



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

## STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA KONSTRUKCE

SURVEY AND DIAGNOSTICS OF BUILDING CONSTRUCTION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zdeněk Grygar

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Zdeněk Grygar
Název	Stavební průzkum a diagnostika konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

---

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu CŽV, VUT v Brně, 2010.

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.

Schmidt, P. s kol. Základy zkušebnictví. Brno, CERM, 2001.

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

Příslušné technické normy.

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.

Projektová dokumentace.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cíle práce – v teoretické části práce provést rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení diplomové práce. V rámci praktické části provést prvotní prohlídku hodnocené konstrukce, předběžné hodnocení stavu a sestavení plánu stavebně technického průzkumu. Provedení a vyhodnocení průzkumu konstrukce. Statický výpočet vybraných částí nosné konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je diagnostika a hodnocení existující konstrukce střediska volného času. V teoretické části je rozebrána problematika hodnocení konstrukcí dle ČSN ISO 13 822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, dále hodnocení existujících zděných konstrukcí. V závěru teoretické části je probráno stanovení pevnosti zdiva a malty v tlaku. Praktická část navazuje na teoretickou, kdy na konkrétní stavbě aplikuje diagnostické metody na základě předběžného a podrobného průzkumu a v závěru popisuje aktuální stav konstrukce s návrhem potřebných opatření k zajištění bezpečnosti. Výsledkem je také vypracování demonstračního statického posudku.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Diagnostika, hodnocení existujících konstrukcí, stavebně technický průzkum, zděná konstrukce, porucha, statický posudek

## **ABSTRACT**

The main goal of this diploma thesis is diagnostics and vocational training in assessment of existing structure of the center of leisure time for children. The theoretical part is focused on vocational training in assessment of existing structures by ČSN ISO 13 822 - Bases for design of structures - Assessment of existing structures and assesment of brick structures. The designing strength of masonry and mortar is defined in the end of theoretical part. The practical part continues with real construction, where diagnostic methods based on technical survey are applied and in the end describes present state of real construction with plan for required steps to secure safety. As a result of this thesis is also a demonstration static report.

## **KEYWORDS**

Diagnostics, vocational training in assessment of existing structures, construction condition survey, brick construction, breakdown, static report

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Zdeněk Grygar *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce*. Brno, 2018. 85 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Zdeněk Grygar  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Zdeněk Grygar  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D., mé oponentce Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. i doc. Ing. Pavlovi Schmidovi, Ph.D. za jejich vstřícný postoj a cenné rady nejen při tvorbě práce.

# Obsah

Úvod.....	11
Cíle práce.....	12
A. TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1. Stavebně technický průzkum .....	13
1.1 Výstup STP.....	14
2. Hodnocení existujících konstrukcí.....	16
2.1 Národní přílohy ČSN ISO 13 822.....	16
2.2 Přehled základních pojmů .....	17
2.3 Okolnosti vedoucí k hodnocení konstrukce.....	18
2.4 Hlediska při posuzování funkčních požadavků konstrukcí.....	19
2.5 Celkový postup hodnocení .....	20
3. Hodnocení zděných konstrukcí.....	25
3.1 Předběžný průzkum zděných konstrukcí .....	25
3.2 Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce.....	26
3.3 Pevnost v tlaku na tělesech vyrobených z jádrových vývrtů .....	27
3.4 Pevnost v tlaku zdících prvků zjištěná nedestruktivně .....	27
3.5 Stanovení pevnosti v tlaku malty .....	28
3.6 Charakteristická pevnost zdiva v tlaku.....	31
3.7 Návrhová pevnost zdiva v tlaku .....	31
B. PRAKTICKÁ ČÁST .....	33
4. Stavebně technický průzkum a diagnostika centra volného času Lužánky .....	33
4.1 Popis objektu .....	35
4.2 Prvotní prohlídka.....	37
4.3 Předběžné hodnocení .....	46
4.4 Plán dalšího průzkumu .....	51
4.5 Inženýrsko-geologické poměry .....	52
4.6 Vývrty do základové desky.....	58
4.7 Kopaná sonda.....	60
5. Statický výpočet.....	63
5.1 Materiálové charakteristiky .....	63
5.2 Geometrie .....	63
5.3 Zatížení .....	66

5.4 Vnitřní síly.....	67
5.5 Posudky .....	70
5.6 Poznámky ke statickému výpočtu .....	79
6. Závěr .....	80
7. Seznam použitých zdrojů.....	81

# Úvod

Důvodů, proč rekonstruovat je mnoho. Může se jednat buď o způsob využití objektu s návazností na změnu dispozice, či se jedná pouze o údržbu nebo statické zajištění budovy v důsledku zjištěných poruch. V každém takovémto případě je nutný průzkum a diagnostika daného objektu k určení jeho stávajícího stavu, čímž se toto odvětví stavebnictví stává nezastupitelným a stále více aktuálnějším.

S nezastavitelným pokrokem ve stavebnictví, ať už máme na mysli výrobu a používání nových materiálů, či inovované technologické postupy nebo stále důmyslnější typy konstrukcí, je zde otevřen nový prostor pro zlepšování diagnostických metod a průzkumů.

Problematiku diagnostiky a hodnocení objektů v České republice popisuje platná norma ČSN ISO 13822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí v souladu s dalšími předpisy a normami, které by měl každý zkušený odborník nejen znát, ale i respektovat, a to normy nejen aktuálně platné, ale i minulé, či budoucí.

## Cíle práce

Diplomovou práci lze rozdělit na dvě části a to část teoretickou, kde je podrobně popsána problematika hodnocení existujících konstrukcí a metodika stavebně technického průzkumu, přičemž v závěru teoretické části jsou rozebrány jednotlivé diagnostické metody k prozkoumání především zděných konstrukcí.

V části praktické bude proveden stavebně technický průzkum a komplexní diagnostika střediska volného času Lužánky v Lužáneckém parku, kde budou aplikovány metody a postupy zmíněny v teoretické části.

# A. TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Stavebně technický průzkum

Stavebně technický průzkum konstrukce (STP) se provádí za účelem odzkoušet a zhodnotit stav stavební konstrukce především ze statického hlediska. Průzkum se může týkat jak celé konstrukce, tak její části, ze které je konstrukce zhotovena [1].

Důležitým faktorem je po konzultacích s objednavatelem stavby, majitelem objektu a diagnostikem stanovení **účelu** hodnocení existující konstrukce z hlediska požadavků na její budoucí funkční způsobilost, která vychází z následujících funkčních úrovní:

- a) **Úroveň bezpečnosti konstrukce**, zaručující uživatelům konstrukce odpovídající bezpečnost
- b) **Úroveň trvale udržitelných funkčních vlastností**, která poskytuje nepřetržitou funkčnost pro speciální konstrukce (nemocnice a jiných významných budov či mostů v případě nepředvídatelných nebezpečí – zemětřesení, požár)
- c) **Požadavky objednatelů na speciální funkční vlastnosti**, které se týkají ochrany vlastnictví nebo použitelnosti. Úroveň těchto funkčních vlastností obvykle vychází z nákladů na dobu životnosti konstrukce, či speciálních funkčních požadavků [5]

Diagnostické postupy a práce se musí přizpůsobit konkrétnímu stavu a povaze objektu. Každá stavba vyžaduje specifický přístup ze strany způsobilých odborníků z oboru – zkoušení a diagnostika staveb.

STP je nejčastěji vyžadován v těchto případech:

- a) Nástavba nebo přístavba objektu
- b) Zjištění příčin a závažnost poruch objektu
- c) Rekonstrukce
- d) Změna vlastníka objektu
- e) Nová výstavba v těsném sousedství [2]

## 1.1 Výstup STP

Výstupem každého provedeného průzkumu je závěrečná zpráva, která vypovídá o stávajícím stavu konstrukce a může být zhotovena ve třech stupních:

- I. Předběžný STP pro potřeby zadávací studie, modernizace
- II. Podrobný STP pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace
- III. Speciální a doplňující STP pro doplnění podrobného a řešení změn úprav při zahájení stavebních prací [1], [3]

Výsledná zpráva by měla obsahovat tyto informace:

- Úvod se základními údaji o objektu a jeho konstrukci, rozsah a zaměření průzkumu včetně potřebných právních podkladů
- Zhodnocení vodorovných nosných konstrukcí ze statického hlediska a materiálů
- Zhodnocení svislých nosných konstrukcí
- Posouzení krovu a střešního pláště
- Zjištění a popsání vlhkostního režimu objektu
- Popis a zhodnocení stavu základových konstrukcí objektu
- Inženýrsko-geologické zhodnocení podzákladí objektu
- Závěrečné zhodnocení stavu objektu s doporučením k provedení sanačních prací dle zjištění na základě STP

- Doporučení na případné provedení doplňujícího průzkumu objektu nebo vybraných částí [1], [3]

Přesné postupy pro provádění STP popisuje norma ČSN ISO 13 822 (730038) Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, platná od ledna 2015.

## 2. Hodnocení existujících konstrukcí

Při hodnocení konstrukcí je nutno postupovat dle platných norem a předpisů, ať už se jedná o české normy ČSN, či evropské EN a ISO. V současnosti se zde vyskytuje snaha o sjednocení norem na mezinárodní (evropské) úrovni, což znamená zavádění novějších Eurokódů EN a ISO norem, které jsou však zároveň platné s normy ČSN. Dřívější norma pro hodnocení existujících konstrukcí (ČSN 73 0038) byla v lednu 2015 nahrazena dokumentem ČSN ISO 13 822 Zásady a navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Obecná metodika normy ČSN ISO 13 822 se od normy nahrazené v zásadě neliší, pouze zdůrazňuje, že pro hodnocení konstrukce je nejprve potřeba přihlížet danému účelu, pro který bude budova sloužit. Tato norma je tvořena dalšími šesti národními přílohami, které podrobně vysvětlují a doplňují vybrané články normy.

### 2.1 Národní přílohy ČSN ISO 13 822

- Příloha NA doplňuje vybrané pokyny ISO 13 822 a zabývá se obecnými, materiálově nezávislými otázkami hodnocení. Jsou zde vysvětleny termíny, které nejsou dosud v našich normách běžné (hodnocení, obnova, plán bezpečnostních opatření). Jsou zde uvedeny postupy, jak určit zatížení na konstrukci i skutečné materiálové vlastnosti
- Příloha NB se zabývá zkouškami existujících konstrukcí a materiálů. Poskytuje obecné zásady experimentálního ověřování a sděluje normativní předpisy pro zkoušení materiálů a konstrukcí
- Příloha NC poskytuje pokyny pro určení vlastností betonu, betonářské a předpínací výztuže existujících konstrukcí
- Příloha ND uvádí pokyny pro ocelové, litinové a spřažené ocelobetonové konstrukce
- Příloha NE poskytuje pokyny pro určení vlastností dřevěných a spřažených dřevobetonových konstrukcí

- Příloha NF obsahuje základní pokyny pro hodnocení vlastností existujících zdících prvků a malt včetně postupu pro určení pevnosti zdiva [4], [5], [6]

Modernizace norem jsou prováděny v souladu s platnou normou, nicméně znalost dřívějších norem a předpisů je v dnešní době téměř nutná, neboť nám poskytuje přínosné informace v případě, kdy je třeba zhodnotit objekt navržen dle již dnes neplatných norem. Pokud je stavba považována za památku, je potřeba projekt přestavby konzultovat s příslušným památkovým ústavem [4].

## 2.2 Přehled základních pojmů

Pojmy byly vyňaty z normy ČSN ISO 13 822, část 3 Termíny a definice.

- **Hodnocení** (assessment) je soubor činností prováděných za účelem ověření (posouzení) spolehlivosti existující konstrukce z hlediska jejího budoucího použití
- **Spolehlivost** (reliability) je vlastnost věci sloužit jejímu účelu, pro který byla zhotovena. Je jedním z důležitých znaků jakosti, zabývá se jí teorie spolehlivosti
- **Poškození** (damage) je nepříznivá změna stavu konstrukce, která může ovlivnit její funkční způsobilost
- **Vada konstrukce** (structural defect) je skrytý nedostatek konstrukce, způsobený nevhodným návrhem nebo provedením a nemusí vždy znamenat menší únosnost nebo použitelnost konstrukce
- **Degradace** (deterioration) je proces, který nepříznivě ovlivňuje funkční způsobilost, včetně spolehlivosti. Degradace může být způsobena přirozenými vlivy prostředí, cyklickým zatěžováním, únavou konstrukce nebo nesprávnou údržbou
- **Prohlídka** (inspection) je nedestruktivní šetření v místě stavby umožňující stanovit současný stav konstrukce

- **Průzkum** (investigation) je shromažďování a hodnocení informací získaných na základě prohlídky, přezkoumání dokumentace, zatěžovací zkoušky
- **Funkční způsobilost konstrukce** (structural performance) je kvalitativní a kvantitativní vyjádření chování konstrukce (např. únosnost, tuhost) ve smyslu bezpečnosti, či použitelnosti
- **Oprava** (repair) konstrukce je zlepšení stavu konstrukce obnovením či nahrazením existujících prvků, které byly poškozeny
- **Rekonstrukce** (reconstruction) je proces uvádějící objekt do původního stavu souhrnem konstrukčních a technologických úprav, které mají za následek změnu jejího účelu nebo technických parametrů
- **Údržba** (maintenance) jsou obvyklá opatření pro zachování odpovídající funkční způsobilosti konstrukce
- **Plán bezpečnostních opatření** (safety plan) je plán určující funkční požadavky, scénáře, které se uváží pro konstrukci, a veškerá současná a budoucí opatření umožňující zajistit bezpečnost konstrukce
- **Zbytková životnost** (remaining working life) je období, po které se za předpokladu plánované údržby očekává, že existující konstrukce bude provozuschopná [4], [5]

## 2.3 Okolnosti vedoucí k hodnocení konstrukce

- Očekávaná změna v užívání nebo požadované prodloužení životnosti
- Ověření spolehlivosti požadované úřady nebo vlastníkem
- Degradace konstrukce v důsledku dlouhodobého působení zatížení, či špatné údržby
- Poškození konstrukce od mimořádných zatížení (požár, povodně, zemětřesení)
- Je navrženo prodloužení životnosti existující konstrukce

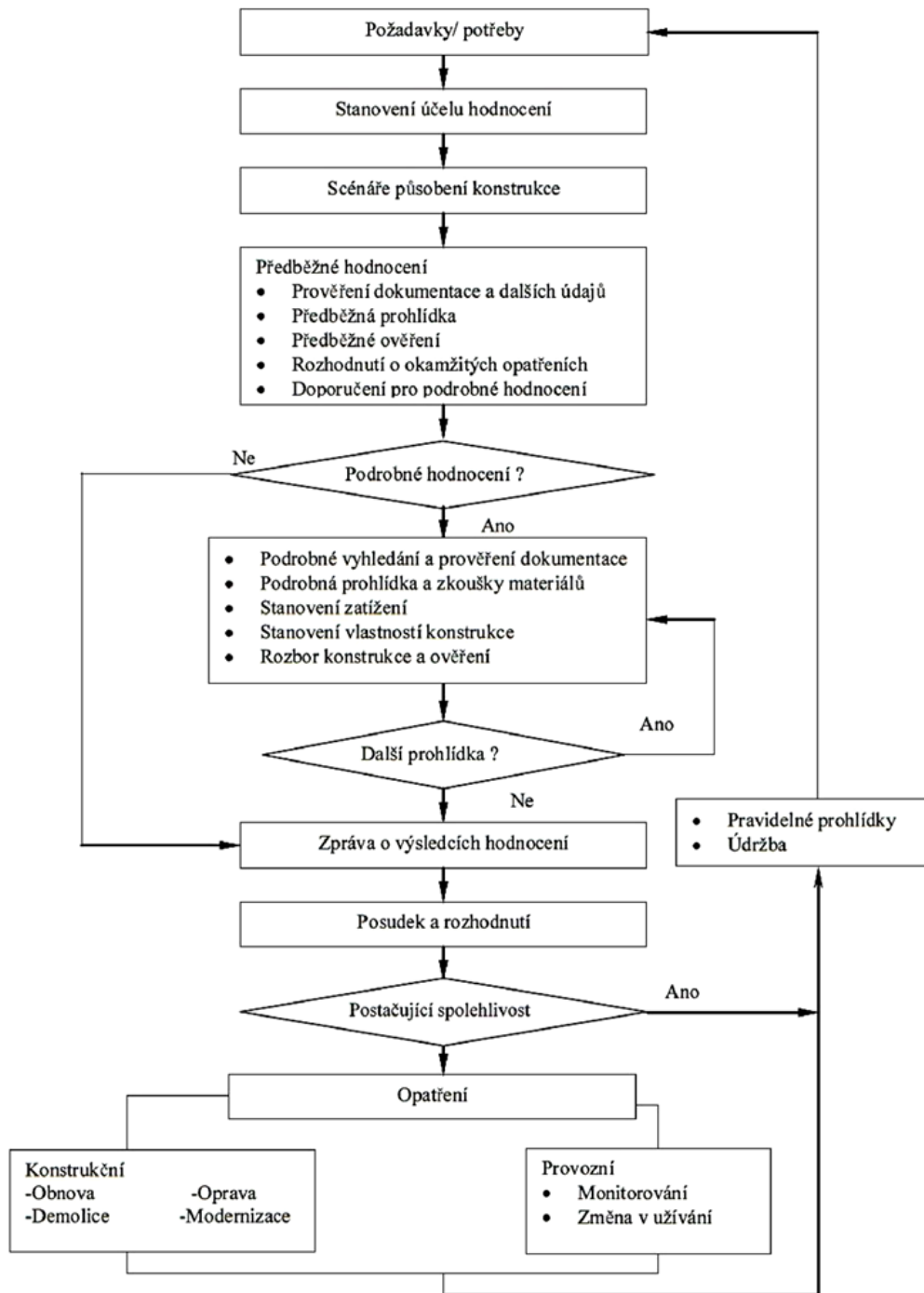
## 2.4 Hlediska při posuzování funkčních požadavků konstrukcí

Při hodnocení existujících konstrukcí je kladen důraz na bezpečnost a použitelnost. K těmto aspektům se přihlíží v zásadě stejně v případech existujících a nových konstrukcí, avšak z hlediska požadavků na spolehlivost je zde rozdílný přístup - viz Tabulka 1.

*Tab. 1: Rozdílná hlediska při posuzování funkčních požadavků konstrukcí [4]*

HLEDISKO	EXISTUJÍCÍ KONSTRUKCE	NOVÉ KONSTRUKCE
EKONOMICKÉ	Přírůstek nákladů na zvýšení spolehlivosti je zpravidla vysoký	Přírůstek nákladů vedoucí ke zvýšení spolehlivosti je zpravidla menší
SOCIÁLNÍ	Může být významné z důvodu omezení nebo vyloučení provozu a pro zachování kulturního dědictví	Obvykle méně významné než u existujících konstrukcí
UDRŽITELNOSTI	Do značné míry se využijí existující stavební materiály a sníží se stavební odpady	Zpravidla se použijí nové materiály

## 2.5 Celkový postup hodnocení



Obr. 1: Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí [5]

Na základě konzultací s objednatelem se stanoví **účel** hodnocení dané existující konstrukce s ohledem na budoucí funkční způsobilost. K identifikaci kritických možných situací se v plánu bezpečnostních opatření stanoví možné **scénáře** související se změnou konstrukčních podmínek nebo případné změny zatížení konstrukce. Určení možných scénářů je klíčové pro budoucí hodnocení konstrukce a návrh opatření, která zajistí bezpečnost a použitelnost konstrukce.

Studiem projektové dokumentace a provedením prvotní prohlídky získáme potřebné množství informací k zevrubnému hodnocení konstrukce, avšak tyto informace je dále potřeba zhodnotit jako aktuální a správné.

Při provádění **předběžné prohlídky** je cílem identifikace konstrukčního systému objektu a pomocí vizuální prohlídky, popřípadě za použití jednoduchých nástrojů, získat souhrn informací o viditelných deformacích, trhlinách a vlastnostech povrchů a materiálů. Výsledkem předběžné prohlídky je vyjádření kvalitativní zatřídění podle možného poškození:

- a) žádné
- b) menší
- c) mírné
- d) závažné
- e) destrukční
- f) neznámé

Účelem **předběžného ověření** je odhalení kritických nedostatků s ohledem na budoucí bezpečnost a použitelnost konstrukce. Na základě tohoto ověření se dále rozhodne o nutnosti dalšího průzkumu či ověření.

V případě, že předběžná prohlídka a předběžné ověření jasně poukazují na případný nebezpečný stav konstrukce, je nutno objednateli oznámit **rozhodnutí o okamžitých opatřeních** ke snížení nebezpečí s ohledem na bezpečnost veřejnosti. V takovéto situaci je potřeba určit kritické nedostatky a provést nezbytná opatření.

Pokud je konstrukce shledána spolehlivou v časovém horizontu jejího zbytku životnosti, avšak vyskytnou se nejistoty v zatíženích, účincích zatížení nebo ve vlastnostech konstrukce, je doporučeno provést **podrobné hodnocení**.

Vyskytne-li se pochybnost o shodě konstrukčních detailů, rozměrech prvků a vlastnostech materiálů s projektovou dokumentací, je nutno tyto skutečnosti zjistit v rámci **podrobné prohlídky**. Tato prohlídka může být prováděna pomocí zkušebních metod nedestruktivních, ale i destruktivních. Provádí se například časově závislý průzkum stavebních vad a poruch s následným zjišťováním jejich příčin. Dále měření existujících přetvoření při provozním zatížení nebo při zatěžovacích zkouškách. Výsledkem této prohlídky je souhrn aktualizovaných informací o příslušných parametrech, které ovlivňují vlastnosti konstrukce.

**Zatížení** se stanoví dle platných norem a předpisů s přihlédnutím k opatřením daným v plánu bezpečnostních opatření a plánu využití.

**Vlastnosti** konstrukce se stanovují zkouškami, není-li podrobná analýza konstrukce nebo samotná prohlídka dostatečně průkazná.

**Analýza konstrukce** se provádí v souladu s ISO 2394. Únosnost nosných prvků se stanoví dle účinků zatížení s přihlédnutím k degradaci konstrukce.

**Ověření konstrukce** se provádí za účelem zabezpečení směrné úrovně spolehlivosti. Ověřování musí vycházet z koncepce mezních stavů a lze jej provádět pomocí dílčích součinitelů nebo metodami teorie spolehlivosti. Alternativně lze vycházet z dřívější uspokojivé způsobilosti konstrukce.

**Výsledky hodnocení** je nutno uvést ve zprávě hodnocení, jejíž struktura je popsána v příloze G normy ČSN ISO 13 822.

Pokud se bezpečnost konstrukce prokáže jako nedostatečná, poté na základě výsledků hodnocení je nutno navrhnout **konstrukční opatření** obsahující opravy či modernizace v souladu s účelem hodnocení pro zbytkovou životnost konstrukce.

Při řízení rizik je možnost omezení zatížení, změna využívání konstrukce a především zavedení vhodného způsobu monitorování konstrukce během provozu a kontrolního režimu. [4], [5]

### 2.5.1 Hodnocení bezpečnosti dle ISO 13 822

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo pokud nebyly použity normy, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních postupů, lze považovat za bezpečné pro všechna zatížení vyjímaje mimořádných za těchto předpokladů:

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení nebo degradace
- posoudí se konstrukční systém včetně kritických detailů a jejich ověření z hlediska přenosu napětí
- konstrukce vykazuje uspokojivé chování v průběhu dostatečně dlouhého časového období, ve kterém došlo v důsledku užívání a účinků prostředí k výskytu nepříznivých zatížení
- odhad degradace, při kterém se uváží současný stav a plánovaná údržba, zajišťuje dostatečnou trvanlivost
- po dostatečně dlouhou dobu nejsou očekávána a nevyskytnou se změny, které by mohly významně zvýšit zatížení konstrukce nebo ovlivnit její trvanlivost [4], [5]

### 2.5.2 Hodnocení provozuschopnosti dle ISO 13 822

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo pokud nebyly použity normy, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních postupů, lze považovat za provozuschopné pro budoucí použití za těchto předpokladů:

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení nebo degradace

- konstrukce vykazuje uspokojivé chování v průběhu dostatečně dlouhého časového období s přihlédnutím k poškození, přetížení, degradaci, přetvoření a kmitání
- nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího užívání, které by mohly významně změnit zatížení včetně účinků prostředí na konstrukci nebo její části, a očekávaný proces degradace, stanovený s ohledem na současný stav a plánovanou údržbu, neohrožuje trvanlivost konstrukce [4], [5]

Součástí zprávy o výsledcích hodnocení existující konstrukce je návrh opatření, a to buď konstrukčních, nebo i provozních. Konstrukční opatření je možno navrhovat ve variantách obnova, oprava, modernizace nebo demolice. Podrobnější popis doporučeného konstrukčního opatření je součástí zprávy o výsledcích hodnocení existující konstrukce, avšak projektová dokumentace konstrukčního opatření nemusí být zhotovena přímo zpracovatelem této zprávy, neboť je předmětem dalšího stupně dokumentace.

Provozní opatření je možno navrhovat jako další monitorování existující konstrukce nebo jako požadavky na změnu (snížení) provozních zatížení, například ve změně užívání objektu.

Zpráva o výsledcích hodnocení existující konstrukce slouží jako podklad pro rozhodnutí objednatele o dalším postupu. Pokud objednatel neprovede příslušné kroky pro zajištění bezpečnosti konstrukce a veřejnosti, může mít zpracovatel hodnocení existující konstrukce povinnost o skutečnosti informovat příslušné úřady. [4], [5], [7], [8], [9]

## 3. Hodnocení zděných konstrukcí

### 3.1 Předběžný průzkum zděných konstrukcí

Při hodnocení zděných konstrukcí je důležitá identifikace trhlin ve zdivu a zjištění jejich příčin. Výskyt trhlin na zděných konstrukcích vypovídá o zhoršení statické funkce a snížení spolehlivosti konstrukce. Viditelné poruchy se dokumentují v rámci předběžného průzkumu a rozlišují se na statické a nestatické.

Statické poruchy jsou většinou způsobeny statickým zatížením, případně i s jeho dynamickou složkou. Tyto poruchy se projevují deformacemi, trhlinami, drcením a místním poškozením.

Nestatické poruchy jsou způsobeny vlivem prostředí, což je možno přiřadit zvýšené vlhkosti, vlivu teploty, nebo chemickým a biologickým vlivům.

Trhliny ve zděných konstrukcích je možno rozdělit podle následujících kritérií:

- příčina vzniku trhliny
- stav přetvoření zděné konstrukce
- poloha trhliny vzhledem k prkům zdiva
- průběh trhliny (přímá, zalomená, svislá, vodorovná, šikmá)
- šířka a délka trhliny
- druh zdiva a konstrukce

Důležitým faktorem také je, zda jsou trhliny způsobeny tahovým, či tlakovým namáháním, nebo se jedná o trhliny smykové. Velmi často mohou být trhliny zapříčiněny vlivem teploty a objemových změn, nebo vlhkým prostředím.

Vizuální prohlídkou nebo pomocí jednoduchých nástrojů se zjišťují fyzikální a mechanické vlastnosti zdiva z povrchových vlastností, a to především pevnost zdiva, která převážně závisí na níže vyjmenovaném:

- pevnost cihel v tlaku a tahu, rozměrech cihel

- pevnost malty v tlaku a tahu
- konzistence použité malty a nasákavost cihel
- použitá vazba cihel ve zdivu

### 3.2 Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce

Dle ČSN EN 772-1 se pevnost zdících prvků určuje jako průměrná hodnota daného počtu vzorků celých zdících prvků. Odebírání zkušebních vzorků je popsáno v ČSN-EN 771, přičemž je nutné odebrat minimálně 6 prvků z nejrůznějších částí konstrukce tak, aby bylo dosaženo co nejlepšího popisu objektu. Pokud mají zdící prvky velké rozměry, vyřezávají se z nich reprezentativní vzorky určitých rozměrů. Pevnost v tlaku uvažovaná při návrhu je normalizovaná pevnost v tlaku  $f_b$ . Tato pevnost se určí přepočtem pevnosti zdících prvků na pevnost ve stavu v přirozené vlhkosti (4-8%) a následně se vynásobí součinitelem vlivu výšky a šířky zdících prvků  $\delta$  dle tabulky 1 [10,11].

Tab. 2: Součinitel tvaru  $\delta$  vyjadřující vliv rozměrů zkušebního vzorku

VÝŠKA	ŠÍŘKA [mm]				
[mm]	50	100	150	200	>250
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
>250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

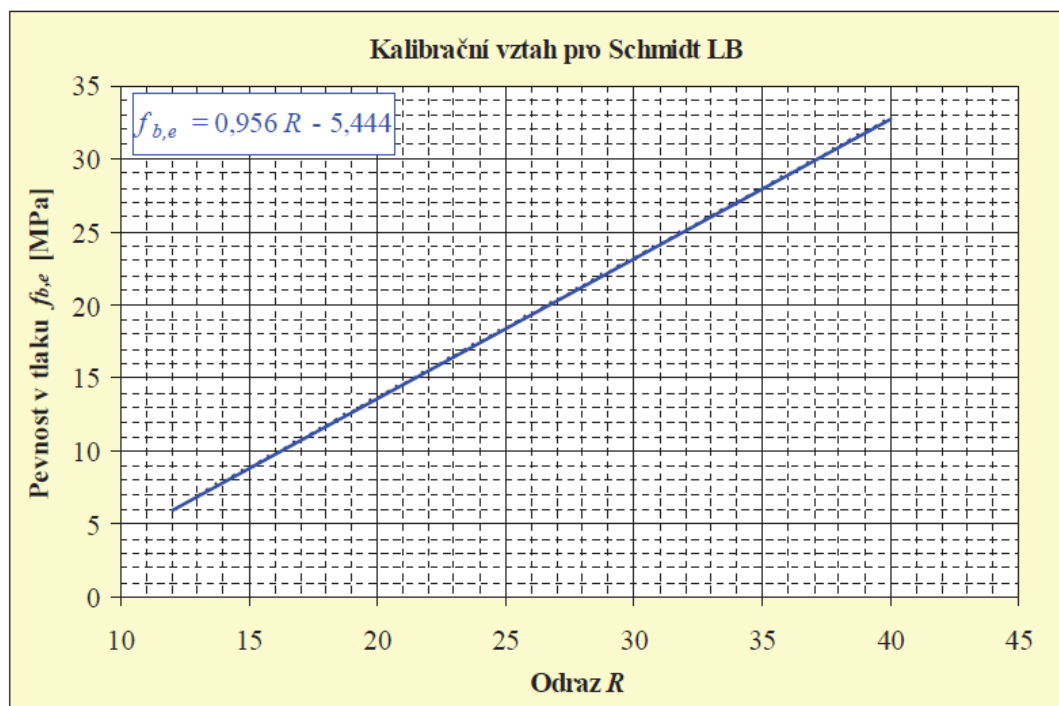
Zkouška je velice jednoduchá a spočívá v rovnoměrném plynulém zatížení vzorku, jenž je dostředně uložen na desku lisu. Vzorek se zatěžuje až do porušení, kdy se zaznamená naměřený tlak. [10]

### 3.3 Pevnost v tlaku na tělesech vyrobených z jádrových vývrtů

V případě, že je obtížné z konstrukce odebrat celé vzorky zdících prvků, lze využít jádrových vývrtů. Vývrty jsou válcová zkušební tělesa získány z konstrukce pomocí vodou chlazených jádrových vrtáků na konci opatřených diamantovou korunkou. V praxi se používají vývrty o průměru 50 mm a 75 mm. Umístění vrtu je často vodorovné, nejlépe do vazáku na celou délku cihly. Velkou nevýhodou při zjišťování pevnosti je, že pevnost ve vodorovném směru získaná z jádrových vývrtů, není pevnost, která skutečně odolává zatížení v daném (nejčastěji svislém) směru. Další skutečností může být, že již při odebrání vývrtu se těleso rozpadne ještě před vyjmutím z konstrukce. V takovémto případě je možno místo odebrání vývrtu změnit, nebo z již rozpadlých částí vrtu nařezat zkušební tělesa k otestování v hydraulickém lisu. [12]

### 3.4 Pevnost v tlaku zdících prvků zjištěná nedestruktivně

Při nedestruktivním zjišťování pevnosti v tlaku cihel je využíváno odrazového tvrdoměru **Schmidt LB**. Pro cihly bylo vytvořeno několik kalibračních vztahů. Provedení a vyhodnocení zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB se prakticky neliší od postupu měření tvrdoměrem Schmidt L, jen kalibrační vztahy jsou jiné. Na obroušeném povrchu cihly se provede minimálně 7, ideálně však 10 měření odrazu a každé této hodnotě se přiřadí hodnota pevnosti v tlaku  $f_{b,e}$  podle kalibračního vztahu. Hodnota jednotlivých platných pevností se nesmí lišit od aritmetického průměru o více než 20% na stejném zkušebním místě. Hodnoty pevností, které tento požadavek nesplňují, se vyloučí a ze zbývajících (minimálně 7) měření se vypočítá nový aritmetický průměr [10], [12].



Obr. 2: Kalibrační vztah pro Schmidt LB [3]

### 3.5 Stanovení pevnosti v tlaku malty

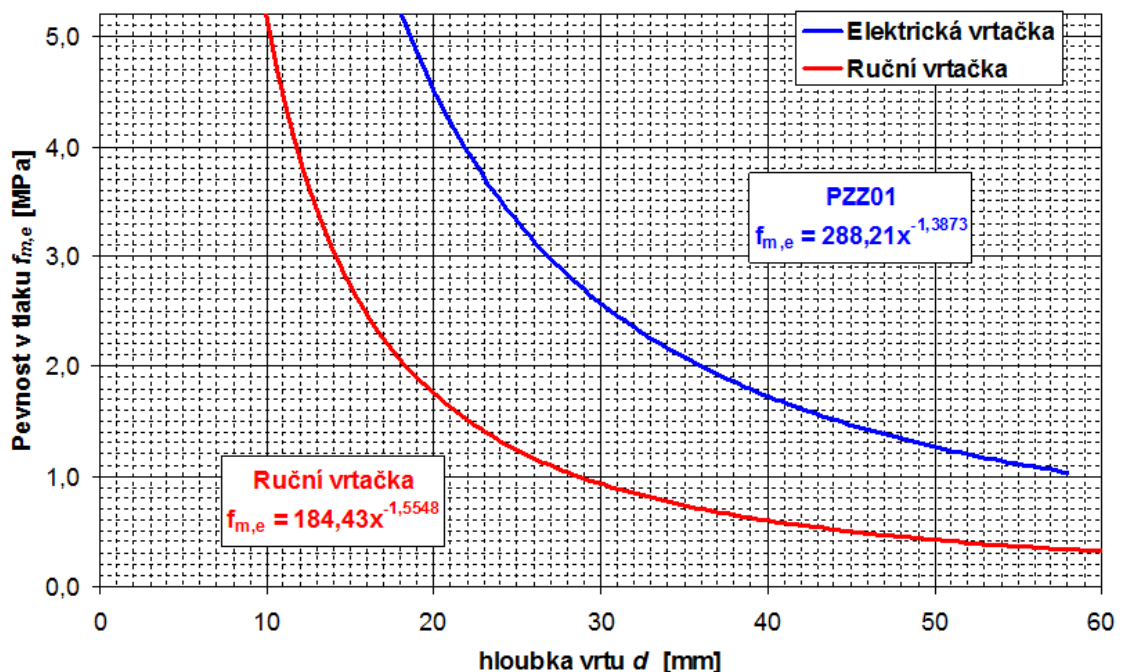
Dnes je v praxi využíváno hned několika způsobů zjišťování pevnosti v tlaku malty. Tím nejčastějším je stanovení pevnosti pomocí upravené ruční vrtačky, tzv. **Kučerova vrtačka**. Ta byla vyvinuta v pražském zkušebním ústavu (TZÚS). Metoda je založena na vzájemném vztahu pevnosti malty a odporu malty proti vnikání vrtáku při příklepovém vrtání při daných podmínkách. Oproti běžné vrtačce má navíc příklep, počítadlo otáček a tlačnou pružinu v opěrce o předepsané tuhosti, díky níž je vyvíjen předepsaný přítlak. Hloubka vrtu o průměru 8 mm udává odpor malty [12]. I přes poměrně fyzicky namáhavé provádění metody se stala Kučerova vrtačka velice oblíbenou, nicméně TZÚS Praha vyvinul další, nový typ vrtačky, tentokrát však na elektrický pohon, nesoucí označení **PZZ 01**. Obsluha této vrtačky je značně jednodušší. V přední části vrtačky se nastaví stupeň předpokládané pevnosti malty dle zkušebního přepisu. Tímto se automaticky nastaví příslušný počet otáček vrtáku, po jejichž provedení se vrtačka vypne. Stanovený přítlak je dán

tlakem pružiny, jehož interval je mechanicky aretován. Dále byl zmenšen průměr vrtáku na 6 mm, díky čemuž se dosáhlo lepší použitelnosti vrtačky v užších spárách [12].

Dalším přístrojem, který lze využít ke stanovení pevnosti v tlaku malty je tvrdoměr **Schmidt PM**. Skládá se z půlkruhové dráhy, po které se pohybuje beran s razníkem o průměru 8 mm. Po dopadu lze na stupnici odečíst hodnotu odrazu, která je závislá na pevnosti malty. Tého metody je využíváno spíše na nových konstrukcích.

V případě dostatečně velké tloušťky spár a dostatečně pevné malty lze pro stanovení její pevnosti v tlaku použít tělesa (i menších rozměrů, např. 25x25x25 mm) vyrobená ze spár s pomocí jádrových vývrtů.

Kalibrační vztahy jsou vytvořeny výrobcem vrtaček pro různé vstupní podmínky, mezi nimiž vystupují zejména typ přítlaku, průměr vrtáku a způsob vyvození otáček. Nejsou tedy vzájemně porovnatelné, protože respektují různost obou typů vrtaček. Tyto kalibrační vztahy jsou uvedeny na obr. 3



Obr. 3: Kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty [3]

### 3.5.1 Vyhodnocení zkoušky pevnosti malty ruční vrtačkou

Ze tří platných měření na jednom zkušebním místě se vypočte aritmetický průměr hloubky vrtů  $d_m$  se zaokrouhlením na 1 mm. Informativní hodnota pevnosti malty  $f_{m,e}$  se stanoví v závislosti na zjištěné průměrné hloubce vrtu  $d_m$  z obecného kalibračního vztahu pro daný typ přístroje.

Pevnost získaná zkouškou jednoho zkušebního místa se považuje za ekvivalentní hodnotě pevnosti malty získané zkoušením jednoho zkušebního tělesa. Z výsledků všech zkoušek na konstrukci se určí výběrový průměr pevnosti malty  $f_m$ .

Pevnost malty v tlaku  $f_m$  se stanoví podle:

$$f_m = m_x - t_n * s_x$$

$m_x$  výběrový průměr pevnosti v tlaku malty, stanovený ze všech měření;

$s_x$  výběrová směrodatná odchylka;

$t_n$  součinitel dle tabulky 3 [13]

Tab. 3: Hodnoty součinitele  $t_n$  [13]

Počet vzorků n	6	8	10	12	15	20	25	30	50	100
$t_n$	0,60	0,50	0,44	0,39	0,35	0,30	0,26	0,24	0,18	0,13

### 3.6 Charakteristická pevnost zdiva v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku se podle ČSN ISO 13822 určí z pevnosti zdících prvků a z pevnosti malty dle následujícího vztahu:

$$f_k = K \cdot f_b^a \cdot f_m^\beta$$

- $f_k$  charakteristická pevnost zdiva v tlaku s vyplněnými ložnými spárami [N/mm<sup>2</sup>]
- $K$  konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků, pro nejčastější uspořádání prvků z plných pálených cihel klasického formátu průměrné pevnosti a obyčejné malty se střídáním běhounů a vazáků ve vazbě zdiva se uvažuje  $K=0,55$
- $f_b$  normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdících prvků [N/mm<sup>2</sup>]
- $f_m$  průměrná pevnost malty v tlaku [N/mm<sup>2</sup>], uvažuje se menší z hodnot  $2f_b$  nebo 20 MPa
- $a$  exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty,  $a=0,7$  pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou
- $\beta$  exponent závislý na druhu malty,  $\beta=0,3$  pro obyčejnou maltu,  $\beta=0$  pro lehkou maltu a maltu pro tenké spáry

### 3.7 Návrhová pevnost zdiva v tlaku

Při hodnocení zdiva a tedy určení návrhové pevnosti v tlaku  $f_d$  dle ČSN ISO 13822 se vypočítá jako podíl charakteristické pevnosti v tlaku  $f_k$  a dílčího součinitele zdiva  $\gamma_m$ , který se určí podle vztahu:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4}$$

- $\gamma_{m1}$  základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, která se pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu rovná 2,0
- $\gamma_{m2}$  součinitel vlivu pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou

( $0,85 < \gamma_{m2} < 1,2$ ); dobrá vazba 0,85; průměrná vazba 1,0; špatná vazba 1,2

$\gamma_{m3}$  součinitel vlivu zvýšené vlhkosti; pro vlhkost zdiva v intervalu od 4% do 20% se určí interpolací mezi hodnotami  $1,0 < \gamma_{m3} < 1,25$

$\gamma_{m4}$  součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu  $1,0 < \gamma_{m4} < 1,4$  (dolní mez platí pro zdivo bez trhlin)

[5]

## B. PRAKTICKÁ ČÁST

### 4. Stavebně technický průzkum a diagnostika centra volného času Lužánky

Hodnoceným objektem pro praktickou část této diplomové práce byla vybrána budova střediska volného času Lužánky. Ta již v minulosti vykazovala mírné známky poškození, především v nepodsklepené části objektu. V poslední době se však stav konstrukce značně zhoršil a majitel objektu (město Brno) má starost o bezpečí návštěvníků centra a přeje si objekt zajistit. Posouzení stavebně technického stavu bylo vytvořeno jako podklad k tomuto účelu.



*Obr. 4: Hlavní budova centra volného času Lužánky*



*Obr. 5: Pohled na hlavní vstup bývalého domu pionýrů*

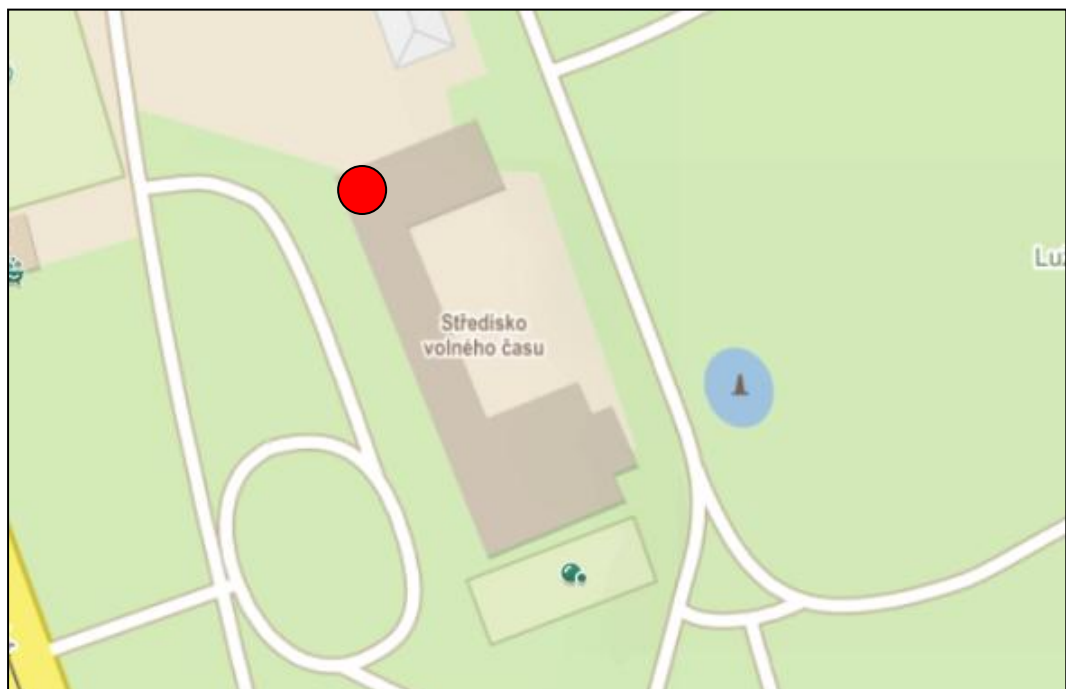


*Obr. 6: Pohled zvenčí na porušenou část objektu s odtrhávajícím se arkýřem*



navazuje další křídlo, které je provozně propojeno, avšak konstrukčně nikoli. Půdorysné rozměry jsou přibližně 30 x 16 m a je z části podsklepeno. Konstrukčně se jedná o podélný dvoutrakt, dispozičně je nadzemní část uspořádána jako trojtrakt s chodbou uprostřed. V přízemí, v nepodsklepené části tohoto křídla je vyložen 10,5 m široký oblý konvexní arkýř. Objekt byl podle výkresové dokumentace vybudován na základových pasech 2 metry hluboko od přiléhajícího terénu a byl vyzděn převážně z cihel plných pálených, místy však je možno nalézt i duté tvarovky. Krov nad nejvíce porušenou částí, tedy severním křídlem, je sestaven ze sbíjených vazníků, kde horní pás je ve sklonu odhadem 10 stupňů, kdežto nad částí spojující obě hlavní budovy krov tvoří dle výkresové dokumentace hambálková soustava se sklonem kolem 10 stupňů. Obě střechy jsou sedlové.

Půdorys objektu je tvaru „U“. Konstrukční systém je stěnový. Celé severní křídlo i spojující část jsou ztuženy železobetonovým věncem. Světlá výška je dle výkresové dokumentace 4,4 metry.



Obr. 8: Místo výskytu poruch [22]

## 4.2 Prvotní prohlídka

Během prvotní prohlídky je nutno vytvořit si ucelenou představu, jak se konstrukce pohybuje a jak reaguje na vnější vlivy a zatížení. V tomto směru je potřeba si uvědomovat souvislosti a postupovat systematicky.

V rámci prohlídky byla věnována velká pozornost zjevným statickým trhlinám, které se hojně vyskytují v severním nepodsklepeném křídle objektu. Už při příjezdu k čelní fasádě objektu bylo patrné, že zemina před porušenou částí prosedá. Při prohlídce bylo pořízeno mnoho fotografií, zachycujících četné trhliny a posunutí některých nosných prvků objektu.



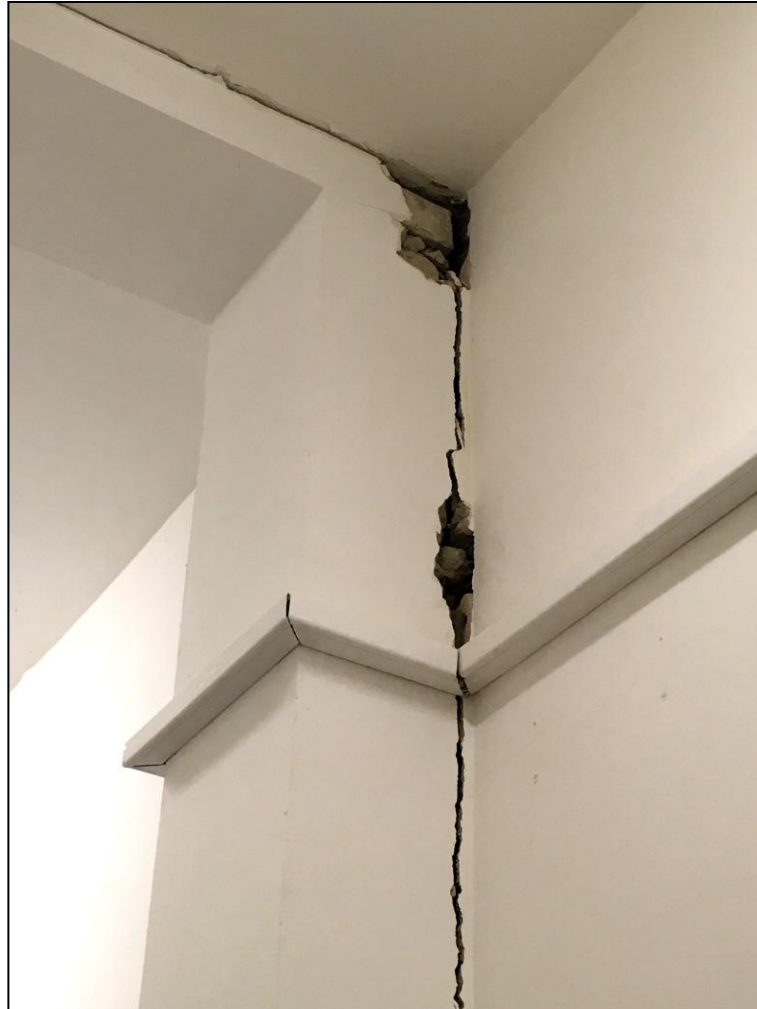
*Obr. 9: Pohled na prosedající zeminu – čelo objektu [23]*



*Obr. 10: Odkloněná a porušená skříňka HUP [23]*



*Obr. 11: Odtržený arkýř*



*Obr. 12: Odtržený ztužující pilíř*



*Obr. 13: Sekaná sonda na pomezí pilíře a stropu [23]*



*Obr. 14: Trhlina ve zdivu na hranici částí podsklepenou/nepodsklepenou*



*Obr. 15: Velikost trhliny dosahuje místy až 20 mm [23]*



*Obr. 16: Porušený železobetonový věnec – šířka trhliny je až 25 mm [23]*



*Obr. 17: Pohled na konstrukci krovu [23]*



*Obr. 18: Sekaná sonda v interiéru na obvodovém zdivu [23]*



*Obr. 19: Trhlina probíhající u nadokenního překlady*



*Obr. 20: Pohled na část poškozeného křídla*

Z obr. 20 je patrná závažnost porušení severní části. Velikost štíhlosti příčky není adekvátní vůči jejímu zatížení. Příčka je u stropu zatížena překladem spojujícím (ztužujícím) onu příčku s pilířem, který se však, jako celá část objektu, strhává a tím nutí příčku vybočit. Ke zhroucení dále přispívá fakt, že z důvodu sedání se střed příčky propadá, což lze usoudit z šířících se trhlin od dveřních otvorů směrem ke středu pod úhlem 45 stupňů.



*Obr. 21, 22: Pohledy na rozsáhlé trhliny v oblasti arkýře*





Obr. 23: Trhlinou porušený ŽB věnec – šířka trhliny je odhadem 10 mm



Obr. 24: Odtrhávající se arkýř od obvodového zdiva – šířka trhliny je až 40 mm

### 4.3 Předběžné hodnocení

Při prvotní prohlídce objektu byly nalezeny četné statické i estetické trhliny jak v obvodovém a nosném zdivu (obr. 10, 13, 19) tak i v příčkách (obr. 20). Dále trhliny v železobetonovém věnci (obr. 16, 23), ale především velmi významné statické trhliny v nepodsklepené části, kde lze skrze odtrhávající se arkýř od obvodového zdiva vidět ven (obr. 21, 22, 24). Byl nalezen také ztužující pilíř, který z důvodu neprovázanosti s nosnou stěnou a vlivem deformací již zcela ztratil svou funkci (obr. 12, 13). Z výše uvedených fotografií a předběžné prohlídky je patrné, že došlo k poklesu vnitřní části nepodsklepeného přístavku, protože okraje přístavku vykazují nižší hodnotu sednutí podloží než poškozená mezilehlá část (obr. 25). [15], [16], [17]



Obr. 25: Porušená příčka trhlinou mezi dvěma dveřními otvory

Na obr. 10 je zachycena skříňka HUP, která se odklání od obvodového pláště a sama nese trhliny. Dle zaměstnanců objektu byla skříňka vybudována tak, že byla přímo přiražena k obvodovému plášti, což potvrzuje teorii jejího odklonění. To je s velkou pravděpodobností zapříčiněno deformací podloží vlivem vlhkostních změn při atmosférických srážkách. V sedající části, kde se právě nachází skříň HUP je energokanál, do něhož při deštích vtéká srážková voda, která přímo zvyšuje vlhkost v této oblasti. V okolí se navíc vyskytuje terénní deprese, což pro tuto nemalou oblast představuje nejnižší bod, kam je sváděna veškerá nevsákuví voda z dešťů, která dále pokračuje do již zmíněného energokanálu. [15], [16], [17]

Z obr. 17 je patrné, že konstrukce krovu je v dobrém technickém stavu a nejeví žádné významné deformace. Vlhkost smrkového dřeva nebyla stanovena zkouškami, nicméně do objektu nijak nezatéká, tudíž dřevo není navlhlé, ani poškozené dřevokaznými škůdci. Jeho třída byla dle normy ČSN ISO 13822 stanovena na C24.

Další, velice důležitou skutečností je, že sloupy v podsklepené oblasti nesou známky trhlin (obr. 26). Ty se vyskytují u paty a hlavy na druhé straně sloupu směrem od nepodsklepené části. Z toho lze usoudit, že sloupy jsou již nějakou dobu namáhány ohybem, což lze přisoudit funkci železobetonového věnce, kterým je konstrukce ztužena. Příčinou těchto trhlin je naklánění nepodsklepené části, kdy kvůli svázání věncem objekt dále strhává jinak vesměs nepoškozenou část, což může vést až ke zřícení obou těchto částí.



*Obr. 26: Ohybem namáhaný sloup*



*Obr. 27: Trhlina u paty sloupu*

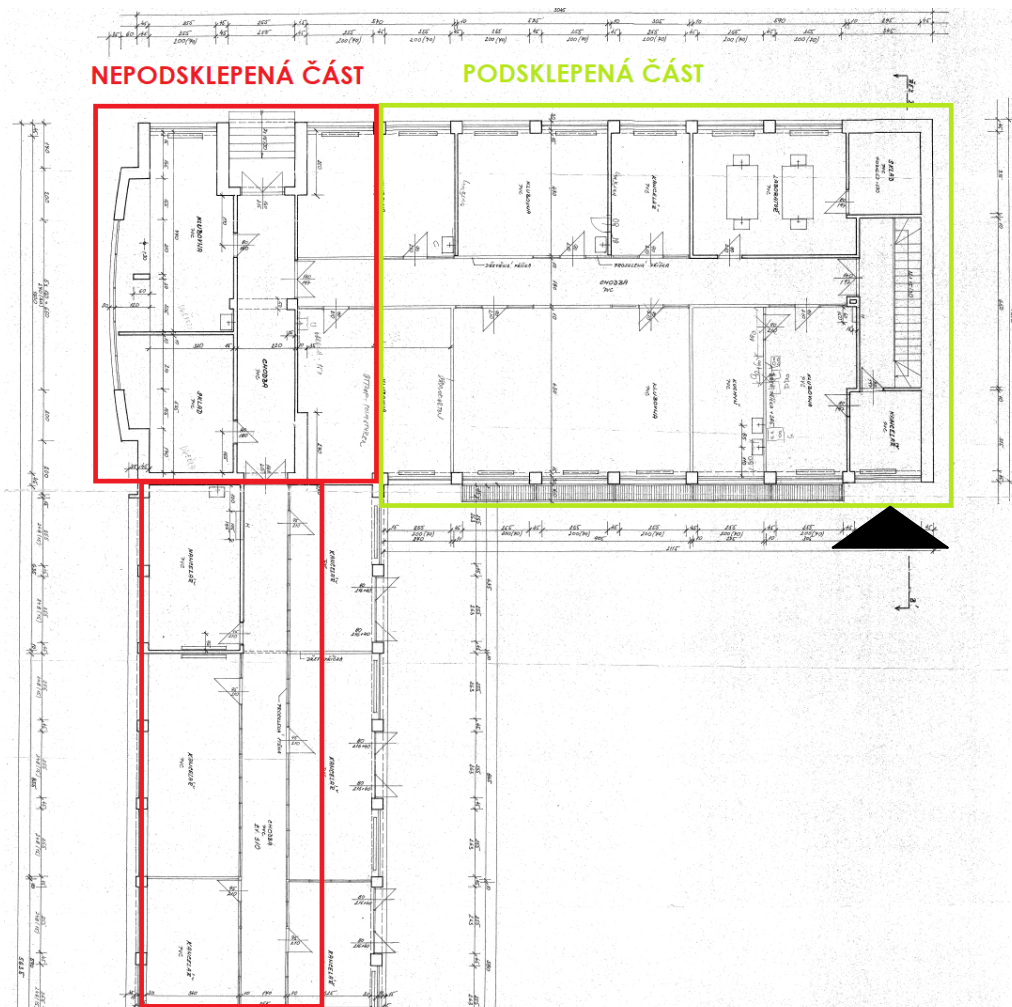


*Obr. 28: Trhlina u hlavy sloupu*



*Obr. 29: Trhlina u hlavy sloupu v obvodovém plášti v nepodsklepené části*





*Obr. 31: Zobrazení podsklepené a nepodsklepené části objektu s umístěním náhradního vstupu ze zadní části severního traktu*

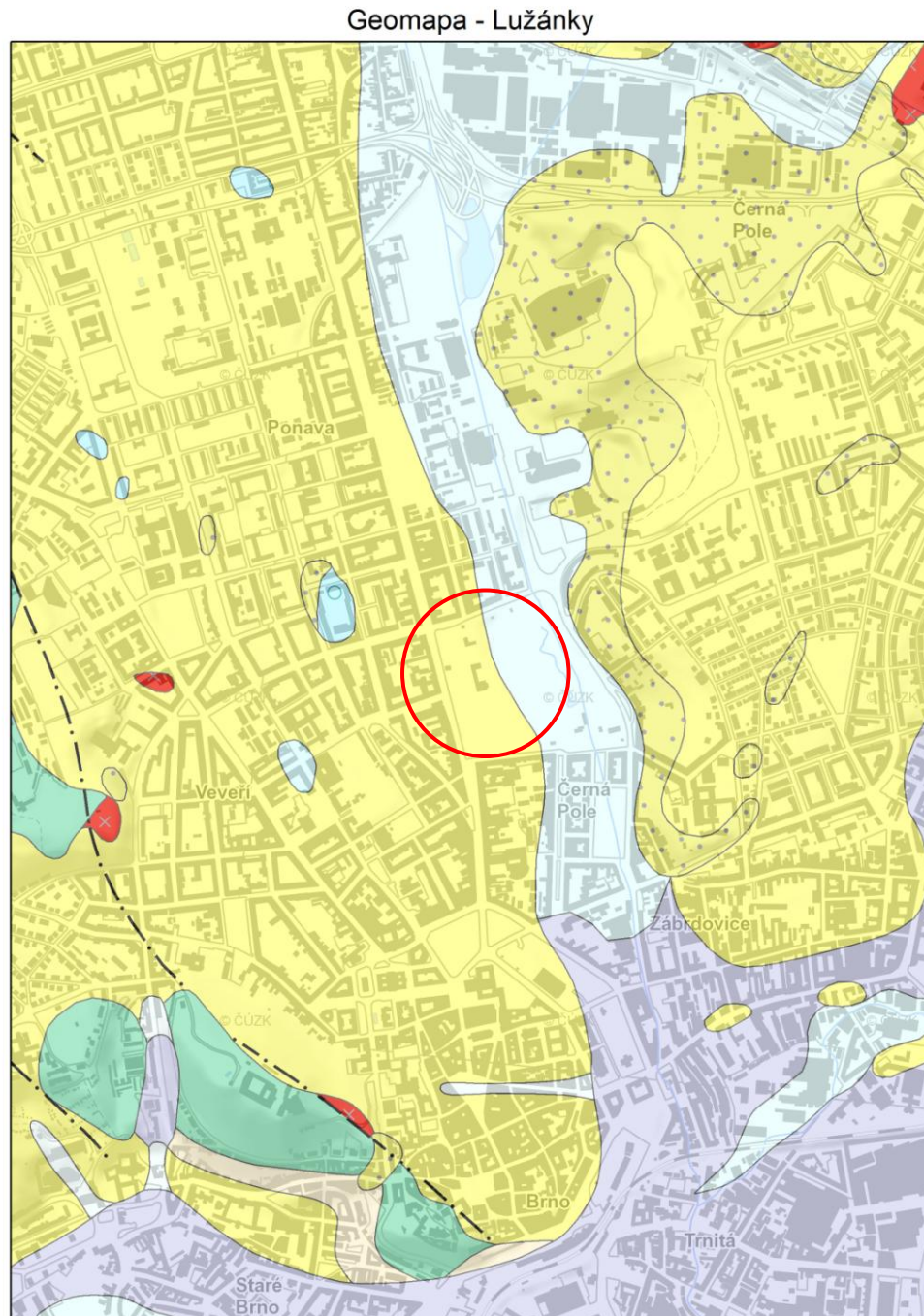
Na základě prvotní prohlídky vzhledem k nalezeným velmi závažným statickým poruchám s přihlédnutím k dostupným údajům a k předběžnému hodnocení bylo doporučeno poškozenou část uzavřít veřejnosti. Pro zachování provozu centra byl vypracován návrh pro zřízení nového vstupu do objektu ze zadní části severního traktu (obr. 31).

## 4.4 Plán dalšího průzkumu

Vzhledem k výše zmíněným informacím a okolnostem bylo doporučeno:

- provést kopanou sondu u nepodsklepené části porušeného objektu, která ověří hloubku i stav základové půdy s následným inženýrsko-geologickým posouzením geologa
- minimálně na dvou různých místech v oblasti propadající se příčky provést vývrty do konstrukce podlahy pomocí jádrové vrtačky ke zjištění stavu založení nebo podloží z důvodu zjištění zhutnění násypu pod konstrukcí
- důkladněji prozkoumat objekt v širším pojetí k odhalení dosud nenalezených nedostatků a poruch, zjištění skutečného stavu střešní konstrukce

## 4.5 Inženýrsko-geologické poměry



Obr. 32: Geologická mapa řešené oblasti M 1:15 000 [24]

# Geologická mapa 1 : 50 000

**Tektonické linie GeoČR50**

- zlom zjištěný
- - - zlom předpokládaný
- · - zlom zakrytý

**Hranice homín GeoČR50**

- hranice zjištěná

**Horniny GeoČR50**

**kvartér**

**KENOZOIKUM**

**KVARTÉR**

- 1 navážka, halda, výsypka, odval
- 6 nivní sediment
- 7 smíšený sediment
- 12 písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment
- 13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
- 16 spraš a sprašová hlína
- 24 písek, štěrk

**kvartér - terciér**

**KENOZOIKUM**

**NEOGÉN-KVARTÉR**

- 49 písek, štěrk

**jura**

**jura v Moravském krasu a v okolí Brna**

**MEZOZOIKUM**

**JURA**

- 321 vápenc

**moravskoslezská oblast**

**moravskoslezské paleozoikum**

**PALEOZOIKUM**

**DEVON**

- 519 arkózy, slepenece

**brunovistulikum**

**PROTEROZOIKUM**

**NEOPROTEROZOIKUM**

- 1086 kataklazovaný leukokrání až biotitický granit, aplitický granit
- 1098 šedý, biotitický granodiorit
- 1099 šedý, načervenalý biotitický granodiorit
- 1101 biotitický granodiorit až tonalit
- 1113 metabazalt, zelená břidlice

**PROTEROZOIKUM-PALEOZOIKUM**

**NEOPROTEROZOIKUM**

- 1130 aplit, pegmatit
- 1132 granodioritový, dioritový porfyr

**karpatská předhlubeň**

**KENOZOIKUM**

**NEOGÉN**

- 1821 vápnitý jíl (těgl), místy s polohami písků
- 1823 klastika - písky, štěrky se zpevněnými polohami pískovce, slepenec
- 1835 jíly, prachovité jíly, podřadně písky, vzácně štěrky

Obr. 33: Legenda geologické mapy [24]

Kvarterní pokryv, na kterém byl objekt založen je tvořen souvrstvím sprašových, prachových až jílovitoprachových hlín. Pokryv lokality buduje poměrně mohutná návěj pleistocenních spraší, v jejichž podloží lze nalézt i miocenní marinní jíly. Vrstvy prachových hlín jsou hůře propustné a v případě většího obsahu jílu v těchto hlínách až obtížně propustné, někdy bývají nepravidelně proloženy písčítými vložkami až vrstvami písků. Prachové hlíny jsou místy až písčité a mají spíše tuhou až téměř pevnou konzistenci. Jílovitoprachové hlíny mají konzistenci spíše tuhou až lepší než tuhou a jílovitější hlíny potom tuhou až horší než tuhou vlivem zadržování prosakující srážkové vody, která je více obsažena ve vlhčích polohách písčitých proplástek až tenčích vrstev písku. Povrch území byl před mnoha desetiletími vyrovnán antropogenními hlinitými navážkami s příměsí typu úlomků cihel a stavební sutě, přičemž mocnost tohoto umělého souvrství činí 0,6 až 2,1 m (lokálně i více). [18], [19]

#### 4.5.1 Geologické profily sond

V místě areálu byly v minulosti provedeny tři geologické vrty v rámci akce Brno – Lužánky – Skleníky. Tyto skleníky leží v bezprostřední blízkosti centra Lužánky. Níže jsou uvedeny jednotlivé profily vrtů.

Tab. 4: Geologický profil sondy V-1

Sonda V-1

Kota terénu: 213,5 m

Datum: 21.21.2016

Hloubka [m]	Petrografický a geotechnický popis základových půd	Klasifikace ČSN 73 1001 EN ISO 14688	Rd [kPa]	Těžitelnost ČSN 73 3050
0,2	Drn	O, Or	-	2
0,8	Navážka – hlína, písek, štěrčík	Y, Mg	-	2
5,0	Hlína jílovitoprachovitá, hnědá, středně plastická, měkká až tuhá	F6-CL siCL	75	3
8,0	Hlína jílovitoprachovitá, hnědá, středně plastická, tuhá	F6-Cl siCL	100	3

Hladina podzemní vody – navrtaná: -

ustálená: 1 m

Tab. 5: Geologický profil sondy V-2

Sonda V-2

Kota terénu: 214 m

Datum: 21.21.2016

Hloubka [m]	Petrografický a geotechnický popis základových půd	Klasifikace ČSN 73 1001 EN ISO 14688	Rd [kPa]	Těžitelnost ČSN 73 3050
2,0	Navážka – hlína, písek, štěrčík	Y, Mg	-	2
4,0	Navážka charakteru hlíny jílovitoprachovité, hnědá, středně plastická, tuhá, s kousky cihel	Y, Mg (F6-Cl, siCL	100	3
5,0	Hlína jílovitoprachovitá, hnědá, středně plastická, pevná	F6-Cl	200	3
6,5	Hlína jílovitoprachovitá, hnědá, středně plastická, tuhá	F6-Cl siCL	100	3
8,0	Štěrk zahliněný, hnědý, výplň měkká až tuhá	G4-GM siGr	275	2

Hladina podzemní vody – navrtaná: 7,5 m

ustálená: 5,5 m

Tab. 6: Geologický profil sondy V-3

Sonda V-3

Kota terénu: 214,5 m

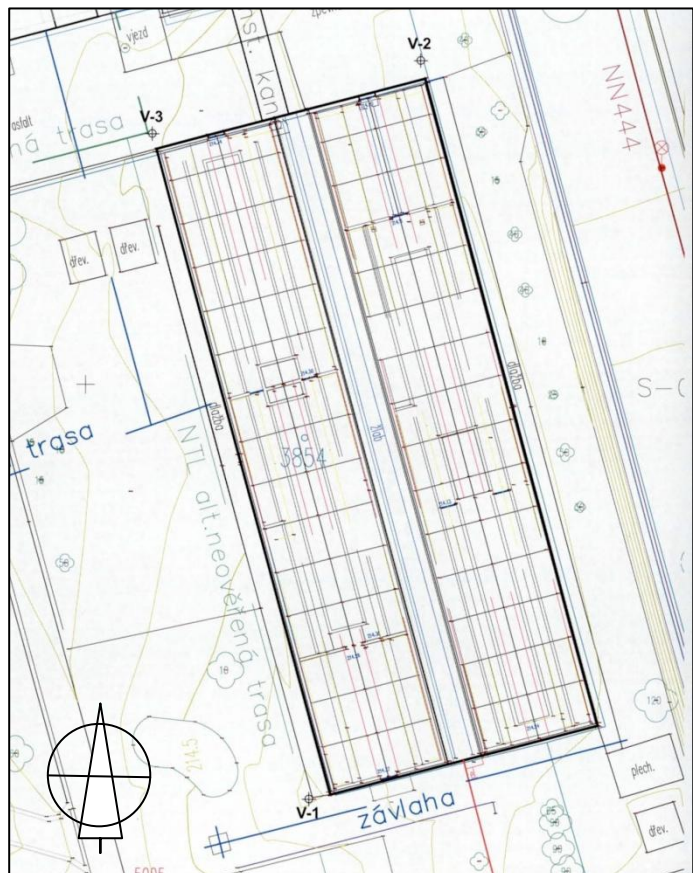
Datum: 21.21.2016

Hloubka [m]	Petrografický a geotechnický popis základových půd	Klasifikace ČSN 73 1001 EN ISO 14688	Rd [kPa]	Těžitelnost ČSN 73 3050
1,3	Navážka – hlína, písek, štěrčík	Y, Mg	-	2
8,0	Hlína jílovitoprachovitá, hnědá, středně plastická, tuhá	F6-Cl siCL	100	3

Hladina podzemní vody – navrtaná: -

ustálená: -

obr. 34: Umístění vrtů v rámci akce „skleníky“, jenž se nachází v bezprostřední blízkosti centra Lužánky severně od něj [20]



## 4.6 Vývrty do základové desky

V rámci podrobné prohlídky byly provedeny dva vývrty podlahy až do založení na dvou různých místech pro zjištění podkladu/podloží pod podlahou. Vývrty sahají až do hloubky kolem 1100 mm pod úroveň podlahy.



*Obr. 35: Vrt P1 – složení konstrukce podlahy [23]*

Z obrázku 35 je patrná tloušťka betonové základové desky, která v případě vrtu P1, umístěného v místě odtrženého pilíře, byla odhadnuta na 200 mm, přičemž cihly z obrázku pochází ze základového pasu, tvořený z cihel plých pálených o mocnosti 300 mm (odhadem). V místě vrtu P1 nebyla nalezena žádná betonářská výztuž.



*Obr. 36: Vrt P2 – složení konstrukce podlahy [23]*

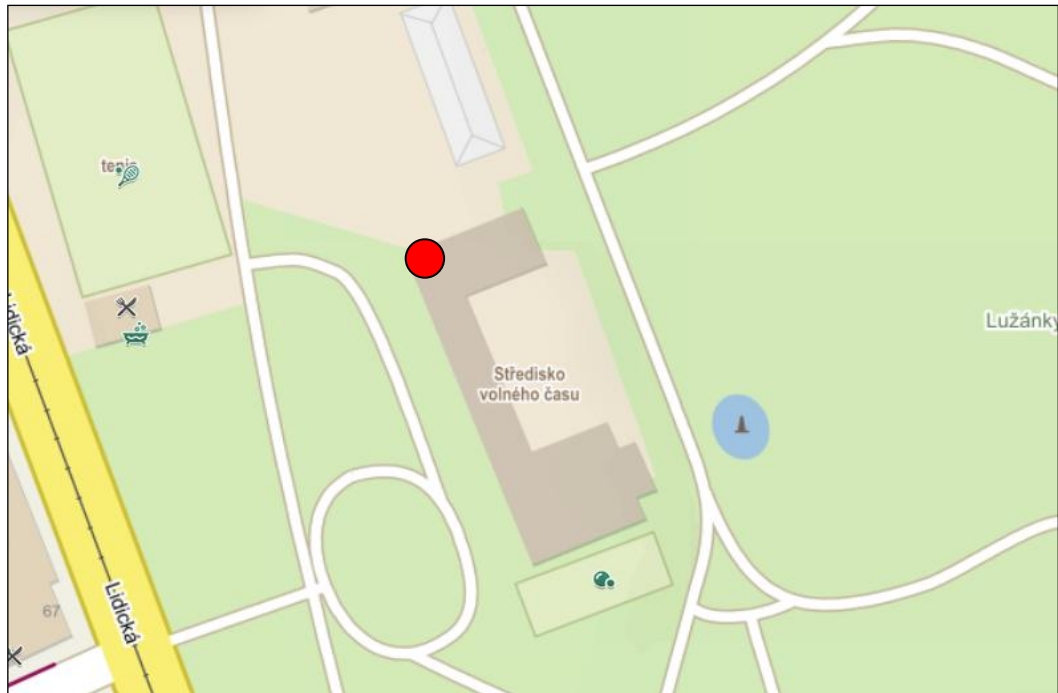
Na obrázku 34 je zachycen vývrt P2 do konstrukce podlahy. Vývrt byl proveden do hloubky 1100 mm pod úroveň podlahy v těsné blízkosti porušené příčky (obr. 20, 25) a z jeho složení lze vyzorovat nižší, nebo minimálně stejnou tloušťku základové desky. Pod základovou deskou byla nalezena „hluchá“ místa (obr. 37, 38), namísto ztuhlého podloží, což je spolupříčinou deformace příčky.



*Obr. 37, 38: Pohledy do vrtané sondy P2 [23]*

## 4.7 Kopaná sonda

V rámci prohlídky byla provedena jedna kopaná sonda pro ověření základových poměrů. Sonda byla umístěna u západní obvodové stěny řešeného objektu (obr. 39).



Obr. 39: Výřez ze situace – poloha kopané sondy [22]

Kopanou sondou byly ověřeny následující údaje:

- Založení objektu je skutečně na základových pasech, kdy hloubka základové spáry je přibližně 2 m pod úrovní přilehlého terénu
- Nebyla zde zastižena žádná podzemní voda
- Základová půda byla makroskopicky popsána jako spraš, šedožluté barvy s typickými bílými prokvěty  $\text{CaCO}_3$ , konzistence je pevná až velmi pevná, neobvyklou skutečností je velice nízká vlhkost zeminy

Dále byl odebrán vzorek této základové půdy k otestování v laboratoři na základní půdně-mechanické vlastnosti. Rozbory zařadily podle české normy ČSN 73 6133:2010 spraše jako **jíl s nízkou plasticitou CL – tř. F6**, dle eurokodu (ČSN EN ISO 14688:2018) se jedná o **prachovitý jíl siCl**. Testy rovněž potvrdily velice nízkou vlhkost zeminy na hodnotu pouhých 11%, To je

s největší pravděpodobností zapříčiněno vlivem extrémně suchých a teplých dvou posledních let. V neposlední řadě tomuto skutku přihrává fakt, že v místě parku se vyskytuje mnoho stromů a keřů. [19]



*Obr. 40, 41, 42: Pohledy na kopanou sondu a způsob založení [23]*

#### 4.7.1 Závěr a dílčí zhodnocení

Základová půda je tvořena sprašemi, které jsou poměrně dobrou zeminou, na níž lze stavět, nicméně s určitými omezeními. Hlavním problémem spraší je jejich citlivost na prosednutí (vlivem dynamických účinků nebo provlhčením) a jejich potenciální ohrožení stavby v případě smrštění při ztrátě vlhkosti. Obě tyto vlastnosti závisí na konkrétních fyzikálních a indexových charakteristikách. K prosedání spraší dochází z důvodu pronikání vody do podzákladí z periodicky zaplavovaného technického kanálu. Zvýšená sedání objektu jsou tedy s největší pravděpodobností způsobena prosednutím nebo rozbřednutím při průniku vody a/nebo smrštěním při ztrátě vlhkosti. Tyto skutečnosti jsou poté promítnuty do horní stavby, kde se projevují jako statické poruchy konstrukce. [19]

## 5. Statický výpočet

Statický výpočet se zabývá posouzením sbíjeného vazníku, který je nosným prvkem střešní konstrukce nad severní částí objektu. Vazníky jsou od sebe vzdáleny po jednom metru, jejich rozpětí je 13 m. Vazníky jsou uloženy na ŽB věnci. V podélném směru, tedy kolmo k vazníku, byly objeveny jalové vazby ztužující krov. Při výrobě bylo použito smrkové dřevo.

Výpočet zatížení i posouzení únosnosti a zatížitelnosti vazníku bylo provedeno ve studentské verzi programu SCIA Engineer 17.1.

Model vazníku je tvořen horním pásem (krokv), dolním pásem (vazný trám), svislicemi a vzpěrami.

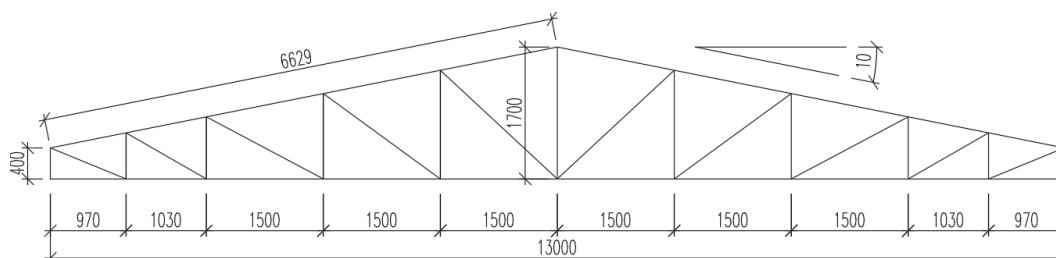
### 5.1 Materiálové charakteristiky

Pevnostní třída dřeva byla stanovena jako C24 dle ČSN EN 338.

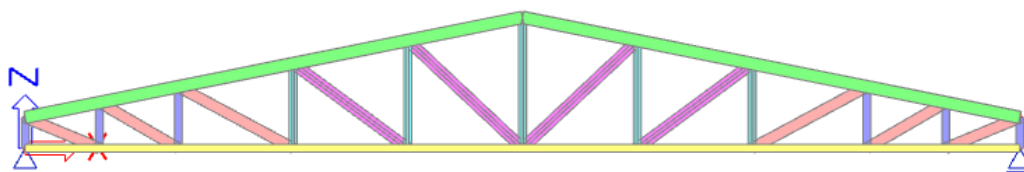
Tab. 4 Materiálové charakteristiky dřeva pevnosti C24

Název	Typ dřeva	E <sub>mod</sub>	F <sub>m,k</sub>	F <sub>t,0,k</sub>	F <sub>t,90,k</sub>	F <sub>c,0,k</sub>	F <sub>c,90,k</sub>	F <sub>v,k</sub>
C24	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
EN 338	Rostlé dřevo 420	1,1.10 <sup>4</sup>	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0

### 5.2 Geometrie



Obr. 43: Drátěný model vazníku

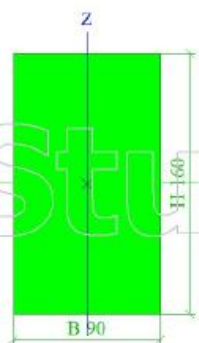


Obr. 44: Renderovaný model vazníku (SCIA)

## 5.2.1 Průřezy

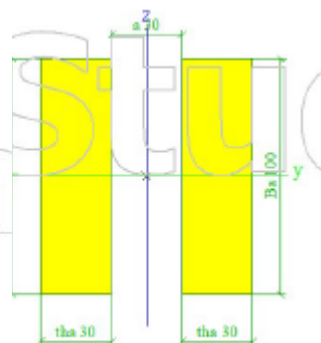
CS1 - horní pás		
Typ	OBDEL	
Detailní	90; 160	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	1,4400e-02	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2000e-02	1,2000e-02
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,0720e-05	9,7200e-06
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,8400e-04	2,1600e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,7054e-04	2,6468e-04
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	5,7095e-09	2,5158e-05
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	45	80
α [deg]	0,00	
M <sub>ply,+</sub> [Nm], M <sub>ply,-</sub> [Nm]	9,88e+03	9,88e+03
M <sub>plz,+</sub> [Nm], M <sub>plz,-</sub> [Nm]	5,56e+03	5,56e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,0000e-01	5,0000e-01

Obrázek



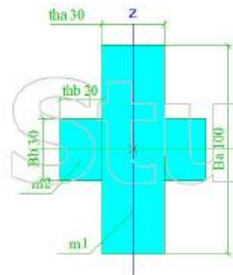
CS1 - dolní pás		
Typ	2 Obdel	
Detailní	30; 100; 30	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	6,0000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,0000e-03	5,0000e-03
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	5,0000e-06	5,8500e-06
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0000e-04	1,3000e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,2254e-04	1,3566e-04
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	4,7398e-09	1,4521e-06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	45	50
α [deg]	0,00	
M <sub>ply,+</sub> [Nm], M <sub>ply,-</sub> [Nm]	2,57e+03	2,57e+03
M <sub>plz,+</sub> [Nm], M <sub>plz,-</sub> [Nm]	2,85e+03	2,85e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,2000e-01	5,2000e-01

Obrázek



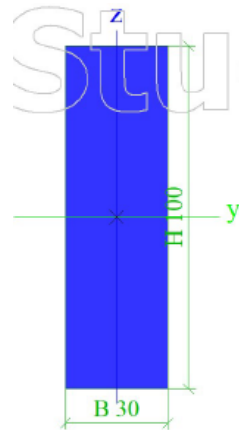
CS1 - svislice1		
Typ	Křížek	
Detailní	100; 30; 30; 20	
Materiál	C24 (EN 338)	
	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	4,2000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,7212e-03	3,6404e-03
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,5900e-06	1,0150e-06
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,1800e-05	2,9000e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6,9215e-05	4,3125e-05
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,2030e-10	1,3315e-06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	35	50
α [deg]	0,00	
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,45e+03	1,45e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	9,06e+02	9,06e+02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,4000e-01	3,4000e-01

Obrázek



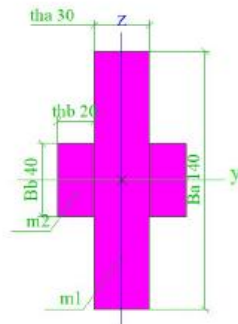
CS1 - svislice 2		
Typ	OBDEL	
Detailní	30; 100	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	3,0000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,5000e-03	2,5000e-03
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,5000e-06	2,2500e-07
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5,0000e-05	1,5000e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6,1268e-05	1,8380e-05
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,2779e-10	7,2811e-07
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	15	50
α [deg]	0,00	
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,29e+03	1,29e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	3,86e+02	3,86e+02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,6000e-01	2,6000e-01

Obrázek



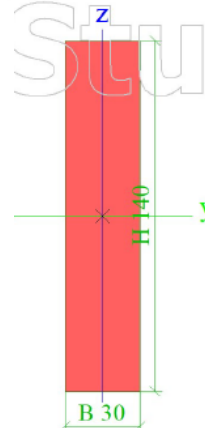
CS1 - vzpěra 1		
Typ	Křížek	
Detailní	140; 30; 40; 20	
Materiál	C24 (EN 338)	
	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	5,8000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,1129e-03	4,9991e-03
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	7,0733e-06	1,3683e-06
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,0105e-04	3,9095e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,3437e-04	5,8732e-05
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,8299e-10	2,2227e-06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	35	70
α [deg]	0,00	
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	2,82e+03	2,82e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	1,23e+03	1,23e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	4,2000e-01	4,2000e-01

Obrázek



CS1 - vzpěra 2		
Typ	OBDEL	
Detailní	30; 140	
Materiál	C24 (EN 338)	
Výroba	dřevo	
A [m <sup>2</sup> ]	4,2000e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,5000e-03	3,5000e-03
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	6,8600e-06	3,1500e-07
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	9,8000e-05	2,1000e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,2008e-04	2,5732e-05
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	4,1699e-10	1,0867e-06
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
c <sub>y,ucs</sub> [mm], c <sub>z,ucs</sub> [mm]	15	70
α [deg]	0,00	
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	2,52e+03	2,52e+03
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	5,40e+02	5,40e+02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,4000e-01	3,4000e-01

Obrázek



## 5.3 Zatížení

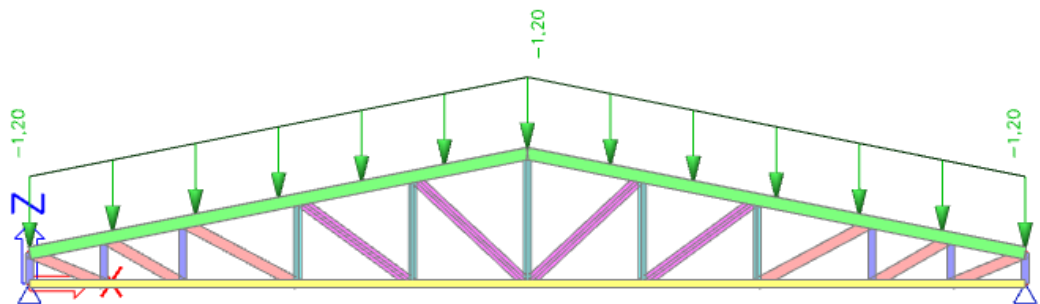
Vlastní tíha byla generována programem SCIA, kdy hodnoty součinitele zatížení byly stanoveny takto:

- vlastní tíha a ostatní stálé  $\gamma_g = 1,35$
- proměnná zatížení  $\gamma_g = 1,50$

### 5.3.1 Vlastní tíha a ostatní stálé

Do výpočtu vstupují:

- stálá zatížení
  - vlastní tíha vazníku (smrkové dřevo  $\rho = 420 \text{ kg/m}^3$ )
  - střešní krytina ( pálené keramické tašky  $p = 50 \text{ kg/m}^2$ )
  - zavětrování tloušťky 2 cm ( $0,1 \text{ kN/m}^2$ )
  - podbití tloušťky 2 cm ( $0,1 \text{ kN/m}^2$ )
  - zásyp nad podbitím mocnosti 2-4 cm (struska  $\rho = 1250 \text{ kg/m}^3$ )



Obr. 45: Ostatní stálá zatížení

### 5.3.2 Proměnné zatížení sněhem (ČSN EN 1991-13)

Lokalita: Brno II. sněhová oblast

Charakteristická hodnota:  $S_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Topografie: normální

Součinitel expozice:  $C_e = 1,0$

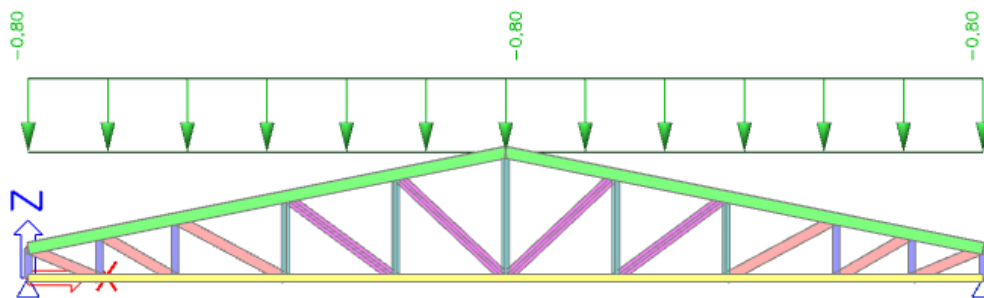
Součinitel tepla:  $C_t = 1,0$

Úhel střechy 10 stupňů sedlová,  $u_1 = 0,8$

Sníh plný

$$S = S_k \cdot u_1 \cdot C_e \cdot C_t$$

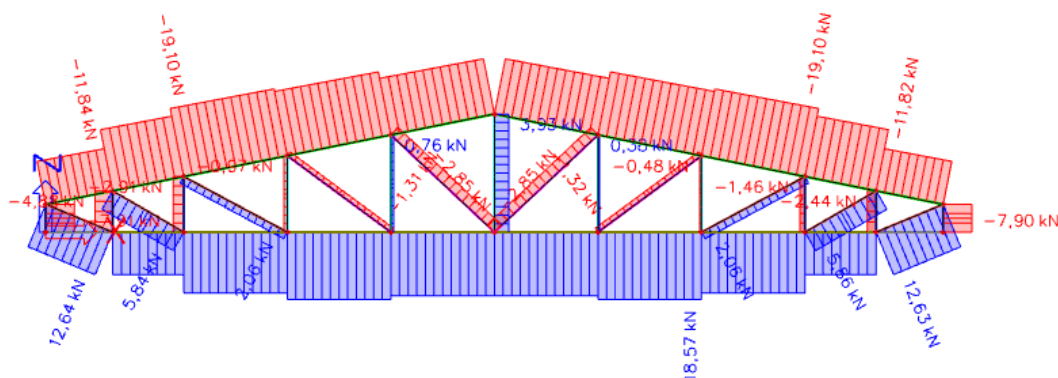
$$S = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 46: Zatížení sněhem

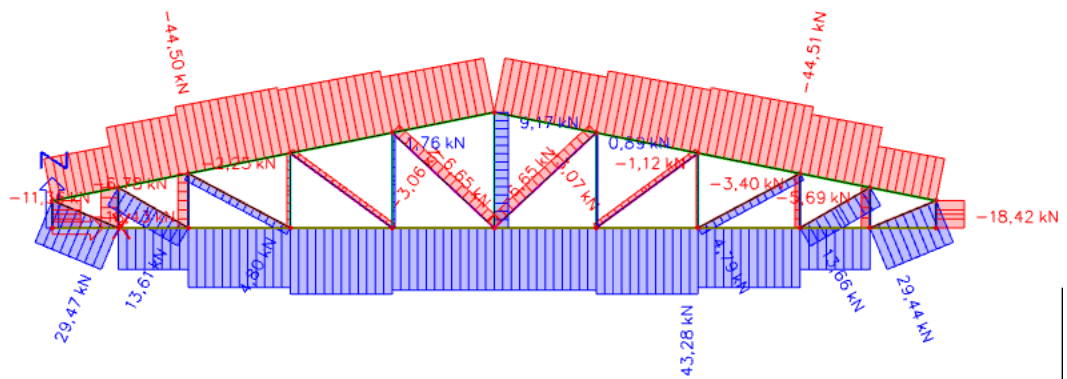
[21]

### 5.4 Vnitřní síly

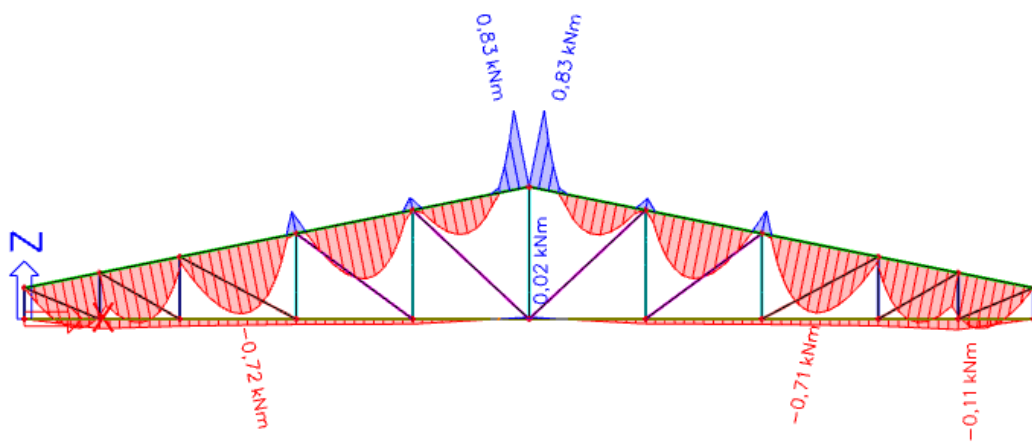


Obr. 47: Normálové síly  $N$  od ostatních stálých zatížení





Obr. 51: Normálové síly  $N$  od nejnepříznivější kombinace



Obr. 52: Ohybové momenty  $M$  od nejnepříznivější kombinace

## 5.5 Posudky

### 5.5.1 Materiálové charakteristiky

- návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost v tahu (rovnoběžně s vlákny)

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{14,5}{1,3} = 10,04 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost v tlaku (rovnoběžně s vlákny)

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

### 5.5.2 Horní pás (krokv)

- Průřez

$$b = 0,09m$$

$$h = 0,16m$$

- Délka prvku

$$l = 6,629m$$

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,09 \cdot 0,16 = 0,0144m^2$$

- Průřezový modul

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,09 \cdot 0,16^2}{6} = 0,000384m^3$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,09 \cdot 0,16^3}{12} = 0,00003072m^4$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,00003072}{0,0144}} = 0,0462 \text{ m}$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 1,3m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1,6,629}{0,0462} = 28,14$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{28,14}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,39$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,39 - 0,3) + 0,39^2] = 0,62$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,39^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{0,91; 1\} \rightarrow 0,91$$

- Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{-44510}{0,0144} = -3,09 \text{ MPa}$$

- Normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{-720}{0,000384} = -1,88 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tlak za ohybu (kladný ohybový moment)

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

$$\frac{3,09}{0,91 \cdot 14,54} + \frac{1,88}{1,16,62} = 0,24 + 0,11 = 0,35$$

$$0,35 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

- Posouzení na tlak za ohybu (záporný ohybový moment)

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{-830}{0,000384} = -2,16 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{3,09}{0,91 \cdot 14,54} + \frac{2,16}{1,16,62} = 0,24 + 0,13 = 0,37$$

$$0,37 \leq 1$$

Horní pás vyhoví na namáhání tlakem na ohybu.

### 5.5.3 Dolní pás (vazný trám)

- Průřez

$$b = 0,03m$$

$$h = 0,10m$$

$$e = 0,03m$$

- Délka prvku

$$l = 1,7m$$

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,10 = 0,003m^2$$

Výztuha:

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,02 = 0,006m^2$$

- Průřezový modul

$$W = 0,0000518m^3 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = 0,00000518m^4 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,00000518}{0,009}} = 0,024m$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 1,5m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1,1,7}{0,024} = 70,83$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{70,83}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,985$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,06 - 0,3) + 0,06^2] = 0,38$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,38 + \sqrt{0,38^2 - 0,06^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{1,32; 1\} \rightarrow 1$$

- Normálové napětí v tahu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{A} = \frac{43280}{0,006} = 7,21 \text{MPa}$$

- Normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{-720}{0,0001} = -7,2 \text{MPa}$$

- Posouzení na tah za ohybu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{7,21}{10,04} + \frac{7,2}{1,16,62} = 0,71 + 0,43 = 1,14$$

$$1,14 \geq 1$$

Dolní pás nevyhoví na namáhání tahem za ohybu.

#### 5.5.4 Svislice (s výztuhami)

- Průřez

$$b = 0,03 \text{m}$$

$$h = 0,10 \text{m}$$

Výztuha:

$$b = 0,02 \text{m}$$

$$h = 0,03 \text{m}$$

- Délka prvku

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

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,10 = 0,003 \text{m}^2$$

Výztuha:

$$A = 0,02 \cdot 0,03 = 0,0006 \text{m}^2$$

- Průřezový modul

$$W = 0,0000518 \text{m}^3 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = 0,00000259m^4 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,00000259}{0,0036}} = 0,0268m$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 1,7m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1,1,7}{0,0268} = 63,43$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{t,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{63,43}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{14,5 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,73$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,73 - 0,3) + 0,73^2] = 0,98$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,73^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{0,61; 1\} \rightarrow 0,61$$

- Normálové napětí v tahu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{9170}{0,0036} = 2,54MPa$$

- Posouzení na tah

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,54}{10,04} = 0,25$$

$$0,25 \leq 1$$

Svislice vyhoví na namáhání tahem.

### 5.5.5 Svislice (bez výztuh)

- Průřez

$$b = 0,03m$$

$$h = 0,10m$$

- Délka prvku

$$l = 0,4m$$

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,10 = 0,003m^2$$

- Průřezový modul

$$W = 0,00005m^3 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = 0,0000025m^4 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,0000025}{0,003}} = 0,0288m$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 0,4m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 0,4}{0,0288} = 13,89$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{13,89}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,19$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,19 - 0,3) + 0,19^2] = 0,46$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,46 + \sqrt{0,46^2 - 0,19^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{1,13; 1\} \rightarrow 1$$

- Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{-18420}{0,003} = 6,14MPa$$

- Posouzení na tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,14}{1.14,54} = 0,42$$

$$0,42 \leq 1$$

Svislice vyhoví na namáhání tlakem.

### 5.5.6 Vzpěra (s výztuhami)

- Průřez

$$b = 0,03m$$

$$h = 0,14m$$

Výztuha:

$$b = 0,02m$$

$$h = 0,04m$$

- Délka prvku

$$l = 2,051m$$

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,14 = 0,0042m^2$$

Výztuha:

$$A = 0,02 \cdot 0,04 = 0,0008m^2$$

- Průřezový modul

$$W = 0,0001m^3 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = 0,000007m^4 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,000007}{0,005}} = 0,037m$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 2,051m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 2,051}{0,037} = 55,43$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{55,43}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,77$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,77 - 0,3) + 0,77^2] = 1,03$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{1,03 + \sqrt{1,03^2 - 0,77^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{0,58; 1\} \rightarrow 0,58$$

- Normálové napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{1870}{0,005} = 0,37 \text{ MPa}$$

- Posouzení na tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,37}{0,58 \cdot 14,54} = 0,04$$

$$0,04 \leq 1$$

Vzpěra vyhoví na namáhání tlakem.

### 5.5.7 Vzpěra (bez výztuh)

- Průřez

$$b = 0,03 \text{ m}$$

$$h = 0,14 \text{ m}$$

- Délka prvku

$$l = 1,05 \text{ m}$$

- Plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,03 \cdot 0,14 = 0,0042 \text{ m}^2$$

- Průřezový modul

$$W = 0,000098 \text{ m}^3 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Moment setrvačnosti

$$I_y = 0,0000069 \text{ m}^4 \text{ (viz 5.2.1)}$$

- Poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,0000069}{0,0042}} = 0,041m$$

- Efektivní délka prvku

$$l_{ef} = 1,05m$$

- Štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 1,05}{0,041} = 25,61$$

- Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{t,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{25,61}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{14,5 \cdot 10^6}{11000 \cdot 10^6}} = 0,29$$

- Součinitel vzpěrnosti

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

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,29 - 0,3) + 0,29^2] = 0,54$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,29^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min\{1,004; 1\} \rightarrow 1$$

- Normálové napětí v tahu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{A} = \frac{29470}{0,0042} = 7,01MPa$$

- Posouzení na tah

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{7,01}{10,04} = 0,69$$

$$0,69 \leq 1$$

Vzpěra vyhoví na namáhání tahem.

## 5.6 Poznámky ke statickému výpočtu

Statický posudek krovu byl vypočten z důvodu zjištění únosnosti vazníku na zatížení sněhem, neboť střecha má poměrně malý sklon, což by v budoucnu mohlo vést k nadměrnému zatížení a případnému zhroucení stavby, a dále také z důvodu velmi dobrého stavu krovu, který lze v rámci rekonstrukce ponechat.

Kromě dolního pásu vyhověly na namáhání všechny prvky sbíjeného vazníku. Dolní pás nevyhověl na namáhání tahem za ohybu o 14%, neboť prvek je poměrně štíhlý, avšak dle autora je hlavní příčinou mírně nadhodnocený odhad zatížení od násypu na podbití.

Posunutí uprostřed vazného trámu (průhyb) bylo programem SCIA vypočteno na 7,2 mm, což vyhovuje doporučeným největším hodnotám průhybu.

## 6. Závěr

V praktické části této práce byla provedena předběžná prohlídka objektu, na základě které bylo doporučeno nejvíce porušenou část provozně uzavřít a vybudovat náhradní vstup ze zadní části severního traktu. Dále byl proveden pasport poruch s následným doporučením dalšího průzkumu.

Nejzávažnějším problémem hodnoceného objektu je skutečnost, že byl vybudován během „akce Z“, kdy se příliš nedbalo na kvalitu provedení a dodržení technologických postupů. Neméně důležitým faktem je, že konstrukce byla založena na spraších, které jsou obecně hodnocené jako vhodné pro zakládání. To je ale podmíněno především vlhkostí zeminy vlivem deště v dané lokalitě. Poslední dva až tři roky byly obecně velice suché a zároveň extrémně teplé, což způsobuje vysychání těchto spraší. V rámci Jihomoravského kraje není řešený objekt zdaleka jedinou stavbou, která nese známky poruch právě z tohoto důvodu.

Stav části objektu byl v závěru zhodnocen jako havarijní a byl uzavřen veřejnosti. Vzhledem ke stále se zvyšujícímu počtu poruch a šíření i rozšiřování trhlin se doporučuje demolice, případně rekonstrukce části objektu, přičemž krov je možno ponechat z důvodu jeho neporušenosti a dobrého stavu. I z důvodu, že porušená část s sebou strhává části s ní spojené, je zde velké riziko zhroucení obou těchto částí.

## 7. Seznam použitých zdrojů

- [1] HOBST, Leonard, ADÁMEK, Jiří, CIKRLE, Petr a SCHMID, Pavel. Diagnostika stavebních konstrukcí. Brno, 2005.
- [2] PUME, Dimitrij, ČERMÁK, František. Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí. Praha: Arch, 1993
- [3] CIKRLE, Petr. NDT Zkoušení ve stavebnictví. Listopad 2010. Brno: Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební VUT v Brně, 2010. ISBN 978-80-214-4198-9
- [4] HOLICKÝ, Milan. Zásady hodnocení existujících konstrukcí: sborník k semináři konaném 12. dubna 2006 v Praze v Arcibiskupském semináři. Praha: Česká technika-nakladatelství ČVUT v Praze, 2006. ISBN 80-010-3464-X
- [5] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [6] HOLICKÝ, M. et al. Stanovení vlastností materiálů při hodnocení existujících konstrukcí Sborník příspěvků semináře. Nakladatelství ČVUT, 2006.
- [7] WITZANY, Jiří, Poruchy a rekonstrukce staveb, ČVÚT Praha., a kol.
- [8] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, ÚNMZ, 2004
- [9] ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí, ÚNMZ, 2003.
- [10] ČSN EN 772-1, Zkušební metody pro zdící prvky - část 1: Stanovení pevnosti v tlaku, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [11] ČSN EN 771-1+A1–Specifikace zdících prvků-část 1:Pálené zdící prvky
- [12] Doc.Ing. L. Hobst Csc., Prof.Ing. J. Adámek, Csc., Ing. P.Cikrle, Ing. P. Schmid, Phd, Diagnostika stavebních konstrukcí, Přednášky, VUT v Brně
- [13] CIKRLE, Petr. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví – Studijní opora FAST, VUT v Brně. Brno, 2011.
- [14] <https://www.luzanky.cz/Historie-Luzanek>

- [15] DANIEL, Petr, STABIL s.r.o, Poruchy v příčkách a na obvodovém plášti, statický posudek, 12/2016
- [16] DANIEL, Petr, STABIL s.r.o, Poruchy v příčkách a na obvodovém plášti, statický posudek, 1/2018
- [17] PRŮŠA, Jaroslav, Zhodnocení statických poruch na konstrukci, statický posudek, JLPcreative s.r.o, 10/2018
- [18] KOPEČKOVÁ, Hana, Hodnocení aktuálního stavebně technického stavu existujícího objektu, VUT FAST, Diplomová práce
- [19] HORÁK, Vladislav. Geotechnické poměry lokality a podzákladí objektu, VUT FAST
- [20] BENDOVIÁ, Lenka, Zpráva IG průzkumu, BALUN geo s.r.o, 1/2017
- [21] ČSN EN 1991-1-3 ČSN EN 1991-1-3 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- [22] [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- [23] SCHMIDT, Pavel, Osobní fotoarchiv
- [24] [www.geology.cz](http://www.geology.cz)

## Další použité zdroje

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu CŽV, VUT v Brně, 2010

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005

Schmidt, P. s kol. Základy zkušebnictví. Brno, CERM, 2001

Příslušné technické normy

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu

Projektová dokumentace

## Seznam obrázků

Obr. 1: Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí	22
Obr. 2: Kalibrační vztah pro Schmidt LB	30
Obr. 3: Kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty	31
Obr. 4: Hlavní budova centra volného času Lužánky	35
Obr. 5: Pohled na hlavní vstup bývalého domu pionýrů	36
Obr. 6: Pohled zvenčí na porušenou část objektu s odtrhávajícím se arkýřem	36
Obr. 7: Situační mapa - poloha střediska	37
Obr. 8: Místo výskytu poruch	38
Obr. 9: Pohled na prosedající zeminu – čelo objektu	39
Obr. 10: Odkloněná a porušená skříňka HUP	40
Obr. 11: Odtržený arkýř	40
Obr. 12: Odtržený ztužující pilíř	41
Obr. 13: Sekaná sonda na pomezí pilíře a stropu	41
Obr. 14: Trhlina ve zdivu na hranici částí podsklepenou/nepodsklepenou	42
Obr. 15: Velikost trhliny dosahuje místy až 20 mm	42
Obr. 16: Porušený železobetonový věnec – šířka trhliny je až 25 mm	43
Obr. 17: Pohled na konstrukci krovu	43
Obr. 18: Sekaná sonda v interiéru na obvodovém zdivu	44
Obr. 19: Trhlina probíhající u nadokenního překladu	44
Obr. 20: Pohled na část poškozeného křídla	45
Obr. 21: Pohledy na rozsáhlé trhliny v oblasti arkýře	46
Obr. 22: Pohledy na rozsáhlé trhliny v oblasti arkýře	46
Obr. 23: Trhlinou porušený ŽB věnec	47
Obr. 24: Odtrhávající se arkýř od obvodového zdiva	47
Obr. 25: Porušená příčka trhlinou mezi dvěma dveřními otvory	48
Obr. 26: Ohybem namáhaný sloup	49
Obr. 27: Trhlina u paty sloupu	50
Obr. 28: Trhlina u hlavy sloupu	50
Obr. 29: Trhlina u hlavy sloupu v obvodovém plášti	50

Obr. 30: Pasport poruch	51
Obr. 31: Zobrazení podsklepené a nepodsklepené části objektu	52
Obr. 32: Geologická mapa řešené oblasti M 1:15 000	54
Obr. 33: Legenda geologické mapy	55
Obr. 34: Umístění vrtů v rámci akce „skleníky“, jenž se nachází v bezprostřední blízkosti centra Lužánky severně od něj	59
Obr. 35: Vrt P1 – složení konstrukce podlahy	60
Obr. 36: Vrt P2 – složení konstrukce podlahy	61
Obr. 37: Pohledy do vrtané sondy P2	61
Obr. 38: Pohledy do vrtané sondy P2	61
Obr. 39: Výřez ze situace – poloha kopané sondy	62
Obr. 40: Pohledy na kopanou sondu a způsob založení	63
Obr. 41: Pohledy na kopanou sondu a způsob založení	63
Obr. 42: Pohledy na kopanou sondu a způsob založení	63
Obr. 43: Drátěný model vazníku	65
Obr. 44: Renderovaný model vazníku (SCIA)	66
Obr. 45: Ostatní stálá zatížení	68
Obr. 46: Zatížení sněhem	69
Obr. 47: Normálové síly N od ostatních stálých zatížení	69
Obr. 48: Normálové síly N od zatížení sněhem	70
Obr. 49: Ohybové momenty M od ostatních stálých zatížení	70
Obr. 50: Ohybové momenty M od zatížení sněhem	70
Obr. 51: Normálové síly N od nejnepříznivější kombinace	71
Obr. 52: Ohybové momenty M od nejnepříznivější kombinace	71

## Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdílná hlediska při posuzování funkčních požadavků konstrukcí	19
Tab. 2: Součinitel tvaru $\delta$ vyjadřující vliv rozměrů zkušebního vzorku	26
Tab. 3: Hodnoty součinitele $t_n$	30
Tab. 4: Geologický profil sondy V-1	55
Tab. 5: Geologický profil sondy V-2	56
Tab. 6: Geologický profil sondy V-3	57