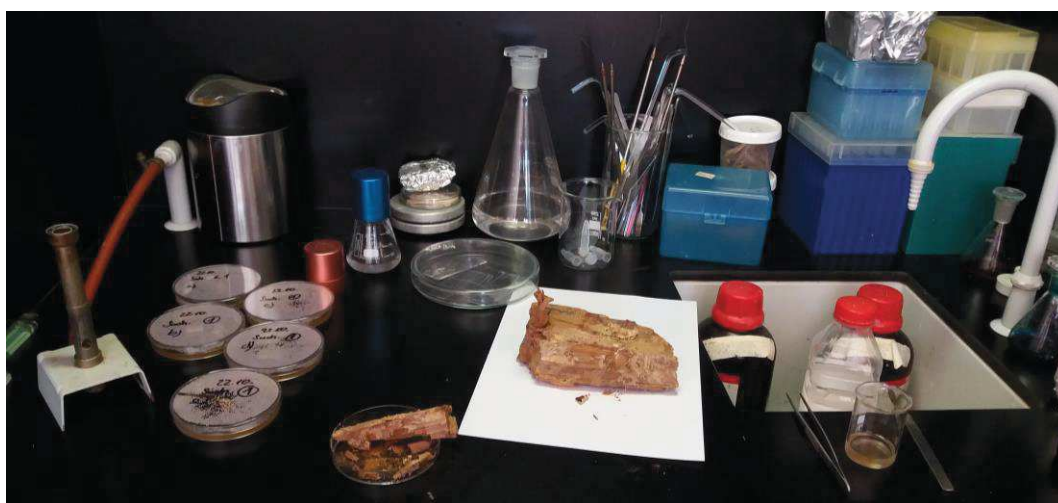
Obrázek 25 - Výletové otvory červotoče a tesaříka – MV 2 a MV 5



### 3.2.1.3 Plísně

Na vzorku MV 1 bylo těžké určit, zda je napaden pouze dřevokaznou houbou nebo také plísní. Výskyt plísní lze zde očekávat, jelikož je celá oblast podkroví mimo vytápěnou zónu objektu a zatékání střešním pláštěm do objektu má za následek zvýšenou vlhkost v podkroví a tvoří tak dobré podmínky pro růst plísní.

Pro určení výskytu plísní na vzorku MV 1 byla jeho část vložena do Petriho misek s agarem. Agar je přírodní polysacharid a využívá jako základ kultivačních médií. Další část vzorku byla před vložením do agaru protažena ohněm, aby došlo ke zbavení případných plísní. Celkem bylo připraveno 5 vzorků.



**Obrázek 26** - Příprava vzorků v mikrobiologické laboratoři K124 FSv ČVUT

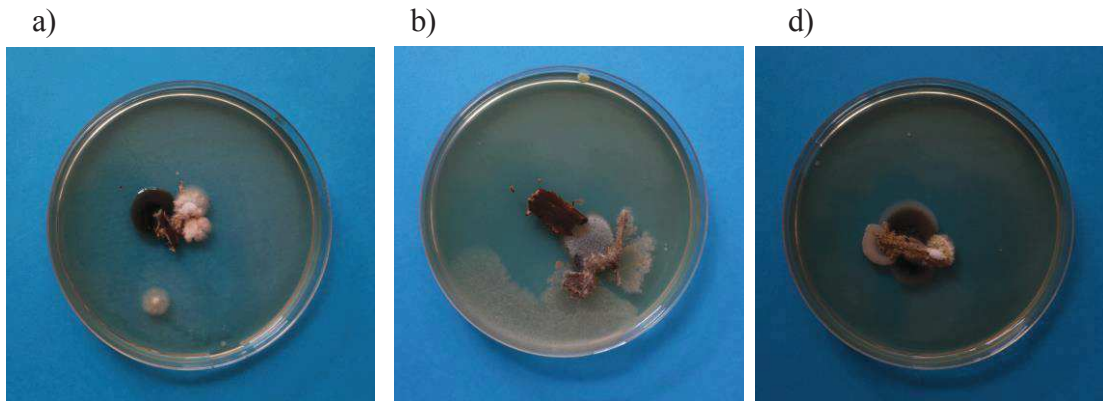
Takto připravené vzorky (Obr. 26) byly vloženy do termostatu, který udržuje stálou teplotu pro růst plísní. Navíc byl vzorek MV 1 prozkoumán pod mikroskopem (Obr. 27, 28), avšak ani tak nebylo možné určit, zda se jedná o napadení prvku plísní.



**Obrázek 27** - Práce s mikroskopem



**Obrázek 28** - Pohled mikroskopem na vzorek MV 1 v den odběru vzorku



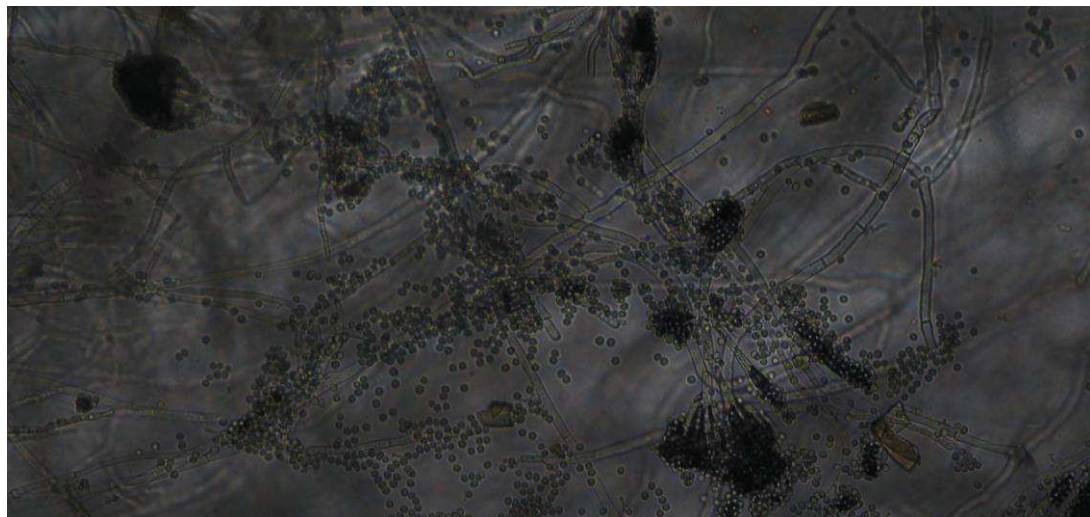
**Obrázek 29** - Vzorky MV 1 po 14 -ti denní kultivaci v termostatu

Po dvou týdnech kultivace vzorků v termostatu byly plísně ve třech vzorcích (a, b, d) z pěti dostatečně narostlé. Zbylými dvěma vzorky (c, e) bez známek výskytu plísni se dále nebudeme zabývat. Na podkladní sklíčko s kapkou destilované vody se pomocí preparačních jehel přenesly části plísni. Takto připravený preparát se následně překryl krycím sklíčkem a vložil do mikroskopu.

*Pohled mikroskopem na preparáty:*



**Obrázek 30** - Preparát a) bílá část - *Cladisporium* s.p.



**Obrázek 31** - Preparát b) - *Penicillium* s.p.



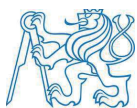


**Obrázek 32** - Preparát d) - *Phoma* s.p.

Výsledky z mikroskopu byly velice uspokojivé, u všech třech vzorků se dalo určit, o jakou plíseň se jedná. Bílá část preparátu a) byla určena jako plíseň rodu *Cladosporium* s.p., jejíž typické morfologické znaky mycelia můžeme vidět na obrázku 30. Je to jedna z nejčastějších vnitřních i venkovních plísní a vyskytuje se v živých i mrtvých rostlinných materiálech. Jejich znakem jsou zelené až hnědé kolonie. [5] Preparát b) vykazuje typické znaky pro plíseň rodu *Penicillium* s.p. obr. 31., kde můžeme vidět, že struktury mycelia tvoří tzv. kytičky. Preparát d) byl označen za velice zřídka se vyskytující plíseň rodu *Phoma* s.p., pro kterou jsou charakteristické tmavé chlymydospory, které vyrůstají jednotlivě nebo v řetězcích (Obr. 32). Tato plíseň se vyskytuje nejčastěji v půdě a na rostlinných zbytcích.

Tyto plísně se často nachází ve vzorcích materiálů z vodou poškozených budov. Ke zdravotním účinkům způsobených expozicemi mikroorganismů v budově patří zejména alergická onemocnění. V závislosti na koncentraci spor plísní v ovzduší může dojít nejen k alergickému onemocnění, ale způsobují i mykotické onemocnění. Zejména děti jsou více citlivé a alergické na plísně.

Zřídka vyvolají nemoci u člověka, ale ve velkém množství mohou vzdušné spory způsobit vážné problémy u lidí s astmatem nebo u osob s onemocněním dýchacích cest, způsobují také podráždění sliznice a únavu.



### 3.2.2 Vizuální prohlídka celé konstrukce krovu

Kromě problematických míst, kde byly odebrány vzorky pro laboratorní měření, byla celá konstrukce krovu podrobena vizuální prohlídce doplněné diagnostickými metodami, poklepem a vpichováním.

Jednotlivé prvky byly ve výkresech očíslovány a označeny písmeny:

K – krokve, VT – vazný trám a jejich zhlaví jsou rozlišena písmeny A a B, SV – spodní vaznice, V – vaznice, P – pozednice. Úseky vaznic a pozednic jsou vymezeny čísly krokví.

V rámci průzkumu byly změřeny typické průřezy prvků krovu:

krokve	130/160	kleštiny	2x 100/200
pozednice	160/180	sloupky	180/180
dolní vaznice	180/220	vazné trámy	200/260
vaznice	180/220	vzpěry	180/180

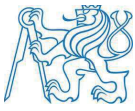
Výsledky kontroly poškození jsou uvedeny v tabulkách a pro názornější sdělení jsou také zakresleny ve výkresu č. 1. Pro vyjádření zdravotního stavu dřevěných prvků je použito následujících symbolů:

- 1 - dřevo bez známek napadení
- 2 - dřevo napadené dřevokazným hmyzem
- 3C - dřevo napadené celulózovorní houbou

Klasifikace zdravotního stavu je doplněna údajem v procentech, který představuje odhad poškození kritického průřezu příslušného dřevěného prvku.

#### Pozednice

Pod krokví	Zdravotní stav	Poznámka
K1 - K9	1	
K10	1	
K13 - 21	není	rozpad K13 vlivem dřevokazné houby 10 %
K27 - 28	3	K27 - 28 napadení patní části dřevok. houbou
K29 - 33	není	
K34 - 36	3 - 80%	K36 - zkrácené kleštiny u pozednice
K40-41	3 - 100%	hnutí kleštin, krokve K40
K42 - 48	není	
K49 - 56	1	
K57	3	K57- napadení patní části dřevokaznou houbou
K58 - 61	1	



K62 - 70	1	
K75 - 83	1	
K86 - 95	1	
K96 - 97	není	
K98-103	1	
K104 - 118	1	
K119 - 126	1	
K127 - 129	1	
K130 - 133	1	
K134 - 145	1	
K146 - 161	nepřístupné	
K162 - 170	1	

### Vaznice spodní

Pod krokví	Zdravotní stav	Poznámka
K1 -K21	1	
K27 - 40	1	
K40-48	1	
K49 - 70	3 - 20%	rozpad pod K57
K78 - 95	1	

Sloupy	Zdravotní stav	Poznámka
S1 - S5	1	
S6	nepřístupný	
S7	2,3	shnilé zápatí - 100 %, pokles sloupu
S8	1	
S9 - S17	nepřístupný	
S18 - S26	1	
S27 - S28	1	
S29 - S30	1	
S31	3 - 100%	vyhnilý pásek, vyhnilé zápatí
S32 - S42	1	

Vazné trámy	Zdravotní stav	Poznámka
VT1	vlhkost	absence kleštin A, mokré zhlaví B
VT2	3	absence kleštin A, uhnilé zhlaví B
VT3	A - 3	absence kleštin, B nepřístupné
VT4	2, 3	vyhnilý sloup S7
VT5	A - 3	absence kleštin, B nepřístupné
VT6	A - 3	absence kleštin, B nepřístupné
VT 7	A - 3	B nepřístupné

VT 8-9	1	zhlaví A ok, B nepřístupné
VT10	1	absence spodních kleštin
VT11	A - 3	absence spodních kleštin A
VT12-14	1	
VT 15	A - 3	kroucení, vyhnílé napojení sloupu S31, chybějící pásek
VT 16 - 25	1	

Ostatní v tabulkách neuvedené přístupné prvky krovu (pásky, vaznice, šikmé vzpěry, kleštiny) jsou v dobrém stavu bez známek napadení dřevokaznými škůdci.

Největší známky poškození se projevují na zhlaví vazných trámů, kde na několika místech dochází i k jejich úplné destrukci. Na obrázku 34 můžeme vidět rozpad zhlaví vazného trámu 2 – B, odkud byl odebrán vzorek MV 1, který potvrdil výskyt dřevokazné houby i plísní. Dalším zjištěným původem vlhkosti je voda, která se do prvků dostala vlivem špatného technického stavu potrubí, kde dochází k úniku vody z potrubí přímo na zhlaví vazného trámu (Obr. 33).



**Obrázek 33** - Vlhké zhlaví VT1-B vlivem technických vad



**Obrázek 34** - Destrukce zhlaví vazného trámu VT2-B, místo odběru vzorku MV1



Dalšími kritickými místy jsou plné vazby na nárožích východního i západního křídla. Jedná se o vazby na vazných trámech VT 4 (západní křídlo) a VT 15 (východní křídlo). Z vazby VT 4 byl odebrán v místě styku sloup-vazný trám vzorek MV 2. Bylo potvrzeno, že k rozpadu styku sloupu S7 s vazným trámem došlo vlivem působení dřevokazného hmyzu. Zápatí sloupu je 100 % rozpadlé a nosný sloup stojí díky pevnému spojení s ostatními prvky. Avšak je patrné, že sloup již poklesává a vazba se začíná rozpadat.



Obrázek 35 - Nárožní vazba VT 4 v západním křídle



Obrázek 36 - Porucha spoje pásek - vaznice



Obrázek 37 - Porucha spoje kleštiny - sloup



**Obrázek 38** - Rozpad styku sloup - vazný trám, místo odběru vzorku MV2

Dle vzorku MV 4, odebraného z otvoru v sloupu, který vznikl vypadnutím pásku z vazby, je rozpad nárožní vazby VT 15 ve východním křídle způsoben napadením dřeva

dřevokaznou houbou společně s dřevokazným hmyzem. V minulosti byla vaznice posílena příložkováním (Obr. 39), avšak poškození vaznice je natolik rozsáhlé, že bude nutné část poškozeného prvku zcela vyměnit a chybějící pásek doplnit novým prvkem.

Dalším kritickým místem je vaznice napadená dřevokaznou houbou dle vzorku MV 3. Poškození prvku a rozsah napadení zachycuje obrázek 40.



**Obrázek 39** – Nárožní vazba VT 14, vzorek MV 4



**Obrázek 40** – Vaznice napadená dřevokaznou houbou, vzorek MV 3

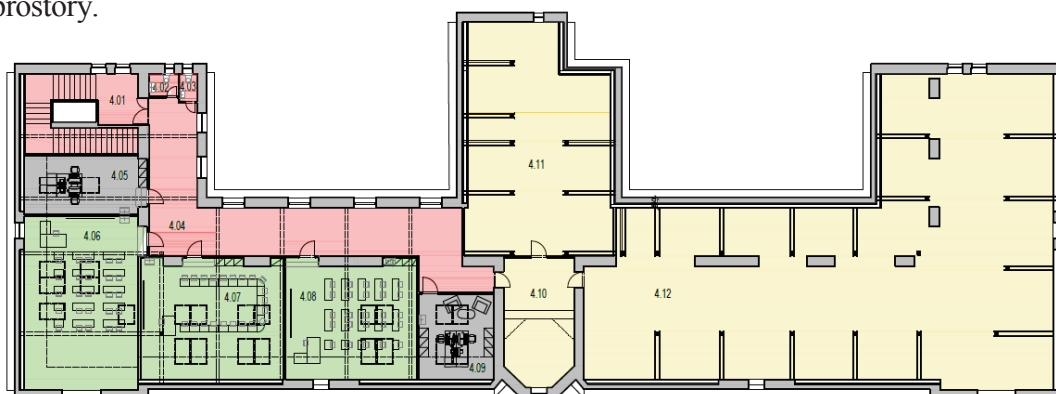


### 3.2.3 Shrnutí stavebně technického průzkumu

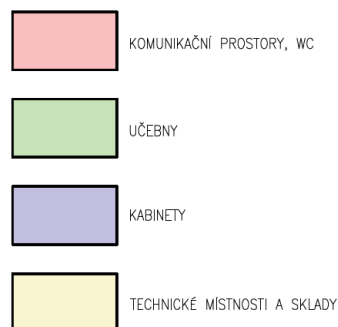
Během stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že konstrukce krovu je na několika místech v kritickém stavu a pokud tyto konstrukce nebudou v blízké době zajištěny, hrozí jejich destrukce. Současný havarijní stav krovu je způsoben zatékáním do objektu, ke kterému pravděpodobně před výměnou krytiny docházelo ve větší míře bez následných sanačních zásahů. Vliv na stav krovu má i jeho stáří – 110 let. Největší problém je výskyt dřevokazných hub, hmyzu a plísní v dřevěných prvcích, jejichž působením dochází k rozpadu jednotlivých prvků, zejména nárožních plných vazeb. Problémovými místy jsou zabudované dřevěné prvky do zdí, kde posunem rosného bodu do prostoru kapsy dochází ke kondenzaci vodních par. Poškozena jsou především zhlaví vazných trámů, zabudované pozednice a patní části krokví v místě styku s poškozenými pozednicemi. Nejvíce poškozené prvky se nachází v západním křídle objektu, kde je nutné několik plných vazeb demontovat. Ve východním křídle jsou kritické 2 plné vazby, které vyžadují větší sanační zásahy a střední křídlo nevykazuje výrazné známky poškození. Poruchy krovu jsou zakresleny ve výkrese č. 1.

## 4 Návrh sanace statických poruch a půdní vestavby

Vzhledem k rozsahu poškození krovu a nedostatku vyučovacích prostorů ve školní budově je navržena půdní vestavba tříd a kabinetů v celém západním křídle podkroví. Východní a střední křídla budou sanována a budou dále sloužit jako skladovací prostory.



Obrázek 41 - Návrh dispozice dle autorky DP





## 4.1 Západní křídlo – půdní vestavba

V západním křídle je většina plných vazeb ve špatném technickém stavu. Vzhledem k tomuto faktu a s požadavky na půdní vestavbu je navržena kompletní demontáž střešního pláště i konstrukce krovu. Aby v těchto prostorách mohly být umístěny učebny, je nutné dodržet minimální světlou výšku místnosti 3,0 m při zajištění výměny vzduchu 5,3 m<sup>3</sup> na žáka [6]. To při současném stavu podlahy a výšky hřebene není možné dodržet. Pokud bychom zvýšili výšku hřebene, došlo by tak k narušení vzhledu objektu. Z těchto důvodů je navrženo:

### 4.1.1 Stropní konstrukce

Je navržena demontáž stávající stropní konstrukce trémového stropu tl. 470 mm nad západním křídlem 3.NP a nahrazení novým ocelobetonovým stropem tl. 350 mm. Jelikož je rozsah napadení dřevěných prvků krovu dřevomorkou značný, je velice pravděpodobné, že budou poškozené i stropní trámy pod napadenými místy. Novou konstrukcí stropu zajistíme zvýšení světlé výšky v podkroví o 120 mm. Stropnice budou uloženy do kapes ve zdivu po nosných trámech s podbetonováním. Původní klenba na severní straně objektu zůstane zachována.

### 4.1.2 Krov

Je navržena kompletní demontáž střešního pláště a stávajících prvků konstrukce krovu na celém západním křídle objektu. Nosné sloupy budou nahrazeny ocelovými rámy, které podporují vaznice a výrazně uvolní dispozici navržených učeben. Na severní straně fasády je navrženo zvýšení pozednice, čímž vznikne nový prostor, který bude sloužit jako komunikační prostor v podkroví. Tento zásah způsobí změnu pohledu na severní straně objektu, avšak tato strana je orientována směrem do dvora a fasáda je z této strany hladká, není pokryta zdobnými prvky. Okna jsou zvolena stejná jako v nižších

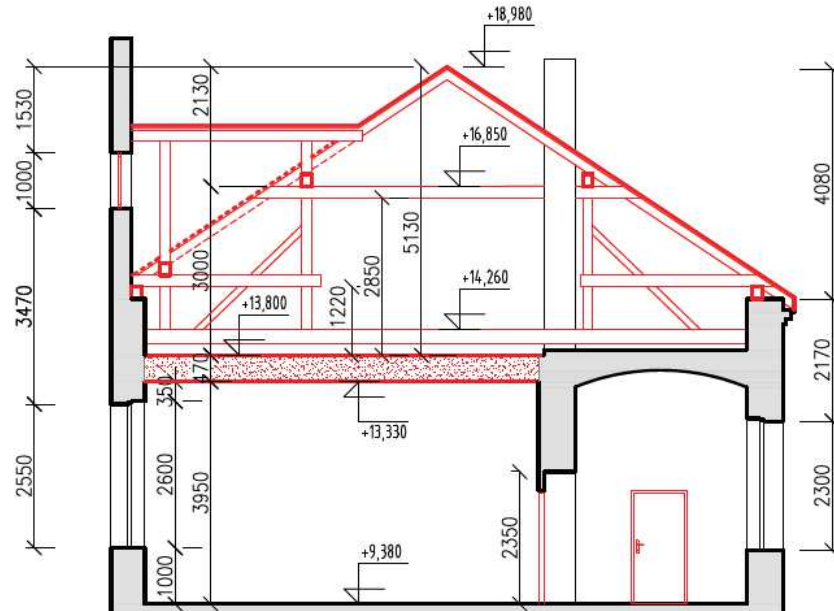


Obrázek 42 – Pohled severní– dotčená část zvýš. pozednice

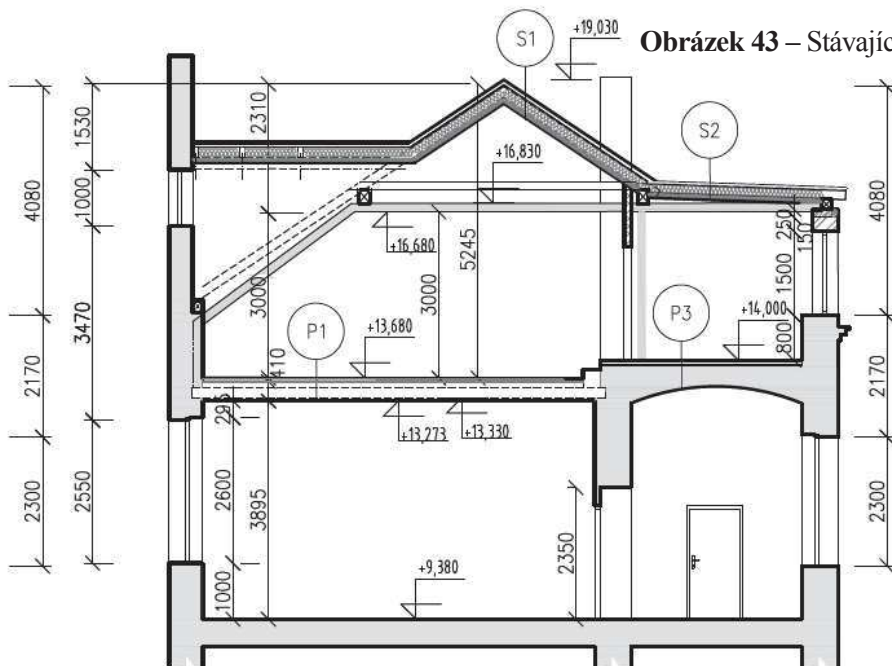
podlažích, pro zachování historického rázu. Krokve, vaznice a pozednice budou nahrazeny novými prvky. Veškeré nové dřevěné prvky budou chemicky ošetřeny proti biologickým škůdcům.

### 4.1.3 Střešní plášť

Střešní konstrukce je navržena zateplená mezi a pod krokevní izolací. Z interiéru bude povrch opatřen sádkokartonovým podhledem a parotěsnou fólií. Na vrchní straně krokvi bude umístěna pojistná hydroizolace, dále se umístí laťování a krytina. Střešní krytina je zvolena skládaná z keramických tašek bobrovek. Tato krytina byla původně na objektu použita, a proto byla nyní zvolena. V oblasti zvýšené pozednice, kde dochází k malému spádu je navržena plechová krytina. Tato část střechy bude opatřena celoplošným bedněním z OSB desek, které bude potaženo difúzní fólií, která slouží jako pojistná hydroizolace. Dále se umístí strukturovaná rohož, která zajistí stálé proudění vzduchu pod plechovou krytinou a přispěje k útlumu hluku deště.



Obrázek 43 – Stávající stav, bourání



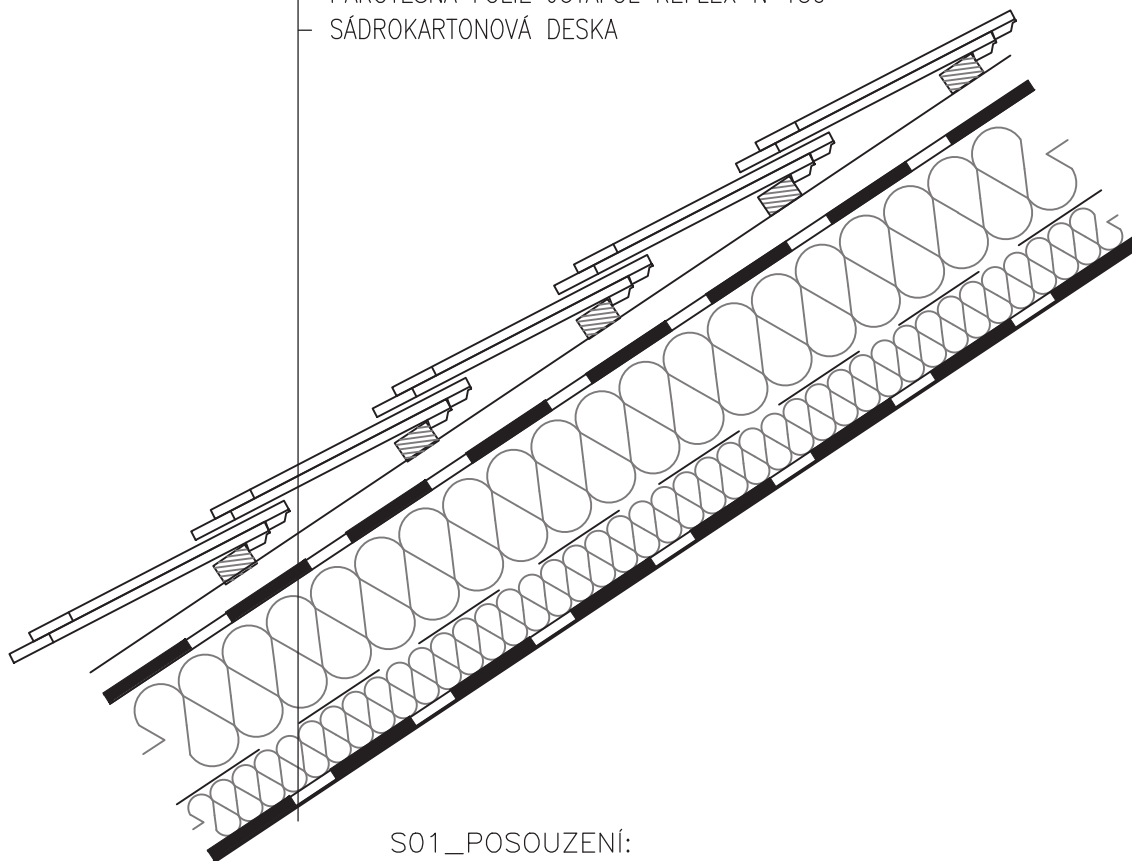
Obrázek 44 – Nový stav

# REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY

DETAIL – SKLADBA STŘECHY S1, M1:10

S1

- SKLÁDANÁ STŘEŠNÍ KRYTINA Z PÁLENÝCH TAŠEK TL. 13 mm
- SM STŘEŠNÍ LATĚ 60/40 mm TL. 40 mm
- SM KONTRALATĚ 60/50 mm – VZDUCHOVÁ MEZERA TL. 40mm
- POJISTNÁ DIFÚZNĚ OTEVŘENÁ HYDROIZOLACE, DEKTEN MULTI-PRO TL. 0,8 mm
- TEPELNÁ IZOLACE ISOVER UNIROL PROFI ( $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$ )/KROKVE TL. 160 mm
- TEPELNÁ IZOLACE ISOVER UNIROL PROFI ( $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$ ) POD KROKVE TL. 90 mm
- PAROTĚSNÁ FÓLIE JUTAFOL REFLEX N 150 TL. 0,22 mm
- SÁDROKARTONOVÁ DESKA



S01\_POSOUZENÍ:

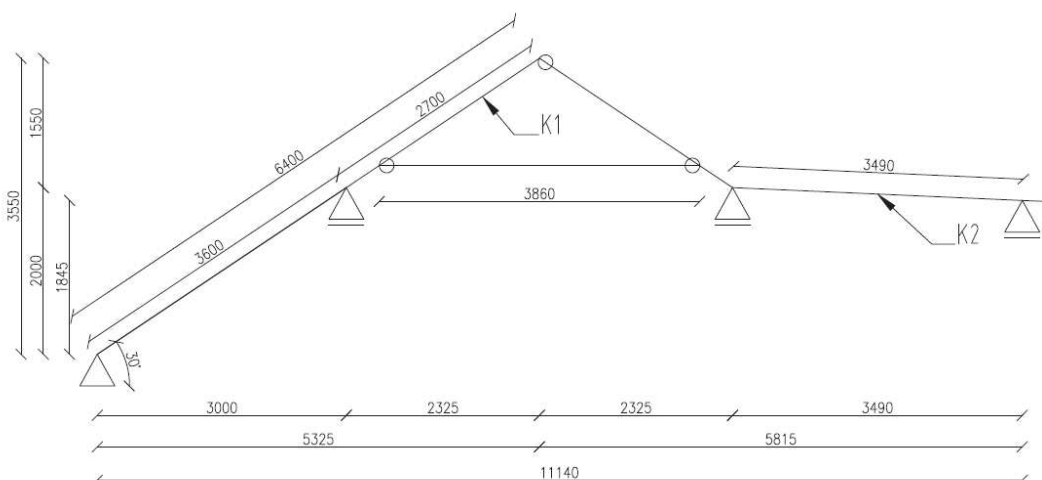
VÝPOČET PROVEDEN V PROGRAMU TEPLA 2017 EDU (VIZ. PŘÍLOHA)

- $U = 0,156 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) < U_{\text{rec},20} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \dots$  VYHOVUJE
- V KONSTRUKCI NEDOCHÁZÍ BĚHEM MODELOVÉHO ROKU KE KONDENZACI

±0.000 = 263,100 m.n.m, VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
B	K124	Bc. REGINA SUCHARDOVÁ		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2.	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE:			FORMÁT	A4
REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY			MĚŘÍTKO	1:10
			DATUM	10/2018
PŘEDMĚT:			Č. VÝKR.	
DIPLOMOVÁ PRÁCE				
OBSAH VÝKRESU:				
DETAIL - SKLADBA STŘECHY S1				

#### 4.1.4 Návrh nových prvků krovu – statický výpočet

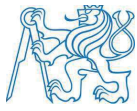


Obrázek 45 - Statické schéma krovu

##### 4.1.4.1 Výpočet zatížení na krokev K 1

VRSTVA	TL. [m]	Obj. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Obj. hmot. [kN/m <sup>3</sup> ]	CHAR. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	SOUČ. BEZP. γ <sub>f</sub> [-]	NÁVRH. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Pálená krytina			0,45	0,45	1,35	0,61
Latě 40/60 po 1000 mm, 500 kg/m <sup>3</sup>	0,002	500,00	5,00	0,012	1,35	0,02
Kontralatě	0,002	500,00	5,00	0,012	1,35	0,02
Pojistná hydroizolace	-	-	-	0,00	1,35	0,00
Krokev 160/160 mm 500 kg/m <sup>3</sup>	0,021	500,000	5,000	0,104	1,35	0,14
Tep. izolace mezi krokvy ISOVER Orsik 150 kg/m <sup>3</sup>	0,160	150,000	1,50	0,24	1,35	0,32
Tepelná izolace ISOVER Orsik 150 kg/m <sup>3</sup>	0,090	150,000	1,50	0,14	1,35	0,18
Parozábrana	-	-	-	0,00	1,35	0,00
Sádrokarton 25 kg/m <sup>2</sup>		25,000	0,25	0,25	1,35	0,34





**stálé zatížení celkem:**  $g_k = 1,20$   $g_d = 1,62$

**vliv sklonu střechy (°)** 30,00  $g_k = 1,39$   $g_d = 1,88$

<b>nahodilé zatížení:</b>				$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
zatížení sněhem				1,20	1,80

- dle [13]

Město: Turnov

Sněhová oblast: III. →  $S_k = 1,5$  [kN/m<sup>2</sup>]

Sklon střechy:  $\alpha_1 = 30^\circ$  →  $\mu_1 = 0,80$  [-]

$\alpha_2 = 3^\circ$  →  $\mu_1 = 0,80$  [-]

Součinitel expozice:  $C_e = 1$

Tepelný součinitel:  $C_t = 1$

$S_{n1,2} = S_k \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_t = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$  [kN/m<sup>2</sup>]

**nahodilé zatížení celkem:**  $g_k = 1,20$   $g_d = 1,80$

<b>ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m<sup>2</sup>]:</b>	$g_k+q_k =$	<b>2,59</b>	$g_d+q_d =$	<b>3,68</b>
--	-------------	-------------	-------------	-------------

**Zatížení větrem – dle [14]**

Větrná oblast: II. →  $v_{b,0} = 25,0$  m/s

Kategorie terénu: III. →  $z_0 = 0,3$  m

$z_{min} = 0,3$  m

$z_{0,II} = 0,005$  m

Výška objektu:  $z = 19,0$  m

Měrná hmotnost vzduchu:  $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>

Součinitel směru větru:  $C_{dir} = 1$

Součinitel ročního období:  $C_{season} = 1$

Součinitel ortografie:  $C_0 = 1$

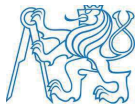
Součinitel turbulence:  $K_1 = 1$

**Základní rychlost větru:**

$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25,0 = 25$  m/s

*Součinitel terénu:*

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left( \frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$



*Součinitel drsnosti terénu:*

$$c_{r,z} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{19}{0,3}\right) = 0,892$$

*Součinitel expozice:*

$$c_{e(z)} = \left(1 + 7 \cdot \frac{k_1}{c_o \cdot \ln\frac{z}{z_0}}\right) \cdot (c_o \cdot cr(z))^2 = \left(1 + 7 \cdot \frac{1,0}{1 \cdot \ln\frac{19}{0,3}}\right) \cdot (1 \cdot 0,892)^2 = 2,14$$

*Střední rychlost větru:*

$$v_{m(z)} = c_{e(z)} \cdot c_o \cdot v_b = 0,892 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 20,725 \text{ m/s}$$

*Maximální dynamický tlak větru:*

$$q_{p(z)} = C_{e(z)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = 2,14 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20,725^2 = 574,5 \text{ N/m}^2$$

**Tlak větru na sedlové střechy:**

**Vítr příčný**

$$\text{Krokv 1} \quad \alpha_1 = 30^\circ$$

*Součinitel vnějšího tlaku:*

Oblast:	F	→	$C_{pe,10} = -0,7$
	G	→	$C_{pe,10} = -0,7$
	H	→	$C_{pe,10} = -0,4$
	J	→	$C_{pe,10} = -0,5$

*Tlak příčného větru:*

$$W_{e(F)} = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10(F)} = 574,5 \cdot (-0,7) = -402,15 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(G)} = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10(G)} = 574,5 \cdot (-0,7) = -402,15 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(H)} = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10(H)} = 574,5 \cdot (-0,4) = -229,80 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(J)} = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10(J)} = 574,5 \cdot (-0,5) = -287,25 \text{ N/m}^2$$

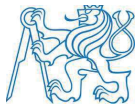
$$\text{Krokv 2} \quad \alpha_1 = 3^\circ$$

*Součinitel vnějšího tlaku:*

Oblast:	I	→	$C_{pe,10} = -0,6$
---------	---	---	--------------------

*Tlak příčného větru:*

$$W_{e(I)} = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10(I)} = 574,5 \cdot (-0,6) = -334,70 \text{ N/m}^2$$

**Zatížení užité**

Údržba střechy:  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

**Kombinace**

$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \text{vítr} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sníh} \quad (1)$$

$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \text{sníh} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{vítr} \quad (2)$$

$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \text{užitné} + 1,5 \cdot (0,6 \cdot \text{vítr} + 0,5 \cdot \text{sníh}) \quad (3)$$

$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \text{vítr} \quad (4)$$

$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \text{sníh} \quad (5)$$

**4.1.4.2 Návrh a posouzení krokve K 1**

- dle [15, 16, 17, 18]

Průřezové charakteristiky:  **$h = 160 \text{ mm}$**

**$b = 130 \text{ mm}$**

$A = 0,0208 \text{ mm}^2$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,13 \cdot 0,16^2 = 5,55 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3$$

Rozměry krokve zvoleny s ohledem na výškové napojení západního a východního křídla objektu.

Zatěžovací šířka:  $l_v = 1000 \text{ mm}$

Délka krokve:  $l = 6400 \text{ mm}$

Třída zatížení: Krátkodobé zatížení

Třída provozu: 1

Modifikační součinitel:  $k_{\text{mod}} = 0,9$

**Materiálové charakteristiky**

Třída pevnosti: C24

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

Pevnost ve smyku:  $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$

Modul pružnosti:  $E_{0,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}$

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

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

Vstupní parametry (SCIA Eengineer 18.1):

Maximální moment:  $M_{y,d} = 4,14 \text{ kNm}$  kombinace (3)

Posouvající síla:  $V_{z,d} = 6,66 \text{ kN}$



**Výpočet napětí**

Návrhové napětí v ohybu:

$$\text{Návrhová pevnost v ohybu: } \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{4,14 \cdot 10^{-2}}{5,55 \cdot 10^{-4}} = 7,5 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 24}{1,3} = 16,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

**Smykové napětí**

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 4}{1,3} = 2,77 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b$$

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

$$\text{Smyk: } \tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{z,d}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot 6,66 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,13 \cdot 0,16} = 0,72 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

**Posouzení průhybu**Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení:  $q_{ref} = 1,0 \text{ kNm}$ 

$$w_{ref} = \frac{5 \cdot q_{ref} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5,0 \cdot 1,0 \cdot 3600^4 \cdot 12}{384 \cdot 11000 \cdot 130 \cdot 160^3} = 4,48 \text{ mm}$$

Průhyb od stálého zatížení:

$$W_{1,inst} = g_k \cdot w_{ref} = 1,39 \cdot 4,48 = 6,23 \text{ mm}$$

Průhyb od proměnného zatížení:

$$W_{2,inst} = q_k \cdot w_{ref} = 1,2 \cdot 4,48 = 5,37 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb:

$$W_{inst} = W_{1,inst} + W_{2,inst} = 6,23 + 5,37 = 11,6 \text{ mm} < \frac{l}{300} = \frac{3600}{300} = 12,0 \text{ mm}$$

Konečný průhyb:

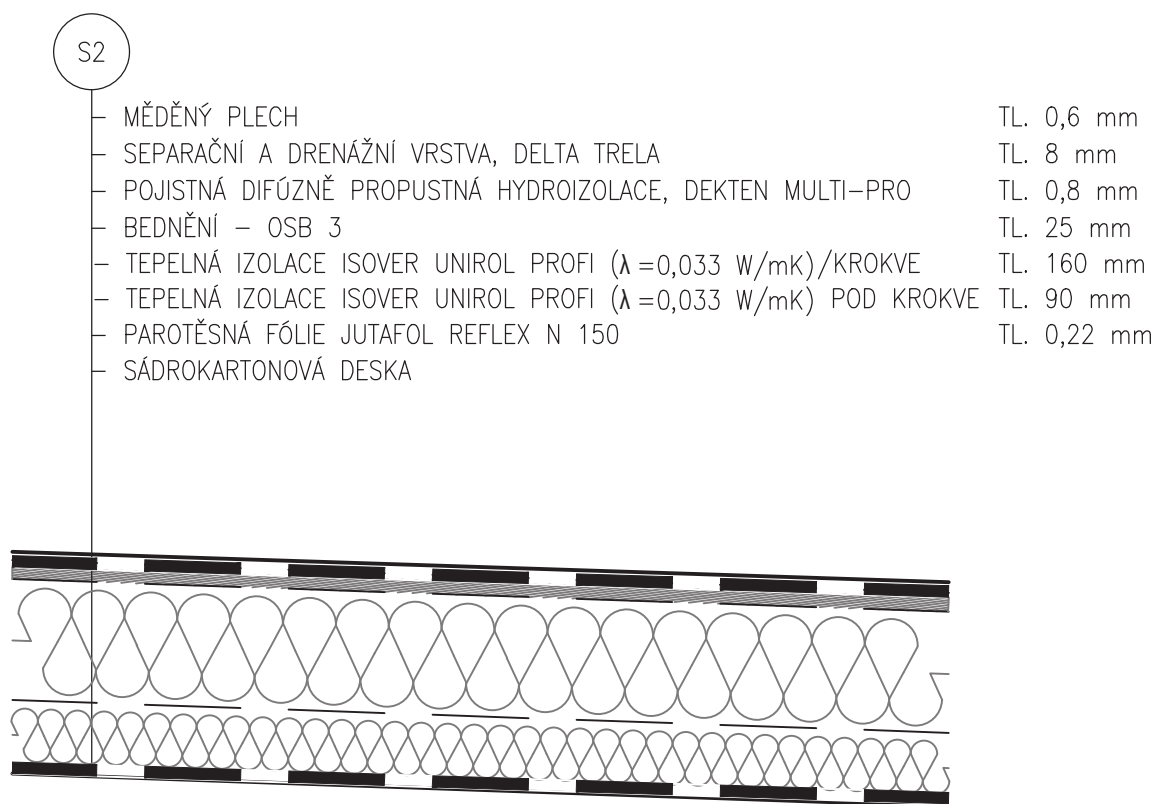
$$W_{net,fin} = W_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + W_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} + k_{2,def})$$

$$W_{net,fin} = [6,23 \cdot (1 + 0,6) + 5,37 \cdot (1 + 0)] \cdot \cos(30^\circ)^2 = 11,5 \text{ mm} < \frac{l}{300} = \frac{3600}{300} = 12,0 \text{ mm}$$

$$W_{net,fin} < W_{lim,fin} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

# REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY

DETAIL – SKLADBA STŘECHY S2, M1:10



S02\_POSOUZENÍ:

VÝPOČET PROVEDEN V PROGRAMU TEPLO 2017 EDU (VIZ. PŘÍLOHA)

- $U = 0,121$  W/(m<sup>2</sup>K) <  $U_{rec,20} = 0,16$  W/(m<sup>2</sup>K) ... VYHOVUJE
- V KONSTRUKCI DOCHÁZÍ BĚHEM MODELOVÉHO ROKU KE KONDENZACI
- NA KONCI MODELOVÉHO ROKU JE ZÓNA SUCHÁ,  $M_{c,a} < M_{ev,a}$

±0.000 = 263,100 m.n.m, VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
B	K124	Bc. REGINA SUCHARDOVÁ		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2.	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE:			FORMÁT	A4
REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY			MĚŘÍTKO	1:10
			DATUM	10/2018
PŘEDMĚT:			Č. VÝKR.	
DIPLOMOVÁ PRÁCE				
OBSAH VÝKRESU:				
DETAIL - SKLADBA STŘECHY S2				

### 4.1.4.3 Výpočet zatížení na krokev K 2

Střecha se sklonem 3°, skladba S2, výpočet dle [12]

*stálé zatížení:*

VRSTVA	TL. [m]	Obj. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Obj. hmot. [kN/m <sup>3</sup> ]	CHAR. ZAT. $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	SOUČ. BEZP. $\gamma_f$ [-]	NÁVRH. ZAT. $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Plechová krytina, 5,34 kg/m <sup>2</sup>	-	-	-	0,05	1,35	0,07
Pojistná hydroizolace	-	-	-	0,00	1,35	0,00
OSB 3	0,025	600,00	6,00	0,150	1,35	0,20
Kontralatě	0,002	500,00	5,00	0,012	1,35	0,02
Tep. izolace mezi krokviemi ISOVER Orsik 150 kg/m <sup>3</sup>	0,160	150,000	1,50	0,24	1,35	0,32
Tepelná izolace ISOVER Orsik 150 kg/m <sup>3</sup>	0,090	150,000	1,50	0,14	1,35	0,18
Parozábrana	-	-	-	0,00	1,35	0,00
Sádrokarton 25 kg/m <sup>2</sup>		25,000	0,25	0,25	1,35	0,34

*stálé zatížení celkem:*

$$g_k = 0,84 \quad g_d = 1,13$$

*nahodilé zatížení:*

	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
zatížení sněhem	1,20	1,80

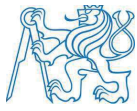
*nahodilé zatížení celkem (viz. K1):*

$$g_k = 1,20 \quad g_d = 1,80$$

<b>ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m<sup>2</sup>]:</b>	$g_k + q_k =$	<b>2,04</b>	$g_d + q_d =$	<b>2,93</b>
--	---------------	-------------	---------------	-------------

*Zatížení větrem viz. K1*





#### 4.1.4.4 Návrh a posouzení krokve K 2

- dle [15, 16, 17, 18]

Průřezové charakteristiky: **h = 160 mm**

**b = 130 mm**

$A = 0,0208 \text{ mm}^2$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,13 \cdot 0,16^2 = 5,55 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3$$

Zatěžovací šířka:  $l_v = 1000 \text{ mm}$

Délka krokve:  $l = 3850 \text{ mm}$

Třída zatížení: Krátkodobé zatížení

Třída provozu: 1

Modifikační součinitel:  $k_{\text{mod}} = 0,9$

Materiálové charakteristiky

Třída pevnosti: C24

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

Pevnost ve smyku:  $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$

Modul pružnosti:  $E_{0,\text{mean}} = 11 \text{ GPa}$

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

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

Vstupní parametry (SCIA Eengineer 18.1):

Maximální moment:  $M_{y,d} = 3,36 \text{ kNm}$

Posouvající síla:  $V_{z,d} = 4,40 \text{ kN}$

#### Výpočet napětí

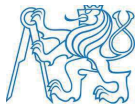
Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{3,36 \cdot 10^{-3}}{5,55 \cdot 10^{-4}} = 6,05 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 24}{1,3} = 16,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

**Smykové napětí***Návrhová pevnost ve smyku:*

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 4}{1,3} = 2,77 \text{ Mpa}$$

*Účinná šířka průřezu:*

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b$$

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

**Smyk:**

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{z,d}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot 4,40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,13 \cdot 0,16} = 0,47 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

**Posouzení průhybu***Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení:*  $q_{ref} = 1,0 \text{ kNm}$ 

$$w_{ref} = \frac{5 \cdot q_{ref} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5,0 \cdot 1,0 \cdot 3500^4 \cdot 12}{384 \cdot 11000 \cdot 130 \cdot 160^3} = 4,0 \text{ mm}$$

*Průhyb od stálého zatížení:*

$$w_{1,inst} = g_k \cdot w_{ref} = 0,84 \cdot 4,0 = 3,36 \text{ mm}$$

*Průhyb od proměnného zatížení:*

$$w_{2,inst} = q_k \cdot w_{ref} = 1,2 \cdot 4,0 = 4,8 \text{ mm}$$

*Okamžitý průhyb:*

$$w_{inst} = w_{1,inst} + w_{2,inst} = 3,36 + 4,8 = 8,16 \text{ mm} < \frac{l}{300} = \frac{3500}{300} = 11,67$$

*Konečný průhyb:*

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} + k_{2,def})$$

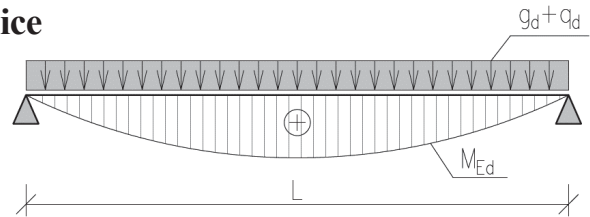
$$w_{net,fin} = [3,36 \cdot (1 + 0,6) + 4,8 \cdot (1 + 0)] = 10,18 \text{ mm} < \frac{l}{300} = \frac{3500}{300} = 11,67 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} < w_{lim,fin} \rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVUJE}}$$

### 4.1.4.5 Návrh a posouzení vaznice

- dle [15, 16, 17, 18]

L= 3,15 [m]



h=	0,240	[m]	(výška průřezu)
b=	0,200	[m]	(šířka průřezu)
l <sub>ef</sub> =	3,750	[m]	(rozpětí)
Dřevo	C24	[m]	(třída pevnosti)
Tř.provozu	1	[-]	(třída provozu)
γ <sub>M</sub>	1,30	[-]	(dílní součinitel materiálu)
f <sub>m,k</sub>	24,0	[MPa]	(pevnost za ohybu)
f <sub>v,k</sub>	4,0	[MPa]	(pevnost ve smyku)
E <sub>0,mean</sub> =	11 000 000	[kPa]	(modul pružnosti)
G <sub>mean</sub> =	690 000	[kPa]	(modul pružnosti ve smyku)
I <sub>y</sub> =	2,30E-04	[m <sup>4</sup> ]	(moment setrvačnosti)
S <sub>y</sub> =	1,44E-03	[m <sup>3</sup> ]	(statický moment)
w <sub>y</sub> =	1,92E-03	[m <sup>3</sup> ]	(průřezový modul)
Dřevo	4,50	[kN/m <sup>3</sup> ]	(objemová tíha)
q <sub>k</sub> =	1,20	[kN/m <sup>2</sup> ]	(užitné zatížení)
g <sub>k, stropnice</sub> =	0,216	[kN/m <sup>1</sup> ]	(zatížení od stropnice)
g <sub>k, podlaha</sub> =	1,39	[kN/m <sup>2</sup> ]	(zatížení od střechy)
q <sub>k, příčky</sub> =	0	[kN/m <sup>2</sup> ]	(zatížení od příčky)
k <sub>def</sub> =	0,60		(součinitel dotvarování)
ψ <sub>2,1</sub> =	0,00		(užitná)
k <sub>mod</sub> =	0,90		(střednědobé)

#### Výpočet

$$g_{i,k} = B \cdot \sum g_{i,k}$$

$$q_{i,k} = B \cdot \sum q_{i,k}$$

$$f_k = \sum (g_{i,k} + q_{i,k})$$

$$f_d = \sum (1,35 \cdot g_{i,k} + 1,5 \cdot q_{i,k})$$

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

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

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot l$$

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot l^2$$

g <sub>i,k</sub> =	3,933	[kN/m]	(Charakteristické stálé zatížení)
q <sub>i,k</sub> =	3,780	[kN/m]	(Charakteristické proměnné zatížení)
f <sub>k</sub> =	7,71	[kN/m]	(Charakteristické zatížení)
f <sub>d</sub> =	10,98	[kN/m]	(Návrhové zatížení)

f <sub>m,d</sub> =	14,77	[Mpa]	(Návrhová pevnost v ohybu)
f <sub>v,d</sub> =	2,46	[Mpa]	(Návrhová pevnost ve smyku)

V <sub>d</sub> =	20,59	[kN]	(Posouvající síla)
M <sub>d</sub> =	19,30	[kNm]	(Ohybový moment)

**MSÚ**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_y}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d * S_y}{b * I_y}$$

$\sigma_{m,d} =$	10,05	[Mpa]	(napětí za ohybu)
$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$	VYHOVUJE		
$\tau_{v,d} =$	0,64	[Mpa]	(napětí ve smyku)
$\tau_{v,d} < f_{v,d}$	VYHOVUJE		

**MSP**

**PRŮHYBY**

$$w_{1,inst,M} = \frac{5}{384} + \frac{g_k * l^4}{E_{0,mean} * I_y}$$

$$w_{2,inst,M} = \frac{5}{384} + \frac{q_k * l^4}{E_{0,mean} * I_y}$$

$$w_{1,inst,V} = 0,96 * \left(\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}\right) * \left(\frac{h}{l}\right)^2 * w_{1,inst,M}$$

$$w_{2,inst,V} = 0,96 * \left(\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}\right) * \left(\frac{h}{l}\right)^2 * w_{2,inst,M}$$

$$w_{1,inst} = w_{1,inst,M} + w_{1,inst,V}$$

$$w_{2,inst} = w_{2,inst,M} + w_{2,inst,V}$$

$$w_{i,inst} = w_{1,inst} + w_{2,inst}$$

$$w_{lim,inst} = \frac{l}{300}$$

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} * (1 + k_{def}) + w_{2,inst} * (1 + (\psi_2 * k_{def}))$$

$$w_{lim,fin} = \frac{l}{300}$$

$w_{1,inst,M} =$	4,00	[mm]
$w_{2,inst,M} =$	3,840	[mm]

$w_{1,inst,V} =$	0,25	[mm]
------------------	------	------

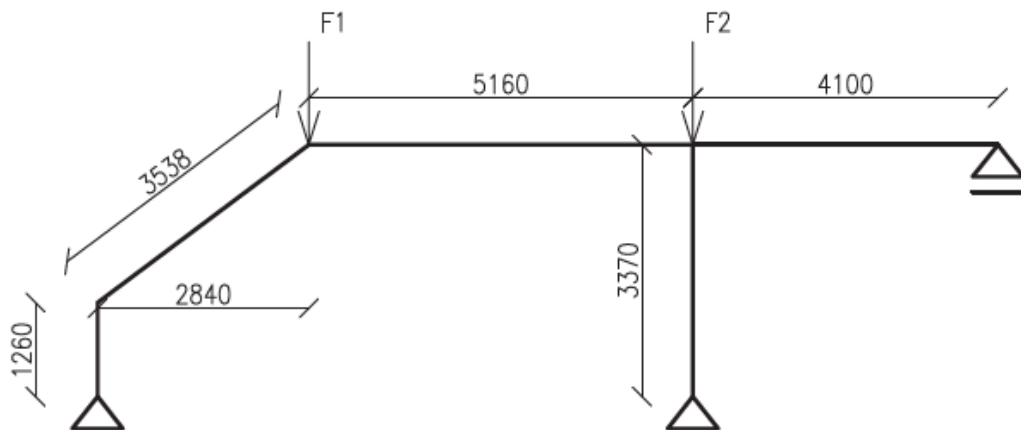
$w_{2,inst,V} =$	0,241	[mm]
$w_{1,inst} =$	4,246	[mm]
$w_{2,inst} =$	4,081	[mm]
$w_{inst} =$	8,328	[mm]

$w_{lim,inst} =$	12,500	[mm]	VYHOVUJE
------------------	--------	------	----------

$w_{net,fin} =$	12,100	[mm]
-----------------	--------	------

$w_{lim,fin} =$	12,500	[mm]	VYHOVUJE
-----------------	--------	------	----------

**4.1.4.6 Návrh a posouzení ocelového rámu**



**Obrázek 46** - Statické schéma ocelového rámu

Návrh a posouzení ocelového rámu bylo provedeno pomocí programu SCIA Engineer. Výsledky výpočtu jsou součástí přílohy 1 této diplomové práce.

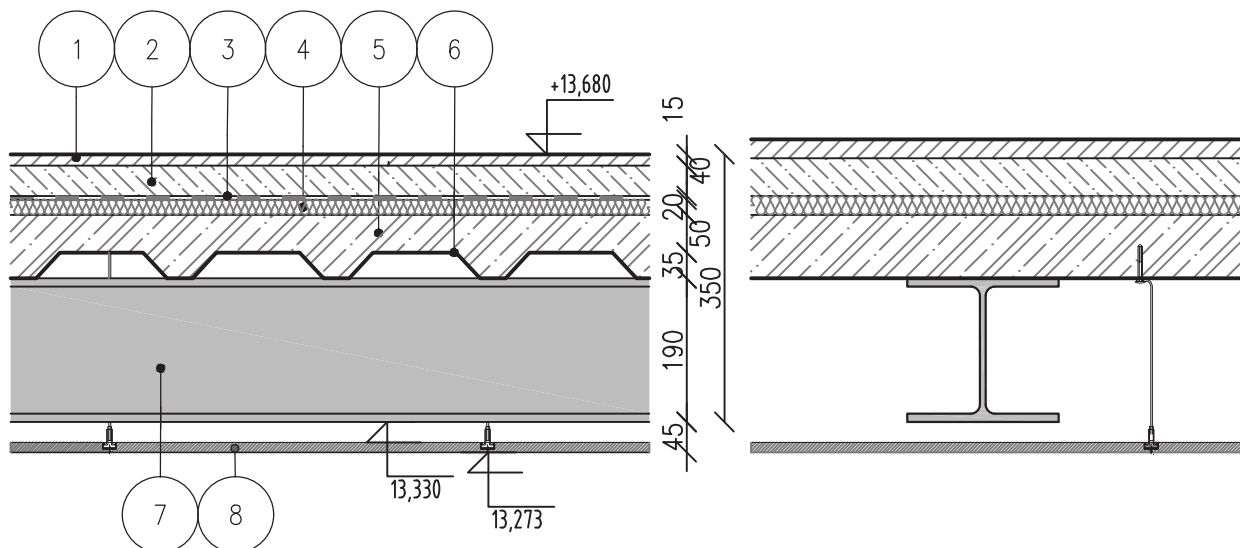
**Návrh:** Rám z válcovaného profilu **HEA 160** z oceli pevnostní třídy **S355**.

Dle [19]



# REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY

DETAIL – SKLADBA PODLAHY P1, M1:10



- |   |   |              |
|---|---|--------------|
| 1 | MASIVNÍ DUBOVÉ PARKETY  | TL. 20 mm    |
| 2 | ANHYDRYTOVÝ POTĚR   | TL. 40 mm    |
| 3 | SEPARAČNÍ PE FÓLIE  | TL. 1,5 mm   |
| 4 | KROČEJOVÁ IZOLACE Z KAMENNÝCH VLÁKEN, ISOVER T-P  | TL. 20 mm    |
| 5 | BETONOVÁ DESKA S VÝZTUŽNOU SÍŤÍ 150/150/6 mm  | TL. 50–85 mm |
| 6 | VSŽ PLECH TR 35/207   | TL. 1 mm     |
| 7 | OCELNÝ NOSNÍK HEA 200, OSAZEN DO KAPES VE ZDIVU S<br>PODBETONOVÁNÍM ULOŽENÝM NA TĚŽKÉM ASF. PÁSU TL. 4 mm | TL. 190 mm   |
| 8 | ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED  | TL. 25 mm    |

$$\delta = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$$

±0.000 = 263,100 m.n.m, VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
B	K124	Bc. REGINA SUCHARDOVÁ		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2.	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE: REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY			FORMÁT	A4
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE			MĚŘÍTKO	1:10
OBSAH VÝKRESU: DETAIL - SKLADBA PODLAHY P1			DATUM	10/2018
			Č. VÝKR.	

#### 4.1.4.7 Výpočet zatížení na ocelobetonový strop, skladba P6

(ocelobetonový strop, nášlapná vrstva – keramická dlažba)

stálé zatížení dle[12]:

VRSTVA	TL. [m]	OBJ. TÍHA [kg/m <sup>3</sup> ]	OBJ. TÍHA [kN/m <sup>3</sup> ]	CHAR. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	SOUČ. BEZP. γ <sub>f</sub> [-]	NÁVRH. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Nášlapná vrstva-keramická dlažba	0,007	2000,00	20,00	0,14	1,35	0,19
Lepicí tmel	0,003	1500,00	15,00	0,05	1,35	0,06
Anhydritový potěr	0,04	2200,00	22,00	0,88	1,35	1,19
Sep. vrstva - PE fólie	-	-	-	0,00	1,35	0,00
Kročeiová izolace ISOVER N	0,020	100,00	1,00	0,02	1,35	0,03
Strop - ŽB deska	0,05	2500,00	25,00	1,25	1,35	1,69
VSŽ plech TR 35/207	0,001	8350,00	83,50	0,08	1,35	0,11
SDK tl. 12,5 mm	0,01	750,00	7,50	0,09	1,35	0,13

stálé zatížení celkem:

$$g_k = 2,51 \quad g_d = 3,39$$

nahodilé zatížení:		q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
užitné zatížení pro kategorii C1 - škola		3,00	4,50

nahodilé zatížení celkem:

$$g_k = 3,00 \quad g_d = 4,50$$

ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m <sup>2</sup> ]:	g <sub>k</sub> +q <sub>k</sub> =	5,51	g <sub>d</sub> +q <sub>d</sub> =	7,89
---------------------------------------	----------------------------------	------	----------------------------------	------

Zatížení na stropnici z válcovaného profilu

zatěžovací šířka	[m]	1,1	g <sub>k</sub> +q <sub>k</sub> = [kN/m]	6,06	g <sub>d</sub> +q <sub>d</sub> = [kN/m]	8,68
------------------	-----	-----	---	------	---	------

vl. tíha nosníku HEA 200	[kg/m]	42,3		0,423	1,35	0,57
<b>ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m]:</b>			$g_k+q_k =$	<b>6,49</b>	$g_d+q_d =$	<b>9,25</b>

#### 4.1.4.8 Návrh a posouzení stropnice z válcovaného profilu

- Dle [19]

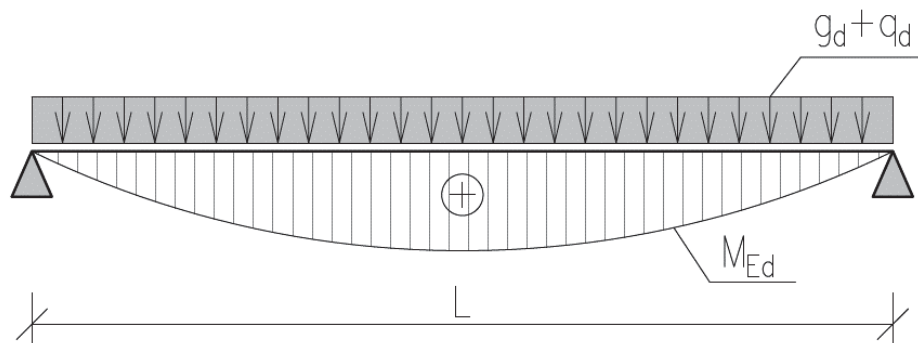
Vstupní parametry:

$$L = 7,1 \text{ m}$$

$$f = g_d + q_d = 9,25 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \cdot f \cdot L^2 = 1/8 \cdot 9,25 \cdot 7,1^2 = 58,30 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = f \cdot L/2 = 9,25 \cdot 7,1 / 2 = 32,84 \text{ kN}$$



#### Návrh:

$$\text{ocel S235} \rightarrow f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$M_{pIRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$W_{pl,min} \geq M_{Ed}/f_{yd}$$

$$W_{pl,min} \geq 248\,075 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE 220}$$

$$W_{pl} = 285\,400 \text{ mm}^3$$

$$A_{wz} = 1\,588 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27\,720\,000 \text{ mm}^4$$

#### Posouzení:

*únosnost*

$$M_{pIRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{pIRd} = 285\,400 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 67,07 \text{ kNm} > 58,30 \text{ kNm} \rightarrow \text{IPE 220 VYHOVUJE}$$

*smyk*



$$V_{plRd} = A_{wz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} \geq V_{Ed}$$

$$V_{plRd} = 1\,588 \cdot 235 / \sqrt{3} \cdot 10^{-3} = 215,46 \text{ kN} > 32,84 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{IPE 220 VYHOVUJE}$$

*průhyb*

$$\delta_{\max} = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$$

$$\delta = 5/384 \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_y)$$

$$\delta = 5/384 \cdot (6,49 \cdot 7,1^4) / (210\,000 \cdot 27\,720\,000 \cdot 10^{-12}) = 36,87 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} > \delta$$

$$28,4 \text{ mm} > 36,87 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  IPE 220 NEVYHOVUJE

### Návrh:

$$W_{pl,min} \geq 232\,866 \text{ mm}^3 \quad \rightarrow \quad \text{HEA 200}$$

$$W_{pl} = 429\,500 \text{ mm}^3$$

$$A_{wz} = 1\,810 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 36\,900\,000 \text{ mm}^4$$

### Posouzení:

*únosnost*

$$M_{plRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{plRd} = 429\,500 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 100,93 \text{ kNm} > 58,30 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{HEA 200 VYHOVUJE}$$

*smyk*

$$V_{plRd} = A_{wz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} \geq V_{Ed}$$

$$V_{plRd} = 1810 \cdot 235 / \sqrt{3} \cdot 10^{-3} = 245,58 \text{ kN} > 32,84 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{HEA 200 VYHOVUJE}$$

*průhyb*

$$\delta_{\max} = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$$

$$\delta = 5/384 \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_y)$$

$$\delta = 5/384 \cdot (6,49 \cdot 7,1^4) / (210\,000 \cdot 36\,900\,000 \cdot 10^{-12}) = 27,70 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} > \delta$$

$$28,4 \text{ mm} > 27,70 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  HEA 200 VYHOVUJE



## 4.2 Východní a střední křídlo – sanace statických poruch

Tato část podkroví je navržena jako nevytápěný prostor pro skladování. Je zde navrženo zachování původní konstrukce krovu, která bude v poškozených oblastech sanována.

### 4.2.1 Střecha

Je navržena demontáž střešní krytiny v celé ploše střechy a demontáž částí poškozeného bednění. Odstraněné bednění bude nahrazeno novým a veškeré dřevěné konstrukce budou chemicky ošetřeny proti biologickým škůdcům. Prostupy střešním pláštěm budou správně ošetřeny, aby nedocházelo k zatékání do konstrukce. Dále bude bednění potaženo difúzní fólií, která bude sloužit jako pojistná hydroizolace. Následuje provedení laťování a pokládka skládané pálené krytiny. Střešní plášť je navržen nezateplený.



Problémovým místem na střeše je ochoz na věži, ze kterého není řešen odvod srážkové vody. Zde je navrženo provedení spádování vrstvou betonu, na který se bude kladena pochozí vrstva z keramické dlažby. Spádování bude provedeno směrem do sběrného kanálku, který bude vyveden na střechu, ze které bude dešťovou vodu zachycovat střešní okap.

**Obrázek 47** - Porušená část stávajícího bednění

### 4.2.2 Krov

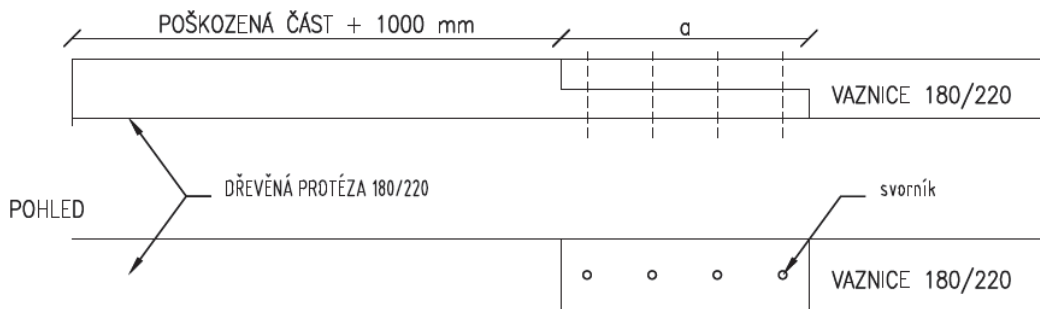
Ve středním křídle je konstrukce krovu v dobrém stavu, nevyžaduje žádné větší sanační zásahy. Ve východním křídle se však nachází 2 kritická místa, která vyžadují rozsáhlejší sanaci a bude se přistupovat k opravě poškozených dřevěných prvků.

Výměnou střešní krytiny dojde k přetížení nosných prvků krovu. Při návrhu nových dřevěných prvků krovu v západní části byly navrženy stejné dimenze nosných prvků, jako jsou prvky stávající ve východní části. Zároveň je působící zatížení na konstrukci krovu ve východní části menší než v části západní, protože není na této části

střecha zateplená. Z toho vyplývá, že dimenze stávajících nosných prvků ve východní části krovu i při výměně střešní krytiny vyhoví.

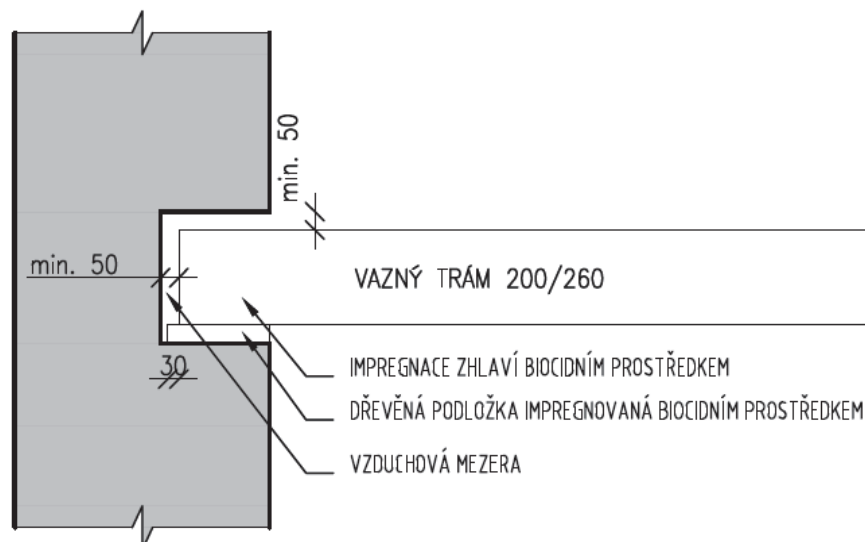
Během stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že kritickým místem ve východním křídle je vazba VT 11. V tomto místě došlo k poškození dřevěných prvků působením dřevokazné houby. Z důvodu rozsahu napadení spodní vaznice je navrženo odstranění části prvku, a to do vzdálenosti 1 m od místa napadení prvku. Odstraněná část bude nahrazena novým zdravým dřevem. Spojení zbytkové části původního dřevěného prvku s dřevěnou protézou bude provedeno pomocí rovného plátového spoje, který zajistí funkčnost konstrukce a splní i náročné estetické požadavky z hlediska architektury a památkové péče. Plátovaný spoj bude zajištěn svorníky, dále je doporučeno vložit mezi původní prvek a protézu hmoždíky typu Bulldog, které zvýší tuhost spoje.

#### PŮDORYS



**Obrázek 48** – Konceptní řešení protézování odřezaných částí vaznice

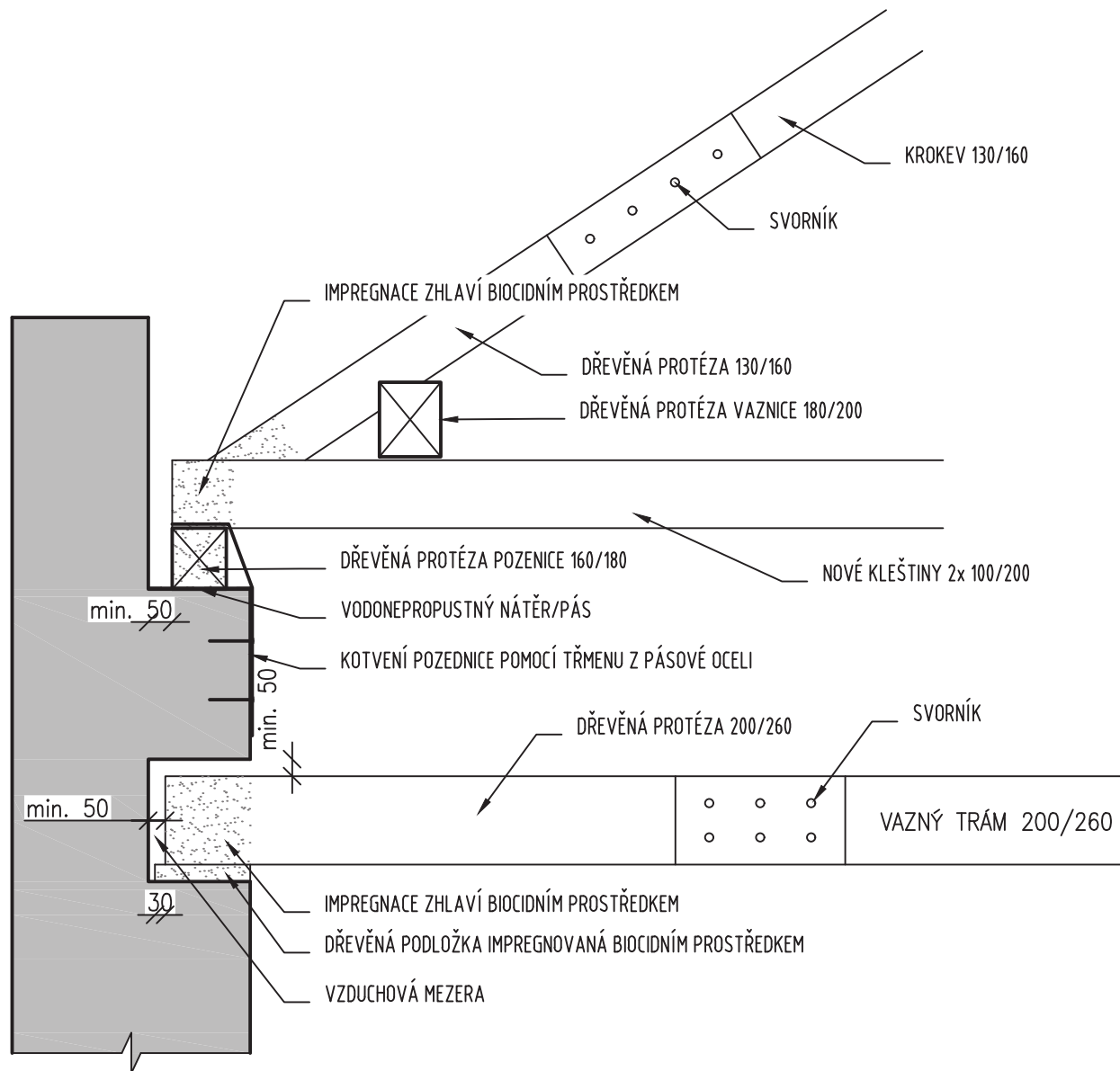
Napadené části zhlaví vazného trámu VT 11, patní část krokví ve styku s vaznicí a pozednice pod těmito krokvi budou taktéž odstraněny do vzdálenosti 1 m od napadení dřevokaznou houbou a budou nahrazeny protézou ze zdravého dřeva v původní profilaci.




**Obrázek 49** - Schéma uložení vazného trámu VT 11 do kapsy ve zdivu

# REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY

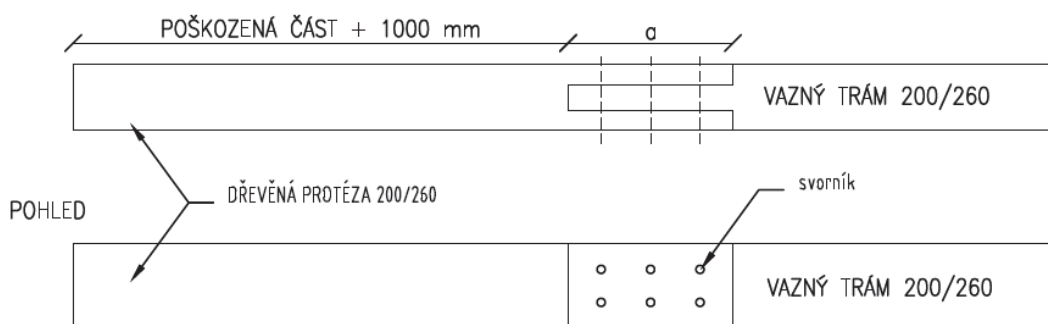
SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ NOSNÝCH PRVKŮ VAZBY VT 11, M1:20



±0.000 = 263,100 m.n.m, VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA				
B	K124	Bc. REGINA SUCHARDOVÁ			FORMÁT	A4
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ				MĚŘÍTKO	1: 20
2.	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.				DATUM	12/2018
NÁZEV PRÁCE:			Č. VÝKR.			
REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY						
PŘEDMĚT:						
DIPLOMOVÁ PRÁCE						
OBSAH VÝKRESU:						
SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ NOSNÝCH PRVKŮ VAZBY VT 11						

## PŮDORYS



**Obrázek 50** – Konceptní řešení protézování odřezaných částí vazného trámu VT11

Dalším poškozeným místem je celá plná nárožní vazba VT 15. V tomto místě byl potvrzen výskyt dřevokazné houby i dřevokazného hmyzu – červotoče. Jedná o poškození dřevěného prvku v takovém rozsahu, že není možné provést dřevěnou plombu nebo protézu. Poškození je rozsáhlejší než dvě třetiny prvku a z tohoto důvodu je navržena výměna všech prvků v plné vazbě, tzn. sloupu S31, vazného trámu VT 15, pásku a spodních i horních kleštin a zároveň bude doplněn chybějící pásek novým prvkem. Horní vaznice bude odstraněna do vzdálenosti 1 m od místa napadení a bude nahrazena protézou ze zdravého dřeva v původní profilaci. Před demontáží poškozených prvků je důležité ostatní konstrukce zajistit proti deformacím a důkladně je podepřít.

V ostatních vazbách, kde byla zjištěna absence dřevěných prvků, budou tyto prvky doplněny novými v původní profilaci. Všechny dřevěné prvky krovu budou očištěny a chemicky ošetřeny proti plísním, dřevokazným houbám a dřevokaznému hmyzu. Aplikace impregnace bude provedena nátěrem, a to i na místech, které nejsou viditelná.

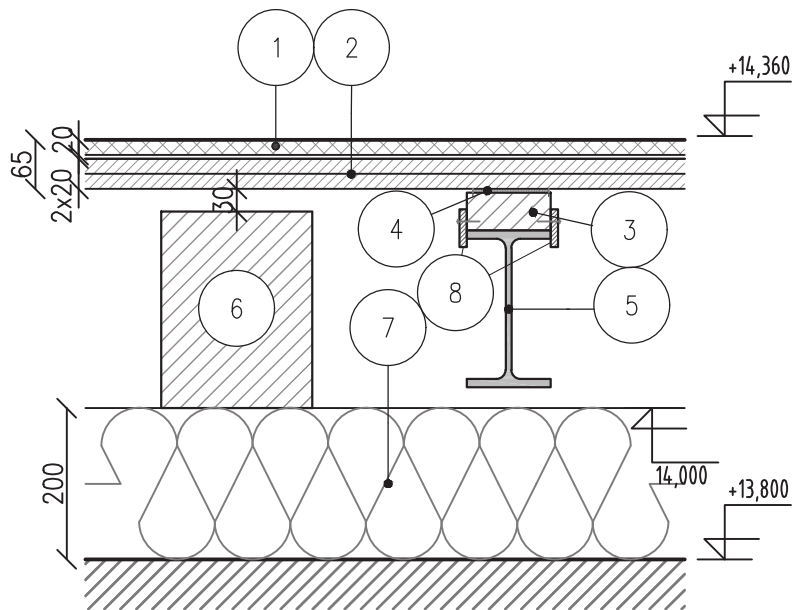
### 4.2.3 Strop a podlaha

Skladbu trámového stropu nad 3.NP a jeho technický stav neznáme. Bylo by nutné provést sondu a zjistit, zda nejsou napadeny dřevokaznými škůdci. Pokud by se potvrdilo poškození trámů, bylo by nutné přistoupit nejprve k sanaci poškozených míst. V případě, že budou stropní trámy v dobrém stavu, je navržena montáž konstrukce podlahy tak, aby bylo prostory možné využívat ke skladování a nedocházelo k přitěžování vazných trámů a stávající stropní konstrukce. Nová podlaha bude vynesena na stropnicích z válcovaných profilů uložených do kapes ve zdivu s podbetonováním. Skladovací prostory jsou mimo vytápěnou zónu objektu, avšak zóna v nižším podlaží vytápěná je. Z tohoto důvodu bude pod stávající vazné trámy umístěna tepelná izolace z minerálních vláken tloušťky 200 mm.



# REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY

DETAIL – SKLADBA PODLAHY P2, M1:10



- |   |   |              |
|---|---|--------------|
| 1 | MASIVNÍ DUBOVÉ PARKETY  | TL. 20 mm    |
| 2 | CEMENTOTŘÍSKOVÁ DESKA CETRIS BASIC  | TL. 2x 20 mm |
| 3 | SM DŘEVĚNÝ HRANOL NAD NOSNÍKEM Š. 100 mm  | TL. 50 mm    |
| 4 | KROČEJOVÁ IZOLACE ETHAFOAM  | TL. 5 mm     |
| 5 | OCELNÝ NOSNÍK IPE 200, OSAZEN DO KAPES VE ZDIVU S<br>PODBETONOVÁNÍM ULOŽENÝM NA TĚŽKÉM ASF. PÁSU TL. 4 mm | TL. 200 mm   |
| 6 | STÁVAJÍCÍ VAZNÝ TRÁM 200/260 mm   | TL. 260 mm   |
| 7 | IZOLAČNÍ VRSTVA ISOVER ORSIK  | TL. 200 mm   |
| 8 | FOŠNA PŘIKOTVENÁ K HRANOLU PRO JEHO ZAJIŠTĚNÍ STABILITY   | TL. 2x10 mm  |
- $\delta = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$

±0.000 = 263,100 m.n.m, VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
B	K124	Bc. REGINA SUCHARDOVÁ		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2.	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.			
NÁZEV PRÁCE: REKONSTRUKCE ROZSÁHLÉHO PODKROVNÍHO PROSTORU HISTORICKÉ BUDOVY ŠKOLY			FORMÁT	A4
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE			MĚŘÍTKO	1:10
OBSAH VÝKRESU: DETAIL - SKLADBA PODLAHY P2			DATUM	10/2018
			Č. VÝKR.	

### 4.2.3.1 Výpočet zatížení a stropnici z válcovaného profilu

*Stálé zatížení, dle [12]*

VRSTVA	TL. [m]	OBJ. TÍHA [kg/m <sup>3</sup> ]	OBJ. TÍHA [kN/m <sup>3</sup> ]	CHAR. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	SOUČ. BEZPEČ. γ <sub>f</sub> [-]	NÁVRH. ZAT. g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Nášlapná vrstva-dřevěné parkety	0,025	500,00	5,00	0,13	1,35	0,17
Lepící tmel	0,003	1500,00	15,00	0,05	1,35	0,06
Cetris desky 2x20 mm	0,04	1350,00	13,50	0,54	1,35	0,73

**stálé zatížení celkem:**  $g_k = 0,71$   $g_d = 0,96$

**nahodilé zatížení:**

	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
užitné zatížení pro kategorii E1 - plochy pro skladování včetně knih	3,00	4,50

**nahodilé zatížení celkem:**  $g_k = 3,00$   $g_d = 4,50$

<b>ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m<sup>2</sup>]:</b>	$g_k+q_k = 3,71$	$g_d+q_d = 5,46$
--	------------------	------------------

**Zatížení stropnici z válcovaného profilu**

zatěžovací šířka	[m]	0,85	$g_k+q_k = 3,15$ [kN/m]	$g_d+q_d = 4,64$ [kN/m]	
vl. tíha nosníku IPE 200	[kg/m]	22,4	0,224	1,35	0,30
dřevěný hranol	[kg/m]	2,5	0,025	1,35	0,03
<b>ZATÍŽENÍ CELKEM [kN/m]:</b>			$g_k+q_k = 3,40$	$g_d+q_d = 4,98$	

**Návrh stropnice z válcovaného profilu**

- Dle [19]

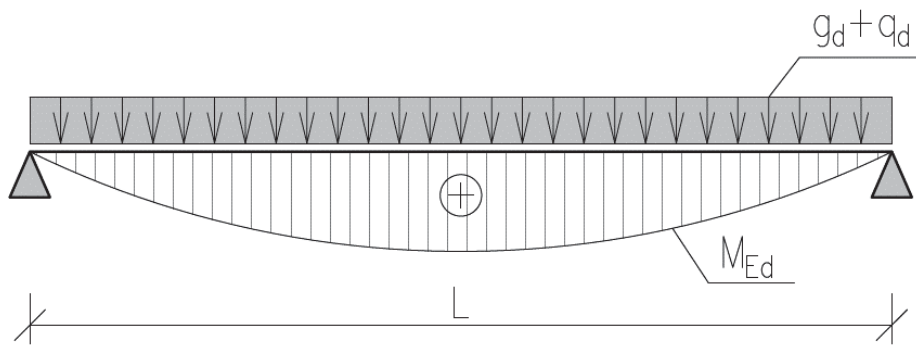
Vstupní parametry:

$$L = 7,1 \text{ m}$$

$$f = g_d + q_d = 4,98 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \cdot f \cdot L^2 = 1/8 \cdot 4,98 \cdot 7,1^2 = 31,35 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = f \cdot L/2 = 4,98 \cdot 7,1 / 2 = 17,66 \text{ kN}$$



#### 4.2.3.2 Návrh a posouzení stropnice z válcovaného profilu

##### Návrh:

$$\text{ocel S235} \rightarrow f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$M_{plRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$W_{pl,min} \geq M_{Ed}/f_{yd}$$

$$W_{pl,min} \geq 133\,422 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE 180}$$

$$W_{pl} = 166\,400 \text{ mm}^3$$

$$A_{wz} = 1\,125 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 13\,170\,000 \text{ mm}^4$$

##### Posouzení:

*únosnost*

$$M_{plRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{plRd} = 166\,400 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 39,10 \text{ kNm} > 31,35 \text{ kNm} \rightarrow \text{IPE 180 VYHOVUJE}$$

*smyk*

$$V_{plRd} = A_{wz} \cdot f_{yd}/\sqrt{3} \geq V_{Ed}$$

$$V_{plRd} = 1\,125 \cdot 235 / \sqrt{3} \cdot 10^{-3} = 152,64 \text{ kN} > 17,66 \text{ kN} \rightarrow \text{IPE 180 VYHOVUJE}$$

*průhyb*

$$\delta_{max} = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$$

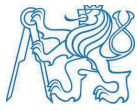
$$\delta = 5/384 \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_y)$$

$$\delta = 5/384 \cdot (3,4 \cdot 7,1^4) / (210\,000 \cdot 13\,170\,000 \cdot 10^{-12}) = 40,71 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} > \delta$$

$$28,4 \text{ mm} > 40,71 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{IPE 180 NEVYHOVUJE}$$

**Návrh:**

$$W_{pl,min} \geq 133\,422 \text{ mm}^3$$

→

**IPE 200**

$$W_{pl} = 220\,600 \text{ mm}^3$$

$$A_{wz} = 1\,400 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 19\,430\,000 \text{ mm}^4$$

**Posouzení:***únosnost*

$$M_{plRd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{plRd} = 220\,600 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 51,84 \text{ kNm} > 31,35 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{IPE 200 VYHOVUJE}$$

*smyk*

$$V_{plRd} = A_{wz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} \geq V_{Ed}$$

$$V_{plRd} = 1\,400 \cdot 235 / \sqrt{3} \cdot 10^{-3} = 189,95 \text{ kN} > 17,66 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{IPE 200 VYHOVUJE}$$

*průhyb*

$$\delta_{max} = L/250 = 7100/250 = 28,4 \text{ mm}$$

$$\delta = 5/384 \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_y)$$

$$\delta = 5/384 \cdot (3,4 \cdot 7,1^4) / (210\,000 \cdot 19\,430\,000 \cdot 10^{-12}) = 27,59 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} > \delta$$

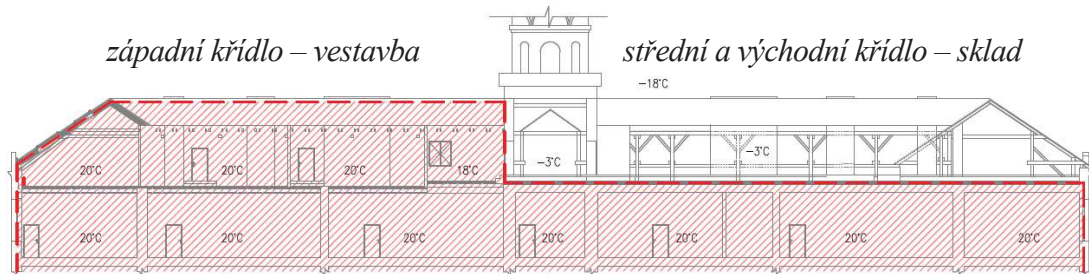
$$28,4 \text{ mm} > 27,59 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{IPE 200 VYHOVUJE}$$



## 4.3 Konceptní návrh technického zařízení podkroví

### 4.3.1 Vytápění

Vytápěná zóna podkroví:



Obrázek 51 - Vymezení vytápěné zóny podkroví

Vytápění prostor v západním křídle bude zajištěno prostřednictvím teplovodní otopné soustavy. Východní a střední křídlo slouží jako nevytápěný sklad, tzn. tyto prostory jsou mimo vytápěnou zónu objektu. Zdrojem tepla budou plynové kotle, které jsou umístěné v technické místnosti v suterénu a slouží pro vytápění ostatních prostor v objektu 1.PP – 3.NP. V učebnách, kabinetech a na chodbách budou umístěna desková otopná tělesa. Rozvody otopné vody v podkroví budou napojeny na vertikální větve otopné soustavy, které budou protaženy z 3. NP až do podkroví.

### Konceptní zjednodušený výpočet tepelné ztráty:

#### Stěna vnější 1:

Stávající zeď tloušťky 600 mm z plných pálených cihel

$$U_{stěna,1} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,6}{0,8} + 0,04} = 1,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### Stěna vnější 2:

Nová zeď tloušťky 440 mm z keramických pálených cihel Porotherm 44 Profi

$$U_{stěna,1} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,44}{0,115} + 0,04} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

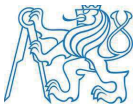
#### Střecha, skladba S1:

$$U_{střecha} = 0,156 \text{ W/m}^2\text{K}$$

(výpočet proveden v programu Teplo 2017 EDU, protokol je součástí přílohy 1)

#### Okna:

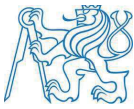
$$U_{okna} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Okrajové podmínky dle [29]:**

Vnitřní výpočtová teplota	$T_i = 20\text{ °C}, 18\text{ °C}$
Venkovní výpočtová teplota	$T_e = -18\text{ °C}$ (Turnov/Semily)
Teplota nevytápěných prostor	$T_n = -3\text{ °C}$

Pro koncepční návrh vytápěný byl použit zjednodušený výpočet tepelných ztrát prostupem, kde se uvažuje pouze tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí a do nevytápěných prostor.

Číslo místnosti	Plocha konstrukce [m <sup>2</sup> ]	Souč. prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]	Korekční součinitel [-]	Měrná tepelná ztráta [W/K]	Tepelná ztráta [W]
<b>4.01.</b>	A	U	b	$H_{T,IE}$	$\Phi_{T,IE}$
Stěna 1	32,94	1,08	1,0	35,6	
Střecha	36,50	0,16	1,0	5,7	
Okna	3,06	1,00	1,0	3,1	
<b>Ti =</b>	18 °C		<b>Celkem <math>H_{T,IE}</math>:</b>	<b>44,3</b>	<b>1596</b>
<b>Te =</b>	-18°C				
<b>ΔT =</b>	36 °C				
<b>4.02-3.</b>	A	U	b	$H_{T,IE}$	$\Phi_{T,IE}$
Stěna 1	10,92	1,08	1,0	11,8	
Stěna 2	4,32	0,25	1,0	1,1	
Střecha	7,00	0,16	1,0	1,1	
<b>Ti =</b>	18 °C		<b>Celkem <math>H_{T,IE}</math>:</b>	<b>14,0</b>	<b>503</b>
<b>Te =</b>	-18°C				
<b>ΔT =</b>	36 °C				
<b>4.04.</b>	A	U	b	$H_{T,IE}$	$\Phi_{T,IE}$
Stěna 1	17,92	1,08	1,0	19,4	
Stěna 2	27,72	0,25	1,0	6,9	
Stěna 3	10,40	0,25	0,7	1,9	
Střecha	85,50	0,16	1,0	13,3	
Okna	12,60	1,00	1,0	12,6	
<b>Ti =</b>	18 °C	18 °C	<b>Celkem <math>H_{T,IE}</math>:</b>	<b>54,1</b>	<b>1919</b>
<b>Te =</b>	-18°C	-3°C			
<b>ΔT =</b>	36 °C	21 °C			
<b>4.05.</b>	A	U	b	$H_{T,IE}$	$\Phi_{T,IE}$
Stěna 1	4,45	1,08	1,0	4,8	
Střecha	29,78	0,16	1,0	4,6	
Okna	2,80	1,00	1,0	2,8	
<b>Ti =</b>	20 °C		<b>Celkem <math>H_{T,IE}</math>:</b>	<b>12,3</b>	<b>466</b>



<b>Te =</b>	-18 °C				
<b>ΔT =</b>	38 °C				
<b>4.06.</b>	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>b</b>	<b>H<sub>T,IE</sub></b>	<b>Φ<sub>T,IE</sub></b>
Stěna 1	26,08	1,08	1,0	28,2	
Střecha	109,88	0,16	1,0	17,1	
Okna	12,36	1,00	1,0	12,4	
<b>Ti =</b>	20 °C	<b>Celkem H<sub>T,IE</sub>:</b>		<b>57,7</b>	<b>2191</b>
<b>Te =</b>	-18 °C				
<b>ΔT =</b>	38 °C				
<b>4.07.</b>	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>b</b>	<b>H<sub>T,IE</sub></b>	<b>Φ<sub>T,IE</sub></b>
Stěna 1	10,95	1,08	1,0	11,8	
Střecha	68,9	0,16	1,0	10,7	
Okna	11,2	1,00	1,0	11,2	
<b>Ti =</b>	20 °C	<b>Celkem H<sub>T,IE</sub>:</b>		<b>33,8</b>	<b>1283</b>
<b>Te =</b>	-18 °C				
<b>ΔT =</b>	38 °C				
<b>4.08.</b>	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>b</b>	<b>H<sub>T,IE</sub></b>	<b>Φ<sub>T,IE</sub></b>
Stěna 1	10,09	1,08	1,0	10,9	
Střecha	67,2	0,16	1,0	10,5	
Okna	6,6	1,00	1,0	6,6	
<b>Ti =</b>	20 °C	<b>Celkem H<sub>T,IE</sub>:</b>		<b>28,0</b>	<b>1063</b>
<b>Te =</b>	-18 °C				
<b>ΔT =</b>	38 °C				
<b>4.08.</b>	<b>A</b>	<b>U</b>	<b>b</b>	<b>H<sub>T,IE</sub></b>	<b>Φ<sub>T,IE</sub></b>
Stěna 1	5,76	1,08	1,0	6,2	
Stěna 3	15,90	1,08	0,7	12,4	
Střecha	34,4	0,16	1,0	5,4	
Okna	3,2	1,00	1,0	3,2	
<b>Ti =</b>	20 °C	20 °C	<b>Celkem H<sub>T,IE</sub>:</b>		<b>27,1</b>
<b>Te =</b>	-18 °C	-3 °C			
<b>ΔT =</b>	38 °C	23 °C			
<b>Celková tepelná ztráta:</b>					<b>9021</b>

Tepelná ztráta větráním  $\Phi_V = 0 \text{ W}$  (v budově je umístěno teplovzdušné větrání)

Celková tepelná ztráta  $\Phi_{HL} = \Phi_{T,IE} + \Phi_V = 7,6 \text{ kW} + 0 \text{ kW} = 9,0 \text{ kW}$

Dle koncepčního návrhu je pro vytápění západního křídla podkroví potřebný výkon plynového kotle přibližně **9,0 kW**.

## 4.3.2 Větrání

### Přívod vzduchu

Větrání západního křídla podkroví školní budovy bude zajišťovat rekuperační jednotka. Jednotka bude umístěna v podkroví ve středním křídle. Ve VZT jednotce dojde k úpravě vzduchu (filtrace, rekuperace, dohřev/ ochlazení). Rozvody není možné kvůli nízké světlé výšce vést chodbami, z toho důvody budou vedeny příznaně podél stropu v jednotlivých větraných místnostech nad ocelovými rámy. Páteřní větev přívodního vzduchu se dále rozbočí a jednotlivé větve budou napojeny na distribuční elementy. Pro přívod vzduchu do učeben jsou navrženy textilní vyústky umístěny v přední části místnosti, pro přívod vzduchu na chodbu slouží talířové ventily, které prostupují příčkami. Vzduch do místností, kde je pouze odtah (není zároveň i přívod) se přivádí šterbinami výšky 8-10 mm pod interiérovými dveřmi bez prahů. Vzduch z místností, kde je pouze přívod (není zároveň i odtah) se odvádí přes akustické stěnové mřížky.

### Odtah vzduchu

Odtah odpadního vzduchu bude proveden z místnosti vedlejší – WC, chodby pomocí talířových ventilů a z učeben pomocí anemostatů umístěných v zadních částech místností s napojením na VZT potrubí. Dále bude odpadní vzduch veden potrubním systémem až k VZT jednotce. V potrubní trase budou instalovány kulisové tlumiče hluku. Odpadní vzduch přivedený do VZT jednotky předá teplo v rekuperačním výměníku vzduchu čerstvému a následně bude vyfouknut do venkovního prostoru.

### Úprava vzduchu

VZT systém bude doplněn o venkovní klimatizační jednotku s inverterovou technologií, která bude sloužit jako zdroj tepla / chladu pro ohřev / ochlazení přívodního čerstvého vzduchu – VRV systém. Pro dohřev větracího vzduchu v zimním období bude VZT jednotka připojena na teplovodní okruh. VRV jednotka propojená chladivovým okruhem na výparníky/ kondenzátory ve VZT jednotce pracuje v letním období jako tepelné čerpadlo vzduch/ vzduch – chlazené větracího vzduchu na požadovanou teplotu (a díky reverznímu chodu pro zimní období umožňuje i dohřev přívodního vzduchu). VRV jednotka bude osazena na střeše budovy.



### Návrh množství větraného vzduchu dle [27, 28]

MÍSTNOST			PODLE POČTU OSOB					PODLE POČTU ŠKODLIVIN					PŘÍVOD VZD.	ODVOD VZD.		
			ŽÁCI		VYUČUJÍCÍ		V <sub>e</sub>	ŽÁCI		VYUČUJÍCÍ		[28]				
ČÍSLO	NÁZEV	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	p [-]	V <sub>pos</sub> [m <sup>3</sup> /h]	p [-]	V <sub>pos</sub> [m <sup>3</sup> /h]		V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> /h]	p [-]	m <sub>CO2</sub> [1/h]	p [-]	m <sub>CO2</sub> [1/h]	ρ <sub>max</sub> [g/g]	ρ <sub>co2</sub> [g/g]	V <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /h]	V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> /h]
4.05.	KABINET	27,3	0	0	2	25	50	0							50	
4.06.	UČ. VÝTVARNÉ VÝCHOVY	76,27	25	18	1	50	500	25	0,01	1	0,017	1200	550	411	500	500
4.07.	JAZYK. UČEBNA	66,1	22	18	1	50	446	22	0,01	1	0,017	1200	550	365	450	450
4.08.	UČ. EKOLOGIE	59,8	25	18	1	50	500	25	0,01	1	0,017	1200	550	411	500	500
4.09.	KABINET	25,1	0	0	2	25	50	0							50	

Množství přiváděného venkovního vzduchu [m <sup>3</sup> /h na žáka]			
3 – 6 let	6 – 10 let	10 – 15 let	15 – 18 let
Školka	1. stupeň ZŠ	2. stupeň ZŠ	SS
10	12	18	20

Nejvýše přípustná koncentrace CO<sub>2</sub> je stanovena dle ČSN EN 15251 [28] na 1200ppm. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší v městské aglomeraci je stanovena průměrnou hodnotou 550ppm.

MÍSTNOST		PLOCHA	UMYVADLO		WC		ODVOD VZDUCHU
			POČET	V	POČET	V	V <sub>O</sub>
ČÍSLO	NÁZEV	[m <sup>2</sup> ]	[ks]	[m <sup>3</sup> /h]	[ks]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
4.02.	WC ŽENY	4,31	1	30	1	50	80
4.03.	WC MUŽI	2,54	1	30	1	50	80

MÍSTNOST		PLOCHA	PŘÍVOD		PRÍVOD PRO WC	PRÍVOD CELK.	ODTAH	ODTAH KABINETY	ODTAH CELKEM
			V	V <sub>e</sub>	V <sub>e</sub>	V <sub>e</sub>	V <sub>O</sub>	V <sub>O</sub>	V <sub>O</sub>
ČÍSLO	NÁZEV	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
4.04.	CHODBA	85,46	3	260	160	420	260	100	360



### 4.3.3 Chlazení

Návrh dle [26].

*Výpočet objemového průtoku vzduchu v místnosti 4.07 – jazyková učebna:*

- a) Objemový průtok pro přívod čerstvého vzduchu (viz. 4.3.2 větrání)

$$V_e = V_{os} \cdot n_{os} = 18 \cdot 21 + 50 \cdot 1 = 428 \text{ m}^3$$

- b) Objemový průtok pro chlazení prostoru

*Tepelné zisky od osob:*

$$Q_{os} = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_i \quad i_i = 0,75 \cdot i_d + i_m$$

$$Q_{os} = 6,2 \cdot (36 - 26) \cdot 16,75 \quad i_i = 0,75 \cdot 21 + 1$$

$$Q_{os} = 1038,5 \text{ W} \quad i_i = 16,75$$

*Solární tepelné zisky:*

$$c_o = 0,85 \quad \text{městská část}$$

$$S_o = 11,2 \text{ m}^2 \quad \text{plocha prosklení}$$

$$s = 0,504 \quad \text{vnitřní žaluzie}$$

$$I_o = 435 \text{ W/m}^2 \quad \text{max. intenzita sol. záření, jih, 21.7. ve 12:00}$$

$$Q_{or} = S_o \cdot c_o \cdot s \cdot I_o = 11,2 \cdot 0,85 \cdot 0,504 \cdot 435 = 2087,2 \text{ W}$$

*Solární zisky celkem:*

$$Q_{zisk} = Q_{os} + Q_{or} = 1038,5 + 2087,2 = 3125,7 \text{ W} = 3,126 \text{ kW}$$

*Objemový průtok vzduchu:*

$$V_{p,L} = \frac{Q_{zisk}}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{3,126}{1,2 \cdot 1,01 \cdot (26 - 20)} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s} = 1548 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Okrajové podmínky:

$$\text{Teplota vnitřního vzduchu} \quad T_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Teplota přiváděného vzduchu} \quad T_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### Závěr:

Přesto že jsou na oknech umístěny vnitřní žaluzie pro stínění oken při extrémní letní zátěži, je objemový průtok pro chlazení prostoru mnohonásobně vyšší než objemový průtok přiváděného čerstvého vzduchu a pokud bychom chladili místnost pomocí VZT



jednotky zvýšily by se výrazně rozměry distribuční soustavy, než pokud bychom přiváděli do místnosti pouze čerstvý vzduch. Z tohoto důvodu bude systém chlazení oddělen jako samostatný systém.

Pro eliminování vnitřních a solárních zisků bude použit systém chlazení VRV s přímým výparem chladiva. Na střeše bude umístěna jedna jednotka o výkonu min. 12 kW, rozvod hlavní větve povede přímo v chlazených místnostech nad ocelovými rámy. V každé učebně budou v jejím středu umístěny 3 podstropní jednotky, které zajistí rovnoměrnou distribuci ochlazeného vzduchu. V kabinetech bude umístěna vždy 1 podstropní jednotka.

#### **4.4 Konceptní návrh požárně bezpečnostního řešení**

Řešenou budovou je objekt s 1 částečně podzemním užitným podlažím, kde jsou umístěny pomocné provozy, kotelna a 3 nadzemními užitnými podlažními pro výuku. Podkroví není v současné době využíváno a není užitným podlažím. Avšak návrhem vestavby dojde ke změně užívání podkrovního prostoru, tzn. vytvoření užitného podlaží na úrovni 4 NP. Tímto návrhem dojde ke zvýšení počtu užitných nadzemních podlaží v objektu na 4 NP a tím ke změně požární výšky objektu na  $h = 13,680$  m (úroveň podlahy 4.NP).

Řešený objekt není v současné době dělen do požárních úseků, jelikož byl objekt realizován před vznikem norem požárního kodexu. Je navrženo řešení, kterým dojde zároveň k vytvoření CHÚC. Požární bezpečnost se tak navrhovanými úpravami pro osoby i z nižších podlaží podstatně zvýší.

##### **Stávající konstrukce objektu**

Svislé nosné konstrukce jsou zděné z cihel plných (konstrukce druhu DP1) Stropní konstrukce je nad učebnami ve 3. NP trámová (konstrukce druhu DP3), nad chodbou je valená klenba z cihel plných (konstrukce druhu DP1). Krov je dřevěný (konstrukce druhu DP3).

##### **Nově navrhované konstrukce v souvislosti s využitím půdního prostoru**

Jedná se o provedení půdní vestavby v západním křídle s konstrukčním systémem staticky závislým ocelových rámech a ve středním a východním křídle na konstrukci krovu (krokve, kleštiny, sloupky). Konstrukce krovu je konstrukcí druhu DP3. Nad západním křídlem bude trámový strop nahrazen stropem ocelobetonovým (druh DP1).





## Akustické požadavky

Vzhledem k návrhu půdní vestavby v podkroví nyní vznikají požadavky na hodnoty vážené stavební neprůzvučnosti  $R$  [dB] oddělovacích konstrukcí mezi sousedními místnostmi. Jedná se o konstrukce stropní i stěnové. Pokud se dodrží nejnižší požadované hodnoty dle ČSN 73 0532 nemělo by docházet ke vzájemnému rušení hlukem při běžném užívání budovy.

### Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budově:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci <sup>1)</sup>			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$R_w$ dB
14	Hlučné prostory (kuchyně, technická zařízení budovy) $L_{A,max} \leq 85$ dB	62	48	62	-
<b>F. Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory</b>					
15	Učebny, výukové prostory	52	58	47	-
16	Společné prostory, chodby, schodiště	52	58	47	32 27 <sup>7)</sup>
17	Hlučné prostory (dílny, jídelny) $L_{A,max} \leq 85$ dB	55	48	52	-
18	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{A,max} \leq 90$ dB	60 <sup>9)</sup>	48 <sup>9)</sup>	57 <sup>9)</sup>	-

Obrázek 53 - Požadavky dle ČSN 73 0532 [23]

Jednotlivé prostory v podkroví budou odděleny sádkartonovými příčkami s opláštěním. Bude použita zvuková izolace ISOVER PIANO tl. 100 mm, opláštění 2x2 MA 12,5 mm. Celková tloušťka konstrukce je 150 mm.

### Vážená stavební neprůzvučnost příčky:

$$R'_{w} = R_w - k$$

$R_w$  vážená laboratorní zvuková neprůzvučnost [dB]

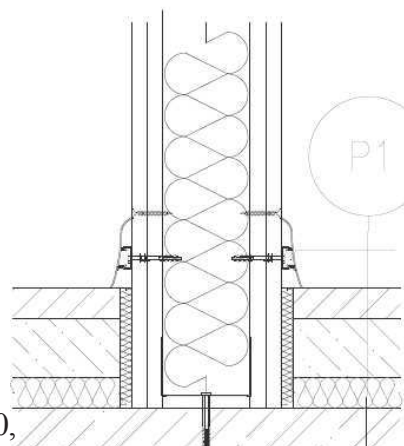
$k$  korekce [dB]

$$R'_{w} = 58 - 8 = 50 \text{ dB} > R'_{w,pož} = 47 \text{ dB}$$

→ PŘÍČKA VYHOVUJE

**Vážená hladina kročejového hluku ocelobetonového stropu:** (výpočet proveden v prog. NEPrůzvučnost 2010, protokol je součástí přílohy 1)

$$L'_{nw} = 55 \text{ dB} < L'_{nw,pož} = 58 \text{ dB} \rightarrow \text{STROP VYHOVUJE}$$



Obrázek 54 - SDK příčka

## 4.6 Požadavky na denní osvětlení

Jelikož jsou součástí nově navržené půdní vestavby učebny pro děti od 6. do 9. třídy a kabinety, což jsou místnosti s trvalým pobytem, je důležité při návrhu dbát na úroveň a kvalitu denního osvětlení. Denní osvětlení výrazně ovlivňuje pracovní výkon žáků, únavu zrakového orgánu i únavu celkovou. Velice důležité je vyhovující denní osvětlení pro mladistvé, jejichž zrakový orgán se rychle vyvíjí a ovlivňuje rozvoj pohybových a mentálních schopností a jsou v období, kdy může docházet ke vzniku zrakových vad.

V rámci DP nejsou požadavky na denní osvětlení ověřovány a při podrobnějším návrhu učeben, zejména velikosti osvětlovacích otvorů a návrhu umělého osvětlení, je nutné splnit následující požadavky dle [24,25]:

Požadavky na **kvantitativní kritérium denního osvětlení**, které je definováno činitelem denní osvětlenosti.

$$D = E / E_h \cdot 100 [\%]$$

Činitel denní osvětlenosti nám říká, zda je umožněn přístup denního světla v dostatečném množství a stanovuje se při nejméně příznivém venkovním osvětlení, tzn. při zatažené obloze v zimě.

Hodnota činitele denní osvětlenosti		minimální	<b>D<sub>min</sub> = 1,5 %</b>
		průměrný	<b>D<sub>m</sub> = 5 %</b>
Srovnávací rovina	0,85 m	výukové prostory škol	
Třída zrakové činnosti	IV	středně přesná - čtení, psaní	
Osvětlení		Sdružené, horní nebo kombinované s převažujícím horním osvětlením	

Dále je třeba posoudit také **kvalitativní kritéria denního osvětlení**, kterými jsou:

- *rovnoměrnost denního osvětlení* -  $r = D_{\min} / D_{\max} > 0,2$
- *rozložení světelného toku* – řešené místnosti jsou učebny, jejich dispoziční uspořádání bylo zvoleno tak, aby docházelo k osvětlení zleva
- *rozložení jasů ploch v zorném poli* – odstranění rušivých jasů a kontrastů
- *zábrana oslnění* – osvětlovací otvory nejsou umístěny v zorném poli pozorovatele a jsou opatřeny vnitřními žaluziemi pro omezení přímého slunečního záření
- *barevné podání ploch v interiéru*

## 5 Závěr

Diplomová práce se zabývá stavebně technickým průzkumem rozsáhlého podkrovního prostoru historické budovy základní školy a návrhem sanačních opatření s ohledem na možnost půdní vestavby nových speciálních učeben.

V první části diplomové práce byly nejprve zjištěny a popsány základní informace o objektu. Bylo zjištěno, že objekt vždy sloužil jako školní budova. Zároveň se podařilo dohledat v archivu 1 historický výkres krovu, který sloužil jako výchozí podklad pro zaměření objektu. V rámci zpracování DP byla vytvořena výkresová dokumentace podkroví a 3.NP pomocí dostupných měřících metod.

Dále se diplomová práce zaměřuje na stavebně technický průzkum podkroví řešeného objektu, jehož předmětem je především konstrukce krovu. Zároveň byl proveden zjednodušený stavebně technický průzkum i souvisejícího 3.NP. Tento průzkum ukázal, že konstrukce krovu vykazuje závažné poruchy vlivem dlouhodobého působení dřevokazných hub, dřevokazných škůdců a plísní, kteří napadli vlhké dřevo. Střešní krytina objektu byla v neznámém roce i s částí bednění vyměněna, avšak konstrukce krovu je původní, tzn. z roku 1908. Zdrojem vlhkosti je zatékání vody do objektu v místech, kde dochází k prostupu střešním pláštěm. Patrně dříve, než byla původní krytina vyměněna, docházelo k výraznějšímu zatékání do objektu střešním pláštěm, avšak poškozené prvky krovu sanovány nebyly.

V rámci stavebně technického průzkumu bylo provedeno měření vlhkosti v dřevěných prvcích odporovým vlhkoměrem, vlhkost dřeva se pohybovala kolem 14 %. Následně bylo odebráno 5 vzorků dřeva, které byly v laboratoři podrobeny podrobnějšímu průzkumu. Laboratorní průzkum potvrdil výskyt dřevokazných hub v dřevěných prvcích a zároveň i napadení dřeva dřevokazným hmyzem. Jednalo se především o napadení dřeva červotočem a tesaříkem. Dále byly vzorky podrobeny detailnímu průzkumu pod mikroskopem, kdy po 14-ti denní kultivaci byl prokázán výskyt plísní ve dřevě. Veškeré zjištěné poruchy byly zakresleny do vytvořené výkresové dokumentace.

V druhé části se DP zabývá návrhem sanačních opatření, kde je podkroví rozděleno na 2 části, které jsou řešeny samostatně. Západní křídlo podkroví, kde je rozsah napadení dřeva dřevokaznými škůdci výrazný, je řešeno s ohledem na vestavbu nových speciálních učeben. Je zde navrženo umístění 3 učeben, 2 kabinetů a toalet. Vznik nových



učeben přispěje k ulehčení kritické situace školy, která se potýká s nedostatkem místa pro žáky. V této části podkroví je navrženo kompletní vybourání střešní konstrukce krovu a stropu nad 3.NP. Původní trémová stropní konstrukce bude nahrazena novým ocelobetonovým stropem a zároveň bude vytvořeno nové schodiště propojující 3.NP a podkroví. Nosnou konstrukci krovu budou nahrazovat ocelové rámy, které podpoří dřevěné vaznice. Ocelové rámy výrazně přispějí k uvolnění dispozice a tím k možnosti umístění učeben. Zároveň je navrženo v této části podkroví na severní straně objektu zvýšení pozednice, čímž dojde k vytvoření nového užitného prostoru, který bude sloužit jako komunikační prostor. Součástí návrhu vestavby je i koncepční návrh technického zařízení. Je navrženo vytápění, větrání i chlazení nově umístěných místností. Při návrhu vestavby bylo zohledněno i požární řešení a akustické požadavky.

Ve střední a východní části podkroví, kde napadení dřevěných prvků není již v takovém rozsahu, se při návrhu sanace přistupuje k opravě poškozených dřevěných prvků. A je zde navrženo opatření, aby tato část podkroví mohla sloužit jako skladovací prostor.



## 6 Seznam obrázků

Obrázek 1- Letecký pohled na školní kampus Skálava 600 [1].....	10
Obrázek 2 - Pohled na školní budovu.....	11
Obrázek 3 – Osmiboká věž s ochozem.....	11
Obrázek 6 - Hlavní vstup do objektu.....	12
Obrázek 7 - Schodiště do podkroví.....	13
Obrázek 8 - Výkres krovu v archivu města Turnov.....	13
Obrázek 9 - Schéma rozsahu DP.....	14
Obrázek 10 - Současný stav podkroví.....	15
Obrázek 12 – Otvory ve střešním plášti.....	15
Obrázek 11 – Pohled z věžičky na střechu východního křídla.....	15
Obrázek 14 – Výměna části záklopu.....	16
Obrázek 13 – Kovové konstrukční prvky.....	16
Obrázek 16 - Vaznicová soustava, stojatá stolice.....	16
Obrázek 15 - Projevy zatékání do objektu na dřevěných prvcích.....	16
Obrázek 17 - Obvodové stěny, okapy, komíny.....	17
Obrázek 19 - Projevy zatékání srážkové vody z ochozu na věži na vnitřních konstrukcích.....	18
Obrázek 18 - Věžička.....	18
Obrázek 20 – Pohled na střechu - komíny, hromosvod.....	18
Obrázek 21 - Měřicí přístroj GMH 3810.....	19
Obrázek 22 - Odebrané vzorky MV 1 – 5.....	20
Obrázek 24 - Krokev napadená dřevomorkou domácí, odběr vzorku MV5.....	21
Obrázek 23 - Koskovitý rozpad dřeva, nalezeno během STP.....	21
Obrázek 25 - Výletové otvory červotoče a tesařika – MV 2 a MV 5.....	22
Obrázek 26 - Příprava vzorků v mikrobiologické laboratoři K124 FSv ČVUT.....	23
Obrázek 28 - Pohled mikroskopem na vzorek MV 1 v den odběru vzorku.....	23
Obrázek 29 - Vzorky MV 1 po 14 -ti denní kultivaci v termostatu.....	24
Obrázek 31 - Preparát b) - Penicillium s.p.....	24
Obrázek 30 - Preparát a) bílá část - Cladisporium s.p.....	24
Obrázek 32 - Preparát d) - Phoma s.p.....	25
Obrázek 33 - Vlhké zhlaví VT1-B vlivem technických vad.....	28



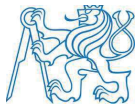


Obrázek 35 - Nárožní vazba VT 4 v západním křídle .....	29
Obrázek 37 - Porucha spoje kleštiny - sloup .....	29
Obrázek 36 - Porucha spoje pásek - vaznice .....	29
Obrázek 38 - Rozpad styku sloup - vazný trám, místo odběru vzorku MV2 .....	30
Obrázek 40 – Vaznice napadená dřevokaznou houbou, vzorek MV 3.....	30
Obrázek 39 – Nárožní vazba VT 14, vzorek MV 4.....	30
Obrázek 41 - Návrh dispozice dle autorky DP .....	31
Obrázek 42 – Pohled severní– dotčená část zvyš. pozednice.....	32
Obrázek 43 – Stávající stav, bourání .....	33
Obrázek 44 – Nový stav .....	33
Obrázek 45 - Statické schéma krovu .....	35
Obrázek 46 - Statické schéma ocelového rámu .....	45
Obrázek 47 - Porušená část stávajícího bednění .....	50
Obrázek 48 – Koncepční řešení protézování odřezaných částí vaznice .....	51
Obrázek 49 - Schéma uložení vazného trámu VT 11 do kapsy ve zdivu .....	51
Obrázek 50 – Koncepční řešení protézování odřezaných částí vazného trámu VT11.....	53
Obrázek 51 - Vymezení vytápěné zóny podkroví.....	58
Obrázek 52 - Hranice požárního úseku .....	65
Obrázek 53 - Požadavky dle ČSN 73 0532 [23].....	66
Obrázek 54 - SDK příčka .....	66



## 7 Seznam použitých symbolů a zkratek

ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DP	diplomová práce
Bpv	Balt po vyrovnání
m.n. m.	metr nad mořem
PP	podzemní podlaží
NP	nadzemní podlaží
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
PBŘ	požárně bezpečnostní řešení stavby
cca	přibližně
tzv.	tak zvaný
obr.	obrázek
č.	číslo
Ø	průměr, profil
A	plocha
d	průměr
a, b	rozměry prvku
h	výška prvku
t	tloušťka prvku
$\rho$	objemová hmotnost
$\pi$	Ludolfovo číslo [konstanta pí]
Ce	součinitel expozice pro typ „normální“ krajiny
Ct	tepelný součinitel
$\mu$	tvárový součinitel zatížení sněhem
$f_{ck} / f_{cd}$	charakteristická / návrhová pevnost materiálu v tlaku
$f_{yk} / f_{yd}$	charakteristická / návrhová mez kluzu oceli



$N_{Ed}$	návrhová normálová síla
$N_{Rd}$	návrhová pevnost konstrukce v tlaku/tahu
$\gamma_{M1}$	součinitel spolehlivosti materiálu
$k$	korekce
$R_w$	vážená laboratorní neprůzvučnost
$R'w$	vážená stavební neprůzvučnost
$L_{nw}$	vážená laboratorní hladina kročejového hluku
$L'_{nw}$	vážená stavební hladina kročejového hluku
$D$	činitel denní osvětlenosti
$E$	naměřená osvětlenost v kontrolním bodě dané roviny v interiéru
$E_h$	osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny
$\sigma$	normálové napětí
$E_s$	modul pružnosti oceli

## 8 Seznam použité literatury

- [1] *Google maps* [online] [cit. 2018-08-25] Dostupné z:  
<https://www.google.com/maps/place/Sk%C3%A1llova+600,+511+01+Turnov/@50.590561,15.158756,18.75z/data=!4m5!3m4!1s0x470eb39999e6bbaef:0x3f6fe4e8bbae1b28!8m2!3d50.590585!4d15.159104>
- [2] *Památkový katalog* [online]. Národní památkový ústav, 2015 [cit. 2018-08-25] Dostupné z:  
<https://www.pamatkovykatalog.cz/?element=15827448&sequence=52&mode=fulltext&region%5B0%5D=Libereck%C3%BD+kraj&county%5B0%5D=Semily&municipality%5B0%5D=Turnov&municipalityPart%5B0%5D=Turnov&page=3&order=relevance%3Adesc&action=element&presenter=ElementsResults>
- [3] *Dřevokazné houby* [online] [cit. 2018-10-10] Dostupné z:  
<http://ohoubach.blogspot.com/2008/01/celulozovorni.html>
- [4] *Dřevokazné houby* [online] [cit. 2018-10-10] Dostupné z:  
<http://ohoubach.blogspot.com/2008/01/lignivorni.html>
- [5] *Wikipedia* [online] [cit. 2018-11-10] Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Cladosporium>
- [6] Vyhláška 268/2009 Sb. (Vyhláška o technických požadavcích na stavby) zákona č. 183/2006 Sb.
- [7] Hájek P.: Konstrukce pozemních staveb 1. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2007, ISBN 80-01-01396-0
- [8] Daniels, K.: Technika budov. Příručka pro projektanty a architekty. 3. přepracované vydání. Jaga group, Bratislava, 2003, ISBN 80-88905-60-5
- [9] Neufert E.: Navrhování staveb: Příručka pro stavebního odborníka, stavebníka, vyučujícího i studenta. Consultinvest, Praha, 2000, ISBN 80-901486-6-2
- [10] Witzany J., Jiránek M., Zlesák J., Zigler R.: Konstrukce pozemních staveb 20. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2006, ISBN 80-01-03422-4

**Zásady navrhování konstrukcí**

[11] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

**Zatížení stavebních konstrukcí**

[12] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb

[13] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem

[14] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem

**Dřevěné konstrukce – navrhování, provádění**

[15] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[16] ČSN EN 14081-1 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti – Část 1: Obecné požadavky

[17] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti

[18] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Stanovení charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty

**Ocelové konstrukce – navrhování, provádění**

[19] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

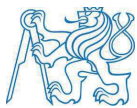
[20] ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

**Požární bezpečnost staveb**

[21] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty

[22] ČSN 73 0834 Požární bezpečnost staveb. Změna staveb



**Akustika staveb**

- [23] ČSN 73 0532 Akustika. Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Požadavky

**Denní osvětlení**

- [24] ČSN 73 0580 - 1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky  
[25] ČSN 73 0580 - 3 Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol

**Technické zařízení budovy**

- [26] ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů  
[27] Vyhláška č. 410/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.  
[28] ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky  
[29] ČSN EN 12831 Otopné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro tepelné ztráty

**9 Seznam použitého software**

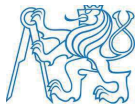
MS OpenOffice.org Writer

MS OpenOffice.org Calc

AutoCAD 2017

Scia Engineer 18.1

Teplo 2017 EDU



## 10 Příloha 1 – výpočty pomocí software

1.

# Studentská verze

## 1D vnitřní síly

Hodnoty: My

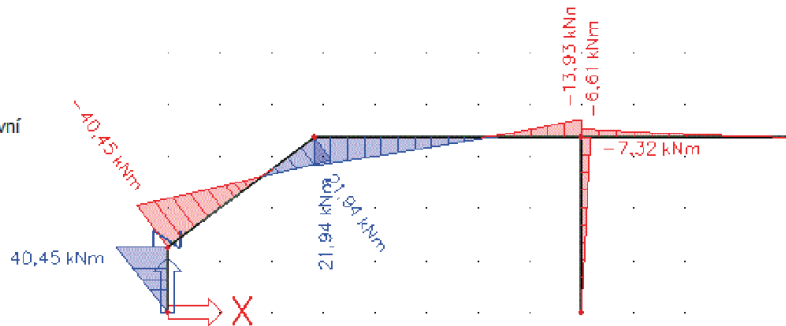
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



2.

# Studentská verze

## 1D vnitřní síly

Hodnoty: My

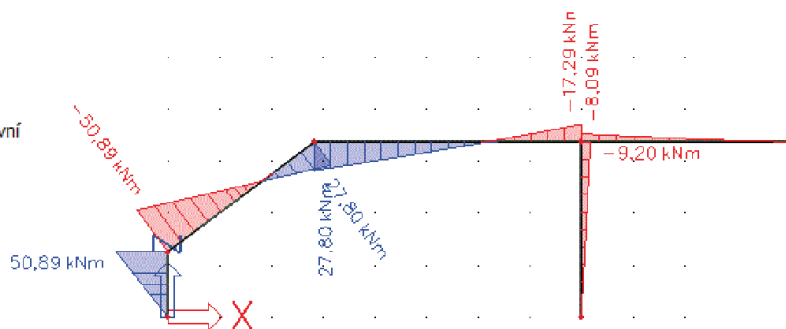
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



# Studentská verze

3.

# Studentská verze

## 1D vnitřní síly

Hodnoty: My

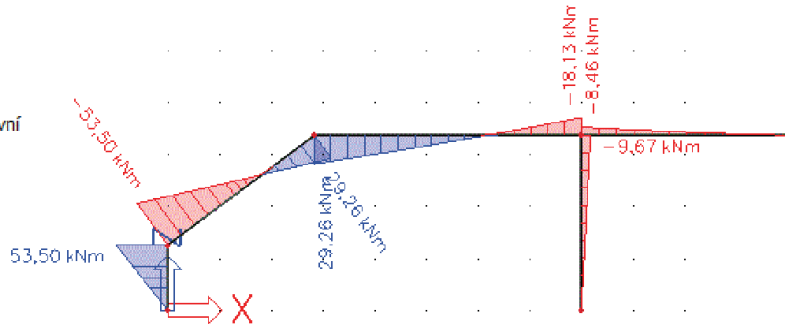
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



4.

# Studentská verze

## 1D vnitřní síly

Hodnoty: My

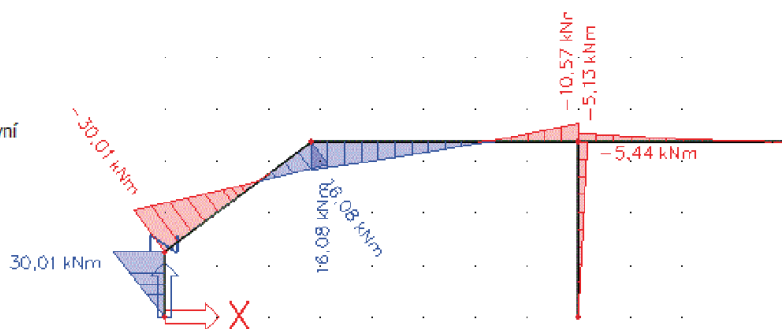
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-4

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



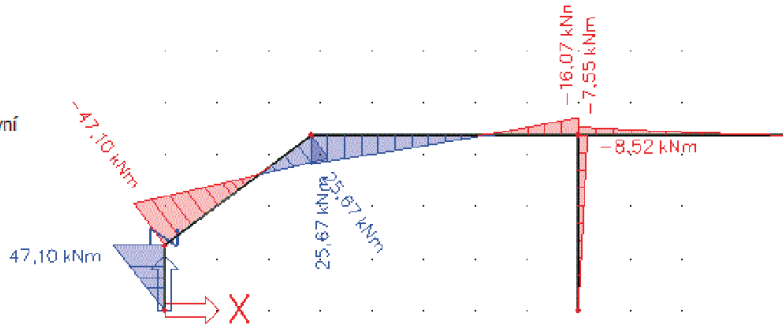
# Studentská verze

5.

# Studentská verze

## 1D vnitřní síly

Hodnoty:  $M_y$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSÚ-5  
 Souřadný systém: Hlavní  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



## 6. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet  
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
 Souřadný systém: Hlavní  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1	0,000 / 1,260 m	HEA160	S 355	MSÚ-Sada B (auto)	0,68 -
----------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

<b>Klíč kombinace</b>	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 1.50*ZS3 + 1.50*ZS5	

<b>Dílicí souč. spolehlivosti</b>	
$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

<b>Materiál</b>		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-68,10	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	-47,17	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	59,44	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

# Studentská verze



Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_G$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	-2,364e+05	-2,364e+05								
3	SO	62	9	-2,364e+05	-2,364e+05								
4	I	104	6	-1,672e+05	2,023e+05	-0,83		0,65	17,33	39,50	46,79	84,42	1
5	SO	62	9	2,715e+05	2,715e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
7	SO	62	9	2,715e+05	2,715e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 1377,40 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.10)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-68,10 [kN]|}{1377,40 [kN]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.9)$$

#### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|59,44 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,68 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.12)$$

#### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3240 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 271,37 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.18)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|-47,17 [kN]|}{271,37 [kN]} = 0,17 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.17)$$

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|59,44 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,68 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.31)$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_G$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	-2,364e+05	-2,364e+05								
3	SO	62	9	-2,364e+05	-2,364e+05								
4	I	104	6	-1,672e+05	2,023e+05	-0,83		0,65	17,33	39,50	46,79	84,42	1
5	SO	62	9	2,715e+05	2,715e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
7	SO	62	9	2,715e+05	2,715e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 1,6700 \cdot 10^{-5} [m^4]}{2,894 [m]^2} = 4134,04 [kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [m^4]}{1,260 [m]^2} = 8041,90 [kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,894 [m]}{66 [mm]} = 44,11$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,260[m]}{40[mm]} = 31,62$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{44,11}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 0,58$$

(EC3-1-1 : 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{31,62}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 0,41$$

(EC3-1-1 : 6.50)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,77$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[m^4]}{1,260[m]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{3,1410 \cdot 10^{-8}[m^6]}{6,1600 \cdot 10^{-6}[m^4]} + \frac{1,260[m]^2 \times 80769,2[MPa] \times 1,2200 \cdot 10^{-7}[m^4]}{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[m^4]} + (0,00 \times 0[mm] - 1,00 \times 0[mm])^2} - (0,00 \times 0[mm] - 1,00 \times 0[mm]) \right]$$

$$= 1131,98[kNm]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,4500 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 355,0[MPa]}{1131,98[kNm]}} = 0,28$$

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B1 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B1 pozice 0,000 m.

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mLT} = \max(0,6 + 0,4 \times \lambda_{LT}, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,4) = 0,60$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 355,0[MPa] = 1377,40[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 355,0[MPa] = 86,98[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (0,58 - 0,2) \times \frac{68,10[kN]}{1,00 \times \frac{1377,40[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{68,10[kN]}{1,00 \times \frac{1377,40[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,92, 0,94\} = 0,92$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,92 = 0,55$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

(EC3-1-1 : 6.61)

$$= \frac{|68,10[kN]|}{1,00 \times \frac{1377,40[kN]}{1,00}} + 0,92 \times \frac{|59,44[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{86,98[kNm]}{1,00}} + 0,61 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{41,71[kNm]}{1,00}} = 0,68 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

(EC3-1-1 : 6.62)

$$= \frac{|68,10[kN]|}{1,00 \times \frac{1377,40[kN]}{1,00}} + 0,55 \times \frac{|59,44[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{86,98[kNm]}{1,00}} + 1,01 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{41,71[kNm]}{1,00}} = 0,43 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,68, 0,43) = 0,68 \leq 1,00$$

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{134[mm]}{6[mm]} = 22,33$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \epsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,32$$



**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B2	0,000 / 3,538 m	HEA160	S 355	MSÚ-Sada B (auto)	0,72 -
----------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 1.50*ZS3 + 1.50*ZS5	

Dílicí souč. spolehlivosti	
$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-78,48	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	26,53	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	-59,44	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	2,742e+05	2,742e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	2,742e+05	2,742e+05	1,00	-0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	2,049e+05	-1,645e+05	-0,80		0,68	17,33	37,63	44,70	82,55	1
5	SO	62	9	-2,337e+05	-2,337e+05								
7	SO	62	9	-2,337e+05	-2,337e+05								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 1377,40 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.10)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-78,48 [kN]|}{1377,40 [kN]} = 0,06 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.9)$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-59,44 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,68 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.12)$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3240 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 271,37 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.18)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|26,53 [kN]|}{271,37 [kN]} = 0,10 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.17)$$

### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{MC}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-59,44 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,68 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.31)$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	2,742e+05	2,742e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	2,742e+05	2,742e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	2,049e+05	-1,645e+05	-0,80		0,68	17,33	37,63	44,70	82,55	1
5	SO	62	9	-2,337e+05	-2,337e+05								
7	SO	62	9	-2,337e+05	-2,337e+05								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,6700 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{3,970[\text{m}]^2} = 2195,73[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{3,538[\text{m}]^2} = 1019,94[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,970[\text{m}]}{66[\text{mm}]} = 60,52$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,538[\text{m}]}{40[\text{mm}]} = 88,79$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{60,52}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 0,79$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{88,79}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 1,16$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,79 - 0,20) + 0,79^2] = 0,91$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,16 - 0,20) + 1,16^2] = 1,41$$

$$\chi_y = \min\left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{0,91 + \sqrt{0,91^2 - 0,79^2}}, \frac{1}{0,79^2}, 1\right) = \min(0,73, 1,59, 1) = 0,73$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min\left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,16^2}}, \frac{1}{1,16^2}, 1\right) = \min(0,45, 0,74, 1) = 0,45$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,73 \times 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 1004,62[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,45 \times 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 622,94[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(1004,62[\text{kN}], 622,94[\text{kN}]) = 622,94[\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-78,48[\text{kN}]|}{622,94[\text{kN}]} = 0,13 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Studentská verze

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{I_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 2,42$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{3,538[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{3,1410 \cdot 10^{-8}[\text{m}^6]}{6,1600 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + \frac{3,538[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 1,2200 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])^2} - (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}]) \right]$$

$$= 300,38[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,4500 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{300,38[\text{kNm}]} = 0,54$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \times \lambda_{rel,EXTRA}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,EXTRA}} \cdot 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0,63 + \sqrt{0,63^2 - 0,75 \times 0,54^2}}, \frac{1}{0,54^2}, 1 \right) = \min(0,94, 3,45, 1) = 0,94 \quad (\text{EC3-1-1: 6.57})$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[ 1 - 2 \times (\lambda_{rel,LT} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,64) \times \left[ 1 - 2 \times (0,54 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min\{0,85, 1\}$$

$$= 0,85$$

$$\chi_{LT,mod} = \min \left( \frac{\chi_{LT}}{f}, 1 \right) = \min \left( \frac{0,94}{0,85}, 1 \right) = \min(1,12, 1) = 1,00$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,00 \times 2,4500 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times \frac{355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 86,98[\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.55})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,total,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|-59,44[\text{kNm}]|}{86,98[\text{kNm}]} = \mathbf{0,68 \leq 1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.54})$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle EC3 119 2006 / Galea 2002

**Poznámka:** Opravný součinitel  $k_c$  se určí podle C1.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B2 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B2 pozice 0,000 m.

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mLT} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_{LT}, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times -0,55, 0,4) = \max(0,38, 0,4) = 0,40$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 1377,40[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 86,98[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (0,79 - 0,2) \times \frac{78,48[\text{kN}]}{0,73 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{78,48[\text{kN}]}{0,73 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min\{0,94, 0,96\} = 0,94$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,94 = 0,56$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}}$$

$$= \frac{78,48[\text{kN}]}{0,73 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} + 0,94 \times \frac{|-59,44[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{86,98[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,71 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{41,71[\text{kNm}]} = \mathbf{0,72 \leq 1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}}$$

$$= \frac{78,48[\text{kN}]}{0,45 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} + 0,56 \times \frac{|-59,44[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{86,98[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,18 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{41,71[\text{kNm}]} = \mathbf{0,51 \leq 1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61), Posudek (6.62)}) = \max(0,72, 0,51) = \mathbf{0,72 \leq 1,00}$$

#### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

$$h_w/t = \frac{134[\text{mm}]}{6[\text{mm}]} = 22,33$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \epsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,32$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).



Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

**Dílec B3 0,000 / 5,160 m HEA160 S 355 MSÚ-Sada B (auto) 0,71 -**

#### Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / 1.15\*ZS1 + 1.15\*ZS2 + 1.50\*ZS3 + 1.50\*ZS5

#### Dílčí souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

### ....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

#### Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-47,17	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	-9,31	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	32,71	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	-1,276e+05	-1,276e+05								
3	SO	62	9	-1,276e+05	-1,276e+05								
4	I	104	6	-8,948e+04	1,138e+05	-0,79		0,61	17,33	43,89	51,67	81,32	1
5	SO	62	9	1,519e+05	1,519e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
7	SO	62	9	1,519e+05	1,519e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+

Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 1377,40 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.10)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-47,17 [kN]|}{1377,40 [kN]} = 0,03 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.9)$$

#### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|32,71 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,38 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.12)$$

#### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3240 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 271,37 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.18)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|-9,31 [kN]|}{271,37 [kN]} = 0,03 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.17)$$

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|32,71 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,38 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.31)$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.



**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...:POSUDEK STABILITY:...

### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_G$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	-1,276e+05	-1,276e+05								
3	SO	62	9	-1,276e+05	-1,276e+05								
4	I	104	6	-8,948e+04	1,138e+05	-0,79		0,61	17,33	43,89	51,67	81,32	1
5	SO	62	9	1,519e+05	1,519e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
7	SO	62	9	1,519e+05	1,519e+05	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,6700 \cdot 10^{-5} [\text{m}^4]}{6,629 [\text{m}]^2} = 787,57 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]}{9,260 [\text{m}]^2} = 148,89 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{6,629 [\text{m}]}{66 [\text{mm}]} = 101,05$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{9,260 [\text{m}]}{40 [\text{mm}]} = 232,40$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{101,05}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 1,32$$

(EC3-1-1 : 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{232,40}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 3,04$$

(EC3-1-1 : 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,32 - 0,20) + 1,32^2] = 1,57$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (3,04 - 0,20) + 3,04^2] = 5,82$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,32^2}}, \frac{1}{1,32^2}, 1 \right) = \min(0,42, 0,57, 1) = 0,42$$

(EC3-1-1 : 6.49)

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{5,82 + \sqrt{5,82^2 - 3,04^2}}, \frac{1}{3,04^2}, 1 \right) = \min(0,09, 0,11, 1) = 0,09$$

(EC3-1-1 : 6.49)

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,42 \times 3,8800 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 573,29 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1 : 6.47)

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,09 \times 3,8800 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 127,71 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1 : 6.47)

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(573,29 [\text{kN}], 127,71 [\text{kN}]) = 127,71 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-47,17 [\text{kN}]|}{127,71 [\text{kN}]} = 0,37 \leq 1,00$$

(EC3-1-1 : 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Studentská verze

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{I_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 2,67$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]}{9,260 [\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{3,1410 \cdot 10^{-8} [\text{m}^6]}{6,1600 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]} + \frac{9,260 [\text{m}]^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 1,2200 \cdot 10^{-7} [\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]} + (1,33 \times 0 [\text{mm}] - 0,41 \times 0 [\text{mm}])^2} - (1,33 \times 0 [\text{mm}] - 0,41 \times 0 [\text{mm}]) \right]$$

$$= 106,26 [\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{106,26 [\text{kNm}]} = 0,90$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \times \lambda_{rel,EXTRA}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,EXTRA}^2} \cdot 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,75 \times 0,90^2}}, \frac{1}{0,90^2}, 1 \right) = \min (0,76, 1, 22, 1) = 0,76 \quad (\text{EC3-1-1: 6.57})$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[ 1 - 2 \times (\lambda_{rel,LT} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,61) \times \left[ 1 - 2 \times (0,90 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \{0,81, 1\}$$

$$= 0,81$$

$$\chi_{LT,mod} = \min \left( \frac{\chi_{LT}}{f}, 1 \right) = \min \left( \frac{0,76}{0,81}, 1 \right) = \min (0,93, 1) = 0,93$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,93 \times 2,4500 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 81,30 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.55})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,total,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|32,71 [\text{kNm}]|}{81,30 [\text{kNm}]} = \mathbf{0,40} \leq \mathbf{1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.54})$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECSS 119 2006 / Galea 2002

**Poznámka:** Opravný součinitel  $k_c$  se určí podle C1.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B3 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B3 pozice 0,000 m.

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-19,90 [\text{kNm}]}{32,71 [\text{kNm}]} = -0,61$$

$$C_{mLT} = \max(-0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(-0,8 \times -0,61, 0,4) = \max(0,49, 0,4) = 0,49$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 355,0 [\text{MPa}] = 1377,40 [\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 86,98 [\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (1,32 - 0,2) \times \frac{47,17 [\text{kN}]}{0,42 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{47,17 [\text{kN}]}{0,42 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,98, 0,96\} = 0,96$$

$$k_{zy} = \max \left( 1 - \frac{0,1 \times \lambda_{rel,z}}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left( 1 - \frac{0,1 \times 3,04}{0,49 - 0,25} \times \frac{47,17 [\text{kN}]}{0,09 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}}, 1 - \frac{0,1}{0,49 - 0,25} \times \frac{47,17 [\text{kN}]}{0,09 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}} \right) = \max (0,53, 0,84) = 0,84$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|47,17 [\text{kN}]|}{0,42 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}} + 0,96 \times \frac{|32,71 [\text{kNm}]| + |0,00 [\text{kNm}]|}{0,93 \times \frac{86,98 [\text{kNm}]}{1,00}} + 0,91 \times \frac{|0,00 [\text{kNm}]| + |0,00 [\text{kNm}]|}{41,71 [\text{kNm}]} = \mathbf{0,47} \leq \mathbf{1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|47,17 [\text{kN}]|}{0,09 \times \frac{1377,40 [\text{kN}]}{1,00}} + 0,84 \times \frac{|32,71 [\text{kNm}]| + |0,00 [\text{kNm}]|}{0,93 \times \frac{86,98 [\text{kNm}]}{1,00}} + 1,52 \times \frac{|0,00 [\text{kNm}]| + |0,00 [\text{kNm}]|}{41,71 [\text{kNm}]} = \mathbf{0,71} \leq \mathbf{1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,47, 0,71) = \mathbf{0,71} \leq \mathbf{1,00}$$

## Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{134[\text{mm}]}{6[\text{mm}]} = 22,33$$
$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,32$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

**Dílec B4** | **3,370 / 3,370 m** | **HEA160** | **S 355** | **MSÚ-Sada B (auto)** | **0,35 -**

**Klíč kombinace**  
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15\*ZS1 + 1.15\*ZS2 + 1.50\*ZS3 + 1.50\*ZS5

Dílicí souč. spolehlivosti	
$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

## ....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 3,370 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-91,38	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	3,19	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

## Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	2,356e+04	2,356e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	2,356e+04	2,356e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	2,356e+04	2,356e+04	1,00		1,00	17,33	22,78	27,66	30,92	1
5	SO	62	9	2,356e+04	2,356e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
7	SO	62	9	2,356e+04	2,356e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

## Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 1377,40[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1 : 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-91,38[\text{kN}]|}{1377,40[\text{kN}]} = 0,07 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1 : 6.9})$$

## Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3240 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 271,37[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1 : 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|3,19[\text{kN}]|}{271,37[\text{kN}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1 : 6.17})$$

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

## ....:POSUDEK STABILITY:....

## Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2



Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_G$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	6,913e+04	6,913e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	6,913e+04	6,913e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	5,662e+04	-1,009e+04	-0,18		0,70	17,33	35,72	42,55	52,30	1
5	SO	62	9	-2,260e+04	-2,260e+04								
7	SO	62	9	-2,260e+04	-2,260e+04								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,6700 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{8,170[\text{m}]^2} = 518,52[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 6,1600 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{3,370[\text{m}]^2} = 1124,19[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{8,170[\text{m}]}{66[\text{mm}]} = 124,54$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,370[\text{m}]}{40[\text{mm}]} = 84,58$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{124,54}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 1,63$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{84,58}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 1,11$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,63 - 0,20) + 1,63^2] = 2,07$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,11 - 0,20) + 1,11^2] = 1,33$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{2,07 + \sqrt{2,07^2 - 1,63^2}}, \frac{1}{1,63^2}, 1 \right) = \min(0,30, 0,38, 1) = 0,30$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,33 + \sqrt{1,33^2 - 1,11^2}}, \frac{1}{1,11^2}, 1 \right) = \min(0,48, 0,82, 1) = 0,48$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,30 \times 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 411,23[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,48 \times 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 661,96[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(411,23[\text{kN}], 661,96[\text{kN}]) = 411,23[\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-91,38[\text{kN}]|}{411,23[\text{kN}]} = 0,22 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B4 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B4 pozice 0,000 m.

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mLT} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_{LT}, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,4) = 0,60$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 1377,40[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 86,98[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (1,63 - 0,2) \times \frac{91,38[\text{kN}]}{0,30 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{91,38[\text{kN}]}{0,30 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min\{1,19, 1,06\} \approx 1,06$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,06 = 0,64$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (\text{EC3-1-1 : 6.61})$$

$$= \frac{91,38[\text{kN}]}{0,30 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} + 1,06 \times \frac{|-10,73[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{86,98[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{41,71[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,35 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (\text{EC3-1-1 : 6.62})$$

$$= \frac{91,38[\text{kN}]}{0,48 \times \frac{1377,40[\text{kN}]}{1,00}} + 0,64 \times \frac{|-10,73[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{86,98[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,19 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{41,71[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,22 \leq 1,00$$

Jedn. posudek = max(Posudek (6.61), Posudek (6.62)) = max(0,35, 0,22) = 0,35 ≤ 1,00

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{134[\text{mm}]}{6[\text{mm}]} = 22,33$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

**Dílec B5 0,000 / 4,100 m HEA160 S 355 MSÚ-Sada B (auto) 0,41 -**

**Klíč kombinace**  
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15\*ZS1 + 1.15\*ZS2 + 1.50\*ZS3 + 1.50\*ZS5

Dílicí souč. spolehlivosti	
$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

...:POSUDEK ÚNOSNOSTI:...

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-43,99	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	2,94	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	-9,17	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_G$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	5,053e+04	5,053e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	5,053e+04	5,053e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	3,984e+04	-1,715e+04	-0,43		0,60	17,33	44,65	52,50	61,39	1
5	SO	62	9	-2,784e+04	-2,784e+04								
7	SO	62	9	-2,784e+04	-2,784e+04								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,8800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 1377,40[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1 : 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-43,99[\text{kN}]|}{1377,40[\text{kN}]} = 0,03 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1 : 6.9})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)



$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-9,17 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,11 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.12)$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3240 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{355,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 271,37 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.18)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|2,94 [kN]|}{271,37 [kN]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.17)$$

### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 86,98 [kNm] \quad (EC3-1-1 : 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-9,17 [kNm]|}{86,98 [kNm]} = 0,11 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1 : 6.31)$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	a [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	62	9	5,053e+04	5,053e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
3	SO	62	9	5,053e+04	5,053e+04	1,00	0,43	1,00	6,89	7,32	8,14	11,39	1
4	I	104	6	3,984e+04	-1,715e+04	-0,43		0,60	17,33	44,65	52,50	61,39	1
5	SO	62	9	-2,784e+04	-2,734e+04								
7	SO	62	9	-2,784e+04	-2,734e+04								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 1,6700 \cdot 10^{-5} [m^4]}{11,223 [m]^2} = 274,81 [kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [m^4]}{9,260 [m]^2} = 148,89 [kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{11,223 [m]}{66 [mm]} = 171,06$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{9,260 [m]}{40 [mm]} = 232,40$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{171,06}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [MPa]}{355,0 [MPa]}}} = 2,24 \quad (EC3-1-1 : 6.50)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{232,40}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [MPa]}{355,0 [MPa]}}} = 3,04 \quad (EC3-1-1 : 6.50)$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (2,24 - 0,20) + 2,24^2] = 3,35$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (3,04 - 0,20) + 3,04^2] = 5,82$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{3,35 + \sqrt{3,35^2 - 2,24^2}}, \frac{1}{2,24^2}, 1 \right) = \min(0,17, 0,20, 1) = 0,17 \quad (EC3-1-1 : 6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{5,82 + \sqrt{5,82^2 - 3,04^2}}, \frac{1}{3,04^2}, 1 \right) = \min(0,09, 0,11, 1) = 0,09 \quad (EC3-1-1 : 6.49)$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,17 \times 3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 235,52 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.47)$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,09 \times 3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 127,71 [kN] \quad (EC3-1-1 : 6.47)$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(235,52 [kN], 127,71 [kN]) = 127,71 [kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-43,99 [kN]|}{127,71 [kN]} = \mathbf{0,34 \leq 1,00} \quad (EC3-1-1 : 6.46)$$

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 2,67$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [m^4]}{9,260 [m]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{3,1410 \cdot 10^{-8} [m^6]}{6,1600 \cdot 10^{-6} [m^4]} + \frac{9,260 [m]^2 \times 80769,2 [MPa] \times 1,2200 \cdot 10^{-7} [m^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [MPa] \times 6,1600 \cdot 10^{-6} [m^4]} + (1,33 \times 0 [mm] - 0,41 \times 0 [mm])^2} - (1,33 \times 0 [mm] - 0,41 \times 0 [mm]) \right]$$

$$= 106,26 [kNm]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{106,26 [kNm]}} = 0,90$$

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B5 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B3 pozice 0,000 m.

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-19,90 [kNm]}{32,71 [kNm]} = -0,61$$

$$C_{mLT} = \max(-0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(-0,8 \times -0,61, 0,4) = \max(0,49, 0,4) = 0,49$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa] = 1377,40 [kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 86,98 [kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (2,24 - 0,2) \times \frac{43,99 [kN]}{0,17 \times \frac{1377,40 [kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{43,99 [kN]}{0,17 \times \frac{1377,40 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,24, 1,03\} = 1,03$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,03 = 0,62$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (EC3-1-1 : 6.61)$$

$$= \frac{|43,99 [kN]|}{0,17 \times \frac{1377,40 [kN]}{1,00}} + 1,03 \times \frac{|-9,17 [kNm]| + |0,00 [kNm]|}{1,00 \times \frac{86,98 [kNm]}{1,00}} + 0,89 \times \frac{|0,00 [kNm]| + |0,00 [kNm]|}{\frac{41,71 [kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,30 \leq 1,00}$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (EC3-1-1 : 6.62)$$

$$= \frac{|43,99 [kN]|}{0,09 \times \frac{1377,40 [kN]}{1,00}} + 0,62 \times \frac{|-9,17 [kNm]| + |0,00 [kNm]|}{1,00 \times \frac{86,98 [kNm]}{1,00}} + 1,48 \times \frac{|0,00 [kNm]| + |0,00 [kNm]|}{\frac{41,71 [kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,41 \leq 1,00}$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,30, 0,41) = \mathbf{0,41 \leq 1,00}$$

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{134 [mm]}{6 [mm]} = 22,33$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabiilitního posudku.

Studentská verze

Studentská verze



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

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

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **STŘECHA S1**  
Zpracovatel : Regina Suchardová  
Zakázka :  
Datum : 4. 11. 2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednovrstevná  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigips RB/RBI/	0,0250	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Jutafol N 220	0,0003	0,3900	1700,0	880,0	312000,0	0.0000
3	Isover Unirol	0,0900	0,0330	840,0	21,5	1,0	0.0000
4	Isover Unirol	0,1600	0,0470*	1007,0	59,4	1,0	0.0000
5	Dörken Delta-F	0,0003	0,1700	1000,0	930,0	42,0	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	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádrokartonové desky)	---
2	Jutafol N 220 Special	---
3	Isover Unirol Profi	---
4	Isover Unirol Profi	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.033 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.1000 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m Os. vzdálenost tep. mostů: 1.0000 m
5	Dörken Delta-Fassade	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

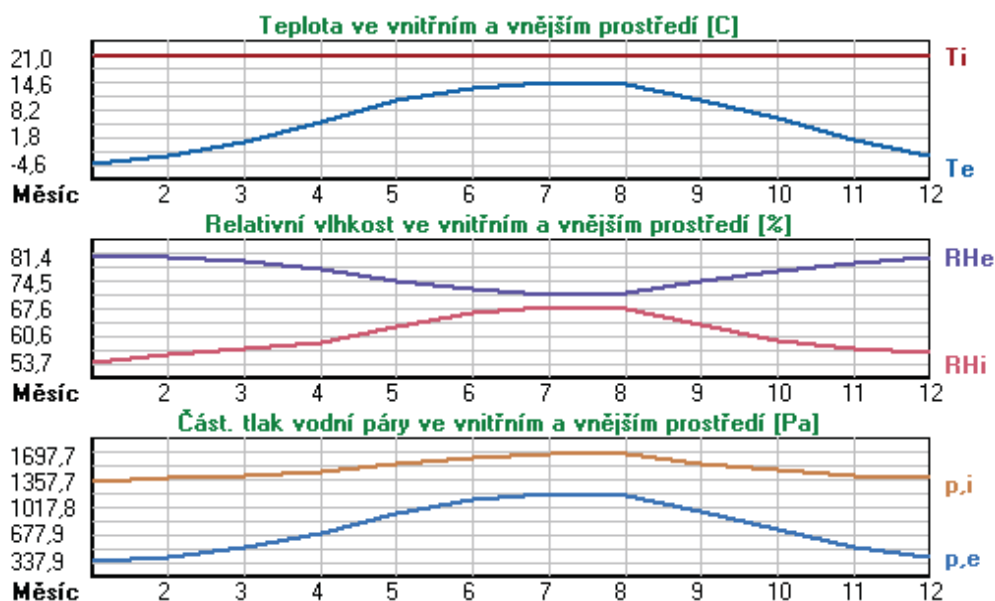
Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	21.0	53.7	1334.8	-4.6	81.4	337.9
2	28 672	21.0	56.0	1391.9	-2.9	80.8	387.4



3	31	744	21.0	57.4	1426.7	0.6	79.6	507.6
4	30	720	21.0	59.0	1466.5	5.2	77.7	687.0
5	31	744	21.0	63.1	1568.4	10.4	74.7	941.7
6	30	720	21.0	66.5	1652.9	13.4	72.4	1112.5
7	31	744	21.0	68.3	1697.7	14.8	71.1	1196.3
8	31	744	21.0	67.7	1682.7	14.3	71.6	1166.4
9	30	720	21.0	63.4	1575.9	10.7	74.5	958.1
10	31	744	21.0	59.6	1481.4	6.2	77.2	731.6
11	30	720	21.0	57.5	1429.2	0.9	79.5	518.1
12	31	744	21.0	56.2	1396.9	-2.8	80.8	390.7

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



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

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

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

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotní odpor konstrukce  $R$  : 6.253 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U$  : 0.156 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{k,c}$  : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m<sup>2</sup>K

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  $Z_{pT}$  : 4.2E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce  $N_{y^*}$  podle EN ISO 13786 : 77.0

Fázový posun teplotního kmitu  $P_{s_i^*}$  podle EN ISO 13786 : 4.0 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{s_i,p}$  : 19.62 C



Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f, R_{si,p}$  : **0.962**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.7	0.753	11.3	0.619	20.0	0.962	57.0
2	15.3	0.762	11.9	0.619	20.1	0.962	59.2
3	15.7	0.740	12.3	0.572	20.2	0.962	60.2
4	16.1	0.692	12.7	0.474	20.4	0.962	61.2
5	17.2	0.641	13.7	0.313	20.6	0.962	64.7
6	18.0	0.609	14.5	0.148	20.7	0.962	67.7
7	18.5	0.589	14.9	0.022	20.8	0.962	69.3
8	18.3	0.599	14.8	0.075	20.7	0.962	68.8
9	17.3	0.638	13.8	0.300	20.6	0.962	65.0
10	16.3	0.682	12.8	0.449	20.4	0.962	61.7
11	15.7	0.738	12.3	0.567	20.2	0.962	60.3
12	15.4	0.764	11.9	0.620	20.1	0.962	59.4

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

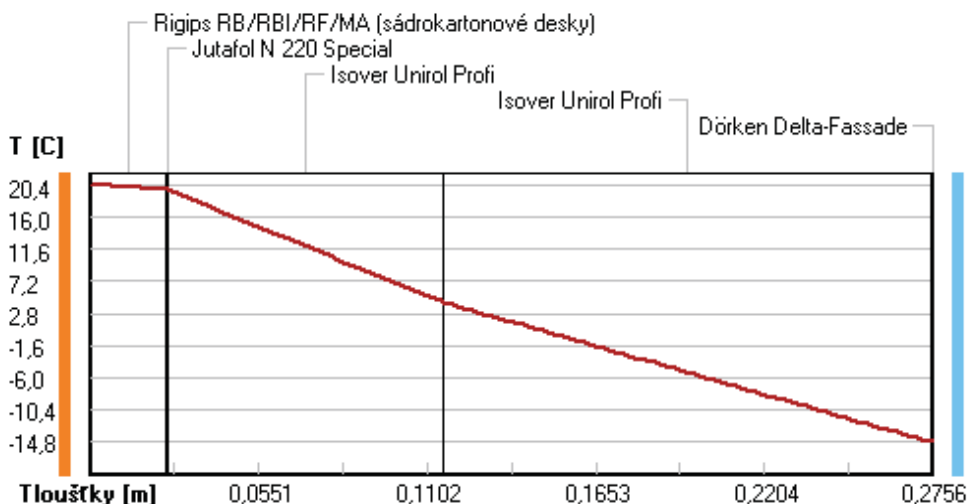
### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

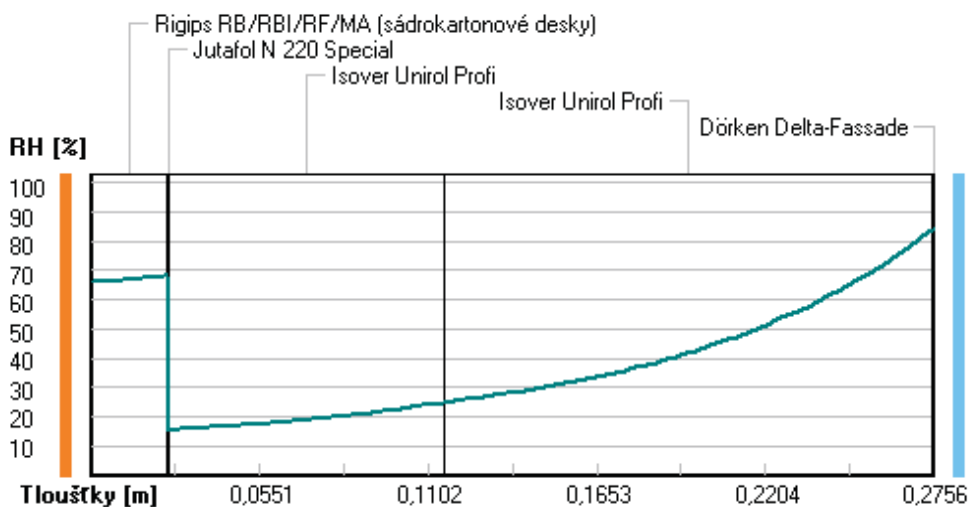
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.4	19.8	19.8	4.4	-14.8	-14.8
p [Pa]:	1491	1487	143	141	139	138
p,sat [Pa]:	2401	2303	2303	836	168	168

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

### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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



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

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 3.446E-0009 kg/(m<sup>2</sup>.s)

### Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

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

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

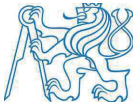
Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Rigips RB/RBI/	151	214	---	---	---
2	Jutafofol N 220	151	214	---	---	---
3	Isover Unirol	365	---	---	---	---
4	Isover Unirol	---	---	334	31	---
5	Dörken Delta-F	---	---	334	31	---

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

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

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

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software



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

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

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **STŘECHA S2**  
Zpracovatel : Regina Suchardová  
Zakázka :  
Datum : 4. 11. 2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigips RB/RBI/	0,0250	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Jutafol N 140	0,0003	0,3900	1700,0	560,0	148275,0	0.0000
3	Isover Unirol	0,0900	0,0330	840,0	21,5	1,0	0.0000
4	Isover Unirol	0,1600	0,0470*	1007,0	59,4	1,0	0.0000
5	Egger OSB3	0,2400	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
6	Dörken Delta-F	0,0003	0,1700	1000,0	930,0	42,0	0.0000
7	Dörken Delta-T	0,0080	0,1700	1000,0	48,0	2,5	0.0000

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

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

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádrokartonové desky)	---
2	Jutafol N 140 Special	---
3	Isover Unirol Profi	---
4	Isover Unirol Profi	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.033 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.1000 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m Os. vzdálenost tep. mostů: 1.0000 m
5	Egger OSB3	---
6	Dörken Delta-Fassade	---
7	Dörken Delta-Trela	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

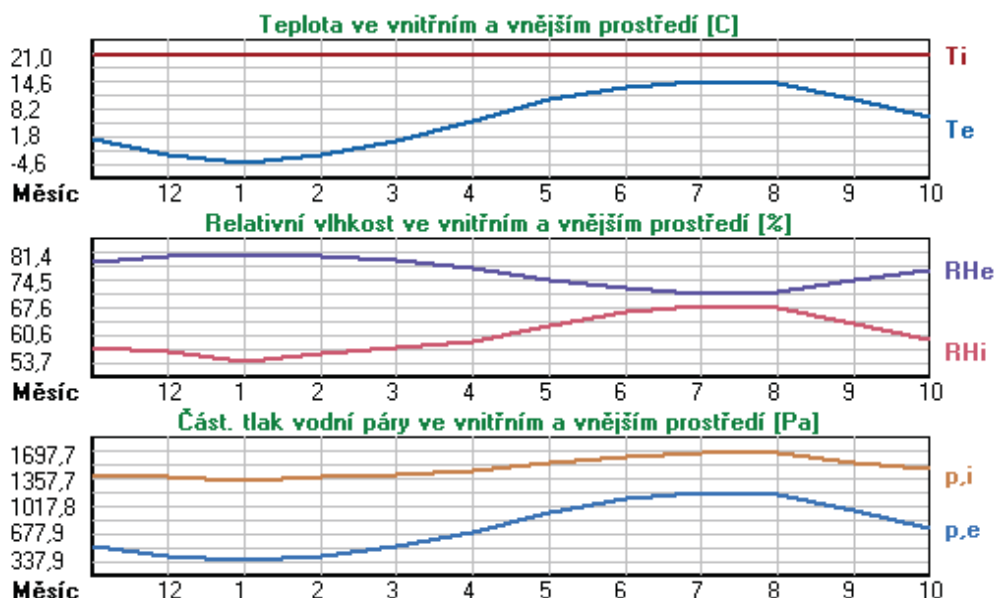
Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 60.0 %

Měsíc Délka [dny/hodiny] Tai [C] RH<sub>i</sub> [%] Pi [Pa] Te [C] RHe [%] Pe [Pa]



1	31	744	21.0	53.7	1334.8	-4.6	81.4	337.9
2	28	672	21.0	56.0	1391.9	-2.9	80.8	387.4
3	31	744	21.0	57.4	1426.7	0.6	79.6	507.6
4	30	720	21.0	59.0	1466.5	5.2	77.7	687.0
5	31	744	21.0	63.1	1568.4	10.4	74.7	941.7
6	30	720	21.0	66.5	1652.9	13.4	72.4	1112.5
7	31	744	21.0	68.3	1697.7	14.8	71.1	1196.3
8	31	744	21.0	67.7	1682.7	14.3	71.6	1166.4
9	30	720	21.0	63.4	1575.9	10.7	74.5	958.1
10	31	744	21.0	59.6	1481.4	6.2	77.2	731.6
11	30	720	21.0	57.5	1429.2	0.9	79.5	518.1
12	31	744	21.0	56.2	1396.9	-2.8	80.8	390.7

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).



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

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

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

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.146 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.121 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{kc}$  : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m<sup>2</sup>K

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  $Z_{pT}$  : 4.3E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce  $N_{y^*}$  podle EN ISO 13786 : 3027.3

Fázový posun teplotního kmitu  $\Psi_{i^*}$  podle EN ISO 13786 : 20.1 h

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



Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 19.93 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.970

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		$T_{si}[C]$	$f_{Rsi}$	$RH_{si}[\%]$
	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$			
1	14.7	0.753	11.3	0.619	20.2	0.970	56.3
2	15.3	0.762	11.9	0.619	20.3	0.970	58.5
3	15.7	0.740	12.3	0.572	20.4	0.970	59.6
4	16.1	0.692	12.7	0.474	20.5	0.970	60.7
5	17.2	0.641	13.7	0.313	20.7	0.970	64.3
6	18.0	0.609	14.5	0.148	20.8	0.970	67.4
7	18.5	0.589	14.9	0.022	20.8	0.970	69.1
8	18.3	0.599	14.8	0.075	20.8	0.970	68.5
9	17.3	0.638	13.8	0.300	20.7	0.970	64.6
10	16.3	0.682	12.8	0.449	20.6	0.970	61.2
11	15.7	0.738	12.3	0.567	20.4	0.970	59.6
12	15.4	0.764	11.9	0.620	20.3	0.970	58.7

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

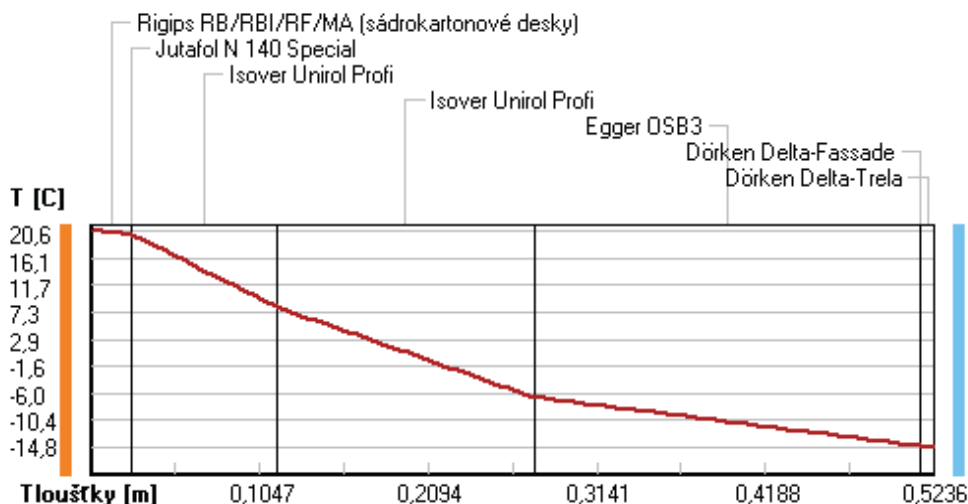
### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

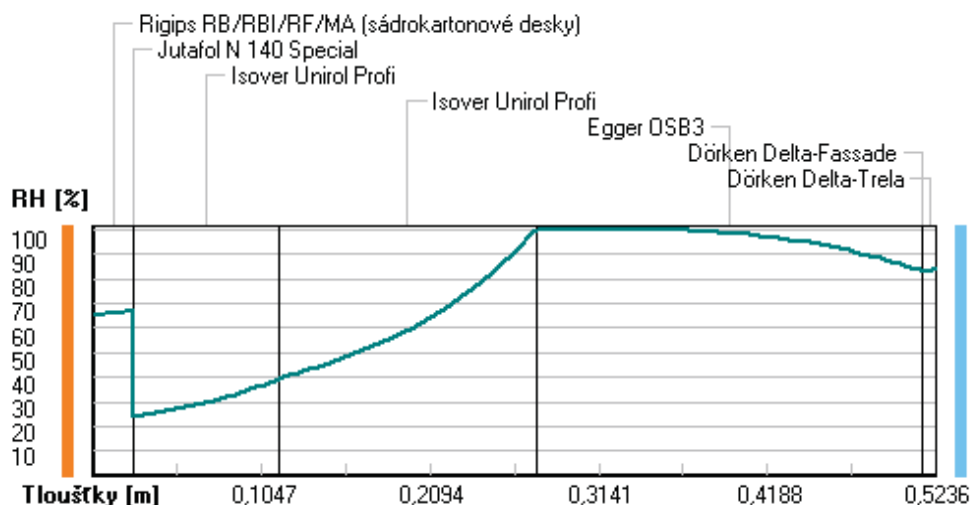
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.6	20.0	20.0	8.2	-6.6	-14.6	-14.6	-14.8
p [Pa]:	1491	1487	866	865	862	139	139	138
p,sat [Pa]:	2420	2344	2344	1087	350	171	171	167

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

### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách





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


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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá	[m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.2753		0.3381	5.120E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **0.0222 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$ : **0.0767 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 kond.zóny v m od interiéru		Dif.tok do/ze zóny v kg/m2 za měsíc		Kondenz./vypař. v kg/m2 za měsíc Mc/Mev	Akumul. vlhkost v kg/m2 za měsíc Ma
	levá	pravá	g,in	g,out		
11	0.2753	0.2753	0.0072	0.0047	0.0025	0.0025
12	0.2753	0.2753	0.0093	0.0044	0.0049	0.0074
1	0.2753	0.2753	0.0091	0.0040	0.0051	0.0127
2	0.2753	0.2753	0.0084	0.0040	0.0044	0.0171
3	0.2753	0.2753	0.0076	0.0048	0.0028	0.0199
4	0.2753	0.2753	0.0045	0.0054	-0.0009	0.0190
5	0.2753	0.2753	0.0012	0.0067	-0.0055	0.0135
6	0.2753	0.2753	-0.0010	0.0073	-0.0083	0.0052
7	---	---	-0.0021	0.0081	-0.0102	0.0000
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **0.0199 kg/m2**

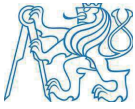
Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$  je min.: **0.0199 kg/m2**

z toho se odpaří do exteriéru: 0.0174 kg/m2

..... a do interiéru: 0.0025 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.

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

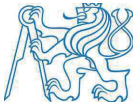
Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Rigips RB/RBI/	151	214	---	---	---
2	Jutafol N 140	151	184	30	---	---
3	Isover Unirol	151	153	31	30	---
4	Isover Unirol	---	---	31	61	273
5	Egger OSB3	---	---	31	61	273
6	Dörken Delta-F	---	---	365	---	---
7	Dörken Delta-T	---	---	275	90	---

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

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

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

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software



## TEORETICKÝ VÝPOČET VZDUCHOVÉ A KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

dle J.Čechura: Stavební fyzika 10, ČVUT 1997  
a ČSN EN ISO 717-1 a ČSN EN ISO 717-2 (1998)

### NEPrůzvučnost 2010

Název úlohy : ZŠ Skálava - Strop P1  
Zpracovatel : Regina Suchardová  
Zakázka :  
Datum : 13.12.2018

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT:

#### Základní parametry úlohy:

Typ konstrukce : strop s plovoucí podlahou  
Typ výpočtu : vážená norm. hladina kroč. zvuku (index kročej. hluku)  
Korekce k : 2,0 dB

#### Zadané vrstvy konstrukce (od chráněné místnosti):

číslo	Název	D[m]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	c[m/s]	eta[-]	Ed[MPa]/alfa[-]
1	Dřevo napříč v	0,0150	500,0	2400	0,010	-----
2	Beton lehčený	0,0400	1000,0	2280	0,007	-----
3	Isover T- P	0,0200	60,6	-----	0,130	0,17
4	Beton hutný 3	0,0500	2500,0	3286	0,080	-----
5	Ocel	0,0010	7650,0	4573	0,003	-----

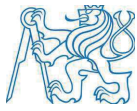
### TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ:

Kmitočet f[Hz]	Kroč.útlum podlahou DL[dB]	Norm. hladina kročej. zvuku:			Ref.křivka Ln,r[dB]	Rozdíl dL[dB]
		stropu Ln2[dB]	r.desky Ln1[dB]	VÝSLEDNÁ Ln[dB]		
100	-2,9	100,5	109,3	70,3	55	15,3
125	4,4	100,5	109,3	63,2	55	8,2
160	9,9	100,5	109,3	59,2	55	4,2
200	14,8	100,5	109,3	56,1	55	1,1
250	19,1	100,5	109,3	53,7	55	-----
315	23,1	100,5	109,3	51,5	55	-----
400	26,9	100,5	109,3	49,7	54	-----
500	30,2	101,5	109,3	48,4	53	-----
630	33,0	103,5	109,3	45,9	52	-----
800	34,9	105,5	109,3	44,3	51	-----
1000	35,3	107,5	109,3	44,4	50	-----
1250	34,8	109,5	109,3	46,1	47	-----
1600	40,6	111,5	109,3	41,2	44	-----
2000	46,0	114,0	109,3	36,7	41	-----
2500	48,1	117,0	109,3	35,4	38	-----
3150	53,7	119,2	109,4	30,7	35	-----
<b>Součet:</b>						<b>28,8</b>

Pro frekvenci 100 Hz je nepříznivá odchylka větší než 8 dB.

Pro frekvenci 125 Hz je nepříznivá odchylka větší než 8 dB.

**Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku L<sub>nw</sub> :** 53 dB  
**Faktor přizpůsobení spektru C<sub>I</sub> :** 4 dB



Předpokládaná (stavební) vážená norm. hladina kroč. zvuku  $L'_{nw}$  : 55 dB

STOP, NEPrůzvučnost 2010

## VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730532 (2010)

**Název konstrukce:** ZŠ Skálova - Strop P1  
**Typ konstrukce:** strop s podlahou (kročejová neprůzvučnost)  
**Skladba konstrukce:** uvedena v protokolu o výpočtu programu NEPrůzvučnost

**Max. požadavek na (stavební) váženou norm. hladinu kročej. zvuku**

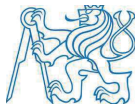
(pro zvolené podmínky)  $L'_{nw} = 58$  dB

Výsledek výpočtu  $L'_{nw} = 55$  dB

Hodnota předpokládané (stavební) vážené normalizované hladiny kročejového zvuku je menší než požadovaná hodnota.

**Konstrukce předběžně splní požadavky ČSN 730532 (rozhoduje však výsledek měření).**

NEPrůzvučnost 2010, (c) 2010 Svoboda Software



## 11 Příloha 2 – technické listy výrobců



# Porotherm 44 Profi Dryfix

Tepelněizolační vnější stěna

1/2

**Broušený cihelný blok pro tl. stěny 44 cm na zdicí pěnu**


## Použití

Cihly broušené **Porotherm 44 Profi Dryfix** jsou určeny pro omítané jednovrstvé obvodové nosné i nenosné zdivo tloušťky 440 mm s velmi vysokými nároky na tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny. Ke zdění těchto cihel se používá speciální pěna pro zdění, která se nanáší ve dvou pruzích při vnějších okrajích cihel.

## Výhody

- dokonalé řešení lineárních tepelných mostů na styku s výplněmi otvorů
- ideální spojení na pero a drážku
- pracnost zdění nižší o 50 % oproti klasickému zdění
- vysoká pevnost zdiva v tlaku
- ložná spára tloušťky do 1 mm - žádná malta pro zdění (suchá stavba)
- možnost zdění do -5 °C!
- žádné tepelné mosty v ložných spárách
- ideální podklad pod omítku
- nízký odpor proti difuzi vodních par
- hygienicky nezávadné
- rozměry v modulovém systému
- snadné navrhování a stavění v kompletním systému **Porotherm**

## Technické údaje

### Cihly:

- rozměry d/š/v	248x440x249 mm
- rovinnost ložných ploch	0,3 mm
- rovnoběžnost rovin ložných ploch	0,6 mm
- skupina zdicích prvků	2
- objem. hmot. prvku max.	750 kg/m <sup>3</sup>
- hmotnost	cca 20,4 kg/ks
- pevnost v tlaku (kat. I)	15/10/8 N/mm <sup>2</sup>
- $\lambda_{10, dry, unit}$	0,115 W/(m·K)
- nasákavost	NPD
- mrazuvzdornost	NPD (F0)
- obsah akt. rozpust. solí	NPD (S0)
- rozměrová stabilita	NPD
- přídržnost	0,08 N/mm <sup>2</sup>

NPD - není stanoven žádný požadavek

### Zdivo:

- tloušťka	440 mm
- spotřeba cihel	16 ks/m <sup>2</sup> 36,4 ks/m <sup>3</sup>
- spotřeba zdicí pěny	1 dóza/5 m <sup>2</sup>
- charakteristická pevnost v tlaku $f_k$ a součinitel přetvárnosti $K_E$ zdiva stanovené ze statických zkoušek	

Cihly na pěnu	Zdivo		ČSN EN 1996-1-1
	$f_k$ [MPa]	$K_E$	
P15	2,6	750	
P10	2,0		
P8	1,8		

## Zvuková izolace zdiva\*

- nutno se řídit vysvětlivkami uvedenými v kapitole 1, strana 13 až 15

Vážená laboratorní neprůzvučnost  $R_w = 46$  dB při plošné hmotnosti zdiva včetně omítek 360 kg/m<sup>2</sup>

\* hodnota stanovena výpočtem

## Tepelně-technické údaje zdiva

zdivo na zdicí pěnu	$\lambda$ W/mK	$R$ m <sup>2</sup> K/W	$U$ W/m <sup>2</sup> K
<b>Porotherm Dryfix</b>			
bez omítek <sup>1)</sup>	0,115	3,82	0,25
s omítkami <sup>1)3)</sup>	0,117	4,14	0,23
bez omítek <sup>2)</sup>	0,121	3,64	0,26
s omítkami <sup>2)3)</sup>	0,122	3,96	0,24

1) v suchém stavu 2) při praktické vlhkosti podle ČSN 73 0540-3 3) vnější strana:

- tepelněizolační omítko, tl. 30 mm,  $\lambda = 0,10$  W/(m·K)
- stěrková malta se síťovinou, tl. 3 mm,  $\lambda = 0,80$  W/(m·K)
- pastózní omítko, tl. 2 mm,  $\lambda = 0,70$  W/(m·K)
- vnitřní strana - sádrová omítko tl. 10 mm,  $\lambda = 0,34$  W/(m·K)

## Požární odolnost zdiva

Požárně dělicí stěna s oboustrannou omítkou

Třída reakce na oheň: A1 - nehořlavé  
Požární odolnost: REI 180 DP1  
(ČSN EN 13501-2, ČSN EN 1996-1-2)

## Ostatní stavebně fyzikální hodnoty

Měrná tepelná kapacita neomítnutého zdiva  $c = 1000$  J/kg·K  
Faktor difuzního odporu  $\mu = 5/10$   
(ČSN EN 1745)

## Směrná pracnost zdění

cca 0,65 hod/m<sup>2</sup>  
1,48 hod/m<sup>3</sup>

## Dodávka

Cihly **Porotherm 44 Profi Dryfix** jsou dodávány zafóliované na vratných paletách rozměrů 1340 x 1000 mm.

- počet cihel 60 ks/pal
- hmotnost palety max. 1255 kg

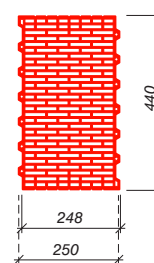
Součástí dodávky je odpovídající množství zdicí pěny **Porotherm Dryfix**.

Pro založení stěn se dodává požadované množství základací malty **Porotherm Profi AM** (Anlegemörtel).

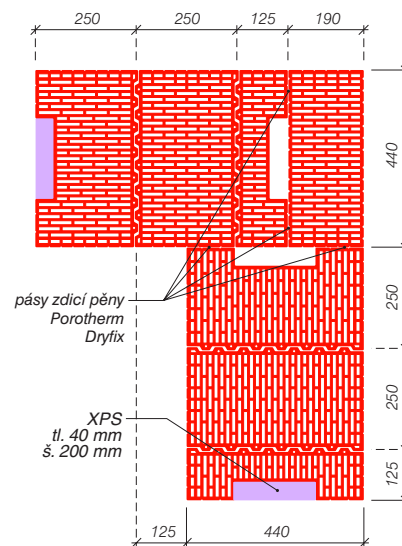


ČSN EN 771-1

## Porotherm 44 Profi Dryfix



## VAZBA ROHŮ, KOUTŮ A OSTĚNÍ



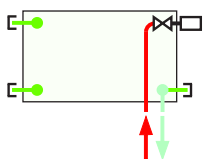
# RADIK VK



## Technické údaje

<b>Výška H</b>	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
<b>Délka L</b>	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2300, 2600, 3000 mm
<b>Hloubka B</b>	
Typ 10 VK	47 mm
Typ 11 VK	63 mm
Typ 20 VK	66 mm
Typ 21 VK	66 mm
Typ 22 VK	100 mm
Typ 33 VK	155 mm
<b>Připojovací rozteč</b>	50 mm
<b>Připojovací závit</b>	6 x G1/2 vnitřní
<b>Nejvyšší přípustný provozní přetlak</b>	1,0 MPa
<b>Nejvyšší přípustná provozní teplota</b>	110 °C
<b>Připojení otopného tělesa</b>	pravé spodní

## Způsoby připojení na otopnou soustavu

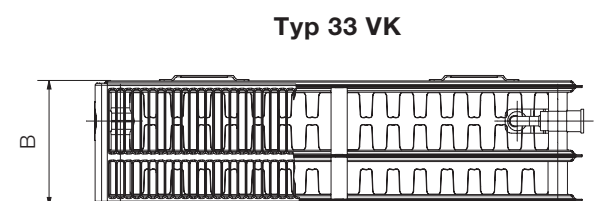
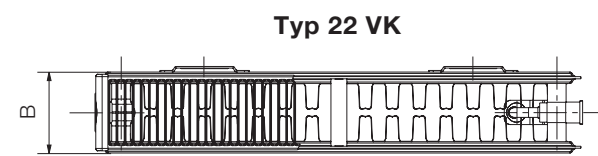
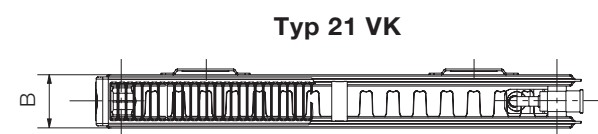
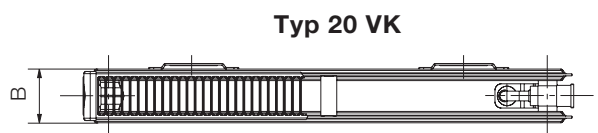
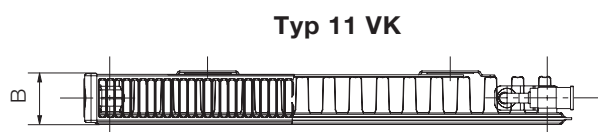
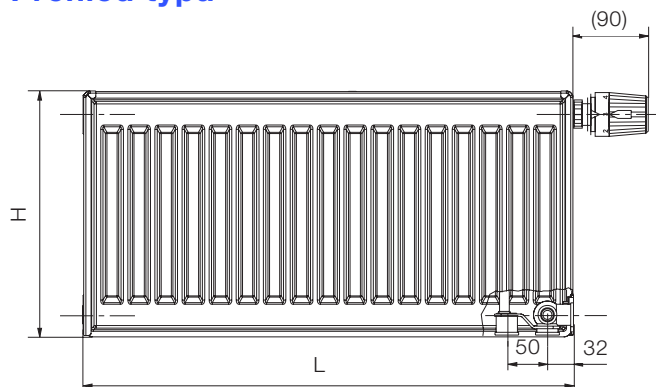


pravé spodní  
 $\varphi = 1$

## Popis

Model **RADIK VK** je deskové otopné těleso v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **pravé spodní připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní příchytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest příchytek.

## Přehled typů



Údaje pro objednávku jsou uvedeny na straně 88.



## TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 21 Typ 21 VK						Typ 22 Typ 22 VK						Typ 33 Typ 33 VK							
Délka L [mm]	t <sub>1</sub> /t <sub>2</sub> [°C]	Výška H [mm]																			
		300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900
400	75/65	298	375	447	515	580	702	386	486	581	672	759	925	552	695	832	962	1089	1331		
	70/55	240	302	360	415	466	563	311	392	468	541	610	742	447	562	670	774	875	1067		
	55/45	152	191	227	261	292	351	196	246	294	340	382	462	284	356	422	485	547	664		
	45/40	104	130	155	178	199	237	134	168	200	231	260	313	196	244	288	329	371	448		
500	75/65	373	469	559	644	725	877	483	608	726	840	949	1157	690	869	1040	1203	1362	1664		
	70/55	301	378	450	519	583	703	389	490	585	676	763	928	558	702	838	967	1093	1333		
	55/45	190	238	283	326	366	438	245	308	367	424	478	578	355	444	527	606	683	830		
	45/40	130	163	193	222	249	297	167	210	250	289	325	391	245	305	360	412	463	561		
600	75/65	447	562	670	773	870	1052	580	730	871	1007	1138	1388	827	1043	1247	1444	1634	1997		
	70/55	361	453	540	622	700	844	467	588	701	811	915	1113	670	842	1005	1160	1312	1600		
	55/45	228	286	340	391	439	526	294	370	441	509	573	694	426	533	633	727	820	996		
	45/40	156	195	232	267	298	356	200	252	300	347	390	469	294	366	432	494	556	673		
700	75/65	522	656	782	902	1015	1228	676	851	1016	1175	1328	1619	965	1217	1455	1684	1906	2330		
	70/55	421	529	630	726	816	985	545	686	818	946	1068	1299	782	983	1173	1354	1531	1867		
	55/45	266	334	397	457	512	614	343	431	514	594	669	809	497	622	738	848	957	1161		
	45/40	182	228	271	311	348	415	234	294	350	405	454	548	342	426	504	576	649	785		
800	75/65	596	750	894	1030	1160	1403	519	773	973	1162	1343	1518	1850	747	1103	1390	1663	1925	2178	2662
	70/55	481	604	720	830	933	1125	423	623	783	935	1081	1220	1484	608	893	1123	1340	1547	1749	2134
	55/45	304	381	453	522	585	701	273	392	493	588	679	764	925	391	569	711	844	969	1093	1327
	45/40	208	260	310	356	398	475	190	267	336	401	462	519	626	272	391	487	576	658	741	897
900	75/65	671	843	1005	1159	1305	1579	584	869	1094	1307	1511	1707	2082	841	1241	1564	1871	2165	2451	2995
	70/55	541	680	810	934	1050	1266	476	700	881	1052	1216	1373	1670	684	1005	1264	1508	1741	1968	2400
	55/45	342	429	510	587	658	789	308	441	554	661	764	860	1041	440	640	800	949	1090	1230	1493
	45/40	234	293	348	400	447	534	214	301	378	451	520	584	704	306	440	548	648	741	834	1009
1000	75/65	745	937	1117	1288	1450	1754	649	966	1216	1452	1679	1897	2313	934	1379	1738	2079	2406	2723	3328
	70/55	601	756	900	1037	1166	1407	529	778	979	1169	1351	1525	1855	760	1117	1404	1675	1934	2187	2667
	55/45	380	476	567	652	731	877	342	490	616	735	849	955	1156	489	711	889	1055	1211	1366	1659
	45/40	260	326	387	445	497	593	238	334	420	501	578	649	782	340	489	609	720	823	927	1121
1100	75/65	820	1031	1229	1417	1595	1929	714	1063	1338	1597	1847	2087	2544	1027	1517	1912	2287	2647	2995	3661
	70/55	661	831	990	1141	1283	1547	582	856	1077	1286	1487	1678	2041	836	1228	1544	1843	2128	2405	2934
	55/45	418	524	624	718	804	964	376	539	678	808	934	1051	1272	538	782	978	1160	1332	1503	1825
	45/40	286	358	426	489	547	652	262	367	462	551	636	714	861	374	538	670	792	905	1019	1233
1200	75/65	894	1124	1340	1546	1740	2105	779	1159	1459	1742	2015	2276	2776	1121	1655	2086	2495	2887	3268	3994
	70/55	721	907	1080	1245	1399	1688	635	934	1175	1403	1622	1830	2226	912	1340	1685	2010	2321	2624	3200
	55/45	456	572	680	783	877	1052	410	588	739	882	1019	1146	1387	587	853	1067	1266	1454	1640	1991
	45/40	312	391	464	534	597	712	286	401	504	601	694	779	939	408	587	731	864	988	1112	1345
1400	75/65	1043	1312	1564	1803	2030	2456	909	1352	1702	2033	2351	2656	3238	1308	1931	2433	2911	3368	3812	4659
	70/55	842	1058	1260	1452	1633	1969	741	1090	1371	1637	1892	2135	2597	1064	1564	1966	2346	2708	3061	3734
	55/45	532	667	794	913	1024	1227	478	686	862	1029	1188	1338	1619	685	995	1244	1477	1696	1913	2323
	45/40	364	456	542	623	696	830	333	468	588	701	809	909	1095	476	685	853	1008	1152	1297	1570
1600	75/65	1192	1499	1787	2061	2320	2806	1038	1546	1946	2323	2686	3035	3701	1494	2206	2781	3326	3850	4357	5325
	70/55	962	1209	1440	1660	1866	2251	847	1245	1567	1871	2162	2440	2968	1216	1787	2246	2681	3095	3499	4267
	55/45	607	762	907	1044	1170	1403	547	784	985	1176	1358	1529	1850	782	1137	1422	1688	1938	2186	2655
	45/40	416	521	619	711	795	949	381	535	672	801	925	1039	1252	543	783	975	1152	1317	1483	1794
1800	75/65	1341	1687	2011	2318	2610	3157	1168	1739	2189	2614	3022	3415	4163	1691	2482	3128	3742	4331	4901	5990
	70/55	1082	1360	1620	1867	2099	2532	953	1401	1763	2104	2433	2745	3339	1368	2010	2527	3016	3481	3936	4800
	55/45	683	858	1020	1174	1316	1578	615	882	1109	1323	1528	1720	2081	880	1279	1600	1899	2180	2460	2987
	45/40	467	586	696	800	895	1068	429	601	756	901	1041	1169	1408	611	881	1097	1296	1481	1668	2018
2000	75/65	1490	1874	2234	2576	2900	3508	1298	1932	2432	2904	3358	3794	4626	1868	2758	3476	4158	4812	5446	6656
	70/55	1202	1511	1800	2075	2332	2813	1058	1557	1959	2338	2703	3050	3710	1520	2234	2808	3351	3868	4373	5334
	55/45	759	953	1134	1305	1462	1753	683	980	1232	1470	1698	1911	2312	978	1421	1778	2110	2423	2733	3318
	45/40	519	651	774	889	994	1186	476	668	840	1001	1156	1299	1565	679	979	1218	1440	1646	1853	2242
2300	75/65		2569	2962	3335			1493	2222	2797	3340	3862	4363		2148	3172	3997	4782	5534	6263	
	70/55		2070	2386	2682			1217	1790	2253	2689	3108	3508		1748	2569	3229	3853	4448	5029	
	55/45		1304	1500	1682			786	1126	1417	1690	1952	2197		1125	1635	2044	2426	2786	3143	
	45/40		890	1023	1143			548	768	966	1152	1330	1493		781	1125	1401	1656	1893	2131	
2600	75/65		2904	3349	3770			1687	2512	3162	3775	4365	4932		2428	3585	4519	5405	6256	7080	
	70/55		2341	2697	3032			1376	2023	2546	3040	3514	3965		1977	2904	3651	4356	5029	5685	
	55/45		1474	1696	1901			888	1273	1601	1910	2207	2484		1271	1848	2311	2743	3149	3553	
	45/40		1006	1156	1293			619	869	1092	1302	1503	1688		883	1272	1584	1872	2140	2410	
3000	75/65		3351	3864	4350			1947	2898	3648	4356	5037	5691		2802	4137	5214	6237	7218	8169	
	70/55		2701	3112	3498			1588	2335	2938	3507	4054	4575		2281	3350	4212	5026	5802	6560	
	55/45		1701	1957	2193			1025	1469	1848	2204	2546	2866		1467	2132	2666	3165	3634	4099	
	45/40		1161	1334	1491			714	1002	1260	1502	1734	1948		1019	1468	1828	2160	2469	2780	

Desková otopná tělesa výšky 200 mm jsou dodávána pouze v provedení KLASIK.

## Nástěnná jednotka

Pro místnosti, kde nelze použít podhledy a není volná podlahová plocha

- › Plochý, stylový přední panel snadno splyne s jakýmkoliv interiérem a snadněji se čistí
- › Lze nainstalovat jak do nových budov, tak do budov k rekonstrukci
- › Jednotka třídy 15 navržena speciálně pro malé nebo dobře izolované místnosti, jako např. hotelové pokoje, malé kanceláře apod.
- › Snížená spotřeba energie díky speciálně vyvinutým DC motorům ventilátorů
- › Vzduch je komfortně směrován nahoru a dolů 5 různými směry výstupů, které lze programovat dálkovým ovládním
- › Údržbu jednotky lze snadno provádět z přední části jednotky



Cena na str. 148

Vnitřní jednotka		FXAQ	15P	20P	25P	32P	40P	50P	63P	
Chladicí výkon	Jmen.	kW	1,7	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	
Topný výkon	Jmen.	kW	1,9	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	
Příkon – 50 Hz	Chlazení	Jmen.	kW	0,017	0,019	0,028	0,030	0,020	0,033	0,050
	Vytápění	Jmen.	kW	0,025	0,029	0,034	0,035	0,020	0,039	0,060
Rozměry	Jednotka	Výška	mm				290			
		Šířka	mm	795					1 050	
		Hloubka	mm				238			
Hmotnost	Jednotka	kg	11					14		
Opláštění	Barva		Bílá (3,0Y8,5/0,5)							
Ventilátor – průtok vzduchu – 50 Hz	Chlazení	Vysoké/nízké	m <sup>3</sup> /min	7,0/4,5	7,5/4,5	8/5	8,5/5,5	12/9	15/12	19/14
	Vzduchový filtr	Typ		Omyvatelná pryskyřičná síť						
Hladina akustického výkonu	Chlazení	Vysoká/Jmen.	dB(A)	52,0/-	53,0/-	54,0/-	55,5/-	57,0/-	60,0/-	65,0/-
Hladina akustického tlaku	Chlazení	Vysoké/nízké	dB(A)	34,0/29,0	35,0/29,0	36,0/29,0	37,5/29,0	39,0/34,0	42,0/36,0	47,0/39,0
Chladivo	Typ			R-410A						
	Vliv na globální oteplování (GWP)			2 087,5						
Připojovací rozměry	Kapalina	Vnější průměr	mm				6,35			
	Plyn	Vnější průměr	mm				12,7		15,9	
	Odvod kondenzátu			VP13 (vnitřní průměr 13 / vnější průměr 18)						
Elektrické napájení	Počet fází / Frekvence / Napětí	Hz/V		1~/50/220-240						
Proud – 50 Hz	Max. proudová hodnota pojistky (MFA)	A		16						
Řídicí systémy	Infračervené dálkové ovládním			BRC7EB518						
	Kabelové dálkové ovládním			BRC1E52A/B / BRC1D52						
	Zjednodušené kabelové dálkové ovládním pro použití v hotelech			BRC2E52C (typ se zpětným získáváním tepla) / BRC3E52C (typ s tepelným čerpadlem)						

## Kompaktní tepelné čerpadlo VRV IV-S

### VRV s nejmenšími rozměry

- › Kompaktní a lehký design s jedním ventilátorem činí jednotku téměř nepostřehnutelnou
- › Pokrývá všechny požadavky budovy přes jedno kontaktní místo: přesné řízení teploty, větrání, vzduchotechnické jednotky a vzduchové clony Biddle
- › Široká škála vnitřních jednotek: lze buď připojit VRV nebo stylové vnitřní jednotky, jako např. Daikin Emura, Nexura...
- › Používá standardy a technologie VRV IV: variabilní teplota chladiva a kompresory plně osazené inventory
- › 3 kroky v tichém nočním režimu: krok 1: 47 dBA, krok 2: 44 dBA, krok 3: 41 dBA
- › Možnost omezení příkonu ve špičkách v rozsahu 30 až 80 %, např. během období s vysokou poptávkou po výkonu
- › Má všechny standardní funkce VRV



RXYSQ-TV1

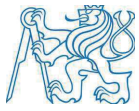
Cena na str. 163

Venkovní jednotka		RXYSQ	4TV1	5TV1	
Výkonová řada		HP	4	5	
Chladicí výkon	Jmen.	kW	12,1	14,0	
	Topný výkon	kW	12,1	14,0	
Příkon – 50 Hz	Max.	kW	14,2	16,0	
	Chlazení	Jmen.	kW	3,43	4,26
Vytápění	Jmen.	kW	3,18	3,91	
	Max.	kW	4,14	5,00	
EER		kW	3,53	3,29	
COP při jmenovitém výkonu		kW	3,81	3,58	
COP při maximálním výkonu		kW	3,43	3,20	
Maximální počet připojitelných vnitřních jednotek				64 (1)	
Vnitřní index připojení	Min.		50	62,5	
	Jmen.			-	
	Max.		130	162,5	
Rozměry	Jednotka	Výška x šířka x hloubka	mm	823x940x460	
Hmotnost	Jednotka		kg	94	
Ventilátor	Průtok vzduchu	Chlazení	Jmen.	m <sup>3</sup> /min	91
Hladina akustického výkonu	Chlazení	Jmen.		dBA	68
Hladina akustického tlaku	Chlazení	Jmen.		dBA	51
Provozní rozsah	Chlazení	Min.~Max.		°CST	-5~46
	Vytápění	Min.~Max.		°CMT	-20~15,5
Chladivo	Typ				R-410A
	Náplň			kg	3,7
				TCO <sub>2,eq</sub>	7,7
					2 087,5
Připojovací rozměry	Kapalina	Vnější průměr	mm		9,52
	Plyn	Vnější průměr	mm		15,9
	Celková délka potrubí	Systém	Skutečná	m	
Elektrické napájení	Počet fází / Frekvence / Napětí				1~/50/220-240
Proud – 50 Hz	Max. proudová hodnota pojistky (MFA)	A			32

(1) Skutečný počet jednotek závisí na typu vnitřních jednotek (vnitřní VRV DX, RA DX atd.) a omezení poměru propojení pro systém (bývá; 50 % ≤ CR ≤ 130 %).

(2) Obsahuje fluorované skleníkové plyny





## 12 Příloha 3 – výkresová dokumentace (samostatná složka)