ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průzkum a návrh rekonstrukce bývalého lihovaru Liblín

2017 František Nesnídal

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Nesnídal Jméno: František Osobní číslo: 424433

Zadávající katedra: k124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Průzkum a návrh rekonstrukce bývalého lihovaru Liblín

Název bakalářské práce anglicky: Survey and Reconstruction Proposal of former distellery Liblín

Pokyny pro vypracování:
Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, proveďte hodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí, analýzu příčin poruch a nutná sanační opatření klenbových konstrukcí, vypracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci objektu s vyznačením jednotlivých poruch a návrhem sanace.

Seznam doporučené literatury:
1. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov I., Stavební informace, Praha 2005
2. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov – ochrana proti vlhkosti a radonu, Stavební informace, Praha 2006
3. Witzany, J. a kol: Rekonstrukce, poruchy a sanace betonových konstrukcí, Stavební informace, Praha 2004
4. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Zděné valené klenbové konstrukce, Stavební ročenka 2006, Bratislava 2005
5. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, Praha 2008
6. Witzany, J., Čejka, T.: Výzkum fyzikálně mechanických vlastností porézních zdících prvků, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, Praha 2008

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 2.3.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Průzkum a návrh rekonstrukce bývalého lihovaru Liblín** zpracoval(a) samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 17. 5. 2017

František Nesnídal

Poděkování:

Rád bych poděkoval doc. Ing. Tomášovi Čejkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Za zapůjčení měřících zařízení a instruktáž bych rád poděkoval Ing. Pavlu Kokešovi. Rád bych poděkoval paní Ivaně Loušové za cenné rady a instruktáž v laboratoři. Za přístup k řešenému objektu děkuji panu Jaroslavovi Bechovi a panu Bohuslavovi Bechovi. Za poskytnutí výkresové dokumentace děkuji firmě A.W.F. Projekt s.r.o.

PRŮZKUM A NÁVRH REKONSTRUKCE BÝVALÉHO LIHOVARU LIBLÍN

SURVEY AND RECONSTRUCTION PROPOSAL OF FORMER DISTILLERY LIBLÍN

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je stavebně technický průzkum objektu bývalého lihovaru Liblín v Plzeňském kraji. Práce je následně zaměřena na porušenou klenbu, která se v objektu nachází. Teoretická část práce zahrnuje popis klenbových konstrukcí a možných metod jejich zesilování či rekonstrukcí. V praktické části je zpracován samotný průzkum objektu a analýza klenbové konstrukce, kterou následuje návrh možných oprav či zabezpečení klenby.

Klíčová slova:

Stavebně technický průzkum, klenba, valená klenba, zdivo, zděné konstrukce, zesilování zděných konstrukcí, zesilování klenbových konstrukcí, rekonstrukce.

Summary

The subject of this bachelor thesis is the construction and technical survey of former distillery Liblín in Pilsen region. Than the thesis contains the analyse of damaged barrel vault, which is located in object. Theoretical part of thesis describes vault structures and possible ways to their reinforcement or repair. Practical part of thesis contains the construction and technical survey itself and the analysis of the vault structure. Analysis is followed by possible ways to repair or secure damaged vault structure.

Key words:

Construction and technical survey, vault, barrel vault, masonry, masonry structures, reinforcement of masonry structures, reinforcement of vault structures, reconstruction.

Obsah

I. Úvod ... 5
II. Teoretická část ... 6
II.1. Historie a současnost klenbových konstrukcí ... 6
II.2. Konstrukční řešení kleneb ... 9
II.3. Navrhování klenbových konstrukcí, statické řešení ... 11
II.4. Poruchy kleneb ... 13
II.5. Průzkum kleneb ... 15
II.6. Rekonstrukce a zesilování kleneb ... 16
II.6.1. Mikro injektáž ... 16
II.6.2. Injektáž ... 17
II.6.3. Opláštění vyztuženou omítkou ... 18
II.6.4. Provedení klenbových pásů ... 19
II.6.5. Vyklínování kleneb ... 19
II.6.6. Zavěšení klenby ... 20
II.6.7. Vyvěšení klenby ... 20
II.6.7.1. Rubová klenba ... 20
II.6.7.2. Lícní klenba ... 21
II.6.8. Podepření klenby ... 23
II.6.9. Zesílení vlákny ... 23
II.6.9.1. Zesílení výztužnými vlákny – Fibre reinforced polymers ... 23
II.6.9.2. Zesílení maltou vyztuženou bazaltovou textilií – Basalt textile reinforced mortar ... 25
II.6.10. Zesílení vloženou výztuží ... 26
II.6.11. Provedení klenbové nadezdívky ... 27
II.6.11.1. Nahrazení původního násypu ... 28
II.6.12. Osazení dodatečných táhel ... 28
II.6.13. Doklenutí části klenby ... 29
II.6.14. Provedení otvoru v klenbě ... 30
II.6.15. Snesení klenbové konstrukce ... 31
II.7. Přehled vhodnosti zesilovacích metod pro památkově chráněné objekty ... 32
II.8. Příklady provedených rekonstrukcí ... 32
II.8.1. Bazilika sv. Františka z Assisi v Assisi ... 32
II.8.2. Statické zajištění části objektu piaristické koleje v Lipníku nad Bečvou ... 35
II.8.3. Oprava historického objektu ve Škvorci ... 36
II.8.4. Kostel Všech svatých Vakov ... 37
II.8.5. Statické zajištění zámku Osová ... 38
II.8.6. Statické zajištění kleneb Filozofické fakulty Brno ... 40

III. Praktická část ... 42
III.1. Průzkum a návrh rekonstrukce bývalého lihovaru Liblín ... 42
III.1.1. Předmět hodnocení ... 42
III.1.2. Popis konstrukce ... 44
III.1.3. Průzkum ... 44
III.1.4. Předměty stavebně technického průzkumu ... 45
III.1.5. Geologie a radon ... 45
III.1.6. Popis vad a poruch ... 46
III.1.6.1. Exteriér ... 46
III.1.6.2. 1.NP. ... 48
III.1.6.3. 2.NP. ... 53
III.1.6.4. Půda a krov ... 62
III.1.7. Příčiny poruch ... 63
III.1.8. Zkoušky mechanicko-fyzikálních vlastností zdiva a chemicko-biologická analýza ... 64
III.1.8.1. Průzkum vlhkosti ... 64
III.1.8.2. Pevnostní zkoušky ... 73
III.1.8.3. Chemicko-biologický průzkum ... 74
III.2. Analýza poškozené klenby ... 80
III.2.1. Analýza pomocí software SCIA Engineer – 3D model ... 83
III.2.2. Analýza pomocí software SCIA Engineer – 2D model ... 87
III.2.3. Posouzení opěrné stěny v tlaku ... 90
III.2.4. Posouzení možných variant opatření ... 94
III.2.4.1. Dozdění poškozené části klenby ... 95
IV. Závěr ... 96
V. Použitý software ... 99
VI. Bibliografie ... 99

Seznam příloh

Příloha A – Fotodokumentace

Příloha B – Výkresová část

I. ÚVOD

Klenba se řadí mezi nejstarší konstrukce naší civilizace. Používána byla takřka ve všech historických obdobích a byla v konstrukcích běžně aplikována. V současné době se s klasickými klenbovými konstrukcemi v novostavbách v prostředku Evropy a přilehlých částech příliš nesetkáváme. Setkáváme se s nimi však v mnoha objektech, které vznikly v dobách, kdy se klenba řadila mezi běžnou vodorovnou konstrukci mnoha obytných, ale i průmyslových objektů. Stejně, jako každá konstrukce, má i klenba svou životnost a při dlouho zanedbávané údržbě či při neodborném provedení úprav, může docházet k poruchám. Úkolem pro projektanta a další specialisty je, pokusit se konstrukci uvést zpět do bezpečného a provozuschopného stavu. Těchto cílů lze dosáhnout mnoha sanačními postupy. Volbě sanace takové konstrukce předchází v první řadě řádný průzkum samotné klenby a přilehlých konstrukcí a v neposlední řadě také fakt, zda je či není konstrukce součástí památkově chráněného objektu. V případě, kdy je objekt památkově chráněn je žádoucí konstrukci zachovat v co nejpůvodnějším stavu nebo ji opravit a zesílit za použití reverzibilních metod, které by měly být v souladu s technologií, kterou byla původní klenba prováděna. V současné době se přistupuje i k použití moderních materiálů a záleží na mnoha dalších faktorech, zda je či není vhodné použití těchto moderních metod v památkově chráněných objektech.

V teoretické části práce jsou zjednodušeně popsány klenbové konstrukce a následně možnosti jejich sanací. V závěru teoretické části jsou pak tyto metody dokumentovány několika příklady z provádění sanací.

Předmětem praktické části bakalářské práce je rekonstrukce a změna užívání bývalého lihovaru v Liblíně. Cílem práce je provedení stavebně technického průzkumu objektu a návrh sanačního opatření porušené klenby, která se v objektu nachází. Návrhu sanačního opatření předchází analýza klenby a její průzkum v kontextu s přilehlými konstrukcemi. Je plánována rekonstrukce objektu, pro kterou by měl být tento průzkum podkladem. Pro případ rekonstrukce a změny užívání se počítá s odstraněním většiny především nenosných konstrukcí a původně bylo počítáno i s odstraněním části klenbových konstrukcí, které se v objektu nacházejí. V mém pojetí práce je žádoucí zachování těchto konstrukcí a práce přináší možnosti opravy porušené klenby. Přičemž jedna z možností je zpracována podrobněji.

II. TEORETICKÁ ČÁST

II.1. Historie a současnost klenbových konstrukcí

[1], [2], [3], [4], [5], [6]

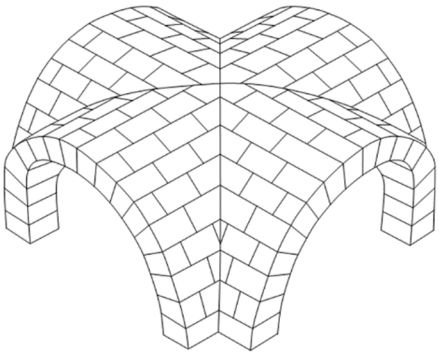
Nedostatek stavebních materiálů dřeva a kamene vedl v Mezopotámii stavitele k hledání nového způsobu zastropení budov. Místo běžně používaných trámových stropů z palem, začaly být používány klenuté konstrukce. Klenba byla tvořena tamním tradičním materiálem, tedy cihlami. V pozdější době došlo ke klenutí prostorů obytných budov. Zejména pak v 7. stol. př. Kr.

V etruském stavitelství se objevuje klenba přečnělková, která se řadí mezi nepravé klenby. Přečnělková klenba byla tvořena vodorovným vysouváním zdiva do oblouků klenby.

Obrázek 1 Přečnělková klenba v Egejské oblasti [7]

Dalšího pokroku na poli klenbových konstrukcí bylo dosaženo v době Římské říše. Stavitelství Říma navazuje na stavitelství etruské a řecké. Využito je znalostí etruské klenby. Klenba patří mezi základní konstrukční prvky. Klenby klenuté na velká rozpětí zde vyvozují velká tlaková namáhání, což vedlo k přechodu od podepření sloupy k podepření stěnami.

Velký význam má vznik nových tvarů kleneb a nových technik klenutí. Na velké rozpětí jsou klenby prováděny pouze, jako cihelné kostry s výplní a společně tvoří pevný celek skořepiny. Jako alternativa valených kleneb přicházejí v úvahu také klenby křížové.



Obrázek 2 Křížová klenba [8]

Křížové klenby jsou charakteristické svedením tlaku do 4 bodů v rozích. Vznikají totiž průnikem dvou půlválců.

Nejvýznamnějším technickým pokrokem na poli stavitelství je zaznamenána znalost zaklenutí rozsáhlých prostor například sestavou několika křížových kleneb.

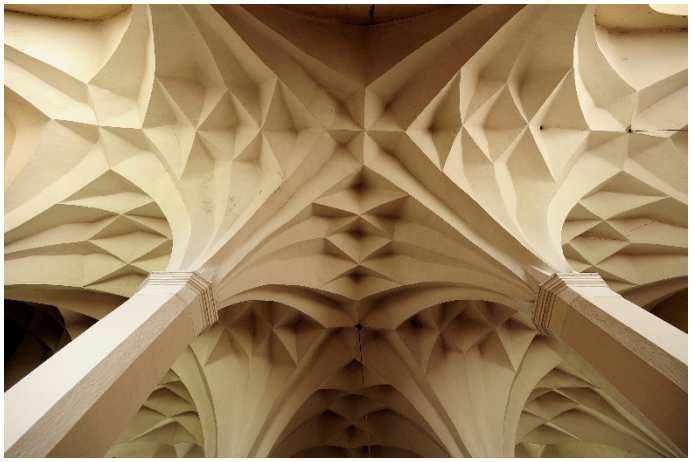
Následuje 6. stol. Byzance, které je charakteristické použitím cihel a malty, jako převládajícím stavebním materiálem, který byl zároveň použit i pro klenutí kleneb. Došlo k dalšímu rozvoji římské architektury. Nově vzniklým prvkem je tambur, což je válcový mezičlánek vložený mezi kupoli a zdivo. Tambur zároveň vylučuje oslabení klenby okenními otvory, které se nyní přesouvají na obvod válce.

Obrázek 3 Katolická teologická fakulta, Praha – znázorněn tambur a kupole [9]

V islámské architektuře jsou klenby obohaceny především o dekorační prvky, tvořené sádrou. Počátkem 11. století přichází románská architektura, charakteristická románskou klenbou. Románská klenba umožňuje zaklenout rozsáhlejší prostory, ale výhodnější je její využití na menší rozpony. Půlkruhový oblouk je později nahrazen lomeným obloukem.

Základem pro nové klenby byla římská přímá křížová klenba nad čtvercem. Klenby se nejčastěji zdily plnostěnně, což si žádalo masivní pilíře. V tomto období se žebro a pas staly kostrou klenby a pilíř kostrou zdiva. V pozdějším období dochází ke vzniku žebrové klenby.

Žebrová klenba je charakteristickým znakem gotického období. Využito je zde zmenšení klenbou vyvozených tlaků, díky použití žeber a ztenčení kleneb. Sestrojení žebrové klenby položilo základy gotického stavitelství. První takové klenby byly zprvu prováděny v okolí Paříže přibližně ve 13. stol. Tloušťky kleneb velkých katedrál jsou poměrně malé. Přibližně 300 mm. Gotická klenba je oproti románské mnohem vyspělejší. Především díky menší hmotnosti. Z románského období byly převzaty klenby šestidílné, osmidílné. Nově vzniká klenba hvězdnicová, síťová, vějířová, sklípková neboli diamantová a kroužená.



Obrázek 4 Sklípková klena - kostel Nanebevzetí Panny Marie v Nezamyslicích [10]

V renesanci bylo při klenební technice opět využito poznatků z historie. Dochází zde k použití konstrukčních doplňků v podobě táhel, což je v důsledku snahy po odlehčení. Táhla byla provedena z kovaného železa. Často užívaná je klenba na pedantivech či na tamburu.

Pro renesanci jsou dále charakteristické klenby valené, valené s lunetami, klášterní, neckové, zrcadlové, placky a melounová klenba. Pro chodby a arkádová loubí pak klenby křížové.

V baroku 16. stol. je významným prvkem nově pojatá konstrukce klenby. Nejčastěji jde o placku, kopuli, klášterní klenbu a klenbu křížovou. Častý je vznik kleneb složitými klenebními průniky.

V 19. století byla klenba používána během výstavby měst. Konstrukce kleneb byly prováděny z cihelného zdiva a většinou jsou zaklenuty nad suterénními prostory nebo chodbami.

Následně ve 20. století jsou klasické klenbové konstrukce alternovány plochými klenbami. Klenbou pruskou, valenými klenbami do travers a valenými klenbami do pásů. Ve 30. letech došlo také k prefabrikaci a standardizaci žebrových kleneb. Příkladem jejich aplikace může být objekt hangárů v Orvietu.

Obrázek 5 žebrová klenba Orvieto Hangar [11]

Po 2. sv. válce bylo postaveno ještě mnoho valených kleneb v průmyslových objektech, především z důvodu, že dosahovaly velkých rozpětí a vykazovaly dobrou požární odolnost. Stálou inovací se stávala teorie návrhu kleneb stále komplexnější, což činilo návrh takovýchto konstrukcí poměrně nákladnou záležitostí. Nárůst finanční náročnosti byl také z důvodu vysokých cen provádění u firem, které s klenbovými konstrukcemi neměli příliš zkušeností. Následně důsledkem ropné krize v 70. letech byly klenbové konstrukce postupně vytlačeny z kategorie obvyklých konstrukcí.

V současné době se technologie kleneb přesunula k dalším spíše nekonvenčním systémům konstrukce. Za zmínku stojí systémy prefabrikované. Příkladem takto prefabrikované klenbové konstrukce může být Duxford air museum v Anglii. Časté je také využití kompozitních materiálů.

II.2. Konstrukční řešení kleneb

[1], [4], [5], [12], [13]

Klenby spadají do skořepinových konstrukcí, které jsou charakteristické malou tloušťkou konstrukce a prostorovým působením. Obecně u skořepin je zatížení přenášeno tlakovým napětím a smykovým namáháním. Nicméně pro prostorové zděné konstrukce kleneb platí, že

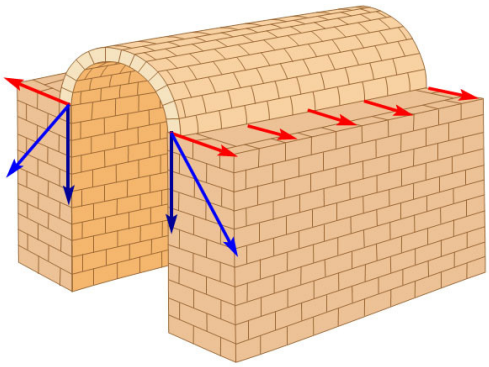
jde o tlustší konstrukce než obecné skořepiny. A nemohou přenášet axiální nebo smyková namáhání, protože při nich dohází ke vzniku podstatných neuniformních ohybových namáhání. Zásadní vliv na napjatost klenby má rovněž geometrický tvar klenby, především vzepětí a velikost středového úhlu. Klenbové konstrukce jsou schopné přenášet i velká zatížení, aniž by došlo k zásadnímu porušení konstrukce. Známy jsou i případy, kdy jsou klenbové konstrukce schopny odolávat velmi nepříznivým zatížením, která mohou být generována například během války. Jsou však citlivé i na malé deformace.

V případě válcových skořepin, tedy klasických kleneb. Jde o translační povrchy, které jsou významně ovlivňovány svými rozměry a způsobem podepření. Chování klenby se dá zjednodušeně uvažovat, jako řada stejných oblouků za sebou, avšak jen do chvíle, dokud způsob podepření přenáší potřebné reakce.

Klenby jsou konstrukce provedené z obloukově zakřiveného cihlového či kamenného zdiva. V patě se klenba opírá do podpor v podobě nosných stěn nebo sloupů. Na lícní straně může být klenba omítnutá nebo bez omítky. Z rubové strany je klenba obvykle překryta násypem. Tloušťka klenby se může v závěru a v patce lišit. Zesilování průřezu klenby probíhá buď stupňovitě nebo v souvislé křivce. Provádění lze rozdělit podle uspořádání ložných a styčných spár na obyčejný způsob, pásový způsob a způsob úhlopříčný. Nejčastěji je zdivo kleneb provedeno z obyčejných cihel plných pálených nebo z klenovek, které se kladou tak, aby jejich ložné plochy svíraly s lícním obloukem úhel 90°. V případě zdění z běžných cihel je dosahováno požadované křivosti rozevřením ložné spáry na rubové straně klenby a to do 20 mm. Na lícní straně pak do 6 mm. V těchto případech je nutné, aby kvalita malty byla shodná s kvalitou cihel. Pokud by tomu tak nebylo, mohlo by dojít k redistribuci napětí v průřezu a k posunu výslednicové čáry blíže k lícní ploše, kde hrozí vystoupení z jádra průřezu.

Při provádění kleneb se postupuje symetrickým způsobem směrem od patek. Po vyzdění samotného zdiva klenby se provede očištění rubové strany a nevyplněné spáry mezi zdícími prvky a rub klenby se zalijí řídkou vápenocementovou maltou. Ve vrcholu byla klenba ukončována klenákem. Ložné spáry zdiva jsou rovnoběžné s pateční spárou. Klenbové nadezdívky se zpravidla prováděly do jedné až dvou třetin výšky klenby, zejména u vyšších kleneb, kde následně dochází k příznivému ovlivnění průběhu tlakové čáry. Zapuštěné patky se prováděly souběžně se zděním nosných stěn nebo byly dodatečně vysekány do kapes ve zdivu. Provádění kleneb se doporučovalo provádět až po zastřešení budovy, aby se předešlo promočení konstrukce a vyplavení malty ze spár zdiva. Před klenutím bylo také zajištěno dostatečné zatížení zdiva.

Klenba může být podepřena zděnými stěnami, klenebními pásy nebo ocelovými nosníky.



Obrázek 6 Podepření valené klenby stěnami [14]

Na Obrázek 6 je naznačeno podepření valené klenby opěrnými stěnami. Znázorněno je rozložení sil v napojení klenby na stěny.

Rozřazení kleneb do skupin se řídí podle geometrických ploch nebo také dle nejběžnějšího způsobu jejich realizace.

II.3. Navrhování klenbových konstrukcí, statické řešení

[1], [6], [12], [15]

Při výpočtu klenbových konstrukcí se vychází z teorie pružnosti, kde platí Bernoulli-Navierova hypotéza. Tedy, že průřez zůstává rovinný a kolmý ke střednici před i po deformaci. Jedním ze základních předpokladů výpočtu je, že se ložná spára klenbového zdiva nerozevře, pokud působiště tlakových sil leží v jádře průřezu. Jádro průřezu se nachází ve třetině výšky průřezu a pokud se v něm nachází výslednice sil, tak tyto síly vyvolávají v průřezu pouze tlaková namáhání.

V pozemním stavitelství se při návrhu klenbových konstrukcí přistupuje k idealizovanému modelu v podobě trojkloubého oblouku. V případě nižších oblouků se středovým úhlem do 120°, se klouby nejčastěji uvažují uprostřed vrcholové a patní spáry. Dále je možné zvážit také dvojkloubový nebo vetknutý oblouk.

Pro navrhování klenbových konstrukcí se dříve užívaly empirické vzorce. Dnes je třeba návrh rekonstrukce či zesílení klenby podložit statickým výpočtem, což dnes za pomoci výpočetních technologií a výpočtu pomocí metody konečných prvků, není příliš problematické.

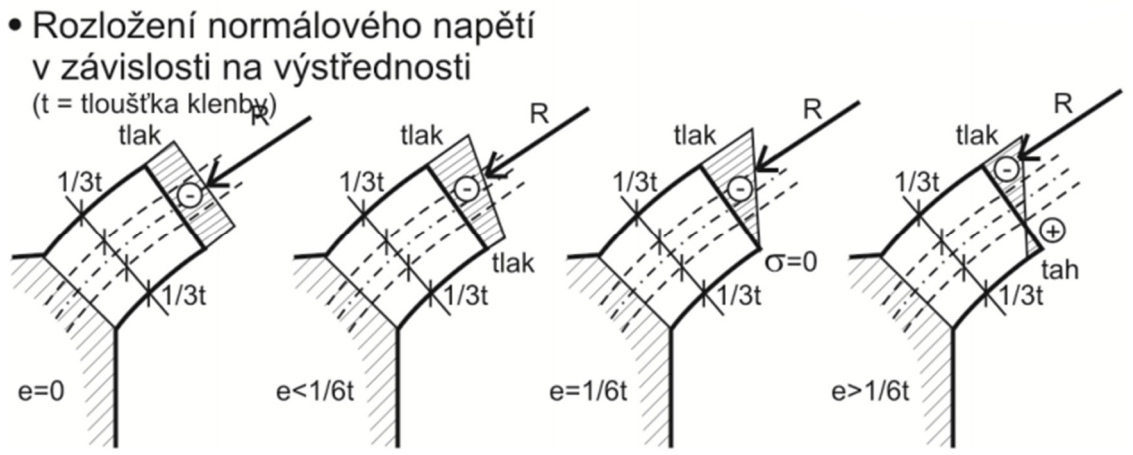
Při návrhu klenby je nutno splňovat základní předpoklady spolehlivého působení klenbové konstrukce, mezi které spadá: neposuvnost podpor zároveň ve svislém i vodorovném směru;

výslednice působících zatížení se musí nacházet v jádře průřezu; vyvarování se aplikaci lokálních a nesymetrických zatížení a tím předejití vybočení.

Empirické vzorce mají však stále svůj význam v oblasti průzkumu konstrukcí. Těmito vzorci se navrhovala tloušťka klenby. Nic to nemění na tom, že tvar a tloušťka klenby musí být navrženy v ohledu na to, aby bylo v každém průřezu klenby vyvozeno pouze tlakové namáhání. Pro klenby s malým poměrným vzepětím, rovnoměrným zatížením, neposuvných podpor a bez změn teploty lze zjednodušeně uvažovat trojkloubový oblouk. Dále lze uvažovat i vetknutý oblouk, a to v závislosti na charakteru provedení paty klenby a napojení na podporové stěny.

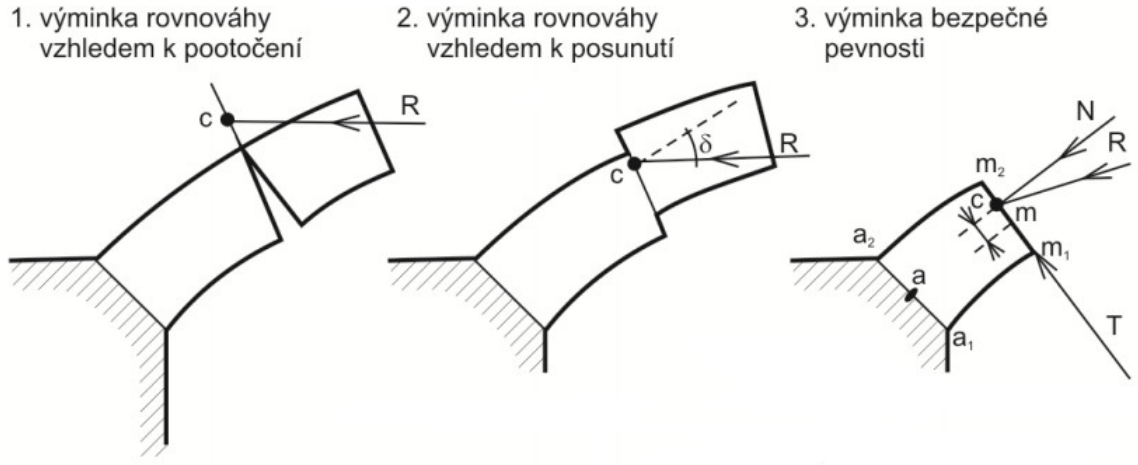
Díky současným výpočetním technologiím je možné do výpočtu zahrnout vliv změněné geometrie, která vznikla z důvodu přetížení nebo posunu podpor či vlivem vynucených zásahů do klenby. Výpočet je možné provádět metodou konečných prvků, na které jsou založené současné výpočetní programy. Pro různé situace jsou vhodné odlišné modely a typy prvků ve výpočtu. Pro štíhlé klenby je vhodné volit model prutový. Stěnový model je pak vhodný pro výpočet masivních a stupňovitě zesílených kleneb. Možno je též využít i stěn deskového modelu s trojúhelníkovými prvky či smíšený model s prostorovými prutovými prvky a stěno-deskovými prvky.

Při řešení klenby grafickou metodou, jsou zavedeny některé zjednodušující předpoklady. Materiál považujeme za pružný. Dle výsledné polohy působiště vnitřních sil mohou nastat tři případy. Tlakové centrum se nachází v těžišti průřezu; tlakové centrum je mimo těžiště, ale stále v jádře průřezu; tlakové centrum je mimo těžiště i jádro průřezu. Bezpodmínečně musí být splněna podmínka, že jakákoliv kombinace zatížení vyvodí v konstrukci pouze tlakové napěti. V kontextu grafické metody je tlaková čára spojnicí všech tlakových center průřezů klenbového oblouku. Jedná se tedy o křivku, kterou během posouzení klenby nahrazujeme lomenou čárou. Vynášení tlakové čáry provádíme pomocí výslednicové čáry a složkového obrazce sil. Případně také statickým výpočtem vnitřních sil v konstrukci. Tlaková čára sestrojená za pomoci výslednicové čáry a složkového obrazce je vhodná pro posuzování nižších segmentových kleneb, souměrných a souměrně zatížených užitným a stálým zatížením. Klenba je symetrická konstrukce, proto postačuje řešit pouze polovinu rozpětí. Řešíme-li tlakovou čáru pomocí statického výpočtu, je nám známý průběh vnitřních sil. Následně je možné spočítat polohu tlakového centra v libovolném průřezu. Tlakovou čáru je možné vynést, jako spojnici tlakových center v jednotlivých průřezech. Čím se nachází tlaková čára blíže ke střednici, tím je pevnost materiálu klenby více využita.



Obrázek 7 Rozložení normálového napětí v závislosti na výstřednosti [16]

Aby byla konstrukce klenby bezpečná a spolehlivá, je nutné dodržet tři podmínky rovnováhy.



Obrázek 8 Výminky rovnováhy klenby [17]

Jedná se o podmínku rovnováhy v pootočení, v posunutí, dodržení úhlu vnitřního tření a také o podmínku pevnosti. Podmínka rovnováhy v pootočení, která znamená, že v žádném místě konstrukce nesmí tlakové centrum vystoupit z průřezu. Podmínka posunutí říká, že úhel svírající výslednice zatížení s kolmicí k průřezu nesmí být větší než úhel tření. Tento úhel je pro zdivo na vlhké maltě roven 22,5° a pro suché zdivo 37°. V neposlední řadě musí být dodržena podmínka pevnosti, dle které nesmí být zatížením překročena pevnost materiálu v tlaku.

II.4. Poruchy kleneb

[1], [4], [12], [15], [18]

Ve většině případů se setkáváme s trhlinami, vzniklými kolmo na směr zakřivení konstrukce. Je tomu tak v důsledku vynuceného přetvoření. Příčinou takového porušení mohou být posuny

podpor či poruchy původního systému táhel. Staticky neurčitá konstrukce se přemění na staticky určitou za vzniku kloubů, které se projevují trhlinami. Lze tedy říci, že trhliny vznikají z důvodu tahu nebo smyku. Dle charakteru trhlin je v některých případech předem určit důvody jejich vzniku. V takových případech je nutná sanace nejen klenby, ale i podpěrné se konstrukce. Pohyby podpor se řadí mezi hlavní příčinu poruch těchto konstrukcí. Často může docházet například k nerovnoměrnému sedání opěrných zdí, což vyvozuje svislý posun v podepření klenby. Poruchy, jejichž důsledkem je přetvoření podepření klenby, je nutné řešit, jako první věc při přistupování k sanaci.

V případech plochých kleneb o velké tloušťce, podepřených tenkými stěnami, dochází pak často k rozestoupení opěrných zdí. Naopak u vyšších a tenčích kleneb na opěrných zdech větších tlouštěk dojde k přetížení a následně až ke zlomení klenby.

Působí-li na klenbovou konstrukci velké boční tlaky, může dojít k drcení klenby. Boční tlak může být vyvozován například sousední klenbou, zeminou, nevhodným provedením klenbových táhel atp.

Vlasové trhliny na líci klenby nemusí vždy znamenat poruchu této konstrukce, ale je třeba ověřit, zda se nejedná pouze o technologickou vadu provádění omítky.

Další poruchou může být hloubková koroze materiálu zdiva, která se složitě odstraňuje.

Z charakteru klenbových konstrukcí a ze zkušeností lze odvodit hlavní příčiny poruch kleneb. Porucha může být zapříčiněna už jen sníženou kvalitou zdících prvků, kdy následně dochází k deformacím konstrukce. I nekvalitní provedení zdiva klenby může vést až k její poruše, stejně jako nedostatečná únosnost zdiva. K poruše může vést také nevyhovující geometrie a tloušťka průřezu klenby, kdy dojde k vystoupení výslednicové čáry z jádra průřezu a ke vzniku tahových namáhání. Citlivé jsou klenby také na lokální porušení či na nevyhovující způsob zatížení osamělým břemenem nebo excentrickým zatížením. Porucha podpor klenby vede následně i k poruše klenbové konstrukce, a to v důsledku poklesu a posunu podpor. Zhoršená celistvost zdiva a snížení mechanických vlastností zdiva rovněž vede k poruše klenby. Porucha může být vyvolána také neodborným zásahem do zdiva konstrukce či do jejích podpor.

Při rekonstrukcích objektů může často dojít k závažnému ohrožení stability klenbové konstrukce dokonce i budovy, jako celku. K ohrožení stability může dojít v závislosti na odstranění podlahových případně i stropních konstrukcí ve vyšších nadzemních podlažích, odstranění krytiny narušeného krovu atp. bez provizorního zajištění nosných a podpůrných stěn, do nichž se klenby opírají, může dojít k porušení kleneb případně jejich stability.

Obrázek 9 Klenba poškozená trhlinami [19]

Většina poruch klenbových konstrukcí nemusí vést k jejich odstranění. Některé poruchy je možné eliminovat nebo lze jejich důsledky opravit volbou vhodné sanační metody.

II.5. Průzkum kleneb

[1], [15], [12]

Průzkum klenby se do určité míry shoduje s průzkumem zdiva stěn. Přičemž je průzkum klenby omezen na podrobnou prohlídku klenby jejích patek a podpor. Rubová strana klenby většinou není u občanských a bytových staveb během průzkumu viditelná. V případě sakrálních staveb bývá pak i rubová strana pro průzkum přístupná. Kromě stavu podporových zdí klenby je třeba ověřit i stav základové konstrukce. Vizuálně se kontroluje mechanický stav táhel a také, zda stále splňují svoji statickou funkci a nejsou prověšená. V podrobnějším průzkumu je zahrnuto nedestruktivní ověření fyzikálních, mechanických a chemických parametrů částí konstrukce. Dále se provádí odběr vzorků pro laboratorní analýzy pro určení vlhkosti a chemických vlastností. Dále se provádějí také sondy pro zjištění charakteru násypu a vrstev nad rubem klenby.

Nutné je si uvědomit, že klenbovou konstrukci je nutno posuzovat a brát v potaz v kontextu celého konstrukčního systému.

V oblasti průzkumu klenbových konstrukcí mají empirické vztahy pro jejich návrh stále významný význam. Výpočtem konstrukce podle tehdejších zvyklostí a vztahu, zjistíme, zda nebyla konstrukce již v minulosti chybně navržena či poddimenzována.

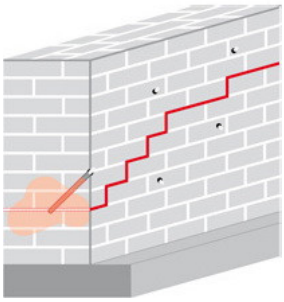
II.6. Rekonstrukce a zesilování kleneb

K rekonstrukci a zesilování kleneb lze přistupovat mnoha metodami a možnostmi provádění. Návrhu rekonstrukce či zesílení předchází posouzení budoucího využití konstrukce a charakteru jejího zatížení. Zda je či není objekt památkově chráněn podstatně ovlivňuje volbu a celkový přístup k sanační metodě. Následně jsou zde uvedeny možné metody rekonstrukce a zesílení klenbových konstrukcí, doplněné o několik příkladů jejich praktické aplikace.

II.6.1. <u>Mikro injektáž</u>

[1], [20]

Mikro injektáž je vhodnou metodou při porušení výplně spár nebo snížení její únosnosti. Dále v případě uvolněných zdících prvků nebo stabilizovaných lokálních trhlin.



Obrázek 10 Injektáž lokální trhliny ve zdivu [21]

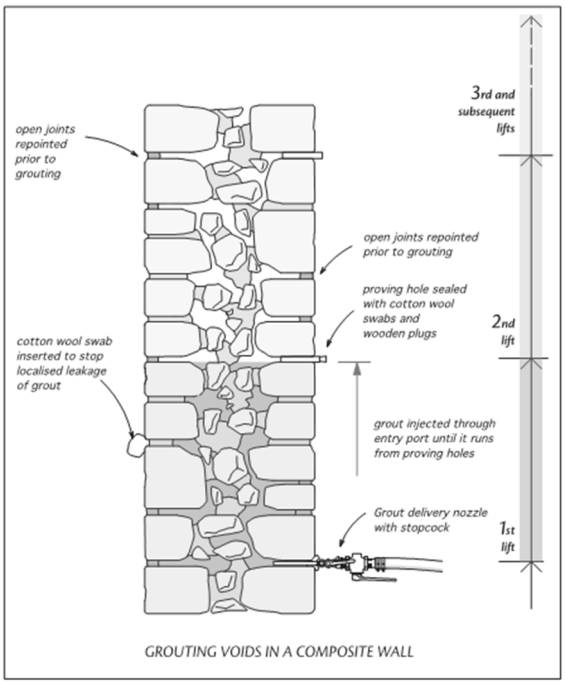
Postupuje se odstraněním narušených povrchových vrstev zdících prvků a malty ve spárách. Spáry se vyklínují a hloubkově vytmelí do hloubky 30 až 50 mm. Případně dojde k výměně porušených zdících prvků. Během výměny je třeba, dle charakteru objektu, dbát na určité náležitosti nově zabudovaného materiálu. Zejména jde o to, aby nově zabudovaný materiál disponoval podobnými vlastnostmi, jako materiál původní. Je tedy vhodné, použít například zdící prvky z jiného místa objektu v případě dílčí demolice nebo prvky demontované z konstrukcí nacházejících se v okolí řešeného objektu. Po provedení náhrady porušených zdících prvků se provede povrchové zatmelení a následně se provádí injektáž trhlin a zdiva klenby. Složení a druh injektážní látky se navrhuje dle šířky trhlin.

II.6.2. Injektáž

[1], [20]

Návrh injektáže je vhodný v případě porušení výplně spár nebo snížení jejich únosnosti, také v případě uvolněných zdících prvků nebo stabilizovaných lokálních trhlin. O použití vhodného injektážního média rozhoduje pórovitost injektovaného materiálu nebo šířka trhlin ve zpevňovaném zdivu. V případě zdiva se zpevňují různé dutiny v pojivu a zdících prvcích.

Zaprvé je nutno hloubkově vyčistit trhliny a zatmelit je. Následně je již možné osazovat injektážní trubice a provést injektáž lokálních trhlin injektážní látkou. Injektážní látkou je cementová suspense nebo směs epoxidové pryskyřice. Vhodné je provést v kombinaci s injektáží také další opatření podpůrného systémů klenby.



Obrázek 11 Naznačené úrovně provádění injektáže [22]

Při provádění injektáže starého zdiva je vhodné použití cementové malty či mléka. V případě výskytu nadměrných dutin je vhodné užití určitého typu betonové směsi. Nejprve se ze zdiva odstraní uvolněné části omítky, vyvrtají se otvory pro osazení injektážních trubek. Otvory procházejí do dvou třetin až tří čtvrtin tloušťky zdiva. Polohu vrtů volíme dle pórovitosti, stupni porušení a injektážního tlaku. Tento tlak se pohybuje v rozmezí od 0,1 do 1 MPa. Injektážní vrty jsou rozmístěny ve vzdálenostech od 0,3 do 2,5 m od sebe. Průměr vrtu je běžně od 10 do 40 mm. Po provedení vrtů tyto vrty vyčistíme a vypláchneme vodou. Následně do otvorů osazujeme injektážní trubky a provedeme utěsnění povrchu v místě jejich napojení. K trubkám je vhodné umístit odvzdušňovací trubky, kterými eliminujeme tvorbu vzduchových kapes

v injektovaném prostoru. Injektovat se začíná postupně zdola nahoru. Jsou-li trhliny ve zdivu větších šířek, osadí se trubky, aniž by se vrtaly otvory. Po zatvrdnutí injektážní směsi provedeme kontrolní sondy pro ověření kvality provedení. Nevýhodou této metody je nepravidelné rozložení injektážní hmoty.

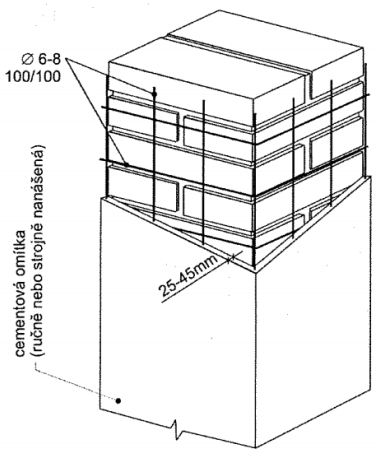
Mimo cementové injektážní materiály je možné také použití epoxidových pryskyřic. Jejich prostřednictvím je možné zaplňovat i trhliny menších šířek. Epoxidové pryskyřice mají velice dobrou přilnavost k povrchu, ale jejich použití má smysl pouze ve chvíli, kdy je provedeno odstranění příčin poruch. Při vtlačování pryskyřice do trhlin se nejdříve konstrukce zatmelí epoxidovou hmotou. Následně provádíme vrtání otvorů. Při vtlačování pryskyřice přetlakem se postupuje zdola nahoru.

II.6.3. Opláštění vyztuženou omítkou

[1]

Pro porušení líce klenby shlukem trhlin je vhodné opláštění vyztuženou omítkou. Tento typ vyztužení je založen na příznivém účinku příčného vyztužení konstrukcí namáhaných tlakem.

Správně navržená příčná výztuž přebírá tahové napětí a tím zabraňuje vzniku tahových trhlin. Tyto tahové trhliny běžně předcházejí kolapsu konstrukce. Na vyztužení se používá svařovaná výztuž z profilů 4 až 10 mm pro příčné a vodorovné pruty. Pruty podélné a svislé jsou z profilů 6 až 12 mm. Používá se kvalitní cementová malta nebo jemnozrnný beton. Nanášení je prováděno ručně nebo torkretováním. Nejnižší kvalita betonu je C16/20.



Obrázek 12 Příklad zesílení zděného pilíře vyztuženou omítkou [23]

Nejprve je nutné odstranit veškeré narušené části zdících prvků a následně provést jejich doplnění. Odstraní se narušené pojivo ve spárách. Poté je provedeno hloubkové zaplnění spár

a následně je možné provést opláštění lícní plochy klenby výztužnou omítkou kotvenou do zdiva pomocí spon a trnů. Výztužná síť se kotví ke zdivu ocelovými sponami o průměru 6 až 10 mm, které se vkládají do otvorů průměru 12 až 16 mm. Otvory jsou vyplněné cementovou nebo polymer-cementovou maltou.

II.6.4. Provedení klenbových pásů

[1]

Zesílení nevyhovující klenby je možné provedením klenbových pásů umístěných na líci nebo na rubu klenby ve vzdálenosti 2 až 3 m. Dle povahy objektu a zohlednění jeho památkové ochrany se provádí klenbové pásy na líci nebo rubu klenby. V případě památkově chráněných objektů je často žádoucí zachovat původní malby, štukatérské práce a další architektonické prvky, proto je vhodné klenbové pásy umístit na rubovou stranu klenby. Avšak za současného předpokladu, že je možné provést odstranění násypu a dalších konstrukcí nad klenbou. V případě, kdy objekt není památkově chráněn a není možné provést odstranění násypu, podlahy a dalších dílčích konstrukcí, připadá v úvahu provedení lícních klenbových pásů.

Obrázek 13 Vyztužení rubové skořepiny a klenbových pásů [24]

II.6.5. Vyklínování kleneb

[1], [4]

Vyklínování klenby je jednoduchou provizorní opravou, která konstrukci zároveň zpevňuje. Klíny by měly být provedeny z tvrdého dubového dřeva. Následně se do konstrukce zatloukají suché, protože je-li klenba vlhká, vlhkost přejme také dřevo a zvětší svůj objem, čímž do konstrukce vnáší určitou mírou napětí. Po provedení zatlačení klínů do trhlin a eventuálním vyplněním větších trhlin je možné provést omítnutí klenby.

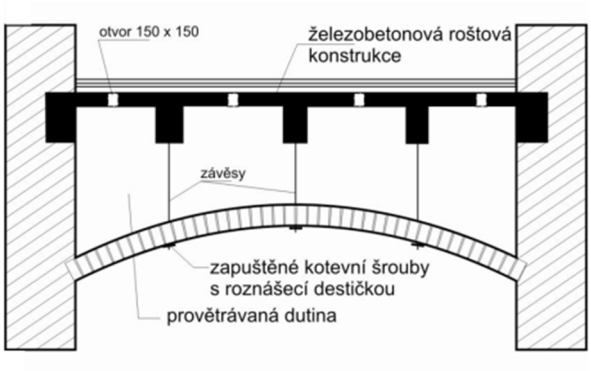
Vyklínování je řazeno mezi tradiční technologie a je vhodné pro aplikaci na konstrukcích památkově chráněných objektů.

II.6.6. Zavěšení klenby

[1], [4]

Zavěšení klenby je možné provádět na ocelové nebo železobetonové trámy, případně na provedený rošt nad rubovou částí klenby. Možné je rovněž provedení železobetonové desky nebo spřažené ocelobetonové stropní konstrukce. Klenba je následně zavěšena na tyto nově zbudované konstrukce, které přebírají nosnou funkci klenby. Nově vzniklá konstrukce se propojí s původní klenbou pomocí ocelových či plastových kotev, které se zapustí do konstrukce původní klenby. K tomuto řešení se většinou přistupuje v případě hodnotných kleneb, které nelze opravit či zesílit jinými metodami. Následně je pak možné provádět další fáze sanace samotné klenbové konstrukce.

Toto řešení umožňuje provedení větracích otvorů pro odvětrání prostor nad klenbou a tím eliminuje častý problém během sanací kleneb, kterým je snížení propustnosti vodní páry. Provedení odvětrání poskytuje vhodné podmínky pro zachování maleb, štukatérských prací a dalších architektonických prvků. Nicméně není tato technologie přímo vhodná pro památkově chráněné objekty, proto by se k tomuto návrhu mělo přistupovat jen v krajních případech.



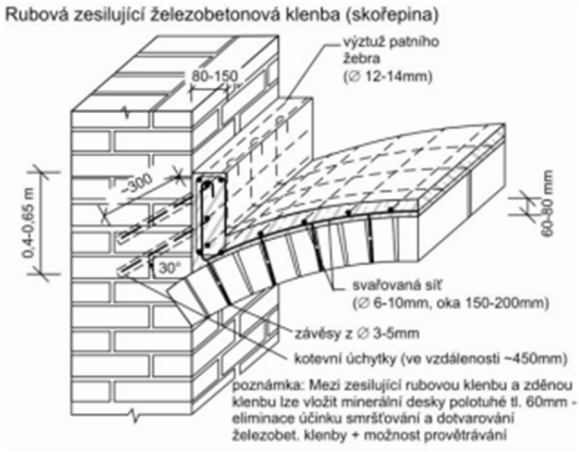
Obrázek 14 Zavěšení narušené klenby na železobetonový trámový strop [25]

II.6.7. Vyvěšení klenby

II.6.7.1. Rubová klenba

[1], [15], [26]

Vyvěšení klenby se provádí na štíhlá stěnová žebra na rubové straně klenby, která jsou kotvená do zdiva klenby. Stropní konstrukce se ukládá na štíhlá stěnová žebra.



Obrázek 15 Rubová zesilující železobetonová klenba [27]

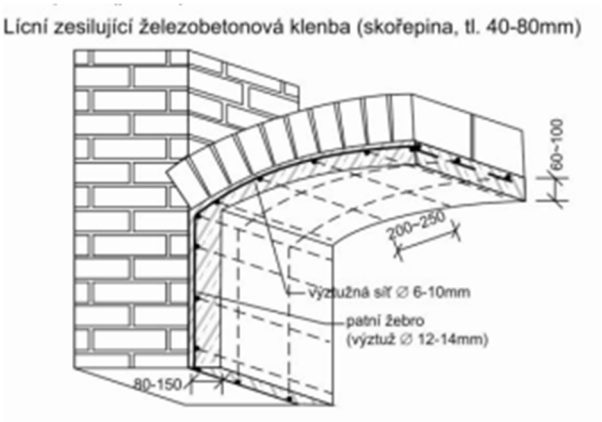
V případě památkově chráněných objektů je žádoucí zachování původní lícové strany, ačkoliv většinou se počítá s obnovou štukatérských prací. Proto se přistupuje k vyvěšení poškozené klenby na železobetonovou rubovou skořepinu o tloušťce 60 až 120 mm či dle [15] 50 až 60 mm. Nejprve se provede zajištění klenby podpůrnou konstrukcí. Obnaží se rub klenby a následně je provedeno odstranění maltového potěru a malty ve spárách, a to do hloubky 10 až 15 mm. Do cihel jsou vyvrtány otvory pro kotvení třmínků, které se po osazení třmínků vyplňují epoxidovou maltou. Ve stěnách jsou osazeny kotevní trny věnců, které jsou od vodorovné roviny odchýleny přibližně o 30°. Skořepina se vyztužuje betonářskou sítí vázanou nebo svařovanou a je betonována ve dvou vrstvách. Pro výztuž rubové skořepiny musí být zajištěno řádné zakotvení do stěnových věnců, které jsou běžně v tloušťkách od 100 do 150 mm a provedeny jsou až pod úroveň budoucí nové podlahy. Stěnové věnce přispívají ke zpevnění zdiva ve vodorovném směru. Před zahájením betonáže se vyklínují a zainjektuji trhliny v klenbě. Konstrukci skořepiny, rozmístění kotev, spon a výztužné sítě je nutné určit statickým výpočtem. Běžně se rozteč kotev pohybuje mezi 250 a 300 mm. Samotná betonáž skořepiny se provádí ve 2 vrstvách. Spodní vrstva se provádí z řidší a mastnější betonové směsi. Naopak svrchní vrstva je z hustší a hrubozrnnější směsi. Rovněž je nutné posoudit ze statického hlediska vliv smršťování a dotvarování betonu, které mohou zapříčiňovat zploštění rubové klenby a tím porušení stávající zesilované konstrukce. Značným nedostatkem této metody je snížení propustnosti vodní páry konstrukce.

II.6.7.2. <u>Lícní klenba</u>

[1], [4]

V případech, kdy nelze odstranit podlahovou konstrukci a násyp nad klenbou, lze aplikovat sanaci lícní klenbou. Provádí se v tloušťkách 20 až 80 mm, jako tenká torkretová vrstva. Při

větších tloušťkách, jako stříkaný beton nebo ručně nanášená cementová malta. Na očištěný a patřičně navlhčený líc klenby se položí výztužná síť, která může být případně přivařena k ocelovým kotvám v klenbě. Následným torkretováním dojde k vytvoření tenké betonové vrstvy. Stříkání se provádí pod tlakem 0,4 až 0,6 MPa. Beton pro torkretování je suchá směs cementu a písku s minimálním průměrem zrn 0,8 mm, která se nanáší za pomoci stlačeného vzduchu. Do suché směsi se v tlakové pistoli vstřikuje voda, která tvoří 10 % objemu torkretové směsi. Nevýhodou suchého způsobu je velká prašnost a vysoký podíl odpadního materiálu dále také rychlejší opotřebení nanášecího mechanismu. Možný je nepřerušovaný provoz zařízení. Nutné je také zmínit dobré mechanicko-fyzikální vlastnosti suché směsi. V případě mokrého způsobu se voda přidává již v míchačce. Následně musí být práce provedena bez větších přestávek. Při užití mokrého způsobu je eliminován problém s prašností a velkou částí odpadního materiálu. Samotná betonáž se provádí ve třech vrstvách. První vrstva je tvořena jemnozrnnou řídkou směsí, která zabezpečuje dobré spojení zesílení s klenbou. Druhá vrstva se provádí po několika hodinách a je tvořena plastickou hrubozrnnou směsí. Provádí s v tloušťce 10 až 25 mm. Poslední vrstva je nakonec opět jemnější a žádoucí je její vyšší kvalita. Řešení je vhodné v případech, kdy je snížena únosnost stávajícího zdiva, anebo se rozpadá vlivem zvýšené vlhkosti. I zde je však třeba brát ohled na smršťování a dotvarování betonu, které mohou vést ke zploštění klenby. Proto je třeba při tloušťkách vrstvy v rozsahu 30 až 60 mm vkládat výztužnou síť, která toto napětí od smršťování eliminuje. Pokud by byla tloušťka větší než 60 mm, vkládají se výztužné sítě dvě. Výztuž musí být co nejblíže vrstvy a je třeba pamatovat i na kraje vrstev. Výztuž je ke konstrukci připevněna pomocí trnů.
Použití této technologie u památkově chráněných objektů je nutné zvážit.



Obrázek 16 Lícní zesilující železobetonová klenba [28]

II.6.8. Podepření klenby

[1], [4], [15]

Podepření klenby z lícové strany klenutými pásy se používalo pro zesílení klenbové konstrukce již v minulosti a řadí se mezi historické způsoby zesilování.

Podepření v podobě vzpěry na vnější straně klenby se dá aplikovat při opravě rozestouplé klenby. V takovém případě se provede podskružení klenby pomocnou konstrukcí a zmíněné vzpěry se osadí z vnější strany stěn. Tento postup se kombinuje s osazením táhlem. V případech, kdy nelze použít táhla, přistupujeme k provedení betonového nebo opěrného zděného pilíře.

II.6.9. Zesílení vlákny

[1], [29], [30]

II.6.9.1. Zesílení výztužnými vlákny – Fibre reinforced polymers

FRP neboli Fibre reinforced polymers jsou vyrobeny z karbonu, aramidu skla nebo polyvinylalkoholu. FRP poskytují řadu výhod, jako nepřitěžování zesilované konstrukce, imunitu vůči korozi a vysokou pevnost v tahu. Flexibilita jednoduchost aplikace umožňuje mnoho přístupů k jejich použití. Nicméně je třeba brát v potaz jejich křehké chování. Mechanismy porušení kleneb zesílených FRP nejsou příliš známé a je na ně zaměřeno mnoho výzkumných prací stejně tak jako na tvorbu specifických modelů pro návrh FRP vyztužení. Aplikace zesilujících vláken pozměňuje statické chování klenby, zabráněním vzniku čtvrtého plastického kloubu. Proto ke kolapsu konstrukce dochází kvůli ostatním mechanismům.

Volba umístění vyztužení na rub či líc konstrukce mění mechanismus formování plastických kloubů. Je to z toho důvodu, že vlákna dokáží přenášet namáhání vznikající na napjatých rozích. V těchto místech, která jsou namáhána kombinací tlakového a ohybového namáhání, záleží odolnost konstrukce na únosnosti zdiva v tlaku a vláken v tahu. V případě vnějšího vyztužení, může tlaková čára vystoupit ze spodní hrany klenby, aniž by došlo ke kolapsu.

Karbonová vlákna jsou charakteristická svou větší pevností a pružností oproti skleněným vláknům a nižším maximálním napětím. Z toho vyplívá, že je křehčí, a navíc i třikrát dražší než vlákna skleněná. Při použití CFRP (Carbon fibre reinforced polymers) i při použití GFRP (Glass fibre reinforced polymers) dochází ve všech případech ke kolapsu z důvodu drcení zdiva na horní hraně v blízkosti středu zkoumaného prvku. Ve výzkumu podle [29] byly CFRP použity na lic či rub konstrukce. GFRP byly aplikovány pouze na rub konstrukce.

Při vyztužení kleneb CFRP a GFRP na rubu konstrukce došlo u zkoušených kleneb k poruše v důsledku posunu mezi zdícím prvkem a maltou v plastickém kloubu nejblíže k patě. K následnému kolapsu došlo náhle bez předcházejících varovných deformací. Tomuto křehkému porušení lze předejít umístěním dostatečného množství výztužných vláken v místě paty klenby. V jiném případě zkoušené klenby došlo při zatěžování k velkým deformacím, které znemožnily další navyšování zatížení. Ve všech zkoumaných případech došlo ke kolapsu z důvodu posunu mezi zdícím prvkem a maltou. Výsledky podle [29] ukázaly střih zdiva, jako převládající mechanismus poškození při zesílení kleneb na rubové straně, a to bez závislosti na typu vláken. Při aplikaci širších pruhů vláken byla zaznamenána širší oblast odolnosti, která je schopna bránit střihu prokluzem mezi prvkem a maltou. V tomto ohledu neovlivňuje vyšší či nižší pevnost a tuhost vláken celkovou pevnost a odolnost konstrukce. Zjištěno bylo, že vzdálenost mezi pruhy výztuže a jejich šířka mohou ovlivnit mechanismus kolapsu. Kombinace malé šířky pruhů a vysokého modulu pružnosti vyvolává nerovnoměrnou distribuci namáhání s koncentrací v limitované zóně nacházející se pod výztuží. Skleněná vlákna, ačkoliv mají horší mechanické vlastnosti v porovnání s karbonovými, během zkoušek prokázala větší účinnost při zesilování konstrukce.

Obrázek 17 Zesílení rubové strany klenbové konstrukce uhlíkovými vlákny [31]

Při umístění FRP na líc klenby došlo na testovaných konstrukcích k poškození z důvodu ztráty soudržnosti mezi vlákny a zdivem v blízkosti polohy aplikovaného zatížení. Konstrukce však nedosáhla kolapsu, protože vlákna výztuže přispěla k soudržnosti prvků zdiva. Během zkoušek byla detekována ztráta soudržnosti mezi vlákny v blízkosti zatížené části konstrukce. Celková únosnost konstrukce závisí na adhezi mezi vlákny a zesilovaným zdivem. Nutné je ověřit

možnost odtržení systému před jeho aplikací na konstrukci. Toto ověření může být provedeno za pomoci jednoduchých zkoušek.

II.6.9.2. Zesílení maltou vyztuženou bazaltovou textilií – Basalt textile reinforced mortar

Vyztužování maltou vyztuženou bazaltovou textilií (BTRM) je alternativou k tradičním zesilovacím metodám a zároveň i k moderním metodám, jako je FRP.

Malta vyztužená bazaltovou textilií je kompozitní materiál odvozený nahrazením organické matrice anorganickou. Touto úpravou je dosaženo několika výhod. Oproti FRP a betonu je BTRM propustná pro vodní páru. Pro aplikaci BTRM nejsou nutné velké technologické znalosti či know-how, a tak je aplikace jednoduchá i pro nezkušené pracovníky. Na rozdíl od FRP má BTRM také větší požární odolnost. Nevytváří žádné toxické zplodiny a je přizpůsobitelná složitým povrchům. V neposlední řadě je také levnější než FRP.

Vlastnosti basaltové textilie jsou podobné alkalicko-rezistentním skelným vláknům a oproti karbonovým vláknům, jak už bylo zmíněno, jsou o mnoho levnější. BTRM kompozit má dobrou odolnost vůči únavě a oproti skelným vláknům má menší dopad na klimatické změny, nulovou toxicitu vůči lidem, je kompletně inertní a celkově nemá žádná omezení vůči životnímu prostředí. Bazaltová vlákna byla zvolena pro výborné chemicko-fyzikální vlastnosti. Zděné konstrukce vyžadují výztuž, která nebude příliš tuhá, a navíc bude schopná přizpůsobit se stávajícím deformacím konstrukce. Bazaltová textilie je navíc lehce vyrobitelná a dobře dostupná.

Obrázek 18 Aplikace BTRM během zkoušek [32]

Experimentálně bylo zkoušeno umístění výztužné malty zvlášť na rub, líc konstrukce a také zároveň na rub i líc. Během destruktivních zkoušek došlo ke vzniku nových mechanismů

porušení v důsledku vyztužení pomocí BTRM. Pozorováno bylo drcení zdiva, posunutí v kloubu a uvolnění výztuže.

Za pomoci BTRM je možno adaptovat konstrukci novým podmínkám zatížení. Vyztužená konstrukce odolá zatížení 8 až 19krát vyššímu než konstrukce nevyztužená. To platí pro klenby vyztužené na rubu, líci či na obou površích. Konstrukce po aplikaci zesílení poskytuje, jako systém, vyšší deformační kapacitu.

V případě vyztužení konstrukce na rubu či na obou stranách, vykazuje konstrukce 5násobné zvýšení deformační kapacity při maximálním zatížení.

Pro případy zesílené pouze na líci byla deformační kapacita konstrukce navýšena pouze o 28,7 %.

Z pohledu maximálního zatížení a maximální kapacity deformace nejlepších výsledků dosahuje vyztužení při obou površích konstrukce. Díky křehkosti matrice malty dovoluje systém BTRM předem předurčit vznik budoucích kloubů v porušené konstrukci, a to díky malým trhlinám, které se projeví nejprve na BTRM. Celkově je metoda zesilování BTRM považována za efektivní.

Je zde zachována zásada reverzibility a vyztužení konstrukce lze odstranit, aniž by byla konstrukce poškozena. Z tohoto pohledu je tato metoda vhodná pro konstrukce historických a památkově chráněných budov.

II.6.10. <u>Zesílení vloženou výztuží</u>

[1], [33]

Dříve se jako vkládaná výztuž používala betonářská výztuž typu B500B. Výztuž byla do drážek lepena cementovou maltou. Návrh takového vyztužení vycházel ze zkušeností s železobetonem. Nicméně není použití betonářské výztuže považováno za příliš vhodné.

Dnes využívanou metodou je vyztužování kleneb pomocí vkládání helikální výztuže do drážek a vrtů. Helikální nerezová vysokopevnostní výztuž se pro dodatečné vyztužení vlepí, do předem provedených drážek a vrtů, za pomoci vysokopevnostní malty do drážek. Nově vložené výztužné profily se aktivují při přenášení zatížení, působícího na konstrukci. Vkládání výztuže poskytuje především možnost zesílení konstrukce v oblasti působení tahových namáhání. Pomocí vložené výztuže je též možné provádět kotvení dvou oddělených částí konstrukce. Systém helikální výztuže je tvarově velice flexibilní. Je předurčen pro sanační účely a tomu odpovídají jeho vlastnosti. Na trhu je mnoho výrobců tohoto systému.

Helikální výztuž je provedena z nerezové oceli. Proto nemá požadavky na krycí vrstvu na rozdíl od dříve používané betonářské výztuže. Drážky a vrty, do kterých se výztuž následně vkládá

jsou malých rozměrů. Výztuž je dobře tvarovatelná a velkou výhodou je možnost tvarování in-situ. Soudržnost mezi maltou a výztuží je zabezpečena helikálním tvarem výztuže. Pro výztuž je potřebná jen malá kotevní délka. Pro zdivo je udávána kotevní délka 500 mm. Kotevní malta při tuhnutí a tvrdnutí nevyvolává napětí vlivem smršťování a je aplikovatelná i při, pro ostatní materiály, nevhodných teplotách. Systém je nenáročný na provádění. Nutné je dodržení předepsaných konstrukčních zásad.

Obrázek 19 Výztužné helikální pruty [34]

Výztužné helikální pruty se vyrábějí v průměrech 3; 4,5; 6; 8; 10; 12 mm. Vyrobeny jsou z nerezové oceli. Tahová pevnost je v porovnání s betonářskou ocelí až dvojnásobná. Pruty nelze svařovat. Kvůli složitému tvaru by nebyla zaručena funkčnost provedeného svaru.

Jako kotevní malta jsou používány modifikované polymer cementové směsi. Dosahují pevnosti v tlaku kolem 40 MPa a v tahu kolem 10 MPa. Přídržnost ke zdícímu prvku je kolem 2 MPa. Aplikace malty se provádí pomocí injektážní pistole dle dodavatele systému.

Zesílení klenbových konstrukcí je prováděno z rubu nebo líce, dle možností přístupu. Při vyztužování jednovrstvé klenby je účinnost vlepené výztuže dostatečná a není nutné ji kotvit. V případě vícevrstvé klenby je vhodné kotvení provést. Kotvy se aplikují do předem provedených vrtů. Vrty se provádějí ve sklonu 30° v rozteči 500 mm.

II.6.11. <u>Provedení klenbové nadezdívky</u>

[1], [4], [35]

Klenbová nadezdívka pomáhá ke zvýšení stability klenby. Nadezdívka se v konstrukci chová, jako tuhé diafragma a ovlivňuje chování při mezním ohybu. Lze říci, že pouze nadezdívky s větším modulem pružnosti než 100 MPa, jsou schopny držet výslednici sil uvnitř jádra průřezu.

V kombinaci s nahrazením původního klenbového násypu a provedením tenké betonové desky na úrovni podlaží.

II.6.11.1. Nahrazení původního násypu

Role násypu v konstrukci klenby bývá často zanedbávána, ačkoliv je známo, že má na klenbu stabilizující účinek. Násyp se společně s nadezdívkou chová, jako tuhé diafragma a ovlivňují chování při mezním ohybu. Původní násyp, který často nacházíme nad rubem klenby, bývá často z nesoudržného materiálu, ačkoliv můžeme s určitou časovou periodou uvážit jeho stlačení.

Zesílení klenby je možné provést nahrazením původního násypu novým soudržným, lehčím s konstrukční relevancí a lepšími mechanickými vlastnostmi. Vhodné je například provedení násypu v podobě betonu nízké hustoty z cementu nebo malty smíchané s lehkým polystyrenem. Případně lze toto opatření provést v kombinaci s novou nadezdívkou a provedením tenké desky na úrovni podlaží. Takto navržená opatření vedou ke snížení membránového a ohybového namáhání.

Nicméně zmíněná opatření porušují zásadu reverzibility, proto nejsou vhodná pro použití v památkově chráněných objektech.

II.6.12. Osazení dodatečných táhel

[1], [4], [18]

Stažení paty klenby dodatečnými železnými či ocelovými táhly se řadí mezi historické metody zesílení, známé již ze starověku.

Táhla se v kombinaci se vzpěrami a opěrnými pilíři používají při opravách rozestouplých kleneb. Rozestouplá klenba se podskruží a provede se její stažení táhly o průměru 25 až 32 mm. Táhla jsou upevněná do zdiva a dle technologie napínání jsou opatřené napínacím článkem.

Obrázek 20 Oprava klenby táhly [36]

II.6.13. Doklenutí části klenby

[1], [4], [15]

V případě, kdy se v klenbě nacházejí porušené prvky, lze přistoupit k jejich nahrazení novými. Porušené prvky v konstrukci se vysekají a nahradí novými. Porušená místa se podloží a osadí se nové cihly, utěsní se pomocí klínů nebo konopným provazcem. Následně se spáry zalijí řídkou cementovou maltou. Pokud je pro opravu konstrukce vyžadováno větších úprav, podskruží se porušená část klenby a provede se nové zaklenutí z prvků odpovídajících charakteristik a kvality na cementovou maltu. Volba některých metod rekonstrukce si vyžaduje provedení konstrukce bednění. Bednění je provedeno ze skruží, které kopírují vnitřní tvar kleny a je podepřeno vzpěrami. Nutné je, aby bednění mělo dostatečnou únosnost i pro hmotnost čerstvého zdiva. Nutno je pamatovat na to, aby byla umožněna demontáž bednění, aniž by došlo k otřesům či nárazům. Pro zabezpečení bezpečné a snadné demontáže je vhodné mezi podpory a skruže vsadit klíny nebo je možné postavit stojky bednění na speciální odskružovací stolice. Montáž těchto speciálních stolic pro odskružení je možné nahradit osazením podpůrných stojek do hrnců s pískem, který se během odbedňování z hrnců uvolní. Speciální stolice či hrnce nemusí podpírat veškeré stojky bednění. Postačující je, jsou-li umístěné alespoň pod jednou stranou bednění. K odbednění se přistupuje až po úplném zatvrdnutí zdiva, když už je konstrukce celistvá. V případě, kdy jsou poškozeny malé klenby, lunety nebo některé zvláštní tvary, je možné provádět zdění bez bednění. Postačující je aplikace ramenátů. K doklenutí stávající klenby je vhodné použít původní nebo podobné prvky, které je možní získat například z původní konstrukce v jiné části budovy anebo z jiného objektu v lokalitě. V případě, kdy je klenba poškozena otvory či kolapsem její části, podepře se a zabezpečí se zachovaná pole a přistupuje se k odstranění poškozených dílců. Mimo zabezpečení základních částí klenby je důležitá také volba spojovacího materiálu, malty. Původně byla na klenby používána vápenná malta, a proto je vhodné její použití při rekonstrukci. V případě většího poškození klenby je tedy nutné zhotovit bednění, do kterého se část klenby dozdí. Nové prvky se proti stávajícímu zdivu zaklínují klíny z modřínového dřeva. Rubová strana klenby se následně zalije řídkou cementovou maltou a po vytvrdnutí malty se dřevěné klíny odstraní.

Obrázek 21 Porušená klenba na faře v Šonově, pro kterou je vhodné zvážit doklenutí části konstrukce [37]

Někdy se klenby opravují vybetonováním porušené části. Tato oprava je však v rozporu se zásadami památkové péče o památkově chráněných objektech.

II.6.14. <u>Provedení otvoru v klenbě</u>

[1]

Při rekonstrukcích či změně užívání prostoru, zaklenutého klenbou, je často nutné řešit provádění prostupů například pro různé druhy instalací. K těmto opravám je nutno přistupovat s určitou opatrností. Nepodcenit projektovou přípravu a s ní spojený stavebně technický průzkum.

Obrázek 22 Otvor v klenbě provedený bez projektové dokumentace a statického zajištění [38]

Před započetím odkrývání rubové strany, je třeba klenbu řádně podepřít. Následně se provede samotné odkrytí rubové strany v potřebném rozsahu pro prováděný otvor a současně v rozsahu pro provedení ztužujícího rámu otvoru, případně zesílení sousedních prvků klenby.
V případě obyčejně klenuté valené klenby se odstraní řada klenáků nejblíže vrcholu klenby a následně se postupuje směrem k patě klenby.
Bourací práce je nutné provádět, aby nebyla narušena klenba v okolí otvoru. Důležité je také průběžně odstraňovat vybouraný materiál, aby se předešlo nesymetrickému zatěžování klenby.
Po vybourání otvoru a odstranění vybouraného materiálu včetně narušených částí po obvodu otvoru, se provede orámování otvoru ocelovým rámem s kotevní výztuží nebo železobetonovým rámem, případně zděnými plochými klenbovými pásy, provedenými po obvodě otvoru. V některých případech je totiž ze statických důvodů nutné provést zesílení klenby v okolí otvoru. Zesílení je vhodné provést, jako rubovou klenbu, železobetonová nebo ocelová žebra. Viz předešlé kapitoly zesilování klenbových konstrukcí.
Výztuží nebo podobnou úpravou je nutné zajistit spolehlivé zakotvení obruby nově vzniklého otvoru se zesílenou konstrukcí.
Provedené bednění a výdřevu klenby je možné odstranit až po provedení statického zajištění klenby v okolí provedeného otvoru.
Veškerý postup při provádění otvoru závisí na způsobu klenutí klenby a jejím druhu. V neposlední řadě také na velikosti otvoru a stavu konstrukce.
V důsledku roznášení tlakových napětí z pruhu klenby, který byl narušen dodatečným provedením otvoru, do sousedních pruhů, dochází k vzniku podélných tahových napětí. Nejvyšší hodnota těchto napětí se soustředí do prostředku podélných hran otvoru. V případě, že tato napětí překračují pevnost zdiva klenby v tahu či tlaku, je nutné je zachytit provedením obrubního rámu otvoru a zesílením klenby v okolí otvoru.
Postup provádění otvoru při nedostatečném či neúčinném podepření klenby má vliv především na stav napjatosti v klenbě během provádění otvoru. Při způsobu provádění od paty klenby k jejímu vrcholu dochází ke vzniku vyšších normálových tahových napětí oproti vybourání směrem od vrcholu klenby k její patě.

II.6.15. <u>Snesení klenbové konstrukce</u>

[1], [15]

V případě kleneb, které již nelze opravit nebo je v projektu nahrazení kleneb jinou konstrukcí, přichází v úvahu snesení klenbové konstrukce. Rozebrání a snesení probíhá pod ochranou

podpěrné konstrukce. Nutné je však zvážit vliv odstranění klenby na okolní konstrukce v konstrukčním systému.

II.7. Přehled vhodnosti zesilovacích metod pro památkově chráněné objekty

Výsledný přehled zesilovacích metod je patrný v Tabulka 1.

Metoda	Vhodná	Nutno zvážit	Nevhodná
Mikro injektáž			
Injektáž			
Opláštění výztužnou omítkou			
Provedení klenbových pásů			
Vyklínování			
Zavěšení			
Rubová klenba			
Lícní klenba			
Podepření			
Zesílení vlákny			
Zesílení maltou vyztuženou bazaltovou textilií			
Výztuž vložená do drážek			
Provedení klenbové nadezdívky			
Nahrazení původního násypu			
Osazení dodatečných táhel			

Tabulka 1 Přehled vhodnosti zesilovacích metod pro památkově chráněné objekty

II.8. Příklady provedených rekonstrukcí

II.8.1. Bazilika sv. Františka z Assisi v Assisi

[5], [39]

Vzdorovat účinkům zemětřesení musela bazilika v historii už několikrát. Avšak během zemětřesení v roce 1999 došlo ke kolapsu klenbové konstrukce. Opravena byla, v té době inovativními metodami. Provedena byla nová žebra, napojená na rubovou stranu klenby.

Prováděla se injektáž trhlin a propojení oblouků podporujících střechu s podpěrnými zdmi. Inovativní bylo použití kompozitních aramidových vláken pro vytvoření žeber na rubu klenby.

Obrázek 23 Trhliny v klenbě [40]

Obrázek 24 Trhliny v žebrech klenby [41]

Obrázek 25 Trhliny a ztráta zakřivení klenby [42]

Obrázek 26 Injektáž klenby [43]

Obrázek 27 Aplikace pruhů z kompozitního materiálu [44]

Obrázek 28 Žebra na rubu klenby pokrytá aramidovými vlákny [45]

Obrázek 29 Znovu vyzdění klenby [46]

II.8.2. Statické zajištění části objektu piaristické koleje v Lipníku nad Bečvou

[47]

V rámci statického zajištění bylo provedeno přezdění poškozených kleneb. Následně byla provedena rubová skořepina doplněná po obvodě věnci. K porušení klenby propadnutím došlo vlivem poklesu pilíře, z důvodu poruchy v podloží. Tato příčina poruchy klenby byla odstraněna podchycením pilíře pomocí mikro pilot.

Obrázek 30 Porušená klenbová konstrukce [48]

Obrázek 31 Provizorní zajištění poškozené konstrukce [49]

Obrázek 32 Rubová skořepina [50]

Obrázek 33 Položená výztuž obvodového věnce [51]

II.8.3. Oprava historického objektu ve Škvorci

[52]

V průběhu rekonstrukce bylo nutné zesílit únosnost stávající klenbové konstrukce. Důvodem k zesílení bylo odhalení klenby v podlaží nad zesilovanou klenbou a nízká světlost horních

místností. Jako metoda zesílení bylo zvoleno torkretování mokrou směsí.

Obrázek 34 Aplikace mokrého torkretu [53]

Mokrá směs byla aplikována v tloušťce 60 mm na líc klenby. Provedena byla výztuž v podobě kotvené kari sítě.

Obrázek 35 Výsledný pohled na zesílenou klenbu [54]

II.8.4. Kostel Všech svatých Vakov

[55]

Provedena byla oprava poškozené klenby dozděním. K poškození došlo působením vlhkosti na mechanicko-fyzikální vlastnosti zdiva. K pronikání vlhkosti došlo v důsledku porušeného střešního pláště, který byl před provedením opravy klenby, opraven.

Obrázek 36 Bednění, do kterého je dozděna část poškozené klenby [55]

II.8.5. Statické zajištění zámku Osová

[56]

Použita byla technologie zesílení klenby rubovou skořepinou a vkládáním helikální výztuže. Provedení zesílení bylo opodstatněno nízkou únosností degradované konstrukce.

Obrázek 37 Armatura rubové skořepiny a obvodových věnců [57]

Obrázek 38 Provádění rubové skořepiny [57]

Obrázek 39 Rubová skořepina klenby a obvodové věnce

II.8.6. Statické zajištění kleneb Filozofické fakulty Brno

[56]

Klenby v objektu byly zesíleny helikální výztuží z lícové strany konstrukce. Důvodem pro zesílení bylo oslabení konstrukce degradačními procesy.

Obrázek 40 Čištění drážek pro vložení helikální výztuže [57]

Obrázek 41 Aplikace tmelu do drážek pro vložení helikální výztuže [57]

Obrázek 42 Vkládání helikální výztuže do drážek [57]

Obrázek 43 Zatlačení helikální výztuže do drážky [57]

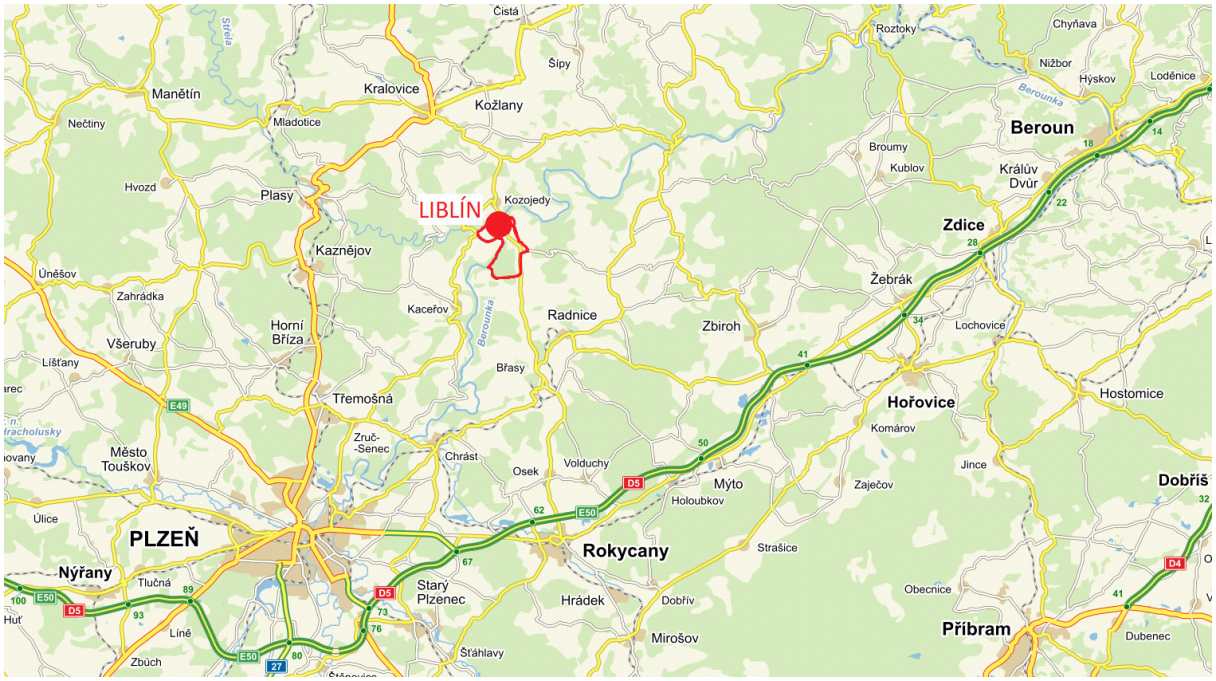
III. PRAKTICKÁ ČÁST

[1], [3], [4], [12], [15], [18], [20], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66]

III.1. Průzkum a návrh rekonstrukce bývalého lihovaru Liblín

III.1.1. Předmět hodnocení

Předmětem praktické části bakalářské práce je rekonstrukce a změna užívání zemědělského objektu v obci Liblín (Plzeňský kraj), katastrální území Liblín. Budova nemá číslo popisné a stojí na pozemku s číslem stavebním 3/2, jehož zastavěná plocha s nádvořím činí 5090 m^2. Přičemž zastavěná plocha upravované části objektu činní 412 m^2.



Obrázek 44 Liblín – poloha [67]

Řešený objekt se nachází na jižním okraji zastavěné části katastrálního území Liblín. Obec má k roku 2016 zpracován pouze návrh územního plánu. Objekt, který má být upraven na výzkumné a vývojové oddělení Bech Akku Power Baterie s.r.o., se nachází na pozemku č. st. 3/2. Objekt stavebně navazuje, na jíž upravený objekt sportovního areálu. Přístup k areálu upravovaného objektu je z jeho východní strany po stávající zpevněné místní komunikaci. Areál objektu je napojen stávajícími přípojkami na rozvody elektrické energie, kanalizaci a vodovod. Plynovod se v obci nenachází. Upravovaný objekt bude napojen na stávající úpravnu vody, která se nachází v 1.PP. objektu. Splaškové vody budou napojeny do stávající kanalizační přípojky zakončené v objektu, dešťové vody jsou již v současné době napojeny na stávající dešťovou kanalizaci. Napojení na elektrickou energii bude realizováno ze stávajících rozvodů

v areálu. Vytápění objektu bude napojeno na stávající kotelnu umístěnou v sousedním objektu, kde je dostatečná výkonnostní rezerva.

Fotografie 1 Pohled na jižní fasádu objektu

Fotografie 2 Pohled na severní fasádu objektu

Nově bude objekt využíván pro výzkum a vývoj aku baterií, dále také pro jejich zkoušení. V 1.NP. bude stávající dřevěné schodiště do 2.NP. nahrazeno novým železobetonovým. Nově bude také vybudováno dvojramenné schodiště pro přístup do 2.NP. ve východní části objektu. V 1.NP. bude situován sklad, úklidová místnost, mechanická dílna, zkušebna, dílna aku nářadí, místnost pro měření emisí elektromagnetického záření do prostoru a do sítě. Ve 2.NP. budou

dále situovány kanceláře, které budou propojeny s laboratořemi, kde bude prováděn vývoj elektronických součástek aku baterií. Ve 2.NP. bude dále sklad součástek, sociální zázemí, kuchyňka, denní místnost, archiv a konzultační místnost. V objektu se předpokládá zaměstnávání 20 pracovníků.

III.1.2. Popis konstrukce

Historicky sloužil objekt pro potřeby lihovaru. V 1.NP. se nacházely sklady a ve 2.NP. byty a kanceláře. Objekt je z části podsklepený, dvojpodlažní, zastřešený sedlovou střechou o sklonech 43° a 36° v závislosti na části objektu. Základy jsou kamenné, obvodové zdivo masivní cihelné a smíšené, vnitřní zdivo rovněž cihelné a smíšené. Stropy nad 1.NP. jsou z cihelných kleneb, ve 2.NP. pak dřevěné trámové se záklopem a násypem. Objekt je zastřešen sedlovým střechou s taškovou krytinou z pálených tašek, která byla již v minulosti na části objektu opravena a na další části objektu vyměněna. Krov je proveden jako stojatá stolice. Podlahy v 1.NP. jsou částečně odstraněny a zbývající část tvoří z velké části poškozené betonové mazaniny nebo cihelné dlažby. Ve 2.NP. jsou podlahy prkenné a z bukových parket. Výplně otvorů jsou řešeny, jako dřevěné dveře a okna jednoduchá a špaletová. Vytápění bylo zřízeno pouze v části objektu, a to lokálním systémem vytápění na tuhá paliva.

III.1.3. Průzkum

Byl proveden průzkum stavby, který sestává z prohlídky všech místností a konstrukcí, zaznamenání významnějších poruch, jejich polohy a fotografické zdokumentování. Dále byl proveden vlhkostní průzkum obvodových stěn a dvou vnitřních stěn, laboratorně byl stanoven obsah chloridů, amoniaku, dusičnanů, síranů a pH zdících prvků. Pro průzkum byla poskytnuta dokumentace stávajícího stavu objektu k roku 2012, z které průzkum vychází a do které jsou zakresleny vady a poruchy zaznamenané během průzkumu. V průzkumu je zaznamenán stav zdiva, omítek, stropů, podlah. Zejména z pohledu poškození vlhkostí či mechanického poškození.

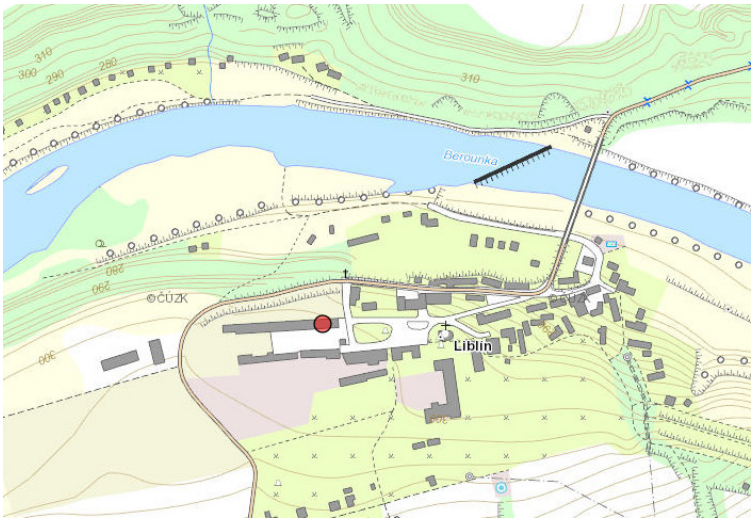
V průzkumu jsou popsány jednotlivé místnosti, tak jak jsou označeny v dokumentaci stávajícího stavu z roku 2012. Některé místnosti byly bouracími pracemi sloučeny v jednu místnost. U každé místnosti jsou popsány případné vady a poruchy, zaměřené zejména na statickou funkci objektu. Konstrukci lze, až na porušenou klenbu v 1.NP., považovat za staticky stabilní, s mírnými známkami deformací bez významnějšího vlivu na stabilitu objektu, jako celku.

III.1.4. Předměty stavebně technického průzkumu

Provedena byla, v rámci předběžného průzkumu, prohlídka za účelem identifikace konstrukčního systému a možných poškození konstrukce. Byla provedena vizuálně a za pomoci jednoduchých nástrojů. Prohlídka byla soustředěna na vlastnosti povrchů, viditelné deformace, trhliny a další poruchy. V rámci předběžného průzkumu byly zakresleny vady a poruchy a pořízena fotodokumentace. Následně byla provedena část podrobného průzkumu v podobě odběru a vyhodnocení vzorků vlhkosti a biologicko-chemické analýzy. Provedeny byly také nedestruktivní zkoušky pevnosti zdících prvků a malty.

III.1.5. Geologie a radon

Řešený objekt je na geologické mapě označen červenou tečkou. Dle geologické mapy se v lokalitě nachází písky a štěrky.



Obrázek 45 Geologická mapa [68]

Objekt se nachází v lokalitě nízkého radonového indexu. Problematika radonu nebude tedy řešena. Eventuálně lze provést na žádost investora radonový průzkum.

Obrázek 46 Mapa radonového indexu [69]

III.1.6. Popis vad a poruch

III.1.6.1. Exteriér

Fasády jeví poškození vlhkostí, což se projevuje opadáváním omítek a místy je vidět i zdivo nechráněné omítkami. Do východní části objektu v minulosti pronikala vlhkost poškozeným střešním pláštěm, který byl lokálně vyspraven a pronikání vlhkosti bylo z velké části eliminováno. Střešní plášť na západní části objektu byl proveden nový, což eliminovalo průnik vlhkosti v západní části objektu. V souvislosti s provedením oprav a výměny střešního pláště, byly provedeny dešťové svody, což značně omezilo průnik vody na fasádu objektu. Konstrukce komínů objektu jsou poškozené. Výplně otvorů po celém objektu jsou dožilé, nicméně ve většině případů stále zabraňují průniku vlhkosti. Případně jsou otvory zaslepeny prkny, aby byl průnik vlhkosti co nejvíce eliminován.

Na severní straně objektu se na východní straně nacházejí dvě opěrné stěny. Ta rohu objektu je provedena ze smíšeného cihelného a kamenného zdiva. Je poškozena vlhkostí pravděpodobně především srážkovou. Na vrcholu opěrné zdi dochází k růstu vegetace a vrchol stěny je poškozen. Druhá opěrná stěna je výrazněji poškozena vlhkostí, povětrnostními vlivy a prorůstající vegetací. Na východní části objektu poškozena koruna zdiva vlhkostí. Dále rovněž poškozena koruna zdiva v menším rozsahu na dalších místech, podstatněji v polovině objektu. Poškození zdiva pod okenním otvorem přibližně v třetině objektu. Poškození zdiva západní části zhruba ve výšce 2.NP. Omítka a zdivo severní fasády vykazuje prakticky celoplošné poškození vlhkostí. Poškození vlhkostí v důsledku chybějících dešťových svodů a poškozené střechy, bylo eliminováno nově provedenými dešťovými svody a opravou střechy. Zdivo na severní fasádě nejeví podstatnější trhliny a poškození, jako zdivo na jižní straně objektu. Pravděpodobně v souvislosti s vlhkostí a poklesem pevnosti zdiva došlo k deformaci severní obvodové stěny v západní části objektu. Je patrné vybočení stěny směrem ven v polovině světlé výšky stěn, při pohledu z exteriéru. Odhalena byla porucha krovu nad zmíněnou stěnou v západní části objektu, kde je jedna z vaznic vyhnutá směrem ven. Pravděpodobně byla konstrukce krovu tažena pozednicí směrem ven a deformace se zastavila na spoji vaznic. Na severní fasádě se nachází prvek elektroinstalace označený v pohledu symbolem E. Pod tímto prvkem je vysekaná drážka ve zdivu.

Fotografie E15 Stav východní části severní fasády

Na jižní fasádě na západní části objektu je vysekaná drážka ve zdivu pro vedení elektrorozvodů. Původně byla zakrytá omítkou, která ale částečně opadala. Stejný případ se nachází na další východnější části fasády. Na západní části fasády se nachází dožilá konstrukce lampy uchycená do fasády pomocí ocelových profilů a výstupku ve zdivu. Nad vstupem do 1.11 je pod opadanou omítkou viditelná vysekaná drážka ve zdivu pro vedení elektrorozvodů. Nad vstupem do 1.07 je vysekaná drážka pro vedení elektrorozvodů ve zdivu. Poškozeno je ostění otvoru na vstupu do prostoru schodiště 1.04. Porucha cihelného zdiva se nachází nad dveřním otvorem vedoucím do 1.01. V témže prostoru zdivo viditelně poškozeno vlhkostí. Omítka je opadaná a je patrné, že zdivo je provedeno z cihel plných pálených klasického rozměru a z kamenných prvků. Jde tedy o smíšené zdivo. Zdivo obvodové stěny na východní části fasády je podstatněji poškozeno vlhkostí. A to především kvůli v minulosti chybějícímu odvodnění střechy a poškozenému střešnímu plášti. Důsledkem bylo zároveň poškození koruny zdiva východní části objektu, které může vést k průniku větrem hnané vlhkosti do prostoru půdy. Dále pravděpodobně v důsledku působící vlhkosti vznikly otvory ve zdivu na východní části fasády. Poškozena je opěrná zeď mezi vstupy do 1.02. Nad vstupem do 1.04 se mezi okny nachází svislá trhlina. Značná část opěrné zdi na východním konci fasády poškozena vlhkostí a povětrnostními vlivy. V důsledku poškození je velká část konstrukce odstraněna. Na velké části jižní fasády jsou rozmístěny prvky elektrorozvodné sítě. Zděné konstrukce komínu jsou v západní části poškozené.

Fotografie E41 Stav západní části severní fasády

Východní fasáda rovněž poškozena působící vlhkostí. V blízkosti objektu se v těchto místech nachází 10 stromů a sloup elektrického vedení. Poškozeny vlhkostí jsou i opěrné stěny. Ta navazující na jižní fasádu je z velké části odstraněna. Zdivo prostřední zdi rovněž poškozeno vlhkostí, stejně jako opěrná zeď navazující na severní fasádu. V blízkosti prostřední opěrné zdi v kamenné části smíšeného zdiva se nachází šikmá trhlina. Poškozeno ostění okenního otvoru v 1.NP.

Na západní straně pak objekt navazuje na rekonstruovaný objekt sportovního areálu.

Z důvodu budoucí změny užívání objektu není ve výkresové dokumentaci současného stavu uvedena tabulka místností. Vady a poruchy uvnitř objektu jsou popsány podle jednotlivých místností. V prostoru 1.PP. se nachází úpravna vody pro přilehlé objekty a není mu věnována pozornost, protože vady a poruchy, které se zde nacházeli, byly během provádění úpravny vody opraveny.

III.1.6.2. 1.NP.

Popsané poruchy jsou dokumentovány v příloze B na výkresech A1, A2, A3 a fotograficky doplněny v příloze A.

1.01 (výkres A3)

Prostor je současně využíván, jako sklad materiálu. Místností procházejí dvě táhla, kotvená do obvodových stěn. Svislé konstrukce vykazují poškození vlhkostí (viz fotografie 1.01.3 CD příloha). Patrné je poškození omítky. Podlahu tvoří dožilá betonová mazanina. Na rozhraní vodorovné a svislé konstrukce se nachází vodorovná trhlina. Na stropu jsou patrné trhliny tloušťky do 5 mm. Nacházejí se především v prostoru lunet klenby.

1.02 (výkres A3)

Místnost slouží, jako chodba pro místnosti 1.03 a 1.04. Nenacházejí se zde žádné podstatnější poruchy. Svislé konstrukce jsou z části poškozeny vlhkostí.

1.03 (výkres A3)

V minulosti byl prostor využíván jako sklad. Místností procházejí 2 táhla, kotvená do obvodových zdí. Omítka a svislé konstrukce vykazují značné poškození vlhkostí. Na severní stěně se nachází svislá trhlina o šířce větší než 5 mm. Na ostění vstupního otvoru na severní straně místnosti se nachází svislá trhlina šířkou do 5 mm. Na rozhraní vodorovné a svislé konstrukce stropu na severní straně se nachází vodorovná trhlina šířkou menší než 5 mm. Podlaha je tvořena jemnozrnnou zeminou.

1.04 (výkres A3)

V místnosti se nachází dvojramenné betonové schodiště. Svislá konstrukce v místě mezipodesty vykazuje vodorovné a svislé trhliny do 5 mm tloušťky. V prostoru mezipodesty schodiště na vodorovné konstrukci s

tropu rovněž trhliny do 5 mm tloušťky.

Fotografie 1.04.1 Trhliny v prostoru mezipodesty schodiště

Konstrukce nevykazují známky poškození vlhkostí.

1.05 (výkres A2)

V prostoru místnosti se nachází dvojramenné dřevěné schodiště, podepřené dřevěnými sloupky. Konstrukce schodiště je z menší části poškozená. Zmíněné poškození zatím neohrožuje statickou funkci částí schodiště. Ani svislé ani vodorovné konstrukce nevykazují trhliny ani poškození působením vlhkosti.

1.06 (výkres A2)

Prostor je přidružen k místnosti 1.07 a slouží, jako sklad materiálu. Svislé konstrukce vykazují poškození vlhkostí v podobě poškozené omítky. V severovýchodním rohu místnosti se nachází svislá trhlina tloušťky do 5 mm. Vodorovné konstrukce nevykazují poruchy vlhkostí ani trhlinami zasahujícími do konstrukce.

1.07 (výkres A2)

Aktuálně je prostor využíván, jako sklad materiálu a nevykazuje žádné poškození vlhkostí či trhlinami, zasahujícími do konstrukcí.

1.08 (výkres A2)

Prostor slouží, jako sklad chemických látek. Jižní stěna je poškozena vlhkostí a pravděpodobně také působením uniklých chemikálií. Nad okenním otvorem v severní obvodové stěně se nachází šikmá trhlina tloušťky do 5 mm.

1.09 (výkres A2)

Místnost slouží, jako chodba pro přístup do místností 1.10, 1.09 a k WC. Svislé konstrukce nevykazují poškození vlhkostí ani trhliny zasahující do konstrukcí.

1.10 (výkres A2)

V minulosti sloužil prostor pravděpodobně, jako sklad. Omítka na severní stěně je poškozena. Na rozhraní západní stěny a konstrukce stropu se nachází trhlina tloušťky do 5 mm (viz fotografie 1.10.1).

Fotografie 1.10.1 Trhlina na rozhraní vodorovné a svislé konstrukce

1.11 (výkres A2)

Prostor slouží jako chodba pro přístup do 1.09, 1.13, 1.12. Na svislých konstrukcích je patrné poškození vlhkostí a zaznamenatelné jsou také výkvěty solí na omítce. Omítka je poškozena vlhkostí a místy opadává. Nad prostorem dveří na západní straně se nachází vodorovné a šikmé trhliny do 5 mm šířky. Strop je v severozápadním rohu místnosti poškozen (viz fotografie 1.11.5). Odpadla zde omítka.

Fotografie 1.11.5 poškození stropu v severozápadním rohu místnosti

1.12 (výkres A2)

Místnost není přístupná.

1.13 (výkres A2)

V místnosti je uskladněn stavební materiál. Omítka na svislých konstrukcích je poškozena vlhkostí. Na západní stěně u dveřního otvoru se nachází svislá trhlina ve zdivu, tloušťkou nad 5 mm. Na severní straně na rozhraní vodorovné a svislé konstrukce trhlina tloušťky do 5 mm.

1.14 (výkres A1)

Místnost slouží, jako sklad materiálu a nářadí. Svislé konstrukce jsou poškozeny vlhkostí a požárem. Na východní stěně se nachází svislá trhlina širší než 5 mm. Na severní straně na přechodu vodorovné a svislé konstrukce se nachází trhlina šířky 60 mm (viz fotografie 1.14.7). Strop částečně poškozen požárem v severní části místnosti (viz fotografie 1.14.3).

Fotografie 1.14.7 Trhlina šířky 60 mm na přechodu vodorovné a svislé konstrukce

Fotografie 1.14.3 V severní části místnosti poškození stropu požárem

1.15 (výkres A1)

Místnost je nyní vyklizena. Svislé konstrukce jsou poškozené vlhkostí a na většině stěn je oklepaná omítka. Na východní stěně v severní části se nacházejí dvě svislé trhliny o šířce větší než 5 mm. Na přechodu vodorovné a svislé konstrukce v severní části je trhlina tloušťce menší než 5 mm. V severní části prostoru se nachází poškozená klenbová konstrukce (viz fotografie 1.15.1). Konstrukce je poškozena v prostoru mezi lunetami východní stěny.

Fotografie 1.15.1 Poškozená klenba

1.16 (výkres A1)

Přes místnost je přístup do 1.17 a na schodiště. Svislé konstrukce ve východní části poškozeny požárem, ve zbylé pak vlhkosti a z části bylo provedeno odstranění omítek.

1.17 (výkres A1)

Místnost je částečně vyklizena. Svislé konstrukce poškozeny vlhkostí. V jihozápadním rohu místnosti je probourán otvor do dutiny ve zdivu (viz fotografie 1.17.6). V severní části západní stěny se nachází šikmá a svislá trhlina tloušťky větší než 5 mm. Na severní stěně se nachází vodorovná trhlina široká více než 5 mm. Dále pak na přechodu severní stěny a vodorovné konstrukce stropu trhlina do 5 mm šířky. V severní a západní části stropu trhliny do šířky 5 mm.

Fotografie 1.17.6 Probouraný otvor do dutiny ve zdivu

1.18 (výkres A1)

Přes místnost je přístup do 1.20 a do prostoru schodiště 1.19. Svislé konstrukce poškozené vlhkostí. Patrné je zde poškození zdících prvků paty klenby v západní části (viz fotografie 1.18.1). Na přechodu jižní stěny a vodorovné konstrukce stropu se nachází trhlina do 5 mm tloušťky.

Fotografie 1.18.1 Poškození zdících prvků působením vlhkosti

1.19 (výkres A1)

Nachází se zde dřevěné schodiště pro přístup do 2. NP.

1.20 (výkres A1)

Místnost je z části vyklizena. Svislé konstrukce poškozeny vlhkostí. Na jižní stěně je vysekáno zdivo pro vedení stoupacího potrubí. Ve východní stěně proveden prostup do 1.16. Ve stěně se nachází také šikmá trhlina šířkou přesahující 5 mm. V Západní stěně vysekána vodorovná drážka. Na přechodu severní svislé konstrukce a vodorovné konstrukce se nachází trhlina šířkou větší než 5 mm.

1.21 (výkres A1)

Je zde prostor schodiště pro přístup do 1.PP. k úpravně vody.

III.1.6.3. <u>2.NP.</u>

Popsané poruchy dokumentovány v příloze B na výkresech B1, B2, B3 a fotograficky doplněny v příloze A.

2.01 (výkres B3)

Místnost, dříve sloužící jako obytná, je nyní vyklizena. Svislé konstrukce jsou z větší části poškozeny působící vlhkostí. Podstatněji poškozené jsou také parapety okenních otvorů (viz fotografie 2.01.7). Na jižní dřevěné příčce se u dveřního otvoru nachází svislá trhlina šířkou spadající do 5 mm. Na východní obvodové stěně se v ostění okenního otvoru, naproti vstupu do místnosti, nachází svislá trhlina v omítce šířkou do 5 mm. Strop je celoplošně poškozen

vlhkostí, což se projevuje především na omítce. V nadpraží dveřního otvoru se nachází trhlina do 5 mm tloušťky.

Fotografie 2.01.7 Poškozený parapet okenního otvoru

2.02 (výkres B3)

Místnost dříve sloužila jako kuchyně s jídelnou. Dnes je místnost vyklizena. Svislé konstrukce jsou z větší části poškozeny vlhkostí. Jižní obvodová stěna je poškozena trhlinami. Od severozápadního rohu místnosti se táhne vodorovná trhlina, kterou po jejím průběhu protínají trhliny svislé. Zmíněné trhliny jsou svojí šířkou v kategorii do 5 mm. Na východní části zmíněné stěny se nachází svislá trhlina v kombinaci s šikmou a na východním konci stěny je svislá trhlina. Zmíněné trhliny spadají opět šířkou do 5 mm. Na východní obvodové stěně je v jižní části šikmá trhlina šířky do 5 mm. Na přechodu východní obvodové stěny a vodorovné konstrukce se nachází trhlina šířky do 5 mm. Stropní konstrukce je celoplošně poškozena vlhkostí.

2.03 (výkres B3)

Dříve obytná místnost je nyní vyklizena. Svislé konstrukce nejeví poškození působením vlhkosti. V západní dělící konstrukci je v severní části šikmá smyková trhlina širší než 5 mm (viz fotografie 2.03.3), která prochází skrz tuto konstrukci a je patrná i ze sousední místnosti 2.05. V severní obvodové stěně je v západní části patrná opět šikmá trhlina šířky do 5 mm a v západní části stěny je v rohu patrná svislá trhlina s šířkou do 5 mm. Strop je celoplošně poškozen vlhkostí, což se projevuje v podobě odpadávajících částí omítky a poškozením malby. V severní části místnosti se ve stropě nachází trhlina vedoucí téměř přes celou šířku místnosti. Trhlina je široká do 5 mm.

Fotografie 2.03.3 Šikmá trhlina širší než 5 mm procházející skrz konstrukci

2.04 (výkres B3)

Prostor slouží, jako chodba pro přístup do místností 2.02, 2.05, 2.06, 2.07. Severní obvodová stěna je poškozena vlhkostí. V západním rohu stěny se nacházejí šikmé smykové trhliny. Jedna s tloušťkou nad 5 mm a další jsou vlasové. Od západního rohu se až nad přilehlý okenní otvor táhne svislá trhlina s tloušťkou do 5 mm. V západní části stěny je patrné silněji poškozené zdivo vlhkostí. Při vizuálním průzkumu je možné pozorovat světlo pronikající malými otvory ve zdivu v prostoru pravděpodobně zazděného okenního otvoru. Na východní části stěny se pak nacházejí šikmé trhliny v porušené omítce, které tloušťkou spadají do 5 mm. V západní dělící konstrukcí je vedle dveřního otvoru patrná svislá trhlina tloušťky do 5 mm. Dále je na severní stěně nad vstupem do místnosti 2.07 vodorovná trhlina tloušťky do 5 mm. Nad vstupem do místnosti 2.06 se nachází svislá trhlina tloušťky do 5 mm a také trhlina na přechodu vodorovné a svislé konstrukce tloušťkou rovněž do 5 mm. Vodorovná konstrukce je silně porušena ve zmíněném prostoru zazděného okna (viz fotografie 2.04.9). Dřevěná konstrukce je zde poškozena vlhkostí a dřevokaznými procesy. Mimo nosné konstrukce stropu je porušena také omítka, na kterou navazují trhliny ve stropě do 5 mm tloušťky.

Fotografie 2.04.9 Porušená vodorovná konstrukce

2.05 (výkres B3)

Místnost dříve sloužila jako obytná, ale dnes je vyklizena. Svislé konstrukce nejeví poškození vlhkostí. Poškozená je východní stěna, kde je prostup do šachty ve stěně, která je zasypaná cihlami. Dále na východní dělící konstrukci v severní části patrná šikmá smyková trhlina šířkou

nad 5 mm, která vede přes celou dělící konstrukci široké 150 mm a je patrná i ze sousední místnosti 2.03 (viz fotografie 2.05.8). Na přechodu vodorovné a svislé konstrukce v severní části místnosti se nacházejí trhliny do 5 mm šířky. Dále na severní stěně šikmá trhlina šířky do 5 mm, která plynule přechází na stropní konstrukci. Na stropě v severní části jsou patrné trhliny vedoucí úhlopříčně a jsou od sebe přibližně ve shodných rozestupech (viz fotografie2.05.6). Tyto trhliny ze stropu přecházejí i na svislé konstrukce severní obvodové stěny a východní svislé dělící konstrukce.

Fotografie 2.05.8 Šikmá trhlina s šířkou nad 5 mm na východní dělící konstrukci

Fotografie 2.05.6 Úhlopříčné trhliny s šířkou do 5 mm, přecházející z vodorovné konstrukce na svislou

2.06 (výkres B3)

Místnost byla využívána, jako obytná a nyní je vyklizena. Omítka severní obvodové stěny je poškozena a na stěně se nacházejí ve východní části svislé, vodorovné a šikmé trhliny do 5 mm šířky. Vodorovná konstrukce je jižní části místnosti poškozena vlhkostí. Patrná je díra ve stropě, na kterou navazují další trhliny do 5 mm šířky (viz fotografie 2.06.3). V jižní části místnosti na stropě u vstupu do místnosti z 2.04 je patrná trhlina do 5 mm šířky. V severní části místnosti pak patrné trhliny ve stropě opět do tloušťky 5 mm.

Fotografie 2.06.3 Díra ve stropě s navazujícími trhlinami do 5 mm šířky

2.07 (výkres B3)

Místnost, dříve sloužící jako obytná, je nyní vyklizena. Na západní stěně je v severní části patrná svislá trhlina do 5 mm šířky. Na jižní stěně v západní části patrné svislé a vodorovné trhliny do šířky 5 mm. Ve východní části patrné poškození vlhkostí, vodorovné a svislé trhliny opět do šířky 5 mm. Strop je celoplošně poškozen vlhkostí. Část stropu je poškozena plísněmi. U prostupu do 2.06 patrná trhlina ve stropě do 5 mm tloušťky. Jinak se na stropě nacházejí celoplošně vlasové trhliny.

2.08 (výkres B3)

V místnosti se nachází schodiště a v severní části pak šatní kóje, které jsou nyní vyklizeny. Z místnosti je přístup do prostoru chodby 2.04.

V šatní kóji na západní straně se na západní stěně nachází vodorovná trhlina tloušťky do 5 mm. V západní kóji pak svislá trhlina do 5 mm tloušťky na východní stěně. V téže kóji trhlina na stropě vedoucí přes celou šířku místnosti a je široká do 5 mm. V prostřední kóji patrné trhliny na stropě do 5 mm šířky.

V severní části místnosti před šatními kójemi svislá trhlina na východní stěně do 5 mm šířky. V jižní části na východní dělící konstrukci se nacházejí vodorovné trhliny po obou stranách dveřního otvoru do 2.04. Trhliny jsou do 5 mm šířky. Jižní obvodová stěna je poškozena vlhkostí. Nad okenním otvorem se nachází šikmá smyková trhlina šířkou nad 5 mm (viz fotografie 2.08.11). Ve východní části severní obvodové stěny pak šikmá trhlina šířky do 5 mm.

Fotografie 2.08.11 Šikmá smyková trhlina nacházející se nad okenním otvorem

2.09 (výkres B2)

Prostor místnosti dříve sloužil, jako sklad obilí pro potřeby lihovaru. Nyní je zde uskladněn stavební materiál. V prostoru místnosti je poškozena omítka svislých konstrukcí. Přibližně v prostředku západní stěny je vybourán prostup do komína (viz fotografie 2.09.3). A v přilehlé oblasti se nachází svislá trhlina ve zdivu o větší šířce než 5 mm. Stropní konstrukce je z části poškozena dřevokaznými procesy viz biologická část průzkumu. Při vizuálním průzkumu byl odhalen drobný kostičkový rozpad dřeva a patrné jsou také bílé plodnice. Zmíněným poškozením je postihnuta část stropu, ze kterého poškození přechází na nosný trám dřevěné konstrukce.

Fotografie 2.09.3 Vybouraný prostup do komína v západní stěně

2.10 (výkres B2)

Místnost, dříve sloužící jako obytná, je nyní vyklizena. Na severní obvodové stěně se v západní části nachází šikmá vlasová trhlina a nad okenním otvorem na přechodu svislé a vodorovné konstrukce se nachází trhlina do 5 mm šířky. Strop je celoplošně poškozen vlhkostí.

2.11 (výkres B2)

Místnost, dříve obytná, je nyní vyklizena. Svislé konstrukce mají poškozenou omítku. Na části omítky v severovýchodním rohu je patrné poškození plísněmi. Severní obvodová stěna je v západní části poškozena šikmou trhlinou o šířce větší než 5 mm. Dále ve stejné části konstrukce vodorovná trhlina do 5 mm šířky. Na severní stěně nad okenním otvorem probíhá vodorovná trhlina do 5 mm šířky. V blízkosti prostředku východní stěny je patrná svislá trhlina do 5 mm šířky. Strop je v severozápadní části poškozen vlhkostí a nachází se zde díra ve stropě (viz fotografie 2.11.1). Na stropě dále poměrně dlouhé trhliny, které se kříží v místě elektroinstalace lustru uprostřed místnosti. Další trhliny ve stropě v západní části místnosti. Trhliny, nacházející se ve stropě svojí šířkou spadají do kategorie trhlin do 5 mm.

Fotografie 2.11.1 Poškození stropu vlhkostí

2.12 (výkres B2)

Místnost slouží jako chodba, přes kterou je přístup do místností 2.10, 2.13 a 2.14. Nachází se zde také prostor schodiště, které vede z 1.NP. a dále schodiště vedoucí do půdního prostoru. V jihozápadním rohu se nachází svislá trhlina ve stěně s šířkou menší než 5 mm. Dále v jižní části západní stěny svislá a vodorovná trhlina do 5 mm šířky a šikmá trhlina širší než 5 mm. V blízkosti vstupu do 2.13 vysekaná svislá drážka do zdiva. V severní rozšířené části stěny je zazděný prostup do komína.

2.13 (výkres B1)

Dříve místnost sloužila jako obytná. Nyní je vyklizena. Na západní části severní obvodové stěny se nacházejí vodorovné a svislé vlasové trhliny. Nad okenním otvorem pak probíhá vodorovná vlasová trhlina. V západní dělící konstrukci je vysekána vodorovná drážka.

2.14 (výkres B1)

Dříve místnost sloužila jako jídelna. Část západní dělící konstrukce je od dveřního otvoru po obvodovou stěnu vybourána. V severní obvodové stěně se nad okenním otvorem nachází vodorovná vlasová trhlina. V severovýchodním rohu se nachází svislá trhlina do 5 mm tloušťky.

2.15 (výkres B1)

Prostor sloužil, jako kuchyně. Část východní dělící konstrukce vybourána od vstupního otvoru po severní obvodovou stěnu. V západní stěně v jižní části se nachází svislá vlasová trhlina a v její blízkosti svislá a šikmá vlasová trhlina. V severní části stěny se nachází šikmá smyková trhlina šířky větší než 5 mm, která je patrná i z místnosti 2.18 na druhé straně stěny (viz fotografie 2.15.4).

Fotografie 2.15.4 Šikmá smyková trhlina šířky větší než 5 mm v západní dělící konstrukci

2.16 (výkres B1)

Místnost sloužila jako koupelna s WC. Vybourána byla příčka oddělující WC od prostoru koupelny. Přes jižní obvodovou stěnu vede vodorovná trhlina do 5 mm šířky, která prochází i nad okenním otvorem. V jihovýchodním rohu je pak svislá trhlina šířky do 5 mm. V jižní části místnosti je vlhkostí zapříčiněná díra ve stropě (viz fotografie 2.16.7). Na dřevěné konstrukci podlahy a nosných částech stropu patrný průběh dřevokazných procesů. Na stropě je patrné celoplošné poškození vlhkostí.

Fotografie 2.16.7 Díra ve stropě v důsledku vlhkosti

2.17 (výkres B1)

Prostor vznikl vybouráním dělících konstrukcí mezi čtyřmi místnostmi.

Severní obvodová stěna v severozápadní části prostoru je poškozena vodorovnými svislými i šikmými trhlinami do 5 mm tloušťky. Na rozhraní západní stěny a vodorovné konstrukce probíhá vlasová trhlina. Strop je v této části prostoru poškozen působením vlhkosti. V jižní části prostoru je část nevybourané dělící konstrukce, kde se přibližně v jejím prostředku nachází svislá trhlina do 5 mm tloušťky.

V jihozápadní části prostoru je poškozen strop působením vlhkosti.

V severovýchodní části se nacházejí trhliny v podlaze podél severní a východní stěny. Trhliny v podlaze jsou šířky do 5 mm. V severovýchodním rohu místnosti se nachází šikmá smyková trhlina širší než 5 mm, která prochází přes celou šířku zdi a je patrná i ze sousední místnosti

2.15 (viz fotografie 2.17.1). Ve východní stěně se nachází v jižní části svislá trhlina do 5 mm šířky.

V jihozápadní části prostoru se nachází vlasové trhliny ve stropě, vedoucí křížem přes celou část tohoto prostoru. V severovýchodním rohu této části se nachází trhlina v podlaze do šířky 5 mm.

Fotografie 2.17.1 V severovýchodním rohu místnosti patrná šikmá smyková trhlina s šířkou nad 5 mm

2.18 (výkres B1)

V prostoru se nachází schodiště z 1.NP a další, které vede do půdního prostoru. Dělící příčky jsou v tomto prostoru vybourány. Z místnosti je přístup do prostoru 2.17 a 2.19. V jižní části severní stěny se nachází svislá trhlina do 5 mm šířky. V severní části stěny se nachází svislá a vodorovná trhlina do 5 mm šířky. V jižní obvodové stěně se nachází vodorovná trhlina do 5 mm šířky, která vede z části prostoru schodiště po dveřní otvor ve stěně. Strop nad severozápadní částí prostoru je poškozen v rozsahu od stávajících stěn po vybourané příčky (viz fotografie 2.18.3). V prostoru schodiště se na spodní straně schodiště vedoucího na půdu nacházejí vlasové trhliny, které přecházejí dále na strop místnosti.

Fotografie 2.18.3 Poškození stropu nad severozápadní částí prostoru

2.19 (výkres B1)

V prostoru 2.19 jsou vybourány dělící konstrukce tloušťky 100 mm. Část prostoru sloužila jako koupelna. Na jižní stěně je patrné poškození omítky v místě, kde byla vybourána dělící konstrukce. V jižní části západní stěny se nachází svislá tahová a šikmá smyková trhlina tloušťky do 5 mm. Dále je přibližně vprostřed stěny poškozena omítka. V severním rohu

zmíněné stěny se nachází šikmá tahová trhlina tloušťky do 5 mm. V severní stěně je v rohu mezi okenními otvory svislá trhlina do 5 mm šířky. Ve východním rohu severní stěny se nachází svislá trhlina širší než 5 mm a vodorovná trhlina do 5 mm šířky. Na rozhraní severní stěny a vodorovné konstrukce se nachází trhlina do 5 mm šířky. V severozápadní části prostoru u okenního otvoru je poškozena stropní konstrukce.

2.20 (výkres B1)

Prostor dříve pravděpodobně sloužící jako skladiště, je nyní vyklizen. Nachází se zde schodiště z 1.NP. a další schodiště vedoucí do půdního prostoru. Omítka svislých konstrukcí je poškozena. Ve východní stěně je vysekána vodorovná drážka v omítce, která přechází na část jižní stěny a vede až ke dveřnímu otvoru v obvodové stěně.

III.1.6.4. Půda a krov

Západní část zastřešení je z původní opravené střešní krytiny. V případě východní části se jedná o krytinu novou.

V západní části půdy (viz výkres C2, C3 v Příloze B) je poškození podlahy vlhkostí a dřevokaznými procesy. Poškozeno vlhkostí je zdivo na západním konci objektu. V minulosti došlo k nastartování dřevokazných procesů vhodnými podmínkami. Dle vizuální prohlídky není patrné rozšiřování dřevokazných procesů na další konstrukce. V západní části je dále patrné poškození komína vlhkostí. Část krovu nad porušenou klenbou je poškozena vlhkostí a dřevokaznými procesy. V této části krovu je porušen, na třetí plné vazbě krovu ze západní strany, spoj nad sloupkem. Část vaznice je zde vyhnuta severním směrem, a to o poměrně podstatných 30 mm. Vazné trámy jsou v celém prostoru krovu poškozeny dřevokaznými procesy. Z větší části dřevokazným hmyzem. V některých případech chybí už podstatná část průřezu trámu.

Fotografie K33 Vyhnutí vaznice ve spoji o 30 mm

Východní část konstrukce zastřešení (viz výkres C1 v příloze B) poškozena vlhkostí a dřevokazným hmyzem. Dle výletových otvorů dřevokazného hmyzu se v tomto případě jedná o tesaříka a červotoče. Poškození se týká zejména sloupků a vaznic krovu. Vlhkostí je poškozena také podlaha v prostoru půdy. Poškozenou korunou zdiva jižní obvodové stěny je pak možné pronikání větrem hnané vlhkosti pod střešní krytinou. Komíny ve východní části jsou ukončené pod střešním pláštěm. Část krovu východní části je tedy v poškozeném stavu a část je nahrazena. Proveden byl při opravě krovu ochranný nátěr stávajících i nově zabudovaných prvků. Který mohl, u již poškozených prvků, proces degradace zpomalit, ale určitě ne zvrátit či zastavit. I v této části krovu jsou dřevokaznými procesy poškozeny vazné trámy a podstatná část jejich průřezu je již poruchami odstraněna.

Fotografie K3 a K5 Poškození dřevěné konstrukce ve východní části objektu

III.1.7. <u>Příčiny poruch</u>

V exteriéru na fasádě objektu došlo k degradaci především působením vlhkosti a povětrnostních vlivů.

V prostoru 1.NP. byly odhaleny poruchy a následky degradačních procesů především v souvislosti s působením vlhkosti. Zmíněné poškození požárem v určitých částech 1.NP. bylo způsobeno tím, že budova opravdu v historii několikrát vyhořela. Nachází se zde také prostor s poškozenou klenbovou konstrukcí. Při neodborném provádění bouracích prací v prostoru klenby a vybourání příčky došlo po pár okamžicích od zásahu ke kolapsu konstrukce. Konstrukce za roky svého statického působení vykazovala určité deformace. Po narušení konstrukce navíc v prostoru paty klenby došlo k nárůstu deformací a následně k uvolnění jednotlivých prvků a kolapsu části klenby.

Prostor 2.NP. vykazuje poruchy především v důsledku degradačních procesů vlhkosti a v určité části prostoru také v důsledku kolapsu části klenby. Následkem kolapsu klenbové konstrukce došlo k deformaci a změně napjatosti části dělící konstrukce nad klenbou a ke vzniku smykových trhlin. Trhliny v důsledku kolapsu klenby jsou patrné také v podlaze. V prostoru 2.09 byl historicky sklad obilí pro potřeby lihovaru. Některé plísně charakteristické pro obilí jsou v této části objektu přeneseny také na dřevěné konstrukce.

Konstrukce krovu a prostor půdy jeví poškození vlhkostí a dřevokaznými procesy, do kterých jsou zahrnuty dřevokazné houby i hmyz. K pronikání vlhkosti do tohoto prostoru a dále do konstrukcí nižších podlaží. Pronikání vlhkosti bylo zabráněno opravou střešní krytiny na západní části střešní konstrukce a výměnou krytiny na východní části. V západní části krovu je na třetí plné vazbě pozorováno vychýlení krovového spoje směrem ven z konstrukce. K tomuto porušení spoje došlo v souvislosti s poškozením vazného trámu dřevokaznými procesy a působením vlhkosti na obvodovou stěnu. Vlhkost stékající ze střechy na tuto obvodovou stěnu zapříčinila deformaci stěny a vyhnutí v polovině stěny v řádu centimetrů. Stékání srážkové vlhkosti ze střechy po stěnách je již zamezeno zabudováním nových dešťových svodů a opravou střechy.

III.1.8. Zkoušky mechanicko-fyzikálních vlastností zdiva a chemicko-biologická analýza

III.1.8.1. Průzkum vlhkosti

V objektu byl proveden průzkum vlhkosti zdiva vážkovou metodou. Dne 6. 4. 2017 proběhl odběr vzorků na vybraných místech (viz výkresy A1, A2, A3). Odběr byl proveden na třech místech na severní a jižní části objektu a dále na středních nosných stěnách, které podpírají poškozenou klenbu. Vzorky byly odebrány ve 3 výškových úrovních, a to přibližně ve výšce 0,5; 1,5 a 2,0 m. Značení vzorků je následující A1 pro 0,5 m, A2 pro 1,5 m a A3 pro 2,0 m. Poloha míst, kde došlo k odebrání vzorků je patrná z výkresové dokumentace 1. NP. Poloha míst pro odběr vzorků byla volena ve snaze určit vlhkost přibližně v prostředku a po stranách budovy. Zvoleny byly také opěrné stěny porušené klenby v místnosti 1.15.

Měření vlhkosti				
Označení	**m_w [g]**	**m_d [g]**	**Hmotnostní vlhkost - w [%]**	**Stupeň vlhkosti zdiva**
A1	41,72	41,66	0,14	**Velmi nízká**
A2	36,26	36,04	0,61	
A3	70,45	69,04	2,04	
B1	149,37	148,81	0,38	**Velmi nízká**
B2	48,6	47,64	2,02	
B3	60,59	60,16	0,71	
C1	114,77	112,53	1,99	**Velmi nízká**
C2	66,38	65,08	2,00	
C3	126,71	125,76	0,76	
D1	62,29	62,06	0,37	**Nízká**
D2	128,24	126,86	1,09	
D3	33,48	32,25	3,81	
E1	57,37	56,99	0,67	**Nízká**
E2	55,13	53,08	3,86	
E3	87,26	86,55	0,82	
F1	112,99	112,2	0,70	**Velmi nízká**
F2	87,4	87,15	0,29	
F3	50,52	50,38	0,28	
G1	39,49	39,22	0,69	**Velmi nízká**
G2	127,23	126,52	0,56	
G3	70,86	70,68	0,25	
H1	66,87	66,61	0,39	**Velmi nízká**
H2	82,42	80,38	2,54	
H3	80,02	79,77	0,31	

Tabulka 2 Výsledky měření vlhkost m_w – hmotnost vlhkého vzorku; m_d – hmotnost vysušeného vzorku

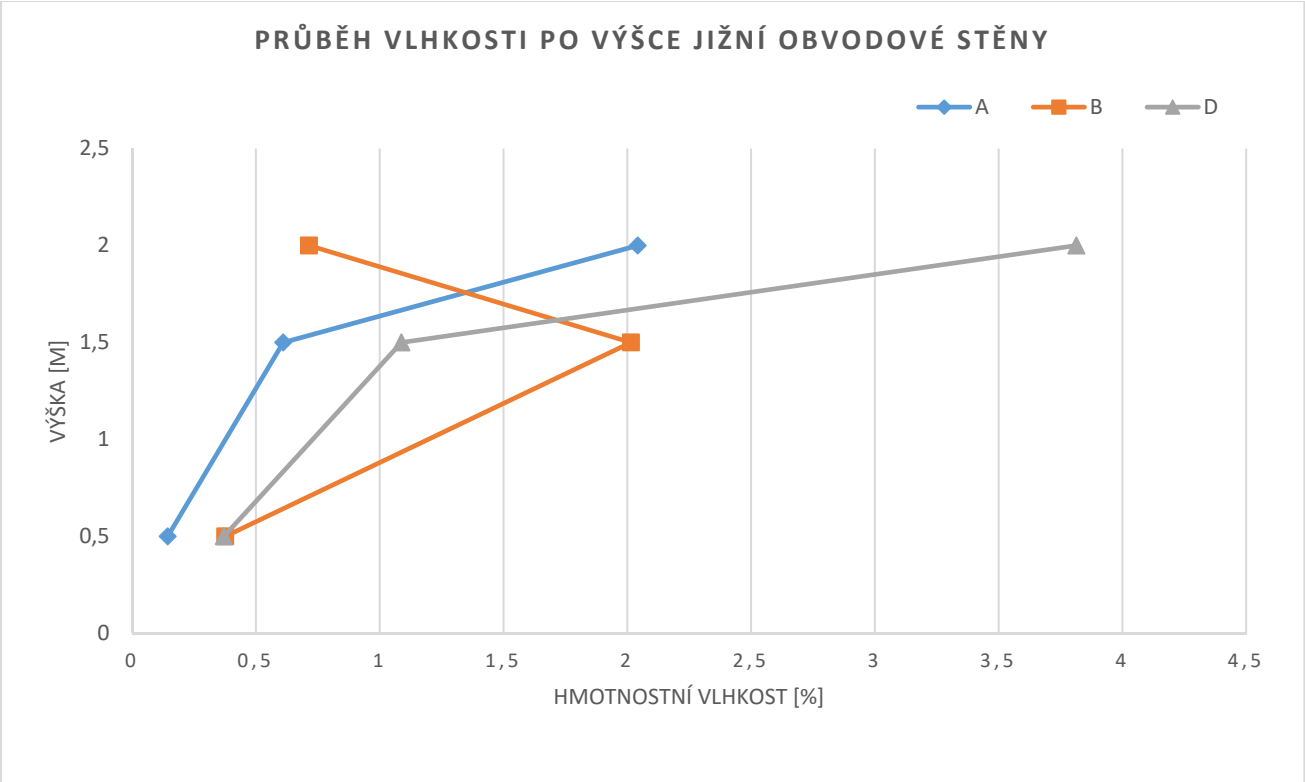
Výsledky průzkumu jsou patrné viz tabulka 2. Hmotnosti jsou udané, jako čistá hmotnost vzorku.

Obrázek 47 Odebrané vzorky pro měření vlhkosti

Odebrané vzorky byly k předběžnému vysušení umístěny do suchého prostředí se zvýšenou pokojovou teplotou a zváženy. Vzorky byly ponechány k předběžnému vysušené po dobu 17 dní. Následně byly vzorky převáženy. Po druhém vážení byly vzorky přesunuty do vysoušecího přístroje a po dvou dnech byly vzorky opět převáženy. Následně byly vzorky ve vysoušecím přístroji ponechány ještě po dobu dalších 2 dní a konečně zváženy. Navážena byla hodnota poslední hodnota. Hodnota z prvního vážení je hodnota vlhkého vzorku, tedy m_w. Nejnižší hmotnost vzorku po vysoušení je hodnota suchého vzorku m_d.

Obrázek 48 Váha vlevo použita pro vážení vzorků v laboratoři Katedry pozemních staveb FSv ČVUT

Hmotnostní vlhkost byla vypočtena dle vzorce $w_h = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100\%$, kde m_w vyjadřuje hodnotu vlhkého vzorku, tedy hmotnost vzorků při prvním vážení. Vlhkost zdiva byla klasifikována podle přílohy A normy ČSN P 73 0610.



Graf 1 Průběh vlhkosti po výšce jižní obvodové stěny

Vzorek A byl odebrán na jižní obvodové zdi na západní straně objektu, viz výkres A1 přílohy B. Vlhkostní profil ukazuje, že oproti nižším částem steny, vystupuje hmotnostní vlhkost nad 2 % až ve výšce 2 m. Jedná se o velmi nízký stupeň vlhkosti.

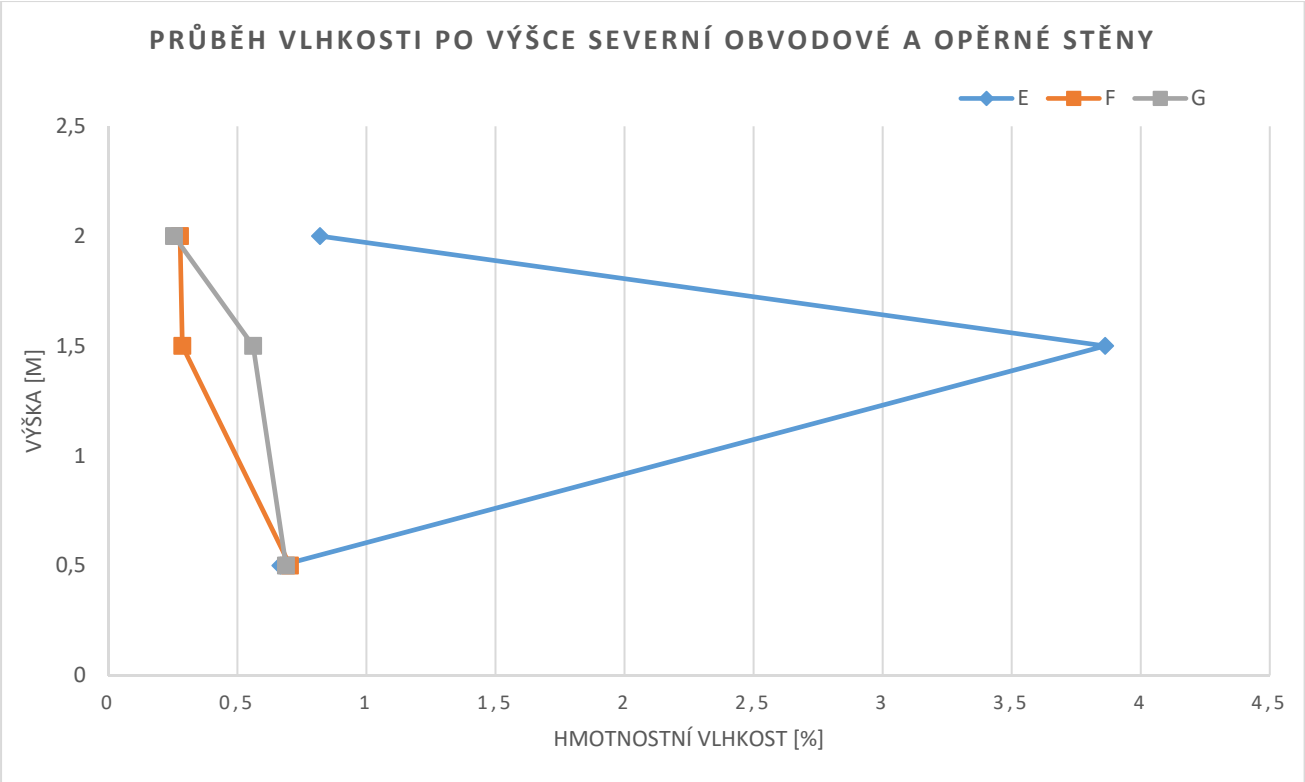
Obrázek 49 Označené místo odběru vzorku A na jižní obvodové stěně

Vzorek B byl odebrán přibližné v prostředku jižní obvodové stěny, viz výkres A1 přílohy B. Vlhkostní profil vykazuje nejvyšší hodnotu hmotnostní vlhkosti ve výšce 1,5 m. Hodnota vlhkosti pak po výšce stěny klesá. Hmotnostní vlhkostí do 4 % spadá stěna do velmi nízkého stupně vlhkosti.

Obrázek 50 Označené místo odběru vzorku B na jižní obvodové stěně

Vzorek D byl odebrán na jižní obvodové zdi ve východní straně, viz výkres A2 přílohy B. Vlhkost zde s výškou stoupá. Značný nárůst vlhkosti je možné pozorovat při přechodu z výšky 1,5 m na 2,0 m. Nicméně hodnotou hmotnostní vlhkosti pod 4 % spadá stěna do nízkého stupně vlhkosti.

Obrázek 51 Označené místo odběru vzorku D na jižní obvodové stěně



Graf 2 Průběh vlhkosti po výšce severní obvodové a opěrné stěny

Vzorek E byl odebrán byl odebrán z opěrné stěny, nacházející se u severní obvodové stěny na jejím východním konci, viz výkres A3 přílohy B. Dle vlhkostního profilu lze usuzovat, že zaznamenaná vlhkost ve výšce 1,5 m je původem srážková. Ve vyšší části byla opěrná stěna vysušena působením teploty v prostředí a do nižší části stěny nestihla srážková vlhkost ve zdivu doputovat. Hmotnostní vlhkostí nepřesahující 4 % spadá stěna do kategorie nízké vlhkosti.

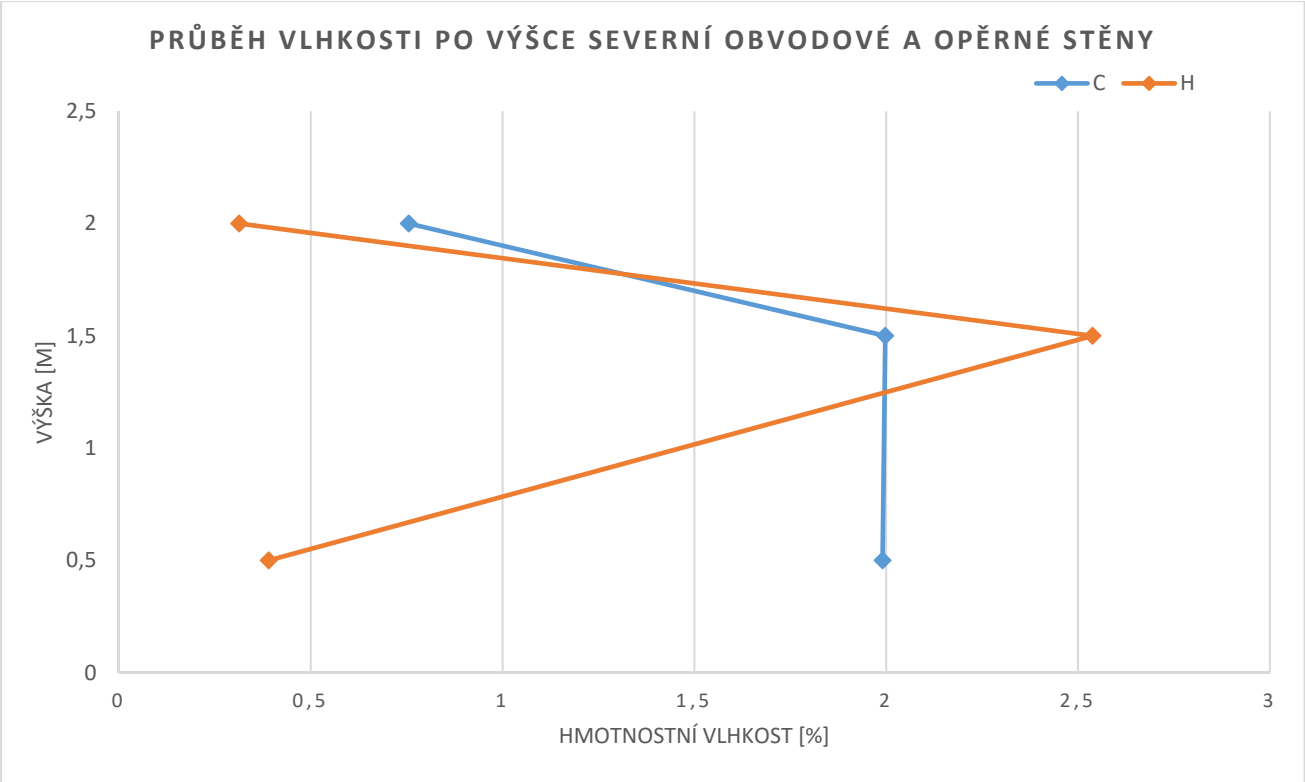
Obrázek 52 Označeno místo odběru vzorku E na opěrné stěně

Vzorek F byl odebrán přibližně v polovině severní obvodové stěny, viz výkres A2 přílohy B. Hodnoty hmotnostní vlhkosti v tomto místě vycházejí velmi dobře. Maximální vlhkost je svou hodnotou 0,7 % v kategorii velmi nízké vlhkosti. Navíc dále po výšce stěny hodnoty vlhkosti ještě nepatrně klesají.

Obrázek 53 Označeno místo odběru vzorku F na severní obvodové stěně

Vzorek G byl odebrán ze západní části severní obvodové stěny, viz výkres A1 přílohy B. Průběh vlhkosti se podobá průběhu zaznamenanému u vzorku F, nicméně pokles vlhkosti po výšce stěny není tak strmý. Maximální hmotnostní vlhkost 0,69 % řadí stěnu do kategorie s velmi nízkou vlhkostí.

Obrázek 54 Označeno místo odběru vzorku G na severní obvodové stěně



Graf 3 Průběh vlhkosti po výšce opěrných stěn porušené klenby

Vzorek C byl odebrán na východní opěrné zdi porušené klenby, viz výkres A1 přílohy B. Maximální zjištěná hmotnostní vlhkost 2,0 % řadí stěno do kategorie s velmi nízkou vlhkostí, přičemž ve výšce 2,0 m je navíc zaznamenán výrazný pokles vlhkosti.

Obrázek 55 Označeno místo odběru vzorku C na východní opěrné zdi porušené klenby

Vzorek H byl odebrán na západní opěrné zdi porušené klenby, viz výkres A1 přílohy B. Maximální hmotnostní vlhkost 2,54 % se nachází ve výšce 1,5 m a následně po výšce stěny klesá. I se zmíněnou hodnotou hmotnostní vlhkosti se stěna řadí do kategorie velmi nízké vlhkosti.

Obrázek 56 Označeno místo odběru vzorku H na západní opěrné zdi porušené klenby

Hodnoty hmotnostních vlhkostí nižší než 3 % jsou považovány spadají do kategorie s velmi nízkou vlhkostí. Do této kategorie spadají následující místa odběru vzorků: A, B, C, F, G, H. Výsledky z lokalit odběru s hodnotou větší než 3 % a současně menší než 5 % spadají do kategorie nízké vlhkosti. Do této kategorie spadají lokality E a D. Velmi nízký stupeň vlhkosti je dán především tím, že již v minulosti byl opraven střešní plášť, případně nahrazen novým a provedeny byly také střešní svody, které spolehlivě zabraňují ve stékání vody na fasádu. Nízký stupeň vlhkosti u lokality D je pochopitelný, protože již zdivo v tomto prostoru nese viditelné stopy poškození vlhkostí, a to především ve výšce 2,0 m, což odpovídá vzorku D3. V případě

lokality E se jedná o opěrnou stěnu, která není chráněná proti dešti zastřešením ani oplechováním apod., je pozitivním výsledkem, že se jedná o nízký stupeň vlhkosti.

Ve všech zjišťovaných lokalitách se setkáváme maximálně s nízkou vlhkostí, což je výsledek montáže střešních svodů a opravy a výměny střešního pláště. Těmito kroky se podstatně zlepšili výchozí podmínky pro provedení rekonstrukce objektu a došlo k podstatnému zpomalení degradačních procesů.

Před provedením úprav proti pronikání vlhkosti do zdiva byla pravděpodobně vlhkost zdiva větší. S výskytem vlhkosti ve zdivu souvisí snížení pevnosti a v případě cihel mírný nárůst modulu pružnosti. V důsledku nerovnoměrné tuhosti stěny a z té vycházející redistribuce namáhání, došlo ke vzniku některých svislých trhlin v konstrukci.

III.1.8.2. Pevnostní zkoušky

Průzkum pevnosti zdiva byl proveden pomocí Schmidtova kladívka pro prvky zdiva a pomocí Kučerovy vrtačky pro zdící prvky a maltu.

Bod	Schmidtův tvrdoměr [MPa]	Kučerova vrtačka [Mpa]	Malta [MPa]	f_k [MPa]	γ_M [-]	f_d [MPa]
A	-	10,2	4,97	3,38	2,88	1,17
B	-	9,00	4,00	2,95	2,88	1,02
C	-	8,73	4,25	2,94	2,88	1,02
D	-	9,40	-	-	-	-
E	-	8,53	-	-	-	-
F	-	7,03	-	-	-	-
1	17,5	-	-	-	-	-
2	17,5	-	-	-	-	-
3	17,5	-	-	-	-	-
4	10,75	-	-	-	-	-
5	10,75	-	-	-	-	-
6	10,5	-	-	-	-	-
7	10,25	-	-	-	-	-
8	10,75	-	-	-	-	-

Tabulka 3 Výsledky měření Schmidtovým tvrdoměrem a Kučerovou vrtačkou (PZZ 01)

Tabulka 3 zobrazuje výsledné naměřené hodnoty, zjištěné Schmidtovým tvrdoměrem a Kučerovou vrtačkou (PZZ 01). Pro místa, kde bylo možné kromě prvku zjistit i pevnost malty, byla vypočtena charakteristická a návrhová pevnost zdiva v tlaku. Součinitel γ_M byl určen s ohledem na možné poškození zdiva vlhkostí a trhlinami. Samotný výpočet součinitele viz posouzení opěrné stěny klenby v tlaku.

Měření Schmidtovým tvrdoměrem

Měření bylo provedeno na několika částech zdiva, a to především ve střední části neuvolněných prvků. Místa, kde měření probíhalo jsou patrná viz výkres A1 přílohy B.

Měření Kučerovou vrtačkou

Zjištěná vyšší pevnost malty z důvodu použití cementové malty, která může být pevnější.

Následně jsou výsledky vyhodnoceny statistickou metodou.

V případě Schmidtova tvrdoměru byla vyřazena nejvyšší a nejnižší hodnota pevnosti a byl proveden aritmetický průměr. Výsledná naměřená pevnost prvků je 12,92 MPa.

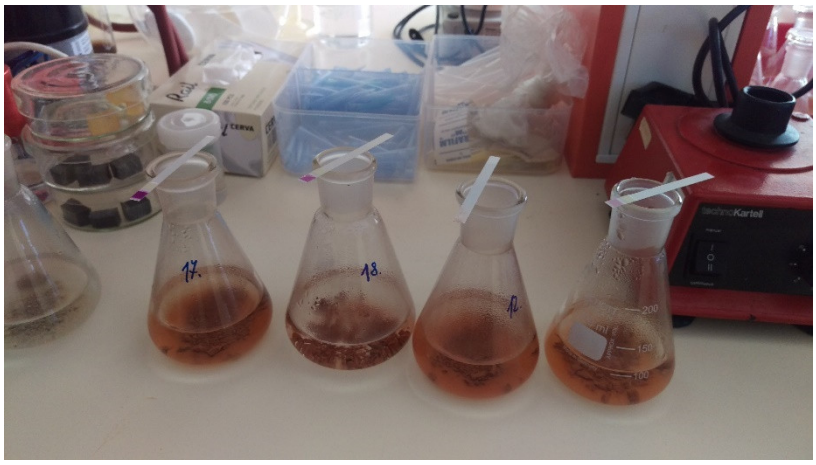
Pro vyhodnocení měření pomocí vrtačky PZZ 01 byl z naměřených hodnot proveden aritmetický průměr. Výsledná pevnost zdících prvků dle této metody je 8,85 MPa a malty 4,43 MPa. Byla zjištěná poměrně vysoká hodnota pevnosti malty. Malta, která byla zkoušena dle vizuálního průzkumu obsahuje vysoký podíl cementu. Proto byly v některých místech naměřeny i hodnoty přesahující 5 MPa.

III.1.8.3. Chemicko-biologický průzkum

Provedena byla laboratorní analýza salinity zdiva na vzorcích, odebraných pro měření vlhkosti. Během předběžného průzkumu byl odhalen výskyt dřevokazné houby a plísní v prostoru místnosti 2.09 a na konstrukci krovu. Proveden byl odběr vzorků, nasazení vzorku do agaru a umístění do kultivátoru. Z takto vytvořeného vzorku, byly následně vytvořeny preparáty pro přezkoumání pod mikroskopem.

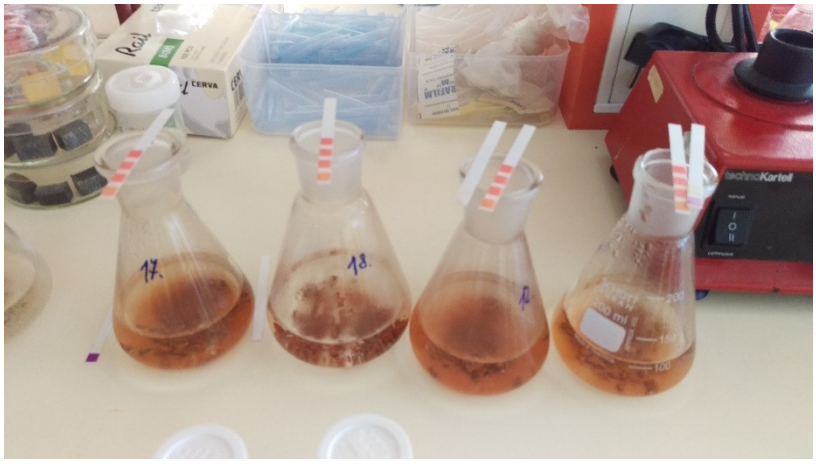
Analýza salinity zdiva

Laboratorně byla provedena analýza solí na již odebraných vzorcích pro měření vlhkosti vážkovou metodou. Dle lokality a vizuálního průzkumu vzorku byly vytipovány vzorky s hrozícím vyšším výskytem solí. Voleny byly vzorky nacházející se v blízkosti terénu či podlahy, tedy vzorky odebírané ve výšce přibližně 0,5 m nad terénem či podlahou.



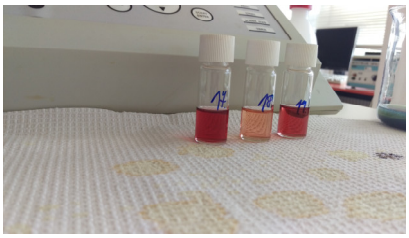
Obrázek 57 Vzorky po předběžném vyhodnocení obsahu dusičnanů

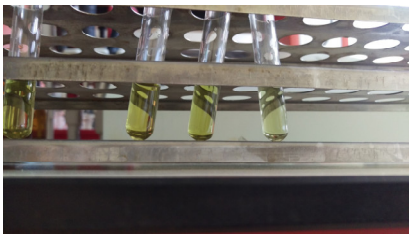
Provedeno bylo předběžné měření výskytu dusičnanů a síranů. Vzorek číslo 12. s lokalitou B1 byl po předběžném měření vyřazen, protože vykazoval velice malý výskyt zmíněných solí.



Obrázek 58 Vzorky po předběžném vyhodnocení síranů

Následně byla provedena příprava vzorků pro jednotlivé metody měření ve spektrofotometru. Vzorky byly testovány pomocí testů firmy MERCK. Pro dusičnany MERCK 1.14773.0001. Pro sírany MERCK 1.14791.0001 pro chloridy MERCK 1.14897.0001, 1.14897.0002 a nakonec pro amoniak MERCK 1.14752.0001, 1.14752.0002.





Obrázek 59 a Obrázek 60 Připravené vzorky k vyhodnocení spektrofotometrem

Připravené vzorky byly následně vyhodnoceny ve spektrofotometru a získané hodnoty byly přepočítány na mg/g.

Laboratorní označení	**Označení**	**Váha [g]**	**pH [-]**	**Chloridy [mg/g]**	**Dusičnany [mg/g]**	**Sírany [mg/g]**	**Amoniak [mg/g]**	**Stupeň zasolení zdiva**
17.	C1	2,1	6	0,71	1,90	3,62	0,24	**Zvýšený**
18.	D1	2,1	6,5	3,57	0,28	4,19	0,21	**Vysoký**
19.	H1	2,1	6,5	0,23	1,39	0,71	0,16	**Zvýšený**

Tabulka 4 Hodnota pH, obsah solí a amoniaku ve vzorcích

Při posouzení stupně zasolení zdiva rozhoduje vždy nejvyšší obsah dané soli. Dále je stanoven stupeň zasolení zdiva pro jednotlivé soli. Stupeň zasolení zdiva stanoven dle přílohy B normy ČSN P 73 0610.

Vzorek C1 vykazuje zvýšené zasolení, kvůli obsahu dusičnanů, které se hodnotou 1,90 mg/g pohybuje v rozmezí pro zvýšený stupeň zasolení zdiva, pro který je pro dusičnany 1,0 až 2,5 mg/g. Z pohledu chloridů a síranů se jedná nízký stupeň zasolení.

Vzorek D1 vykazuje vysoký stupeň zasolení, z důvodu obsahu chloridů. Chloridy jsou ve zmíněném vzorku zastoupeny hodnotou 3,57 mg/g. Tato hodnota spadá tedy do vysokého stupně zasolení, který je určen hodnotami 2 až 5 mg/g. Z pohledu dusičnanů a síranů se jedná o nízký stupeň zasolení.

Vzorek H1 vykazuje zvýšený stupeň zasolení, a to z důvodu zvýšeného obsahu dusičnanů, které jsou ve vzorku charakterizovány hodnotou 1,39 mg/g. Z pohledu chloridů a síranů se jedná o nízký stupeň zasolení.

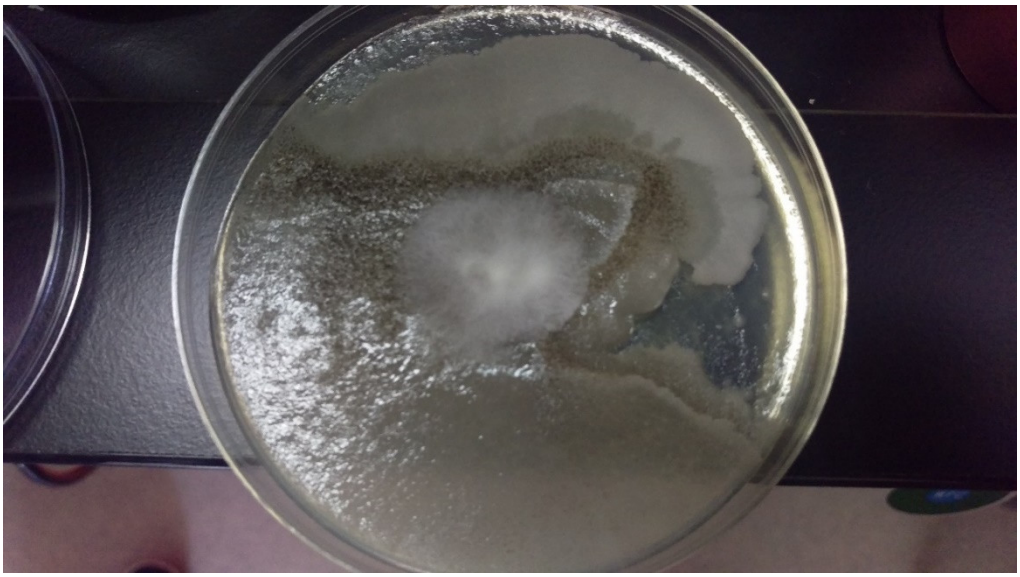
Biologický průzkum

V prostoru místnosti 2.09 byl odebrán vzorek dřevěného trámu, obsahující plodnice pravděpodobně dřevokazné houby. Na zmíněném místě byla zasažena dřevěná podlaha a část dřevěného trámu, z kterého byl vzorek odebrán.

Obrázek 61 Místo odběru vzorku vyznačené svítilnou

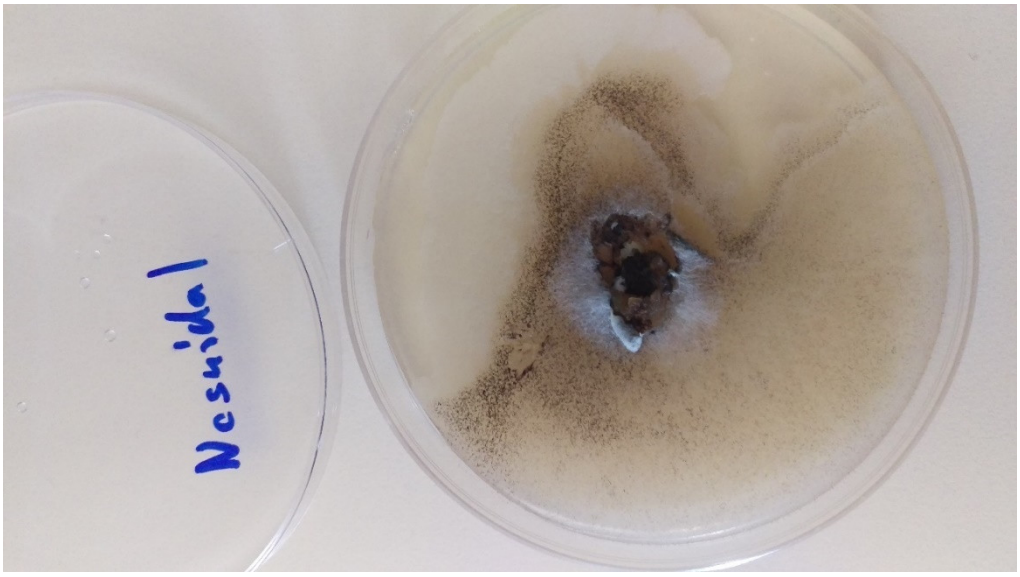
Obrázek 62 Místo odběru vzorku

Na odebraném vzorku byl identifikován malý kostičkový rozpad dřeva a při vizuálním průzkumu také plodnice. Kostičkový rozpad dřeva dokládá, že se jedná o dřevokaznou houbu. Část odebraného vzorku byla nasazena do agaru, jako živné půdy pro růst organismu a umístěna do kultivátoru.



Obrázek 63 Vzorek po vyjmutí z kultivátoru

Následně byly ze zkultivovaného vzorku vytvořeny preparáty pro přezkoumání pod mikroskopem.



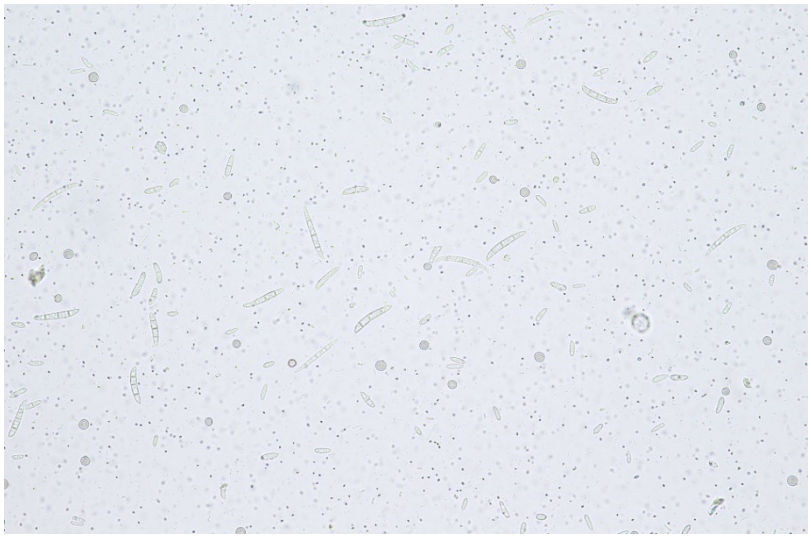
Obrázek 64 Vzorek po odebrání preparátů

Organismy nalezené pod mikroskopem byly identifikovány jako plísně. Identifikovány byly plísně *Fusarium sp.* a *Mucor sp.*

[70], [71], [72]

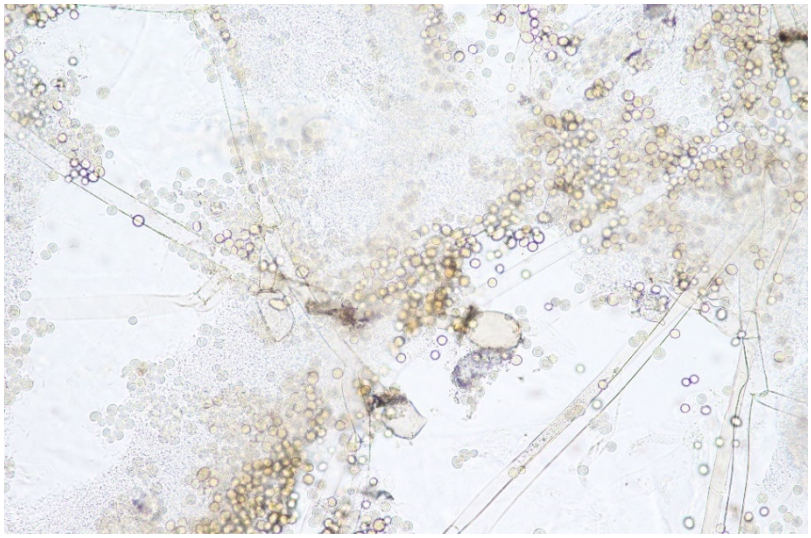
Fusarium sp. je houba rozšířená po celém světě, a to především v půdě a na cereáliích, uskladněných bramborech a cukrové řepě. Produkuje mykotoxiny, především trichotheceny a zearalenon. Houba se rozrůstá v rozsahu teploty od 0 do 31 °C. Mykotoxin trichothecen může při zasažení pokožky v některých případech vést k pálení, zarudnutí a puchýřům. Při požití může vést ke zvracení a průjmu. Zasažení očí může vést k rozostřenému vidění. Inhalace může

vést k podráždění a kašli. Mykotoxin zearalenon může být detekován v kukuřici a dalších obilninách. Patří mezi méně toxické mykotoxiny. Zearalenon pravděpodobně není karcinogenní, i když podporuje karcinom v rozvinutém stádiu. Při fusariové kontaminaci obilí dochází k současnému výskytu zearalenonu a trichothecenů. Zearalenon má pro zvířata prokázané estrogenní účinky. U lidí však nebylo takové riziko prokázáno.



Obrázek 65 Fusarium sp.

Mucor sp. je celosvětově rozšířená huba, vyskytující se v půdách, trusu býložravců, na skladovaných obilninách atp. Tato houba neprodukuje žádné mykotoxiny. Tato houba roste a sporuje při teplotách 5 až 30 °C. Při teplotě 37 °C dochází k zastavení jejího růstu.



Obrázek 66 Mucor sp.

III.2. Analýza poškozené klenby

Analýza se zabývá poškozenou klenbou, která se nachází v místnosti 1.15. Součástí této analýzy je i posouzení opěrné stěny klenby. V posouzení jsou zahrnuty zjištěné pevnostní a vlhkostní parametry stěny.

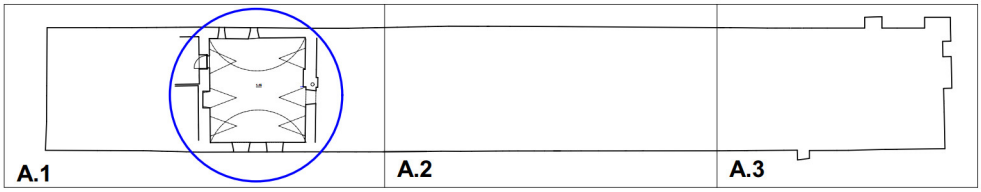


Schéma 1 Vyznačena poloha klenby v objektu a rozložení objektu ve výkresové části 1.NP.

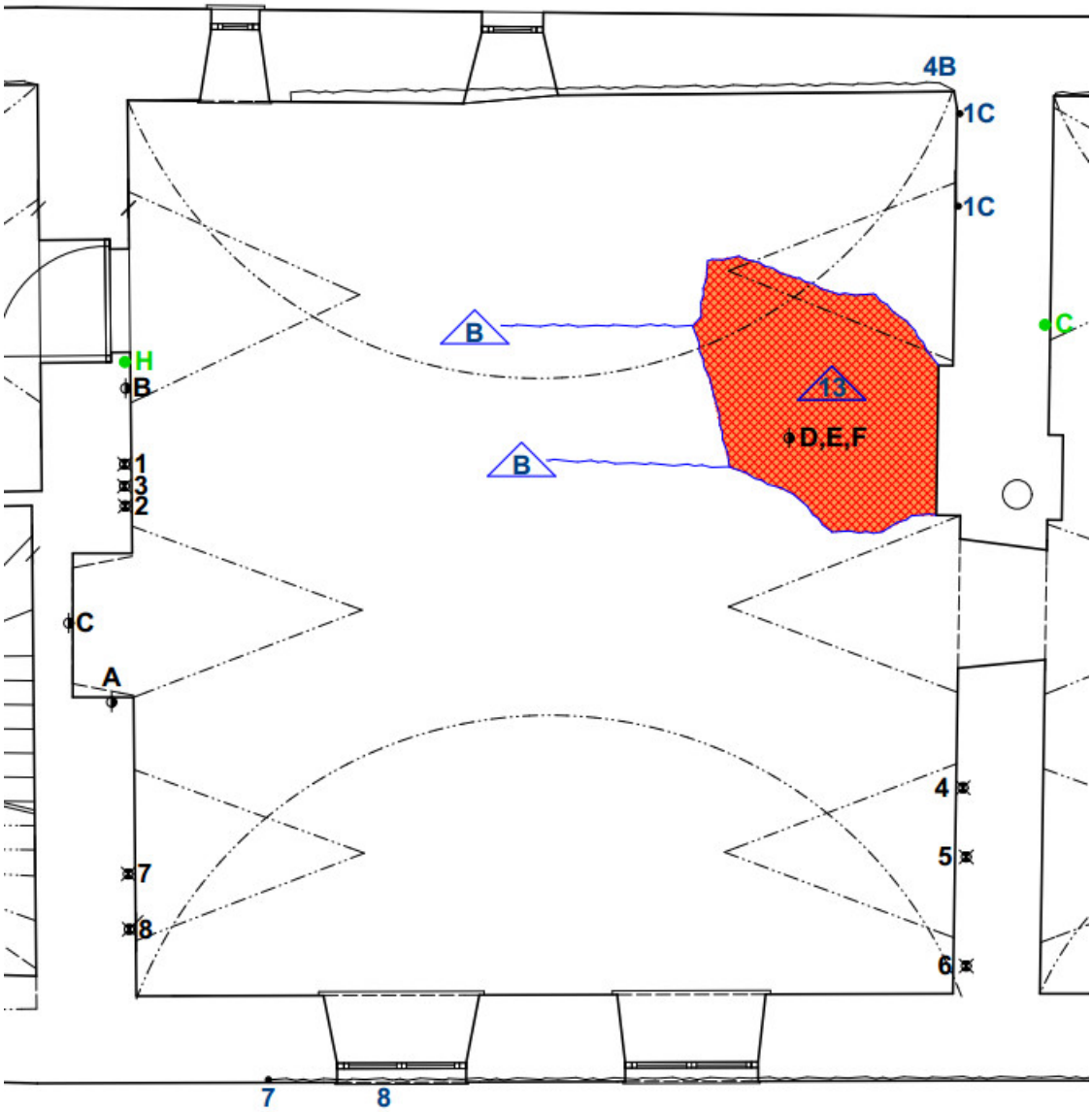


Schéma 2 Půdorys klenby, zakreslení poruch a sond – legenda viz výkres A1

Poloha porušené klenby objektu v místě 1.NP. patrná viz schéma 1. Geometrie valené klenby s lunetami, lokalita poškození a provedených průzkumů viz schéma 2. Kontext s konstrukcemi nad porušenou klenbou je patrný viz Schéma 3, které naznačuje řez konstrukcí.

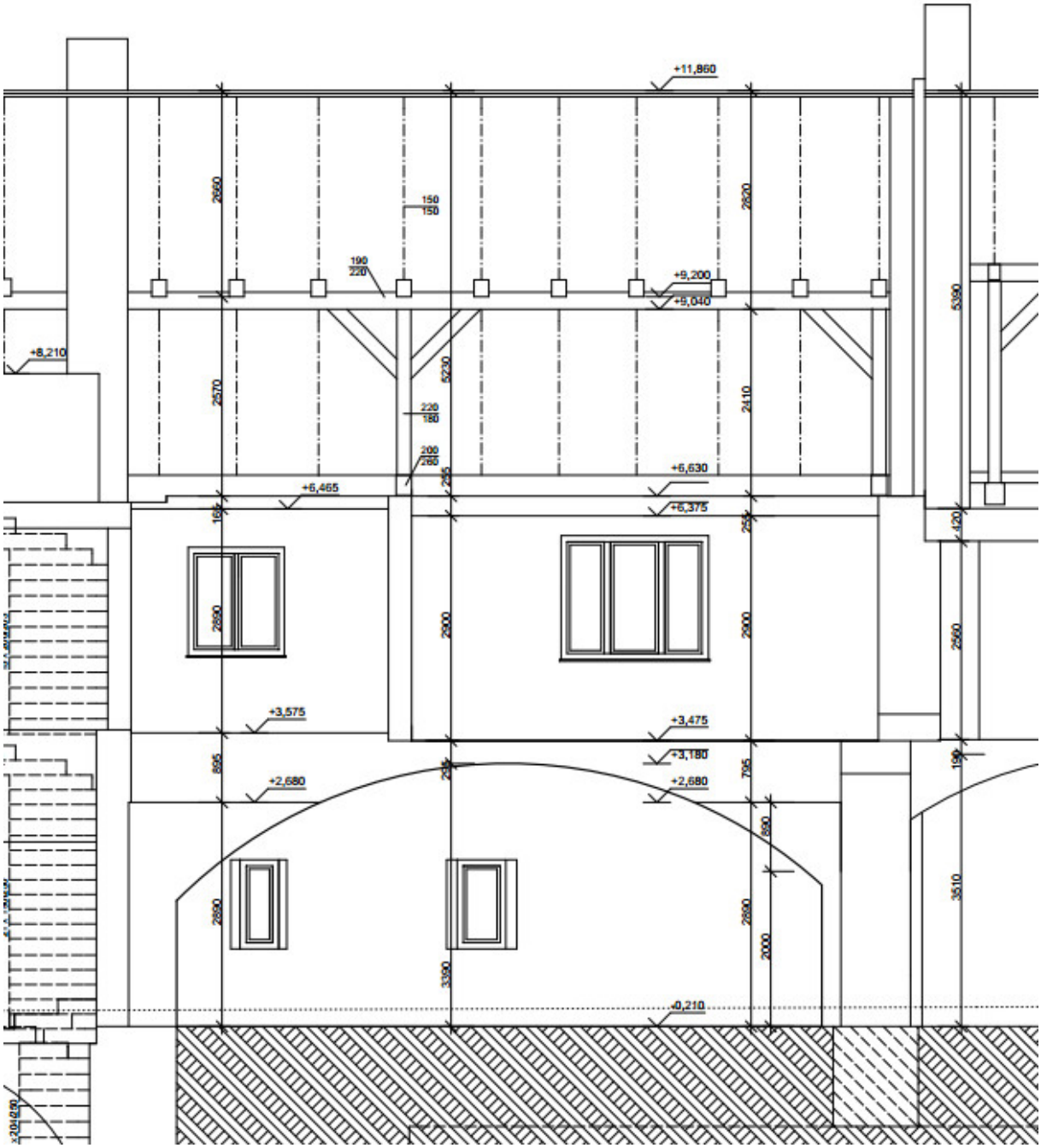


Schéma 3 Podélný řez prostorem poškozené klenby

Nad řešenou klenbou se nachází další nadzemní podlaží a půdní prostor. Návaznost opěrných stěn na stěny vyššího podlaží viz schéma 3.

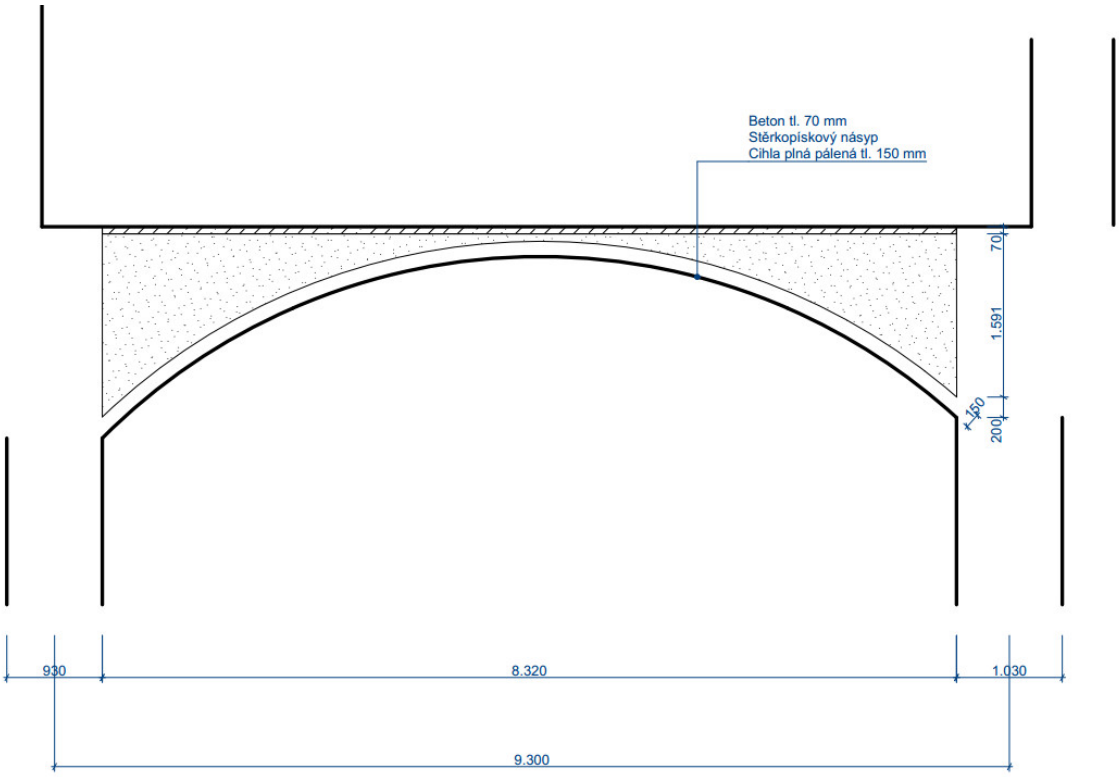


Schéma 4 Klenba s uvažovanou skladbou

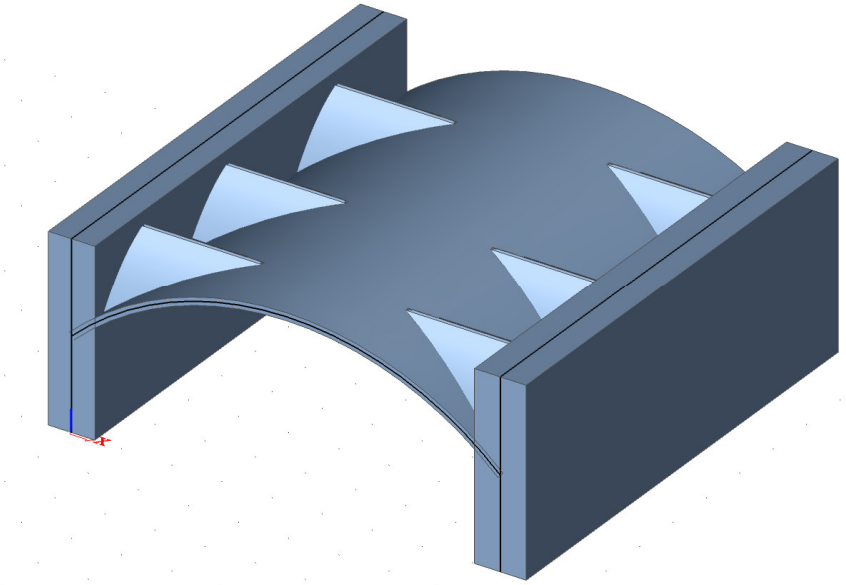
Příčky nad klenbovou konstrukcí byly již vybourány z důvodu odlehčení konstrukce. Nicméně pro posouzení konstrukce 3D modelem bude uvažováno zatížení příčkami 1 kN/m^2 pro budoucí využití prostoru nad klenbou. Posouzení 3D modelem bude použito na vyhodnocení stavu rekonstruované klenby. 2D model bude využit pro ověření chování klenby při výskytu vodorovných a svislých posunů podpory, ke kterým došlo v důsledku neodborně provedených bouracích prací. Zdivo klenby má tloušťku 75 mm.

Konstrukce nebude řešena grafickou metodou, protože ke kolapsu došlo v důsledku dlouhodobých deformací, které byly navýšeny prováděním bouracích prací. Ověření tlakového napětí v průřezu klenby je tedy provedeno pomocí výpočetního software SCIA Engineer viz grafické výsledky výpočtu.

III.2.1. Analýza pomocí software SCIA Engineer – 3D model

- Zatížení klenby
  - Vlastní tíha
  - Násyp – štěrkopísek 1800 kg/m^3
  - Podlaha 1,3 kN/m^2
  - Příčky 1,0 kN/m^2
  - Užitné KAT. A 1,5 kN/m^2
- Zatížení stěn
  - Vlastní tíha stěn 2.NP. – cihla plná pálená
  - Zatížení sněhem – 0,56 kN/m^2
  - Zatížení větrem – tlak – 1,274 kN/m^2
  - Zatížení konstrukcí střechy – pálené keramická krytina – 0,75 kN/m^2
  - Užitné zatížení střechy – kat. H – 0,75 kN/m^2

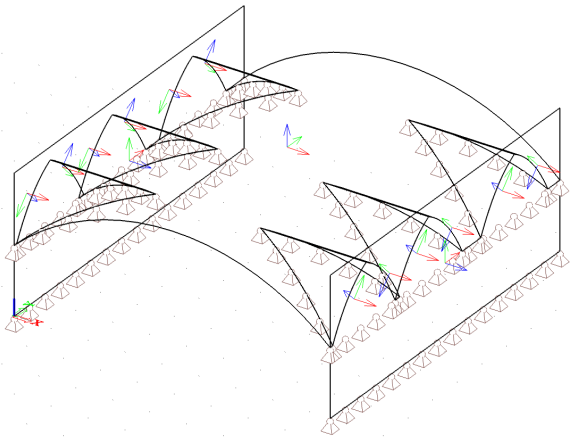
Výsledky odpovídají namáhání kombinací návrhových zatížení.



Obrázek 67 Vypracovaný 3D model klenbové konstrukce dle výkresové dokumentace

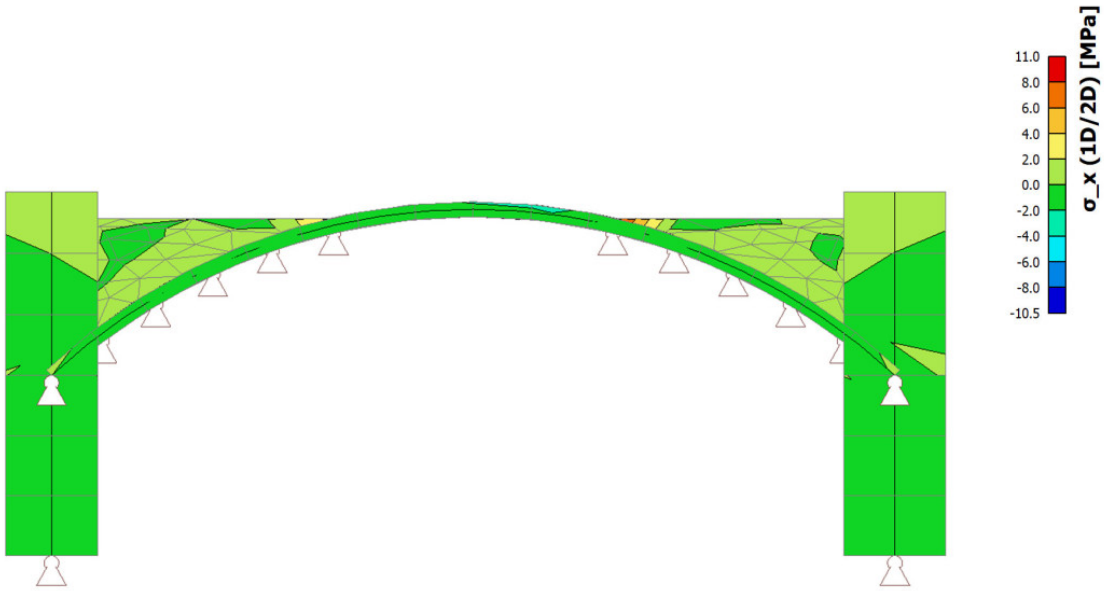
Zdivo klenby má tloušťku 150 mm. Klenba je klenutá z vrstev rovnoběžných s osou klenby. Uložení klenby na stěny je uvažováno bezpečně, jako kloubové. Patka je provedena, jako vyložená. Pravá (východní) stěna tloušťky 1030 a 900 mm byla v prostoru černé kuchyně, kde jsou pravděpodobně zazděné otvory ve stěnách a teoreticky zde mohou procházet skrytá komínová tělesa. Proto doporučuji provést sondy v této zdi z důvodu ověření skutečné tloušťky stěny a pozice případných komínových těles. Stávající komín procházející zdí (viz příloha B výkres A1) doporučuji pročistit a zalít hubeným betonem. Pro případně další zjištěné komíny

ve stěně doporučuji stejný postup. Lunety jsou uvažovány, jako kloubově napojené na valenou klenbu. Lunety přispívají k tuhosti klenby a nejsou napojeny na stěny, tudíž zde není uvažováno podepření.



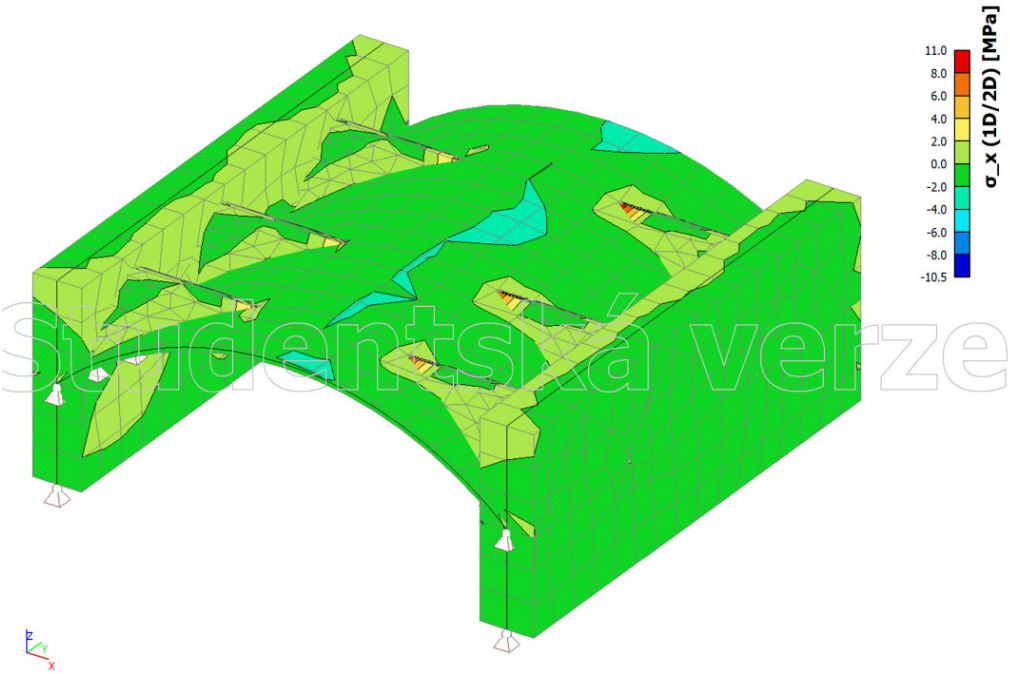
Obrázek 68 Statické schéma klenby s lokálními souřadnicemi jednotlivých ploch

Statický model pro výpočet patrný viz obrázek 68. Znázorněny jsou lokální souřadnicové systémy jednotlivých prvků.



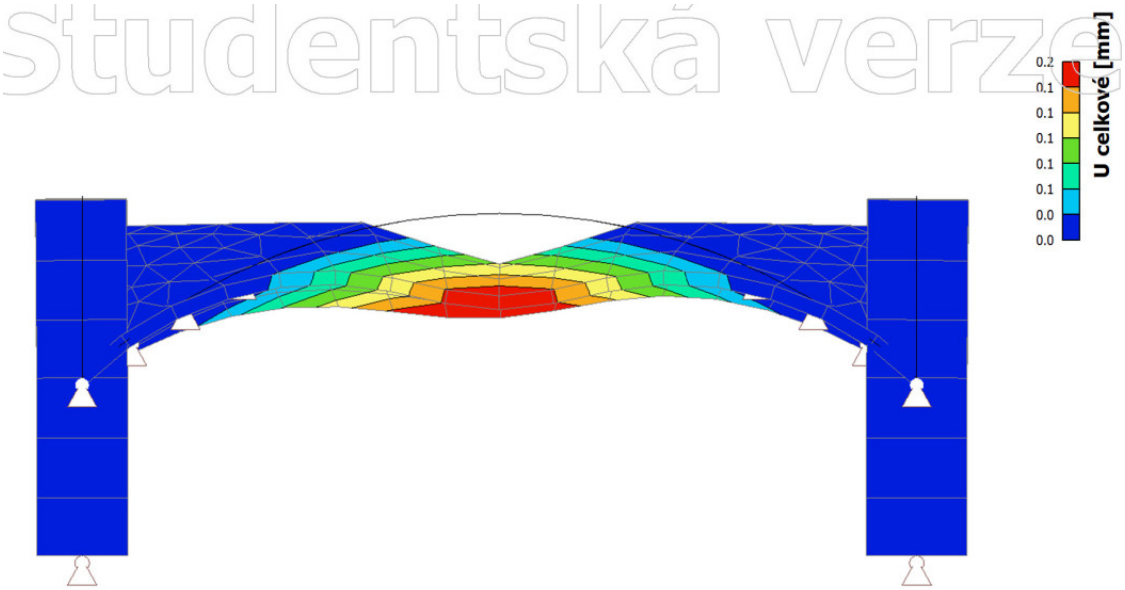
Obrázek 69 Průběh normálového napětí σ_x v průřezu konstrukce

V průřezu klenby je zaznamenáno pouze tlakové namáhání, což je u klenbových konstrukcí žádoucí a velmi podstatné pro jejich bezpečné působení. V ploše klenby je patrné na pravé (východní straně) vyšší tlakové namáhání z důvodu nesymetrického zatížení a stěn ve vyšším podlaží, nenavazujících přímo na opěrné stěny klenby.



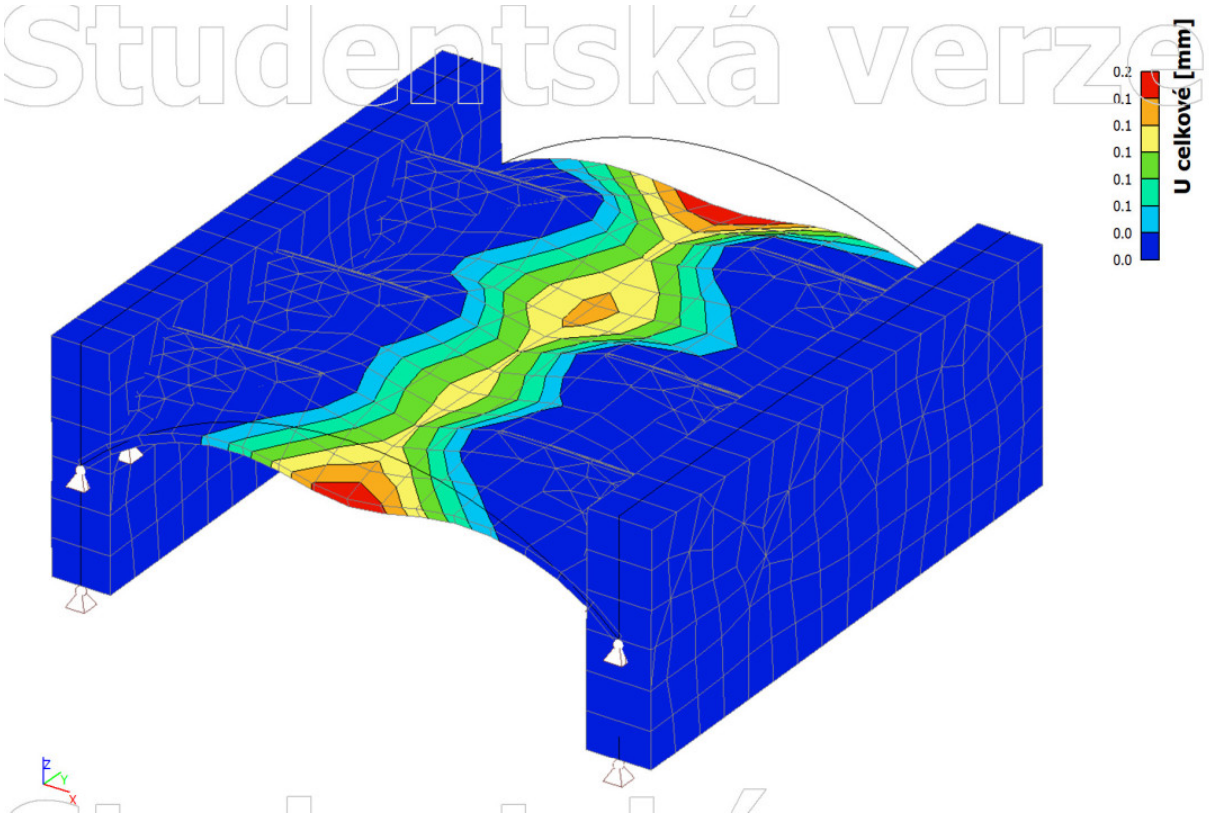
Obrázek 70 Průběh normálového napětí σ_x na konstrukci

Na rubu klenby je patrné tlakové namáhání, které je pro konstrukci žádoucí.



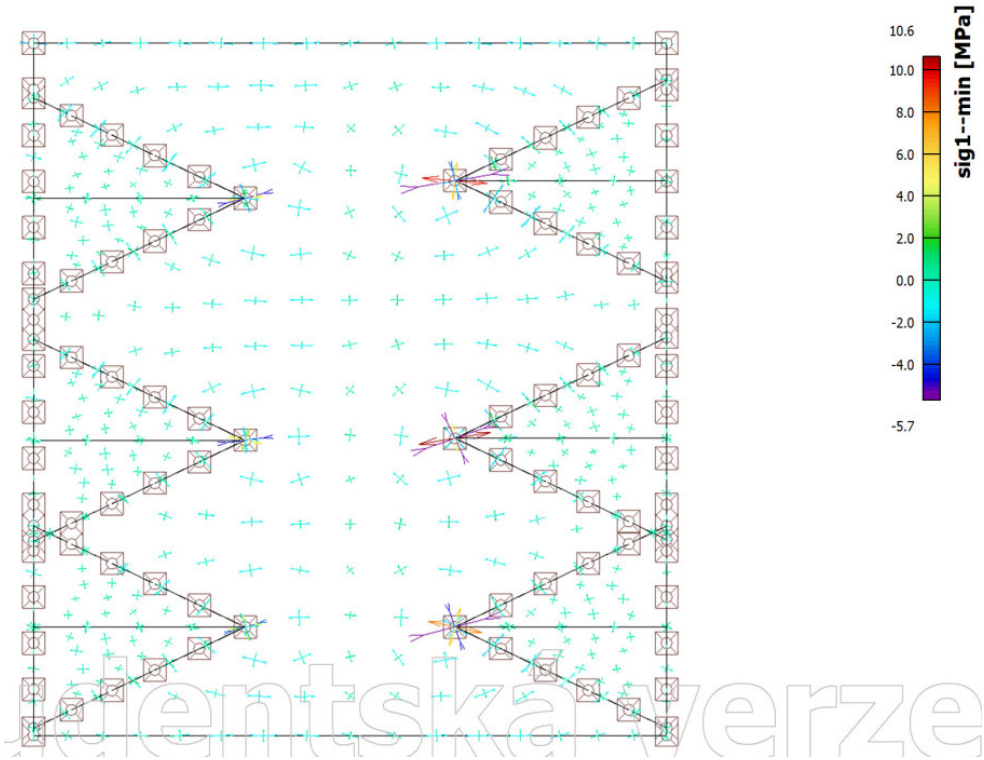
Obrázek 71 Přetvoření konstrukce

Obrázek 71 naznačuje, že větší část maximálního přetvoření se nachází v zadní (severní) části klenby. Může to být důsledek nesouměrně rozmístěných lunet, které konstrukci ztužují.



Obrázek 72 Přetvoření konstrukce

Na analýzou určené přetvořené konstrukci je patrný účinek ztužení konstrukce lunetami a větší hodnota průhybu v ukončení klenby. Maximální hodnota průhybu konstrukce je 0,2 mm.



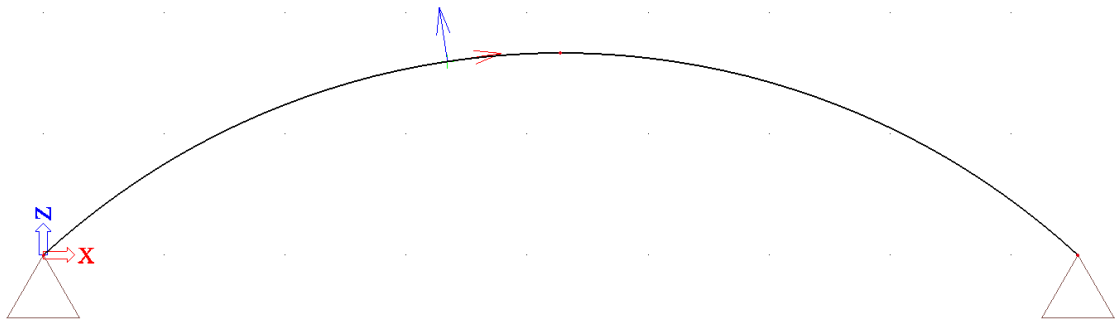
Obrázek 73 sig1 – směry hlavních napětí ve střednicové ploše

Obrázek 73 dokumentuje směry hlavních napětí ve střednicové ploše. Jedná se o tlaková napětí.

III.2.2. Analýza pomocí software SCIA Engineer – 2D model

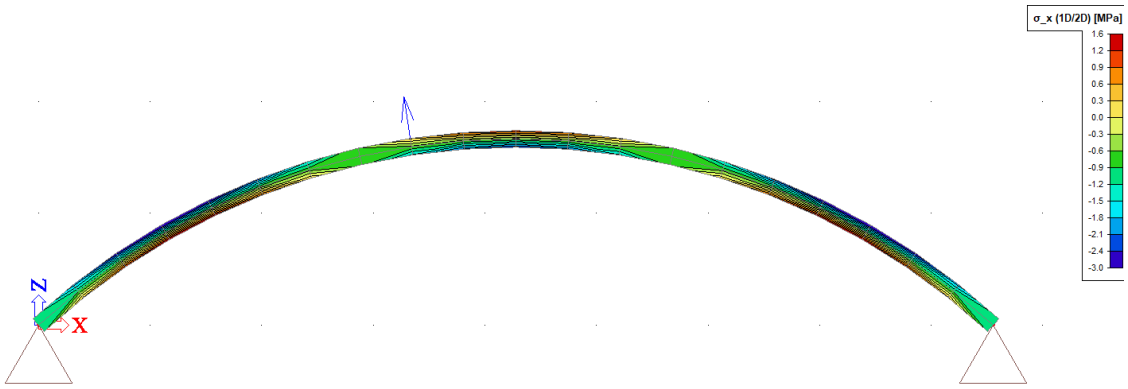
Následně pro ověření mechanismu porušení poškozené klenby bude na 2D model aplikováno posunutí a pokles pravé podpory o 10 mm. Před kolapsem klenby v důsledku neodborného zásahu do konstrukce, je předpokládáno počáteční přetvoření, vyvolané působícím zatížením. S ohledem na vlastnosti materiálu a charakter zatížení byla zvolena hodnota pro posunutí a pokles podpory 10 mm. V důsledku tohoto přetvoření byla konstrukce v určitém stavu napjatosti, a to až do doby, než došlo k neodbornému provádění bouracích prací v prostoru klenby a v blízkosti její paty. Během bouracích prací byla konstrukce oslabena a začalo docházet k přerozdělení napětí. Jednotlivé prvky se začaly uvolňovat a deformace se začaly zvětšovat. Krátce po uvolnění několika prvků došlo ke kolapsu klenby. Model je tedy uvažovaný, jako řez v místě, kde došlo ke kolapsu klenby, vyvozením deformací.

- Zatížení
  - Vlastní tíha
  - Násyp – štěrkopísek 1800 kg/m^3
  - Podlaha 1,3 kN/m^2
  - Užitné KAT. A 1,5 kN/m^2
  - Vodorovný posun pravé podpory 10 mm
  - Svislý posun pravé podpory 10 mm



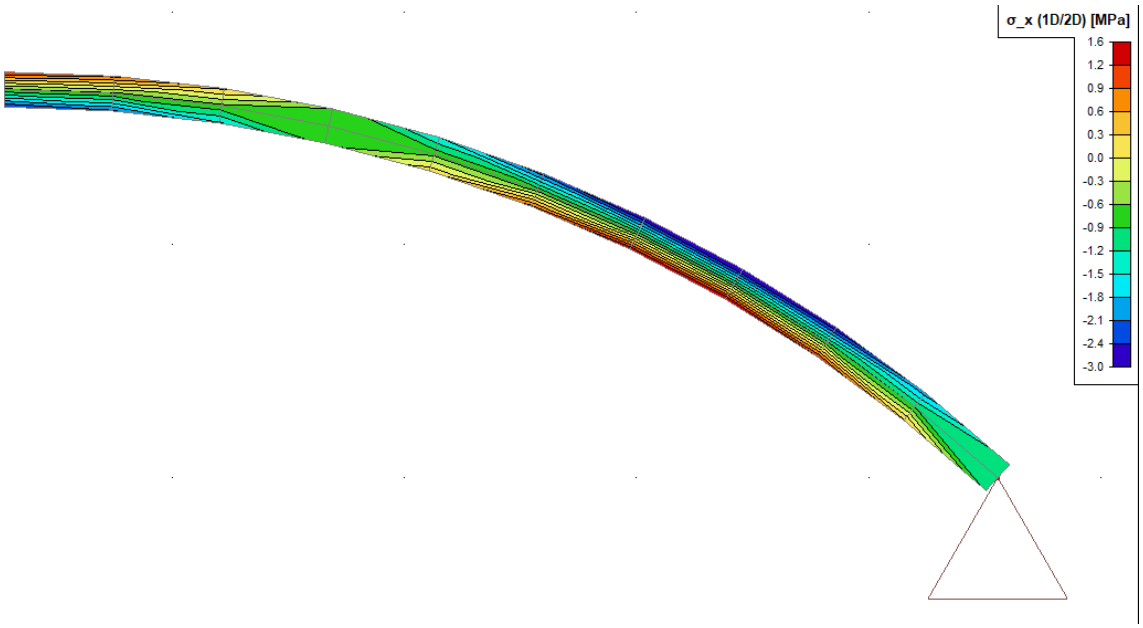
Obrázek 74 Statické schéma klenby

Statické schéma pro analýzu porušené klenby bylo zvoleno, jako dvojkloubový oblouk.



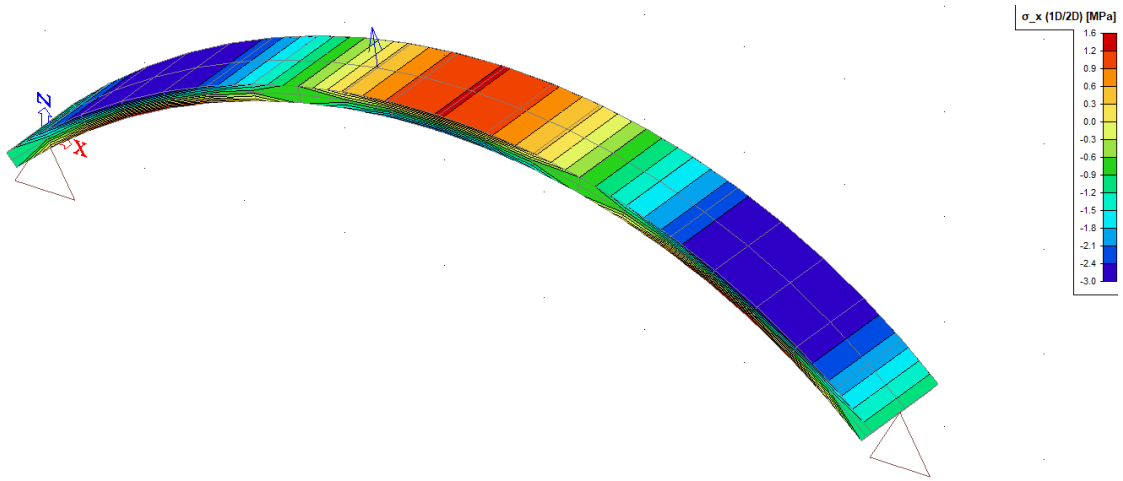
Obrázek 75 Průběh normálového napětí σ_x

Ve vykreslení normálového napětí je patrná tlačená a tažená část konstrukce. Místa s tahovým namáháním se nacházejí v rizikových průřezech klenby. Působení zvýšeného tlaku v některých částech klenby, může, při překročení pevnosti zdiva v tlaku, vyvolat jeho drcení.



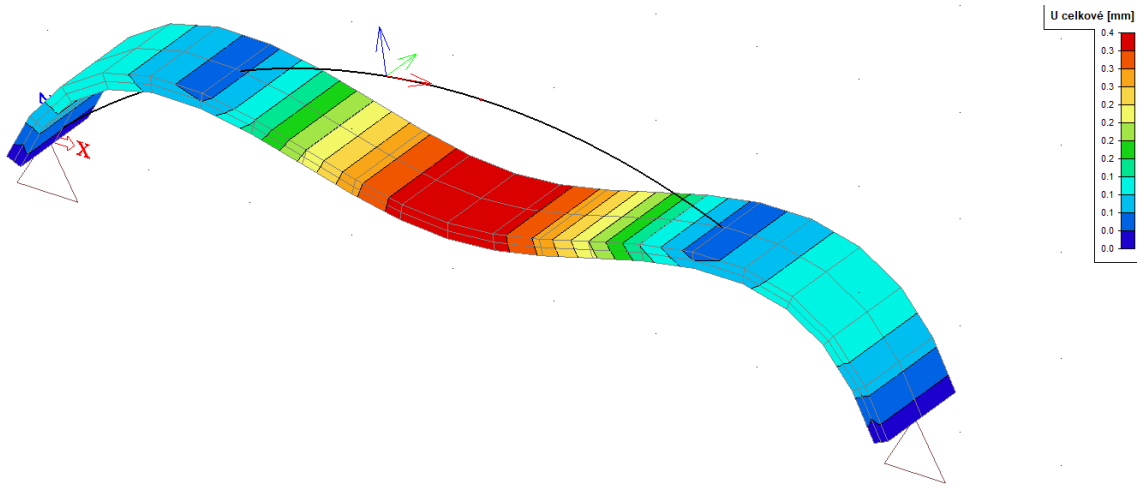
Obrázek 76 Průběh normálového napětí σ_x na pravé polovině klenby

Ve vykreslení normálového napětí na pravé polovině klenby, kde byl aplikován svislý a vodorovný posun je patrné tahové namáhání na lící klenby. V tomto místě také došlo k samotnému kolapsu řešené klenby.



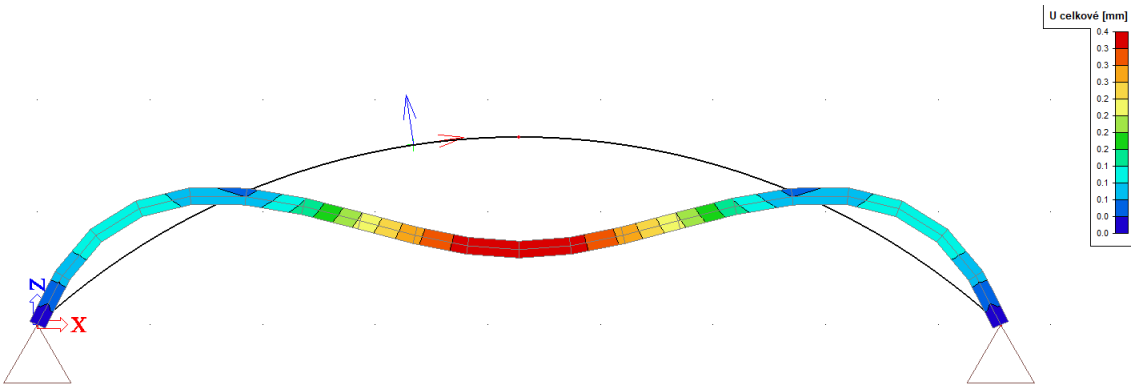
Obrázek 77 Průběh normálového napětí σ_x

V zobrazení normálového napětí na rubu klenby jsou patrné oblasti tahové a tlakové. V tažené oblasti ve vrcholu klenby hrozí ztráta stability klenby a náhlý kolaps. V tlačené oblasti by pak při napětí, překračujícím pevnost zdiva v tlaku, mohlo dojít k drcení zdiva.



Obrázek 78 Přetvoření konstrukce

Oproti 3D modelu je zde, především v důsledku vodorovného a svislého posunu pozorovatelná vyšší hodnota přetvoření. Zde až 0,4 mm.



Obrázek 79 Přetvoření konstrukce

Na přetvořené konstrukci jsou patrná místa vzniku plastických kloubů, které konstrukci transformují ze staticky neurčité na staticky určitou. Klouby se zde utvářejí ve vrcholu klenby a přibližně v jejích čtvrtinách. V místech vzniklých kloubů po stranách klenby je patrná nulová svislá deformace.

III.2.3. Posouzení opěrné stěny v tlaku

Pro posouzení pravé (východní) opěrné stěny klenby byly použity parametry materiálů, zjištěné nedestruktivními zkouškami, viz kapitola pevnostní zkoušky. V případě součinitele vlhkosti byla uvažovaná vlhkost 10 %, protože konstrukce vykazuje degradaci vlhkostí. Nicméně měřením bylo potvrzeno, že vlhkost stěny se snížila pod 4 % hmotnostní vlhkosti. Geometrie stěny a podklad pro stanovení zatěžovacích šířek viz schéma 5 a schéma 6 Výpočet byl proveden v souladu s ČSN EN 1996-1-1.

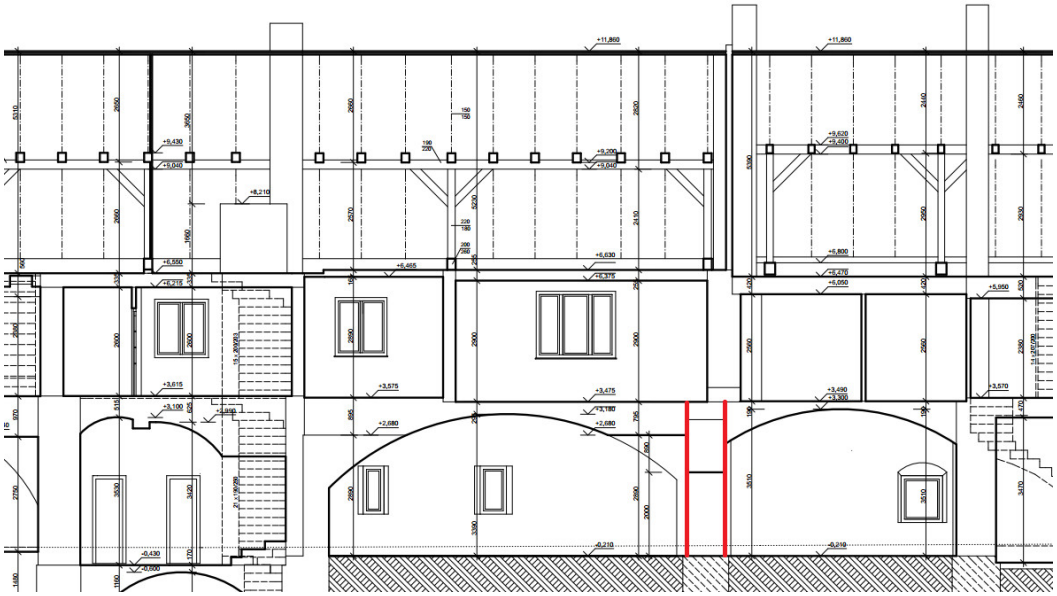


Schéma 5 Řez prostorem posuzované stěny, která je znázorněna červeně

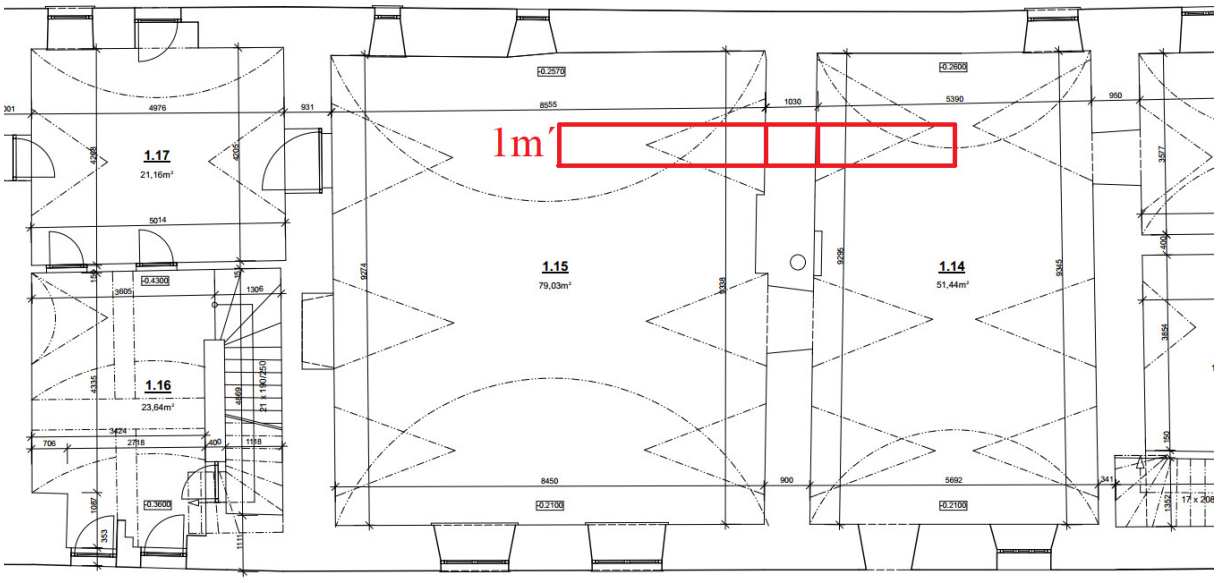


Schéma 6 Půdorysné schéma řešené stěny. Naznačená zatěžovací šířka

Opěrná stěna klenby

	Zatěžovací šířka		**Výška stěny**	
	7,862	**m**	**3,685**	**m**

Zatížení	f_{gk}	γg	f_{gd}	
STÁLÉ	**kN/m**	**-**	**kN/m**	
Vl. tíha stěny	72,12	1,35	97,36	
Podlaha 2.NP.	10,22	1,35	13,80	
Stěna 2.NP.	47,97	1,35	64,76	
Příčka na půdě	24,46	1,35	33,02	
Střecha + krov	5,90	1,35	7,96	
	160,67	f_{gd} =	**216,90**	**kN/m**

Zatížení	F_{qk}	γ_q	F_{qd}	
UŽITNÉ	**kN/m**	**-**	**kN/m**	
Užitné 2.NP.	12,19	1,5	18,28	
Užitné střechy	6,29	1,5	9,43	
Sníh	4,40	1,5	6,60	
Vítr	10,02	1,5	15,02	
	32,89	f_{qd} =	**49,34**	**kN/m**

	F_d =	**266,24**	**kN/m**
Zatížení v hlavě		**168,89**	kN/m

Zatížení v prostředku	**217,56**	kN/m
Zatížení v patě	**266,24**	kN/m

Mezní stav únosnosti

$$N_{Rd} \geq N_{E\ d}$$

$$N_{Rd} = \varphi \cdot t \cdot b \cdot f_d$$

φ	Součinitel φ_i v hlavě nebo ve středu stěny φ_m		
t	Tloušťka stěny		
b	Délka stěny	1	m´
f_d	Návrhová pevnost zdiva v tlaku		

Materiál

f_b	8,85	MPa	Cihla plná pálená klasického formátu
f_m	4,43	MPa	Malta

$$f_k = \mathrm{K} \cdot f_b^{\alpha} \cdot f_m^{\beta}$$

Výpočet pevnosti zdiva v tlaku

K	0,5	
α	0,65	
β	0,25	
f_k	2,993	MPa

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

$$\gamma_M = \gamma_{M1} \cdot \gamma_{M2} \cdot \gamma_{M3} \cdot \gamma_{M4}$$

γ_{M1}	**2,00**	-	Základní dílčí součinitel
γ_{M2}	**1,10**	-	Vliv pravidelnosti vazby zdiva - nepravidelná
γ_{M3}	**1,09**	-	Vliv zvýšené vlhkosti - uvažovaná 10%
γ_{M4}	**1,20**	-	Vliv šikmých a svislých trhlin
γ_M	**2,88**	-	Součinitel materiálu
f_d	**1,040**	MPa	

V hlavě a patě stěny

Výstřednost zatížení

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot t$$

e_i	Výstřednost zatížení v hlavě
M_{id}	Návrhová hodnot M v hlavě způsobena výstředností stropů v podporách
N_{id}	Návrhová hodnota svislého zatížení působícího v hlavě
e_{he}	Výstřednost v důsledku vodorovného zatížení
e_{initi}	Počáteční výstřednost - vliv imperfekcí
t	Tloušťka stěny

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$$

e_i	8,623	mm	Excentricita stěny 2.NP		
M_{id}	73,29	kN/m	e_1	0,434	m
N_{id}	168,88	kN/m			
e_{he}	0				
e_{initi}	8,189	mm			
t	1030	mm	h_{ef}	2759	mm

$$e_i \geq 0{,}05 \cdot t$$

0,05t	51,5	mm

Použiji minimální výstřednost 0,05t

$$\varphi_i = 1 - 2\frac{e_i}{t}$$

φ_i	0,9	-

Uprostřed výšky stěny

φ_m - z tabulek	0,9	-
h_{ef}/t_{ef}	**2,6786408**	
e_{mk}/t	0,05	

Únosnost + Posouzení

V hlavě $N_{Rd,i}$	**964,125**	kN/m	≥	**168,885**	**Vyhovuje**
Uprostřed výšky $N_{Rd,m}$	**964,125**	kN/m	≥	**217,563**	**Vyhovuje**
V patě $N_{Rd,p}$	**964,125**	kN/m	≥	**266,241**	**Vyhovuje**

Z posouzení stěny vychází, že stěna má, i při zohlednění degradačních účinků a materiálových součinitelů, dle platné normy dostatečnou únosnost. Nutné je však ověřit, zda se ve stěně nenacházejí dutiny, které byly pouze zazděné, a ne plně vyplněné cihlami vázanými na původní zdivo. Pokud by se dutiny ve zdivu potvrdili, je třeba provést výpočet znovu s uvážením odlišné tloušťky stěny. V případě, že by stěna s uvážením tenčích stěn nevyhověla, je nutné provést vyplnění dutin dozděním atp.

III.2.4. Posouzení možných variant opatření

Varianta A – Dozdění poškozené části klenby

- Provedení podpůrné konstrukce a její statické zajištění
- Odstranění sesypaného násypu z části kolapsu klenby a jeho uschování včetně zdících prvků na suchém místě pro další použití
- Zhotovení bednění pro doklenutí porušené části klenby
- Odstranění podlahy nad klenbou
- Odstranění násypu v místě porušené klenby
- Začištění odkryté konstrukce klenby
- Doklenutí poškozené části a vyklínování oproti původní konstrukci
- Injektáž trhlin v klenbě + injektování komínových otvorů v místě klenby, které budou nejprve vyčištěny pískováním a následně stlačeným vzduchem. Injektáž těchto dutin bude provedena betonovou směsí.
- Odstranění podpůrné konstrukce a bednění
- Oklepání omítek a případné doplnění průzkumu. V případě odhalení dalších trhlin bude následovat jejich oprava injektáží
- Provedení nového omítnutí
- Výhody:
    - Zachování charakteru konstrukce a její funkce
    - Není nutnost řešit zesilování přilehlých klenbových konstrukcí táhly
    - Nejméně invazivní varianta
    - K doklenutí jsou dostupné zdící prvky z poškozené části a z dalších částí objektu
    - Zachování historického potenciálu stavby
- Nevýhody:
    - Technologická náročnost a podmínky pro dodavatele
    - Nutná injektáž trhlin a dutin ve zdivu

Varianta B – Snesení části klenby a provedení nových konstrukcí

- Provedení táhel pro přilehlé klenbové konstrukce
- Statické zajištění celé klenby
- Odstranění podlahy a násypu nad částí klenby, která bude snesena
- Snesení části klenby
- Provedení ŽB věnce a ŽB desky, jako nové stropní konstrukce nad částí prostoru
- Provedení stěny na rozmezí nové ŽB konstrukce a stávající klenby
- Výhody:
    - Kompromis mezi úplným odstraněním konstrukce a jejím zachováním
    - Zachová se část klenby
- Nevýhody:
    - Nutná injektáž trhlin a dutin ve zdivu
    - Podstatný mokrý proces

    - Rozdělení části prostoru nově vzniklou stěnou
    - Nutnost zesilování přilehlých klenbových konstrukcí
    - Cena

Varianta C – Snesení celé klenby a provedení ŽB stropu

- Provedení táhel pro přilehlé klenbové konstrukce
- Provedení podpůrné konstrukce a její statické zajištění
- Odstranění sesypaného násypu z části kolapsu klenby
- Snesení celé klenbové konstrukce
- Provedení nového ŽB stropu
- Výhody:
    - Zvětšení prostornosti místnosti
    - Odpadá složitý technologický proces dozdění klenby
- Nevýhody:
    - Cena
    - Nutná injektáž trhlin a dutin ve zdivu
    - Podstatný mokrý proces
    - Nutnost zesilování přilehlých klenbových konstrukcí

Pro případ, že by nebylo plánování rekonstrukce v nejbližších letech plánováno, doporučuji provést statické zajištění poškozené klenbové konstrukce v podobě podepření poškozeného pole.

III.2.4.1. Dozdění poškozené části klenby

Podrobněji řešena bude varianta dozdění poškozené části klenby. Rozsah zdění patrný z výkresů G1 a G2, přílohy B.

V první řadě je nutné provést provizorní statické zajištění poškozené klenby a odklidit stavební suť pod poškozenou částí konstrukce. Ze suti budou vybrány nepoškozené zdící prvky, které budou uskladněny na suchém místě a následně použity při vyzdění klenby. Vhodná je i opětovná aplikace vysypaného násypu. Následně bude provedeno bednění a opěrná konstrukce pro dozdění klenby. Bednění naznačeno ve výkresech G1 a G2 přílohy B. Naznačena je také opěrná konstrukce klenby, která je zároveň nosnou konstrukcí bednění. Opěrná konstrukce sestává z prken, jako lamel pro kopírování geometrického tvaru klenutí. Lamely jsou podporovány žebry, které přenášení zatížení do vaznic a následně sloupků. Mezi rameny a vaznicemi jsou umístěny klíny, které při demontáži opěrné konstrukce eliminují otřesy a možné deformace, které by mohli konstrukci klenby uškodit. Prvky opěrné konstrukce je třeba navrhnout s ohledem na potřebnou únosnost prvků. Ve výkresové příloze jsou uvedeny pouze

orientační rozměry dřevěných průřezů. Po provedení opěrné konstrukce je možné přistoupit k odstranění části podlahy nad klenbou a odebrání zbylého násypu. Obnažená část rubu klenby se začistí a je možno přistoupit ke zdění. Část klenby bude dozděna do bednění a část klenby, jako například lunety, bude dozděna z ruky, viz výkresy G1 a G2 přílohy B. Nově vyzděná část bude oproti stávající vyklínována dřevěnými klíny. Po vyzdění a vyklínování je, po patřičné technologické přestávce, možno přistoupit k injektáži trhlin v klenbě a případně také k injektáži komínových otvorů v prostoru paty klenby. Komínové otvory budou nejprve vyčištěny pískováním a následně stlačeným vzduchem. K injektáži těchto otvorů doporučuji zvolit betonovou směs dle velikosti otvor, která bude při provádění sanace upřesněna. K injektáži trhlin v klenbě je vhodné použít cementovou maltu. Po další technologické přestávce se přistoupí k odstranění podpěrné konstrukce klenby a provedení povrchových úprav konstrukce. Během provádění prací bude případně proveden doplňující průzkum a z něj vyplívající výpočty či zkoušky.

IV. ZÁVĚR

Teoretická část práce pokrývá zjednodušený popis klenbových konstrukcí a možnosti jejich zesílení nebo oprav. Dále dokumentuje několik příkladů aplikace těchto metod.

Předmětem praktické části bylo vypracování zjednodušeného stavebně technického průzkumu objektu a zhodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí. Z části byl proveden také podrobný stavebně technický průzkum. Provedena byla také zjednodušená výkresová dokumentace objektu s vyznačením jednotlivých poruch. Dále provedení analýzy příčin poruch a návrh nutných sanačních opatření klenbových konstrukcí zahrnující také zpracování výkresové dokumentace zvolené metody sanace.

Během provedeného vizuálního průzkumu došlo k odhalení několika vad a poruch na objektu. S ohledem na budoucí využití objektu lze říci, že takřka všechny vady a poruchy nejsou v tomto kontextu nového využití fatální. Jako problematická se jeví porucha krovu, kdy jeden tesařský spoj, konkrétně třetí od východní strany krovu, vykazuje větší deformaci, která byla v minulosti částečně podchycena aplikací kramlí. Deformaci předcházelo poškození vazného trámu ve zmíněné vazbě a pronikání vlhkosti do obvodové stěny, kterému je od doby provedení opravy a výměny střešního pláště zabráněno. Účinnost opravy a výměny střešního pláště byla ověřena měřením vlhkosti, kdy se naměřená vlhkost zdících prvků pohybovala do 4 %, což je

považováno za nízkou vlhkost. Další vážnou poruchou konstrukčního systému budovy je porušená klenbová konstrukce v místnosti 1.15. Byla provedena analýza klenby před samotným zásahem, který následoval kolaps i analýza klenby po opravě a aplikaci nového zatížení v podobě dělících konstrukcí v navazujícím podlaží. Po analýze následoval návrh možných sanačních opatření klenby, který zohledňoval možnost klenbu znovu zaklenout, zčásti zbourat nebo zbourat celou, zesílit přilehlé klenbové konstrukce a prostor nově zastropit železobetonovým stropem. Jako nejjednodušší a nejefektivnější se jeví varianta, kdy bude klenba doklenuta a zachována. Jednoduchost této varianty spočívá především v tom, že není třeba zesilovat přilehlé klenbové konstrukce, které by v případě odstranění klenby, zesílení vyžadovali. Zachováním klenby bude zároveň zachován původní konstrukční systém, který se za roky, kdy stavba stojí osvědčil, jako staticky vyhovující. Návrh varianty doklenutí je dokumentován výkresovou dokumentací. V rámci průzkumu byl laboratorně stanoven stupeň zasolení zdiva. Nejhorším výsledkem byl vysoký stupeň zasolení v oblasti severní obvodové zdi, kde se již projevuje degradace prvků způsobené solemi. Nedestruktivními zkouškami byla ověřena pevnost zdících prvků a malty konstrukce klenby a jejích opěrných zdí. Pevnost zdících prvků byla naměřena 8,55 MPa a malty 4,43 MPa. Výsledná návrhová pevnost zdiva činí 1,04 MPa. Po zjištění pevnostních charakteristik zdiva bylo provedeno posouzení opěrné stěny klenby, kdy stěna, i při zohlednění degradace vykazuje dostatečnou únosnost. Na konstrukci krovu byla při vizuálním průzkumu objevena blíže neručená dřevokazná houba. Pozorovatelný je malý kostičkový rozpad dřeva. Jako další dřevokazný činitel se zde projevil také hmyz. Ve 2.NP. v prostoru 2.09 bývalého skladu obilí pro potřeby lihovaru byly identifikovány plísně, které byly do tohoto prostoru zanesené v obilí a přešli na dřevěnou konstrukci.

Současný stav objektu je hodnocen, až na porušenou konstrukci klenby, jako stabilní. Opravami a výměnou střešního pláště bylo docíleno značného zpomalení degradačních procesů a zamezení nastartování dalších. Doporučeno je provedení stabilizace klenbové konstrukce opěrnou konstrukcí, případně zamezení vstupu do prostoru a nad prostor porušené klenby. V případě započetí rekonstrukce objektu je doporučeno provedení dalšího předběžného průzkumu a jeho případné doplnění o nově vzniklé skutečnosti.

Stanovené cíle práce se podařilo z pohledu zpracování teoretické části, provedeného průzkumu, následných měření a pozorování v laboratoři, analýzy klenbové konstrukce včetně návrhu jejího sanačního opatření, splnit. Výsledek práce je možné aplikovat v praxi při provádění

rekonstrukce objektu či při provádění stabilizace klenby. Před prováděním je doporučeno další ověření průzkumu a jeho případné doplnění. Práce může také poskytnout komplexní pohled na celkový stav objektu a jeho konstrukcí.

V. POUŽITÝ SOFTWARE

ARCHICAD 20

AutoCAD 2016

ArchiTECH.PC 2014

SCIA Engineer 16.1

MS Office

MS Excel

VI. BIBLIOGRAFIE

[1] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 9788001044889.

[2] STAŇKOVÁ, Jaroslava a Josef PECHAR. *Tisíciletý vývoj architektury*. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979. Polytechnická knižnice (SNTL).

[3] AHNERT, Rudolf a Karl KRAUSE. *Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960: zur vorhandenen Bausubstanz*. 2. Aufl. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1987.

[4] MAKÝŠ, Oto. *Rekonštrukcie budov: technológie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2000. ISBN 8088905311.

[5] THEODOSSOPOULOS, Dimitris. *Structural design in building conservation*. New York, NY: Spon Press, 2012. ISBN 9780415479455.

[6] LIPANSKÁ, Eduarda. *Historické klenby*. Vyd. 1. Praha: El Conzult, 1998. ISBN 8090207618.

[7] Přečnělková klenba. In: *Fakulta stavební - VŠB - TUO* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/zsaa/pict/005egej/eg004.jpg

[8] Cross vault. In: *Lanera* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.lanera.com/castel_del_monte/cvtech_172/picture_172/circ-cross-vault-dl.png

[9] Katolická teologická fakulta, Praha. In: *Katolická teologická fakulta UK* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://ktf.cuni.cz/data/fotogalerie/Bohemiajesuitica/BJ1fakulta.jpg

[10] Nezamyslice sklípková klenba. In: *Wikipedia Commons* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Nezamyslice_KT_klenba_lodi.jpg

[11] Orvieto Hangar. In: *Structurae* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: https://files1.structurae.de/files/photos/orvieto1.jpg

[12] PUME, Dimitrij a František ČERMÁK. *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. Vyd. 1. Praha: Arch, 1993. Stavby a rekonstrukce.

[13] SCHODEK, Daniel. *Structures*. 5th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 2004. ISBN 9780130488794.

[14] Barrel vault. In: *Lanera* [online]. b.r. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.lanera.com/castel_del_monte/cvtech_172/picture_172/barrel-vault.jpg

[15] LANDA, Rudolf, Kamil KYŠ a Oldřich SLAVÍK. *Rekonstrukce a opravy budov*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.

[16] Rozložení normálového napětí v závislosti na výstřednosti. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 101. ISBN 9788001044889.

[17] Výminky rovnováhy klenby. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 101. ISBN 9788001044889.

[18] KOS, Josef. *Rekonstrukce pozemních staveb*. Brno: CERM, 1999. ISBN 8072041320.

[19] Klenba poškozená trhlinami. In: *Chatař chalupář* [online]. b.r. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.chatar-chalupar.cz/wp-content/uploads/2012/04/zd%C4%9Bn%C3%A9-5.jpg

[20] VANĚK, Tomáš. *Rekonstrukce staveb*. 2. dopln. vyd. Praha: SNTL, 1989. ISBN 9788003000630.

[21] *Sanace trhlin ve zdivu* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://www.amteko.cz/editor/filestore/Image/obrazky/sanace-trhlin-ve-zdivu.jpg

[22] Composite wall grouting. In: *Building conservation* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://www.buildingconservation.com/articles/grouting/pic_1.gif

[23] Zesílení zděného pilíře vyztuženým obetonováním a torkretovou omítkou. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 176. ISBN 9788001044889.

[24] Vyztužení rubové klenby. In: *Zamazal* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://zamazal.cz/foto/045.jpg

[25] Zavěšení narušené klenby na železobetonový trámový strop. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 231. ISBN 9788001044889.

[26] BAŽANT, Zdeněk a Ladislav KLUSÁČEK. *Statika při rekonstrukcích objektů*. Vyd. 4., V Akademickém nakl. CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 9788072045839.

[27] Rubová zesilující železobetonová klenba. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 232. ISBN 9788001044889.

[28] Lícní zesilující železobetonová klenba. WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, s. 232. ISBN 9788001044889.

[29] VALLUZZI, Maria, Maurizio VALDEMARCA a Claudio MODENA. *Behavior of Brick Masonry Vaults Strengthened by FRP Laminates* [online]. Reston: ASCE, 2001 [cit. 2017-05-10]. ISSN 1943-5614. Dostupné z: http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1090-0268(2001)5%3A3(163)

[30] GARMENDIA, Leire, Ignacio MARCOS, Enrico GARBIN a Maria VALLUZZI. *Strengthening of masonry arches with Textile-Reinforced Mortar: experimental behaviour and analytical approaches* [online]. Paris: RILEM, 2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-014-0339-y

[31] FRP vault. In: *Fibrenet* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://www.fibrenet.it/wp-content/uploads/frp-volte.jpg

[32] BTRM System application. In: *Buildipedia* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://buildipedia.com/images/masterformat/Channels/Operations/2011.06.09_conserving_historic_buildings/images_credit_elhuyar_foundation/conserving_historic_buildings_application_01.jpg

[33] KUBANEK, Jiří a Pavel SCHMIDT. *Manuál a metodika navrhování a aplikace systémů dodatečně vkládaných helikálních výztuží při zesilování stavebních konstrukcí v podmínkách stavebnictví ČR*. Brno: Vydavatelství Masarykovy univerzity, 2006.

[34] Helikální výztuž. In: *Helikální výztuže* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/img/helikalni_vyztuz_kompakt01.png

[35] GIURIANI, E., A. GUBANA a A. ARENGHI. *STRUCTURAL REHABILITATION OF MASONRY VAULTS* [online]. Proceedings from the UNESCO-ICOMOS Millennium Congress, 2001 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.624.3657&rep=rep1&type=pdf

[36] Oprava klenby táhly. In: *ELUC* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/17529/content_oprava_klenby_tahly.jpg

[37] Fara Šonov. In: *Národní památkový ústav* [online]. b.r. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: https://www.npu.cz/uop/josefov/objekty/NA/sonov-fara/pb224568.jpg

[38] Otvor ve valené klenbě. In: *Statikon* [online]. b.r. [cit. 2017-05-27]. Dostupné z: http://files.statikon.cz/200000115-9b5419c4e0/statick%C3%BD_posudek_valen%C3%A1_klenba.jpg

[39] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI: Presented by Mario Biritognolo. *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/Atticulteri/S&T_culheriBiritognolo.htm

[40] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI Cracks. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE38.JPG

[41] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI Rib cracks. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE39.JPG

[42] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI Loss of curvature. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE38.JPG

[43] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI Grouting. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE42.JPG

[44] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI FRP. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE43.JPG

[45] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI AFRP. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE58.JPG

[46] THE RESTORATION OF THE BASILICA OF ST FRANCIS OF ASSISI Masonry. In: *S.zirilli* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.webalice.it/s.zirilli/images/IMAGE63.JPG

[47] Reference. *Statické zajištění staveb KOSCONSULT* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://staticke-zajisteni.cz/reference/

[48] Propadlá klenby. In: *Statické zajištění staveb Kos Conslut* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://staticke-zajisteni.cz/wp-content/uploads/2013/08/P1070432.jpg

[49] Provizorní zajištění konstrukce. In: *Statické zajištění staveb Kos Conslut* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://staticke-zajisteni.cz/wp-content/uploads/2013/08/P1070630.jpg

[50] Rubová skořepina. In: *Statické zajištění staveb Kos Conslut* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://staticke-zajisteni.cz/wp-content/uploads/2013/08/P1070634.jpg

[51] Výztuž obvodového věnce. In: *Statické zajištění staveb Kos Conslut* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://staticke-zajisteni.cz/wp-content/uploads/2013/08/P1070635.jpg

[52] Náročná a velkorysá oprava historického objektu ve Škvorci. *TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/14684-narocna-a-velkorysa-oprava-historickeho-objektu-ve-skvorci

[53] Provádění torkretu. In: *TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0146/014684o5.jpg

[54] Pohled na provedenou sanaci. In: *TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0146/014684o8.jpg

[55] *Archiv stavebního technika Biskupství plzeňského*. b.r.

[56] Reference. *Helikální výztuže* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/reference.html

[57] Reference. In: *Helikální výztuže* [online]. b.r. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/reference.html

[58] LORENZ, Karel. *Navrhování nosných konstrukcí*. 1. vydání. Praha: ČKAIT, 2015. ISBN 9788087438657.

[59] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 2005.

[60] ROCHLA, Milan. *Stavební tabulky*. 4. nezmen. vyd. Praha: SNTL, 1982.

[61] *SCIA ESA PT Manuál Referenční příručka*. Praha, 2007.

[62] *SCIAEngineer Manuál zatížení*. Praha, 2016.

[63] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. 2014.

[64] ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. 2000.

[65] ČSN EN 1996-1-1. *Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce*. 2007.

[66] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2007.

[67] Mapy.cz: Liblín. *Mapy.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni?x=13.6424775&y=49.8549995&z=11&source=muni&id=1491

[68] Geologická mapa. In: *Česká geologická služba* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/index.php?start_y=831100&start_x=1066500

[69] Mapa radonového indexu. In: *Česká geologická služba* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=radon&y=807901&x=1052828&s=1

[70] *Miniatlas mikroorganismů* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2006 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/index.html

[71] *Emergency Preparedness and Response* [online]. Atlanta: CDC, 2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://emergency.cdc.gov/

[72] *Biotox* [online]. 2007 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: www.biotox.cz