



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

OBOR STAVITELSTVÍ

HISTORICKÉ ZDĚNÉ KONSTRUKCE

HISTORICAL MASONRY STRUCTURES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

Bc. HANA FLEIŠEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. JAN PAŠEK, Ph.D

PLZEŇ 2017



Název: Historické zděné konstrukce

Autor: Bc. Hana Fleišerová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

Vyšlo: Leden 2018

Počet stran celkem: 179

Počet stran přílohy: 17

Vydání: 2. vydání



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Hana FLEIŠEROVÁ**
Osobní číslo: **A16N0105P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavitelství**
Název tématu: **Historické zděné konstrukce**
Zadávatel katedra: **Katedra mechaniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Řešení podkladů.
2. Analýza vývoje zdiva a zdících materiálů.
3. Postupy pro zjištění vlastností zdiva.
4. Vývoj parametrů historického zdiva.
5. Charakteristika typických vad a poruch zdiva.
6. Tradiční a moderní sanační metody.
7. Aplikace - stavebně historický průzkum hradu Točnicka.

Rozsah grafických prací: **Práce sestávající z teor. a apl. části, text. a gr. přílohy**

Rozsah kvalifikační práce: **90 stran A4 včetně příloh**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **Kotlík Petr: Stavební materiály historických objektů; 2. vydání, Praha: VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-347-9.**
2. **Svoboda Luboš: Stavební materiály historických objektů; 2. vydání, Bratislava: JAGA GROUP, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1.**
3. **Kolektiv autorů: Péče o architektonické dědictví 3. Idea Servis, 2009. ISBN 978-80-85970-67-8.**
4. **Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí: ČSN EN 1996-1-1. 2007.**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **3. července 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **5. ledna 2018**

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka



Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 3. července 2017

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá přehledným zpracováním vývoje historického zdiva od starověku až do konce 20. století. Práce řeší jednotlivé postupy pro zjištění vlastností zdiva, které se využívají pro cihelné zdivo. Dále nastiňuje rozsáhlou problematiku vad a poruch. Je zde zmínka o sanačních metodách používaných ne jen pro zděné konstrukce. A v neposlední řadě zkoumá pevnosti cihel již zabudovaných na hradě Točnick, postaveném koncem 15. století. Na odebrání vzorků se využila nedestruktivní metoda pomocí Schmidtova tvrdoměru typu L. Zkoušeno bylo 11 oblastí a přes 100 cihel. Konečným tématem, který řeší tato diplomová práce je napojení novodobé konstrukce do stávající historické konstrukce konkrétně na hradě Točnick.

Klíčová slova:

nepálené cihly, pálené cihly, historické cihly, malty, nedestruktivní metody zjišťování vlastností cihel, semidestruktivní metody, vlastnosti cihel, vývoj parametrů historického zdiva, hlavní činitelé vzniku poruch, zatížení, vlhkost, nerovnoměrné sedání, trhliny, sanace trhlin od zatížení, sanace vlhkosti, hrad Točnick, tvrdoměrná zkouška

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the elaborate processing of historical masonry from ancient times until the end of the 20th century. The thesis deals with the individual procedures for determining the characteristics of masonry used for brick masonry. It further outlines the extensive problem of defects and failures. There is a reference to remediation methods used not only for masonry constructions. It also examines the strength of the bricks already built at Točnick Castle from the end of the 15th century. A non-destructive method was used to collect the sample using the Schmidt type L hardness tester. 11 areas and more than 100 bricks were tested. The thesis finally solves the combination of modern construction with the existing historical construction at Točnick Castle.

Keywords:

unburnt bricks, firebrick, history of bricks, mortar (masonry), nondestructive methods for determining the properties of bricks, semidestructive methods, properties of bricks, development of parameters of historical masonry, the main causes occurrence of disturbances, load, humidity, uneven sedimentation, cracks, remediation of cracks from load, moisture remediation, castle Točnick, hardness tester



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FLEIŠEROVÁ Hana. *Historické zděné konstrukce*, Plzeň 2017. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Stavitelství. 162 s. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D

Autor : Hana Fleišerová
Projekt : Historické zděné konstrukce



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Historické zděné konstrukce** vypracovala samostatně pod odborným vedením pana doc. Ing. Jana Paška, Ph.D s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, které tvoří přílohu této práce. Dále prohlašuji, že i veškerý software používaný při vypracování této diplomové práce je legální.

V.....dne

Datum

Hana Fleišerová



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D za pomoc, ochotu a cenné rady při vypracování diplomové práce. Mé velké díky patří i kastelánovi hradů Žebrák a Točnick JUDr. Petru Zemánkovi za cenné rady, nevyčerpatelnou studnici nápadů, ochotu i trpělivost při společných prohlídkách hradu Točnick.



Obsah

1	ÚVOD	13
	TEORETICKÁ ČÁST	15
2	ANALÝZA VÝVOJE ZDIVA A ZDÍČÍCH MATERIÁLŮ	15
2.1	Vývoj zdiva.....	15
2.1.1	Starověk.....	15
2.1.2	Řecko a Řím.....	16
2.1.3	Starověká Čína	17
2.1.4	Od středověku až po současnost	18
2.1.5	Vývoj na Moravě a v Čechách.....	20
2.2	Vývoj pojiva.....	22
2.2.1	Hliněné malty	23
2.2.2	Vápenné malty.....	23
2.2.3	Malty na bázi hydraulických pojiv	24
2.2.4	Cementové pojivo	25
2.2.5	Sádrové malty.....	25
3	POSTUPY PRO ZJIŠTĚNÍ VLASTNOSTÍ ZDIVA	27
3.1	Stavebně technický průzkum (STP).....	27
3.2	Diagnostické metody	27
3.3	Nedestruktivní metody.....	28
3.3.1	Tvrdoměrné metody	29
3.3.2	Elektrodynamické metody	31
3.3.3	Elektromagnetické metody	35
3.3.4	Elektrické metody	35
3.3.5	Radiační metody.....	35
3.4	Semidestruktivní metody	36
3.4.1	Jádrové vývrty.....	36
3.4.2	Odtrhové zkoušky	37
3.4.3	Metoda plochých lisů	37
3.5	Pevnost v tlaku malty ve spárách.....	38

3.6	Stanovení vlastností zdiva u historických objektů	41
3.7	Postupy a způsob vyhodnocení odrazových tvrdoměrných zkoušek.....	43
3.8	Určení stáří cihly pomocí termoluminiscence.....	48
4	VÝVOJ PARAMETRŮ HISTORICKÉHO ZDIVA.....	50
4.1	Vývoj rozměrů cihel na Českém a Moravském území	50
4.2	Období druhé republiky až II. světové války (1938 - 1945).....	51
4.2.1	Cihelné výrobky	51
4.2.2	Malty a pojiva.....	56
4.3	Období socialismus (1948 až 1989).....	57
4.3.1	Cihlářské výrobky	59
4.3.2	Obecné informace o cihlách	65
4.4	Malty a jiná pojiva	66
4.4.1	Vápno	69
4.4.2	Cement	70
4.5	Pevnost zdiva	72
4.5.1	Pevnost zděných prvků na objektu kláštera Rosa coeli	77
5	CHARAKTERISTIKA TYPICKÝCH VAD A PORUCH ZDIVA.....	78
5.1	Hlavní činitele vzniku poruch	78
5.1.1	Zatížení	78
5.1.2	Vlhkost	79
5.2	Příčiny vzniku poruch vlivem silového působení	82
5.2.1	Nerovnoměrné sedání	82
5.2.2	Přetížení konstrukce.....	84
5.3	Vady a poruchy zděných konstrukcí.....	86
5.4	Trhliny	90
5.4.1	Tlakové trhliny.....	91
5.4.2	Tahové trhliny	92
5.4.3	Smykové trhliny	93
5.4.4	Trhliny ve vícepodlažních budovách	94
5.4.5	Trhliny v nenosných zděných konstrukcích.....	95
5.4.6	Shrnutí:	98

5.5	Klenby.....	98
5.5.1	Vady zděných kleneb	98
5.5.2	Poruchy zděných kleneb	98
5.6	Příčiny vzniku vlhkosti a následných poruch	99
5.6.1	Povrchová kondenzace	99
5.6.2	Degradace stavebního materiálu vlivem kondenzátů.....	101
6	TRADIČNÍ A MODERNÍ SANAČNÍ METODY	102
6.1	Sanace trhlin zděných konstrukcí.....	102
6.1.1	Dočasné řešení.....	102
6.1.2	Trvalá řešení.....	103
6.1.3	Tmelení.....	103
6.1.4	Injektáž	103
6.1.5	Stehování.....	107
6.1.6	Torkretování.....	108
6.1.7	Opláštění	108
6.1.8	Spřažení	108
6.1.9	Zesilování	109
6.1.10	Povrchové poruchy zdiva a jejich sanace	111
6.2	Sanace klenby	112
6.2.1	Poruchy a vady	112
6.3	Sanace vlhkosti	115
6.3.1	Větrání	115
6.3.2	Možnosti minimalizování vlhkosti v konstrukcích	116
6.3.3	Sanace zdiva	117
6.3.4	Vzduchové clony.....	118
6.3.5	Injektáž proti vlhkosti zdiva	124
6.3.6	Dodatečné mechanické izolace.....	126
6.3.7	Jílové izolace	127
6.3.8	Metody elektroosmózy.....	128
6.3.9	Sanační omítky a nátěry	128
6.3.10	Obklady.....	128

6.3.11	Sanace po povodni	128
7	APLIKACE - STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM	131
	HRADU TOČNÍK	131
7.1	Stavební historie hradu Točnák	131
7.2	Provedené průzkumy na hradě	133
7.2.1	Horninové složení hradu Točnák	133
	PRAKTICKÁ ČÁST	134
7.3	Stanovení pevnosti cihel v tlaku	134
7.3.1	Průzkum objektu	135
7.3.2	Barevnost cihelných prvků	135
7.3.3	Vyhodnocení zkoušky	144
7.3.4	Charakterizování postupu prací při napojení novodobé konstrukce do historické stávající konstrukce	145
8	ZÁVĚR	154
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	156
10	SEZNAM TABULEK	157
11	SEZNAM LITERATURY	159

1 ÚVOD

Jelikož je cihla častým stavebním prvkem je zajímavé vysledovat její minulost jež tato práce v druhé kapitole obsahuje. Vstupní kapitola se zabývá historií cihly od starověku, kde se nejprve vyráběly cihly nepálené a jak postupovala doba a zkušeností bylo více, vývoj cihel šel dopředu. Výroba pálených cihel se vylepšovala jak po technologické stránce tak i po stránce kvalitativní. Což spočívalo v použití kvalitnější prvotní suroviny a její zpracování.

Tak, jak je důležitá cihla je i důležité pojivo, které při spolupůsobení z cihlovým prvkem zajišťuje celkovou pevnost zdiva. Vývoj pojivové hmoty je též obsahem druhé kapitoly.

Následující kapitola popisuje jak se zjišťují vlastnosti zdících prvků již v zabudovaných konstrukcích. Diagnostické metody se dělí do tří skupin na destruktivní, semidestruktivní a nedestruktivní metody. Prvky se zkoumají jak u historických konstrukcí tak u novodobých objektů. Zejména u historických objektů jsou cihelné prvky vytvořeny na základě získaných zkušeností, které se předávaly po generace, tedy bez specifikací v normách. Stanovení vlastností v zabudovaných konstrukcích u novodobých prvků slouží nejčastěji k posouzení změny pevnosti vlivem působení různých degradačních procesů. U historických staveb vlivem nevyčíslitelné dochované hodnoty jsou používány především nedestruktivní metody.

Čtvrtá kapitola pojednává o vývoji parametrů cihelného zdiva a pojiva na českém a moravském území v období druhé republiky, II. světové války a socialismu.

V páté kapitole diplomové práce je naznačena rozsáhlá problematika vad a poruch zděných konstrukcí, které se nejčastěji objevují. Je zde zmínka o trhlinách nosného i nenosného charakteru včetně degradace stavebních materiálů vlivem vlhkosti.

Šestá kapitola pojednává o metodách sanací trhlin i vlhkosti. Jak sanace trhlin tak i vlhkost je náročná záležitost jež tato kapitola pouze nastiňuje.

Celou problematikou zděných konstrukcí jsem se zabývala se zaujetím, zjistit si o běžně používaném prvku ve stavitelství jak její historii včetně jejího vývoje na území Čech a Moravy tak i její problematiky. Co obnáší zjišťování vlastností již v zabudovaných konstrukcích. Nedílnou součástí každé zděné konstrukce jsou vady nebo poruchy vzniklé vlivem stárky stavby a následné potřebné sanace. Cílem diplomové práce bylo vytvořit přehledný a stručný sled informací zabývající se běžně vyskytujícím stavebním prvkem.

V neposlední řadě byly získané informace aplikovány v praktické části diplomové práce. Na národní kulturní památce hradu Točnick se zjišťovala pevnost zabudovaných cihelných prvků. Parametry byly zjišťovány nedestruktivní tvrdoměrnou metodou za pomoci Schmidtova tvrdoměru. Praktická část se zabývá i zakomponováním novodobých konstrukcí do historické stávající konstrukce.

SEZNAM SYMBOLŮ A OZNAČENÍ

BOZP Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

ČSN Česká státní norma

d_1 Velikost průměru vtisku v ocelové srovnávací tyčce (mm)

d_2 Velikost průměru vtisku na vtiskové fólii (mm)

EN Evropská norma

f_b Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků

$f_{b,u}$ Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva

$f_{b,u,min}$ Minimální pevnost v tlaku kusového staviva

f_{pd} Kalibrační vztah

Hz Hertz

kHz Kilohertz

L Délka měřicí základny (mm)

MVC Malta vápenocementová

m_x Průměrná hodnota pevnosti

n Počet vzorku

NPÚ Národní památkový ústav

PZZ01 Typ elektrické vrtačky

r Koeficient korelace

STP Stavebně technický průzkum

s_x Výběrová směrodatná odchylka

T Čas, který uplyne při průběhu impulsu měřicí základny (μs)

TL Termoluminiscence

t_n Součinitel odhadu konfidenčního intervalu

TZÚS Technický a zkušební ústav

UZ Ultrazvuk

V Rychlost šíření ultrazvukového impulsu

w_b Provlhnutí konstrukce

β Výpočet poměru mezi vtiskem na srovnávací tyčince a cihle

γ Součinitel vyjadřující poměr skutečné pevnosti oceli srovnávací tyčky ke jmenovité pevnosti 700 Mpa

TEORETICKÁ ČÁST

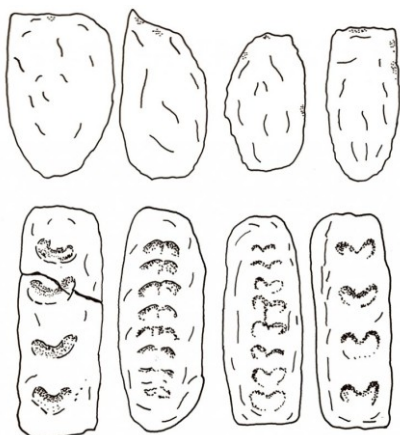
2 ANALÝZA VÝVOJE ZDIVA A ZDÍČÍCH MATERIÁLŮ

2.1 Vývoj zdiva

2.1.1 Starověk

Nejstarší dochované cihly se datují mezi lety 8 300 až 7 600 před naším letopočtem. Cihly vyráběné ručně ze surovin bláta a vody. Vzniklá hmota se následně hnětla a tvarovala. Tvar byl přibližně obdélníkový a připomínal bochník chleba. Další fází, kterou cihla musela projít, bylo sušení na slunci, kde ztvrdla. Jednalo se o první cihly, které nebyly pálené, tedy k výrobě nebylo použito pecí a ohně. Po vysušení se cihly pokládaly na sebe a tvořily tak silnou stěnu. Spojovacím materiálem bylo bláto. Rozměry cihel se pohybovaly okolo 260 x 100 x 100 mm. Cihly z tohoto období byly nalezeny na březích řeky Jordán v oblasti kolem Jericha.

V této oblasti byl nalezen i druhý typ cihly. Cihla byla vyráběna podobným způsobem, ale lišila se rozměry. Rozměry jsou přibližně 400 x 150 x 100 mm. Tvar těchto cihel byl pravidelnější a více se přibližoval velikostně dnešním cihlám. Na líci cihel se dochovaly i otisky palců. Stáří těchto cihel je datováno do období 7 300 až 6 600 před naším letopočtem.



Obr. 1.1 Tvary cihel [2]



Obr. 1.2 Cihla prvního typu nalezena v Jerichu [3]



Obr. 1.3 Cihly druhého typu nalezené v Jerichu [3], [4]

Cihly nepálené měly i jiné tvary než nepravidelné kvádry. Objevovaly se i nepravidelné cihelné krychle. Sušení cihel mohlo trvat někdy až 2 roky. Pojivem bylo nejčastěji bláto, ale i asfalt. Specifickou výrobu cihel měli Egypťané. Do bahna byla přidávána sláma. Směs z bahna, vody a slámy se promísila a nechala několik dní stát. V tento čas se sláma začala rozkládat a uvolňovat tak lepkavou buničinu, která způsobovala větší celistvost a pevnost.

Technologický vývoj postupoval i při výrobě cihel. V období 5 900 až 5 300 před naším letopočtem se datuje používání dřevěných forem, které se kolem roku 3 000 před naším letopočtem objevují taktéž v Egyptě.

Dalším krokem vývoje byla pálená cihla objevena v oblasti Starověké Mezopotámie datována v období 5 000 až 4 500 před naším letopočtem. Výskyt takové cihly byl nicméně vzácností, jelikož výroba byla náročná na rozdíl od cihel nepálených. Proto nepálené cihly byly hojněji používány. Vývoj však nelze zastavit. Větší počet pálených cihel se začíná objevovat v letech 3 100 až 2 900 před naším letopočtem. V období starověku se stávají pálené cihly symbolem věčnosti. Jelikož jsou trvanlivější méně hygroskopické a mají větší pevnost. Cihly byly používány na stavby významnějšího charakteru jako byly chrámy, paláce, domy uctívaných bohů nebo králů. V období 2 111 až 2 003 před naším letopočtem se za kus stříbra dalo koupit 14 400 nepálených cihel nebo 504 cihel pálených. V pozdějším časovém horizontu 612 až 539 před naším letopočtem, v Babylonu, kde cihlářství mělo velmi vysokou úroveň stály pálené cihly dvakrát až pětkrát více než cihly nepálené. Období 604 až 562 před naším letopočtem přináší další pokrok. Jednalo se o glazované cihly. V Babylonu za vlády krále Nebuchadnezzara II. vznikaly zajímavé stavby. Známou stavbou je letní palác i visuté zahrady Semiramidiny, které jsou zařazeny mezi sedm divů světa. Na tyto stavby byly použity umělecky tvarované a glazované pálené cihly. Babylon tak dosahoval vysoké architektonické úrovně.

Palmové listy nebo prkna nahrazovala maltu a zabraňovala tak přilnutí cihel, které dělníci skládali k sobě. Následovalo ruční vyřezávání, sušení, vypalování a v poslední fázi i glazování.

2.1.2 Řecko a Řím

Okolo 4 000 před naším letopočtem se objevují na řeckém území nepálené cihly krychlového tvaru o straně 370 nebo 220 mm. Ovšem v řeckých městech se pálená cihla začala objevovat až v polovině 4. století před naším letopočtem.

Starověké římské cihly

V Římě se rozlišovaly nepálené cihly ty, které byly sušené na slunci nebo vzduchem a pak cihly pálené. S příchodem jara začala i výroba cihel. Dva roky byly cihly ponechány u výrobce než se použily či prodaly. Byl používán výhradně hliněný materiál. Jíly, které se vybíraly pro výrobu měly světlé nebo červené zbarvení. Každá cihla před výpalem byla označena značkou legií. Varianty tvarů římských cihel byly kulaté, čtvercové, obdélníkové, trojúhelníkové nebo podélné. Z nálezů byla dochována i cihla délky přes 3 stopy (cca 915 mm). Obvyklá velikost římských cihel se pohybovala od 1 do 1 1/2 římské nohy (římská noha se rovná zhruba 295,7 mm), ale existovaly cihelné variace do 15

palců (1 palec je 25,4 mm a 15 palců je 381 mm). Cihly se využívaly ke zdění sloupů, pilířů, kleneb, na podlahy i několikapatrové domy. Rozvoj mobilních pecí měli na svědomí Římané. Tento vynález pomohl k rozvoji cihlářského řemesla.



Obr. 1.4 Římská cihla pálená, označená a), b), c) [7]

2.1.3 Starověká Čína

Bylo nalezeno několik cihel, které svým stářím odpovídají době mezi 7 000 až 5 000 před naším letopočtem. Cihly byly nalezeny v provincii Shaanxi v severozápadní Číně. Kultura, v které byly cihly vytvořeny se jmenovala Yangshao a prosperovala podél Žluté řeky. Od vlády dynastie Čchin (Qin) (221 - 206 před naším letopočtem) byly používány cihly v čínské architektuře i jako dláždění v podlahách. Příprava cihel byla práce nejněžších. Pouze mistr mohl cihly vypalovat. Mistr byl vždy váženým občanem pro své zkušenosti. I v této kultuře se cihly značily a to značkou mistra. Značka umožňovala vrátit majiteli cihlu, která byla špatná. Cihla měla pohledovou estetickou stranu a strany rubové, které byly hrubé. Tyto strany zajišťovaly stabilitu cihly. Nejslavnější použití cihel v celých čínských dějinách je na Velké čínské zdi, která je postavena přibližně z 3 milionů pálených cihel. Počátek výstavby Velké čínské zdi se datuje kolem roku 210 před naším letopočtem, za dynastie Čchin (Qin).

Nejstarší technický popis byl nalezen z období dynastie Song (960 až 1 279 našeho letopočtu). Příručka obsahovala předpisy a standardy, které vydala císařská kancelář pro stavitele, architektky a řemeslníky.

První buddhistická cihelná pagoda byla postavena 523 našeho letopočtu a jmenovala se Songyue Pagoda. Pagoda měří 40 metrů. Známa je i porcelánová věž Nanjing byla postavena z bílých porcelánových cihel v letech 1 412 – 1 422 našeho letopočtu.



Obr. 1.5 Značení cihel ve starověké Číně [11]

2.1.4 Od středověku až po současnost

Do Evropy se především cihly a později i cihlářství začalo pomalu šířit spolu s křesťanstvím a to od 8. století. Největší zásluhu na tom měly řády benediktinů a cisterciáků. Střední Evropa přišla do kontaktu s pálenými cihlami až v 11. století. Středověká cihla neměla stejné rozměry ani poměry délek, lišila se kvalitou zpracování i materiálem. Ovšem lze vysledovat dobová nařízení, kdy byly stanoveny poměry délek 1 : 2 : 4, ale ne vždy bylo toto nařízení dodržováno.

Z cihel byly stavěny i velkoprostorové stavby mezi ně patří ravenanské i Maxentiovy baziliky. Tyto stavby jsou ukázkou římské křesťanské antiky patřící ke středověké architektuře. Římské cihly se vyznačovaly nízkou výškou s vysokými spárami o rozměrech 3 až 4 cm. Kde malta byla zatírána do líce zdiva. Během 12. století došlo k velkému rozšíření cihel v severním Německu díky dovozu ze severní Itálie. A právě v tomto období vznikla takzvaná cihlová gotika. Červená pálená cihla se stala symbolem a dominantou tohoto stylu. Výška gotických cihel se pohybovala okolo 9 centimetrů, výjimečně více. Cihlové gotické budovy byly výhradně postaveny z cihel a nacházejí se v Dánsku, Německu, Polsku i v Kyjevském Rusku. I v Kaplné na Slovensku jsou pozůstatky antické tradice. Kde místní kostel byl postaven z nízkých cihel datovaných kolem roku 1 244. V České republice se dochovala stavba obou věží kostela sv. Havla na Starém Městě pražském. Tyto věže byly postaveny z odlišných formátů cihel. Rovněž bylo zjištěno, že se vyspárování provádělo dodatečně.

Mezi obdobím 1 400 až 1 600 našeho letopočtu se v Evropě nedochovaly žádné materiály, které by ilustrovaly či popisovaly výrobu cihly. Některé informace lze získat ze zkoumání samotných cihel. V materiálech z 15. a 16. století je zmíněna informace o inovativním lisovacím stole. Ale sušení stále probíhalo obvykle na holé zemi pokryté slámou. V oblastech s více srážkami byly cihly chráněny proti dešti. Sušení probíhalo běžně mezi dvěma až čtyřmi týdny a pak následovalo vypálení. Ani pece na výpal se od doby Římanů moc nezměnily. Pece měly podlahu, na kterou se cihly pokládaly a pod kterou hořel oheň. Existoval jeden či více tunelů a tradičně se topilo dřevem.

Strojní formování cihly bylo vynalezeno roku 1619 J. Etheringtonem, ale přesto se cihly vyráběly většinou ručně. V období renesance a baroka byly viditelné cihelné zdi již méně atraktivní a tak se cihly zakrývaly. Zdi se pokrývaly omítkou. Renesanční cihly na rozdíl do barokních jsou nižší, šířka se pohybovala okolo 17 centimetrů a délka byla ve srovnání s dnešní kratší, kolem 20 až 25 centimetrů. Vývoj cihlářství přinesl i tak zvanou renesanční cihlu, která byla spojena s italskou renesancí. Tyto cihly se vyráběly za použití menšího vodního podílu v hlíně a byly lisovány při použití velkého tlaku. V 17. a 18. století se udal posun ve výrobě. Speciální cihly se vyráběly z prosévaného jílu, který neobsahoval žádné kamínky. Pozvolný výpal byl nutností, aby vznikla vždy stejná červená cihla bez zřetelných záhybů či deformací. Po vyjmutí z pece a vychladnutí procházela cihla lešticí fází minimálně z pěti stran. První cejchovaný model v rámci Habsburské monarchie byl vytvořen 6. září 1686 císařem Leopoldem I. . Jednotlivé míry se stanovily podle dolnorakouského palce, který činil 2,634 cm. První stanovené rozměry cihly ovšem nebyly konečné, prošly ještě dvěma úpravami a to v letech 1715 a 1773. Ovšem existovala výjimka a to cihly na přání zákazníka. Na základě písemné smlouvy se zákazníkem mohl cihlář zhotovit cihly jiného rozměru. Tato možnost byla platná od roku 1781. Ve Vídni roku 1788 byla vydána směrnice platící pro celou monarchii, která obsahovala rozměry cihel, instrukce o vedení staveb i jejich rozpočty. Rozměr cihly byl stanoven před výpalem a norma připouštěla zvětšení modelu, jelikož se cihla po výpalu zmenšila. V polovině 18. století se do obliby opět dostala viditelná cihla, ukázkou je holandská čtvrt s názvem Postupim. Konec 18. století bylo významné tím, že Němci navrhuji normalizaci cihly. Ovšem v České republice se rozměry s dnešními cihlami téměř shodovaly a to 65 x 140 x 290 mm.

Ve středověku se v Českých zemích pálené cihly téměř nepoužívaly. Využívaly se převážně nepálené cihly. Vepřovice, vepřiky či kotovice je jiné označení nepálených cihel, které se nejvíce používaly v 17. století. Název vepřovice nebo vepřiky je odvozen od štětín z prasat, které se přidávaly do hliněné kaše. Jelikož pálená cihla v této době byla dostupná pouze majetnější části populace. Cihlářský rozkvět se zastavil, způsob výroby se neměnil, základem byla cihla plná pálená nebo nepálená. V pobřežních oblastech na severu Evropy se více používají lícové cihly. Cihly se vylepšovaly po kvalitativní stránce i odolnosti vůči zdejšímu agresivnímu prostředí. Ani vnější vzhledový charakter zpracování fasád nezůstával pozadu a zlepšoval se.

Rok 1813 byl významným rokem průmyslové revoluce. Tento rok, byl krokem kupředu. Byly vytvořeny lehčené dutinové cihly. Zapojení strojů a nových technologií do výroby jsou výdobytky průmyslové revoluce. Poprvé docházelo k zefektivňování a dřevo jako palivo bylo nahrazeno uhlím. Vše se zrychlilo. Bylo možné současně vyrobit více cihel. Receptury na výrobu se zlepšovaly a konzistence prvotního materiálu a kvalita šly výrazně nahoru. Jelikož byla velká poptávka po tomto zboží hromadná výroba cihel byla nutností. Proto rozvoj stavitelství byl značný. I dnes jsou hlavním stavivem keramické cihly lehčené nebo plné.

V období 19. a na začátku 20. století se většina cihel v Evropě i Americe stále vyráběla ručně. Ale koncem 20. století se výroba stává sofistikovanou a automatizovanou. Velkou změnu zažila i těžba prvotních surovin a to jílu pomocí těžké strojní techniky jako jsou buldozery, dumpery či rypadla. V minulých dobách byla přeprava jednotlivých materiálů závislá na koních. Dnes se využívá železnic,

pásových dopravníků i nadzemních lanovek. Pára jako zdroj energie byla nahrazena spalovacími motory a následně i elektrickými motory. Vytěžený jíl byl jako základní surovina ovlivňující kvalitu cihly velmi jemně rozemlet. Stroje na lisování z 19. století se příliš nezměnily, vylepšily se o prvky zajišťující bezpečnější provoz. Konec 20. století byl přínosem počítačových kontrolních systémů. Stroje se uplatňují hlavně v manipulaci s těžkými břemeny. Největší změny se odehrávají i v samotných cihelnách. Cihlářská výroba se dříve odehrávala ve více objektech, kde v každé budově probíhala část výroby a to od třídění až po konečné pečení. Na konci století se jednotlivé procesy odehrávaly pouze v jedné budově.

Renesance se odehrávala i v pecích. Kruhové pece se střídají s tunelovými, které pojmu větší objem výroby a novým palivem se stává plyn. V tunelových pecích jsou cihly vypalovány uprostřed. Touto pecí se jednotlivé cihly posunují ve vozících. Tímto způsobem se cihly pomalu ohřívají na začátku procesu a ke konci dochází k postupnému ochlazení.

2.1.5 Vývoj na Moravě a v Čechách

Cihlářství k nám přicházelo dvěma směry a to přímo z Francie nebo z Flander (dnešní části Belgie) či nepřímo přes Porýní a Slezsko. Výroba masivních cihel zvaných buchty se k nám dostává nepřímo přes Slezsko. Z pozdně románské doby se v našich zemích objevují stavby z pálených cihel jako je pražský klášter Anežský. Obecně využívaným stavivem se cihla stala od počátku 15. století. Řád cisterciáků se zasloužil o vývoj cihlářského řemesla na našem území, jelikož založil klášterní hutě. Každý, kdo zaplatil daň a přihlásil se k živnosti mohl vykonávat cihlářské řemeslo. Toto řemeslo, bylo řemeslem svobodným. Z dochovaných pramenů víme, že se cihláři dělili na cihláře zdící a cihláře, kteří vyráběli střešní krytinu. Místo, kde se cihláři usazovali se vyznačovalo těžbou kvalitní cihlářské hlíny. Hledali si naleziště zejména poblíž měst, jelikož důležitá byla i dostupnost. Cihly se vždy nepálily stejným způsobem. Polní, milířové vypalování cihlářského zboží je považováno za nejstarší. Ve 13. století s největší pravděpodobností řádem cisterciáků byly do střední Evropy dovezeny komorové pece, v kterých jsou odděleny prostory pro cihly a oheň. Německá otevřená pec byla vynalezena jako další varianta cihlářské pece. U nás za gotické cihly jsou považovány ty, které jsou tlusté 8 centimetrů a více. Tyto cihly lze nalézt na stavbách významnějšího charakteru zejména ze 14. století jako je hrad Kašperk. Přísný zákaz výstavby dřevěných staveb z roku 1816 podpořil významný nárůst spotřeby cihel. Od roku 1819 bylo umožněno na vlastním pozemku cihly pálit jak pro sebe tak i k prodeji.

V 19. století se objevila kruhová pec. Na našem území v Praze byla Hoffmanova kruhová pec postavena roku 1869. Ruční cihlářský stroj byl vytvořen na konci 18. století Josefem Hardtmuthem (vynález pochází z Moravy). Po polovině 19. století se začínají objevovat první tvářecí stroje poháněné parou. V České republice byl tvářecí stroj patentován roku 1855 Josefem Karlíčkem a Josefem Martínkem.

Označování cihel a vývoj jejich rozměrů

V období kolem roku 1686 bylo značení cihel v Čechách a na Moravě spíše raritou. V Horních Uhrách byla oblast, kde se pozitivní kolký používaly již v 18. století. Pozitivní kolek znamená, že na dně formy byla vyryta či vypálena značka, která byla zrcadlově obrácena. Tato značka se projevila na cihle tím, že kolek vystupuje z povrchu cihly. Pozitivní kolký jsou tvarově jednodušší a méně výrazné na rozdíl od kolků negativních. Negativní kolek byl častější, vznikl vložením kovového štočku na dno formy a tento kolek se vytlačil na povrch cihly. Pozitivní kolký jsou datovány za starší, než kolký negativní. Vzhled kolků nebyl předepsán. Kolký, které se našly byly nejčastěji zkratkou iniciálů majitele či názvu cihelny.

Rozměry cihel v Čechách pro veřejné zakázky se měly řídit podle instrukcí monarchie, ale ne vždy to tak bylo. Kvůli rovným startovacím podmínkám při zadávání veřejných zakázek bylo nutné definovat jednotný rozměr. Roku 1836 se pokusili úředníci jednotlivých oblastí spolu se zástupci fiskálního úřadu stanovit jednotné rozměry plně byrokratickou cestou. Byly rozeslány dotazníky pro jednotlivé kraje, jaké typy cihel jsou používány. Uvedená komise tedy zvolila jednotný rozměr cihly pro zdění na $11\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{3}$ palce ($303 \times 145 \times 61\text{mm}$). Jednotné rozměry byly stanoveny i pro cihly klenební $10\frac{1}{2} \times 7 \times 2$ palce a komínové $11\frac{1}{4} \times 5 \times 2\frac{2}{3}$ palce. Dotazníky se dochovaly i spolu s odpověďmi jednotlivých krajů.

Základní rozměr cihel byl pro Čechy předepsán v roce 1839. Rozměr cihel pro zdění (zvaná též zdice) byl $11\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ palce dolnorakouského ($303 \times 145 \times 65\text{ mm}$), tyto rozměry platily pro již vypálené cihly. Součástí tohoto nařízení bylo i kolkování cihel podle výrobce.

Vývoj rozměrů cihel na Moravě byl poněkud jiný. Cirkulář moravské a slezské zemské oblasti použil rozměry cihel z roku 1788, tedy $12 \times 6 \times 3\frac{3}{4}$ palce dolnorakouského ($312 \times 156 \times 78\text{mm}$). Po přijetí jiného výnosu se rozměry cihel zmenšily. Cirkulář moravsko-slezského gubernia se definitivně usnesl stanovit rozměry roku 1810, kde zdice měla rozměry $11\frac{1}{2} \times 5\frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}$ palce dolnorakouského ($303 \times 150 \times 72\text{ mm}$).

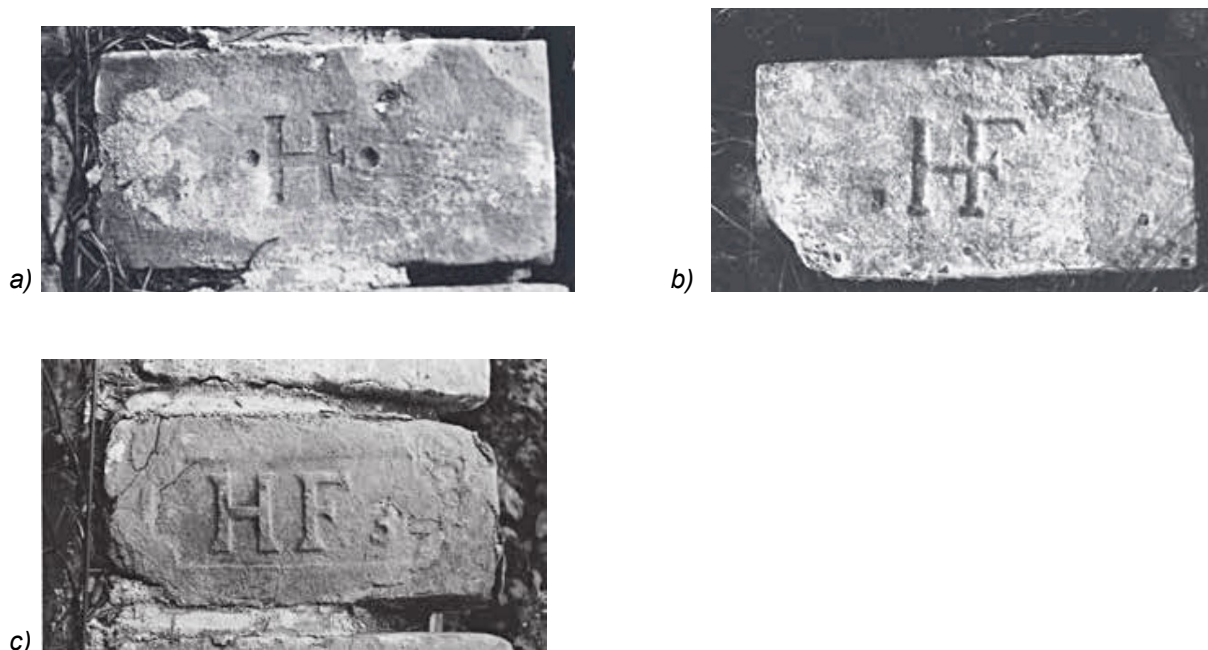
Jednotná forma zavedena až v roce 1883 spolu s metrologickou reformou, kdy se opustilo měření v palcích. Stanovený rozměr cihly pro zdění byl $290 \times 140 \times 65\text{mm}$.



Obr. 1.6. Pozitivní kolek z Kunštátu [16]



Obr. 1.7. Negativní kolek cihly z Velké Bystřice [15]



Obr. 1.8. Vývoj stejné značky nalezené poblíž Valtic a), b), c) [16]

Před 2000 lety se cihly objevily na našem území v okolí římského tábora v Mušově. Z období gotiky máme dochované nejstarší zdivo, ale největší rozmach přichází až v období baroka, kdy se cihly stávaly součástí každé stavby. Nesmíme zapomenout, že cihly byly velmi drahé proto se recyklovaly tím, že se zdivo rozebralo, cihly se oklepaly a použily znovu bylo-li to možné. Na území tehdejšího Rakouska-Uherska nastaly dvě významné události týkající se zděných konstrukcí, a to v poslední třetině 18. století. V jedné je obsaženo zpřísnění protipožárních požadavků pro zděné budovy a ve druhém dekretu císaře Josefa II. bylo zavedení jednotných rozměrů plných cihel pálených 303 x 145 x 65 mm. Po zavedení metrické soustavy se rozměry upravily na 290 x 140 x 65 mm.

2.2 Vývoj pojiva

Maltová pojiva se vyznačovala jak technickou, tak estetickou funkcí. Úprava spár byla prováděna tak, aby zabraňovala zachytávání vody. Používané metody úpravy spár se nazývají podřezávání nebo uhlazování. První kroky technologického vývoje malt a omítek probíhaly na základě empirických poznatků předávaných z generace na generaci. Poznatky byly předávány především mezi rodinami a v hutích. Zajímavostí je, že se základní zednické nářadí od nálezů v antice skoro nezměnilo.

První pojivo, které se používalo na spojení cihel bylo bláto. Vždy se vycházelo z dostupnosti materiálů na daném území a ceny. Na babylonských stavbách se již cihly spojovaly vápnem nebo smolou. Podle poznatků archeologa Romana Ghirshmana byla nejprve používána malta sádrová. Důkaz byl nalezen v Pákistánu u Mehrgarhu v Baluchistanu. Sádrovou maltou byly spojeny i nepálené cihly. Tento nález je datován 6 500 před naším letopočtem. Též civilizace Harappan před 3000 lety před naším letopočtem používala na svých stavbách sádrové malty. Vznik sádrové malty se zdál být

jednoduchý. Sádra vznikala za stálého míchání nastrouhaného sádrovce již při teplotě 130 až 150 °C. Nevýhodou sádrové malty byla špatná odolnost ve vlhkém prostředí. Pojivem vápencových bloků při stavbě egyptských pyramid byla směs vody, hlíny a jílu nebo vody, jílu a písku. Tato pojivová směs byla datována do období 2600 až 2500 před naším letopočtem. Až v pozdější době se používala sádrová malta nebo malta vápenná. Měkké pojivo se vytvořilo při smíchání sádrové malty a písku.

V Indii bylo používáno několik typů malt podle oblastí. Z období 2600 před naším letopočtem se dochovalo pojivo, které obsahovalo písek, hlínu, stopy uhličitanu vápenatého a vysoké procento vápna.

V Řecku se dochovala stavba akvaduktu v Megaře, kde v podzemí byly odhaleny stopy betonu a malty. Nádrž byla potažena pozzolánskou maltou o tloušťce přibližně 12 mm. Tato stavba se datuje z období 500 před naším letopočtem. Pozzolánská malta byla vytvořena v Řecku ze směsi vápna a vulkanického popela. Tato směs zatvrdla i pod vodou. Později byla pozzolána zdokonalena Římany a my již tuto směs známe pod názvem pucolánová malta a cement. Malta, která byla také používána Římany obsahovala drcenou terakotu. Tato směs malty byla tak odolná jako pucolánová, ale více odolávala pronikání vody. Obsahovala oxid hlinitý a oxid křemičitý.

V Čínských zemích hydraulická malta nebyla používána, až v období 500 našeho letopočtu. Bylo míseno hašené vápno s rýžovou polévkou. Směs se vyznačovala větší pevností i odolností proti vlhkosti než malta vápenná. Není jasné, jak se hydraulická malta ztratila téměř na 2000 let. Bylo zjištěno, že v maltách ve středověkých gotických katedrálách bylo obsažené vápno, jako jediná aktivní složka. Na našem území se výhradně používala vápenná malta, a to od konce 19. století v románských stavbách.

2.2.1 Hliněné malty

První používané malty byly složeny z hlíny a vody. Tato směs se používala k vyplňování proutěných konstrukcí pravěkých obydlí. Hliněné malty byly nalezeny i při spojování lomových kamenů. Dále se používala hliněná malta v dřevostavbách i u hrázděných konstrukcí. Před více jak 5000 lety se jílové bláto užívalo jako izolace.

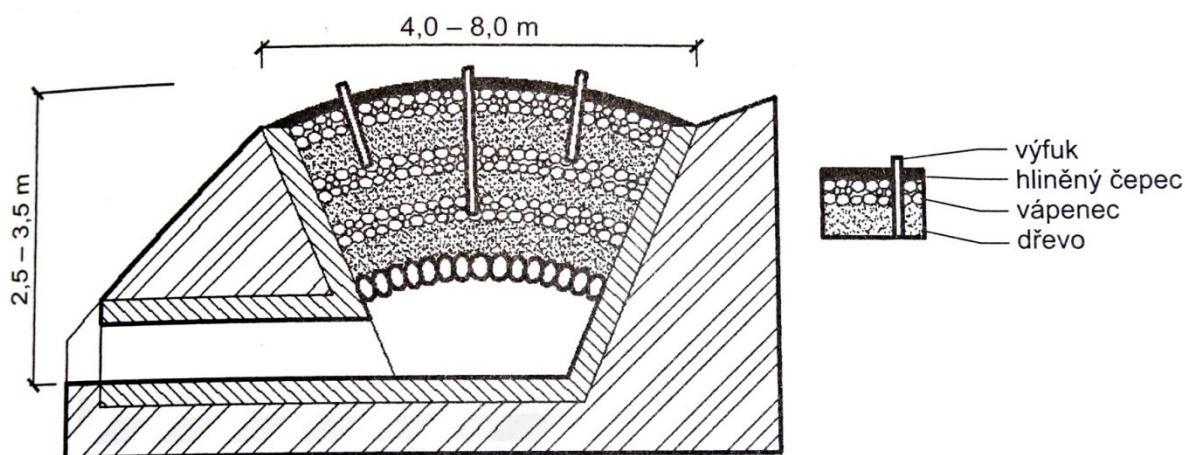
V předrománském období se používala malta, která byla směsí jílové zeminy, vody a vápna. Vápno se páliilo v lokalitách, kde se nalézal vápenec. Nálezy, které byly objeveny v kostele Panny Marie z 11. století, nacházející se v areálu Pražského hradu jsou z vyschlé hlíny, ale nadzemní části jsou spojovány maltou, která obsahuje vápno, písek a kamennou drť. Základní surovinou pro výrobu malty byla hlína a písek.

2.2.2 Vápenné malty

Nejstarším používaným pojivem ve směsi s pískem a kamennou drťí se stalo vápno. Krokem správným směrem ve stavitelství bylo poznání pálení vápence. Jelikož vápenec byl dostupnou komoditou. Vápenec byl natěžen, rozdrcen a následně pálen. Kašovitá hmota, která se vytvořila z vápna a vody, po zaschnutí ztuhla a tvořila tak pevnou vrstvu. Tato malta byla používána i při stavbě Velké čínské zdi ze 3. století před naším letopočtem. Nalezneme ji i v Šalamounově chrámu

v Jeruzalémě, který byl postaven v 1. století před naším letopočtem. Vysoká úroveň vědomostí nabytá praxí ze stavění je doložena v díle římského stavitele a architekta Marka Vitruvia Pollia s názvem *De architectura, libri decem* (Deset knih o architektuře).

V minulosti bylo vápno získáváno milířováním. Tato technologie výroby je považována za nejstarší postup. Vnitřní teplota v těchto pecích dosahovala i 1000°C a unikající teplo z milířů mohlo mít až 600°C. Celá pec byla utěšňována drny a pálení vápence trvalo jeden týden. Tato metoda výroby nebyla dokonalá. Vypálené vápno obsahovalo nevypálené shluky vápence. Důkaz byl nalezen ve vzorcích ze středověkých malt. V pozdějších dobách se vápno vyrábělo v zahluobených trychtýřovitých pecích. Tato metoda byla založena na vrstvení drceného vápence s palivem.



Obr. 1.9 Schéma milíře na pálení vápna [17]

Hašené vápno bylo možné získat suchou cestou nebo vápennou kaší.

Na vápno hašené na sucho bylo zapotřebí čerstvého vápna. Toto vápno se musí postupně kropit a přehazovat až do stavu, kdy se vytvoří suchá moučka. Následně se vápno proselo a mohlo být využito již dalšího dne. Častěji používalo v minulosti.

U druhého způsobu hašení vápna, tedy pomocí vápenné kaše je nejprve nutné vápno dát do nádoby zvané hasidlo. Do této nádoby se pomalu přidává voda až vznikne hustá kaše. Vzniklá konzistence se vypustí do připravené jámy, kde se nechá měsíc odležet. V průběhu odpočívání se musí směs prosévat, aby se všechny částičky vápna rozpustily. Povrch jámy je nutné překrývat jelikož přítomnost oxidu uhličitého ve vzduchu způsobuje přeměnu vrchní části kaše na karbonát a ten nelze použít. Ve 14. století se upravuje technologie stavění i způsob přípravy a zpracování malt.

2.2.3 Malty na bázi hydraulických pojiv

Vlivem toho, že se páčil i vápenec, který obsahoval vyšší podíl hydraulických částic jako je oxid hlinitý Al_2O_3 , oxid železitý Fe_2O_3 či oxid křemičitý SiO_2 pod mez slinutí. Teplota meze slinutí je 900 - 1000°C. Získáváme tak hydraulické vápno. Pozzolánská malta u nás známá jako pucolánová malta, se vytvářela pálením vápence a sopečné horniny. Tyto malty se objevují ve středověkém

Řecku a Římě. Pojmenování je odvozeno podle naleziště v Pozzuolii u Neapole. Toto pojivo dokázalo tvrdnout i pod vodou, proto bylo využíváno hlavně pro aquadukty i různé žlaby.

Přírodní hydraulické vápno se u nás vyrábělo z podolských a branických vápenců známé jako Staroměstské vápno či Pasta di Praga. Toto vápno bylo použito u benátských paláců či přístavních hrází v Amsterdamu nebo Londýně.

Jedno z nejkvalitnějších vápen, které se k nám začalo dovážet od poloviny 19. století bylo hydraulické vápno z Kufsteinu v Tyrolsku. Tato kvalita byla docílena jak dobrým vstupním materiálem, tak i technologií výroby a jejím postupem. Pálení vápence bylo pozvolné až do úplného rozpadu jednotlivých kusů vápence a i následné chladnutí bylo řízeno. Tímto způsobem docházelo k zreagování všech hydraulických složek s vápennými. Po tomto procesu docházelo k mletí na moučku.

2.2.4 Cementové pojivo

Snaha zdokonalovat hydraulická vápna vedla k vytvoření cementu. V první polovině 18. století J. Smeatona se zabýval optimálním poměrem hlinitých a vápenných složek při procesu vypalování. J Parker uvedl toto stavební pojivo do praxe a od roku 1796 se cement začíná používat. Stavební pojivo bylo označeno pod názvem románský cement.

Portlandská cementová malta

Je to směs portlandského cementu, písku a vody. Tento vynález byl objeven roku 1794 Josephem Aspdinem. Patentováno 18. prosince 1824. V roce 1840 se ve Francie rozjela průmyslová výroba cementu. Výhodou této malty se stala vysoká pevnost, ale nevýhodou je malá plasticita.

2.2.5 Sádrové malty

Již 3000 let před naším letopočtem bylo toto pojivo nalezeno v Egyptě. U nás jsou známy od raného středověku. Důvodem bylo jediné naleziště u Kobeřic, kde byla nalezena lokalita s kvalitním sádrovcem. Dalším faktem bylo i to, že trvanlivost v našich podmínkách a v Itálii či Španělsku byla poněkud odlišná. Sádrová malta se uplatňovala většinou v exteriérech na omítkách. I sádra měla dvě varianty a to pomalu a rychle tuhnoucí. Rychle tuhnoucí sádrová omítka je vyráběna částečnou dehydratací sádrovce při teplotě 150°C na polohydrát. Polohydrát má dvě varianty. Varianta α se vyrábí v autoklávách při zvýšeném tlaku a sycením vodních par. Tato forma po rozmíchání s vodou tuhne pomalu, ale po vytvrnutí má hrubší strukturu, je tvrdá a pevná. Varianta β vzniká zahříváním na vzduchu, po rozmíchání s vodou tuhne rychle, ale pevnost po ztvrdnutí je znatelně nižší.

Při pálení sádrovce nad 200°C vzniká anhydrit. V této podobě se s ním setkáváme nejčastěji na stavbách už s přísadami upravujícími rychlost tuhnutí.

Pro restaurátorské opravy historických staveb se používají následující sádry :

- Pariánské* „sádrovec pálený s boraxem. Při rozdělávání se používala voda obsahující vinný kámen, která oddálila dobu tuhnutí na 2 hodiny“. [17]
- Shottovy* „sádrovec pálený ve směsi s vápnem v poměru 7:3“. [17]
- Keenovy* „sádrovec pálený s kamencem. Tato směs byla odolnější vůči povětrnostním podmínkám“. [17]
- de Wyldeho* „zahřívání vápence s vodním sklem na teplotu 150 až 250°C“. [17]

3 POSTUPY PRO ZJIŠTĚNÍ VLASTNOSTÍ ZDIVA

3.1 Stavebně technický průzkum (STP)

U zájmového objektu se nejprve provede průzkum jak stavby, tak přilehlého okolí. Následně se zjišťují vlastnosti jednotlivých materiálů včetně zdiva. Průzkum je považován za vypovídající, jestliže poskytuje informace o objektu jako celku v závislosti na zkoumaném problému. STP by se měl zaměřit v první řadě na statické hledisko objektu. Ostatní průzkumy se provádějí na základě vyskytujících se problémů a zaměřují se buď na celé konstrukce nebo jejich části. Nejčastějším problémem starších objektů bývá vlhkost. V tomto případě se zjišťuje, z kterého materiálu byl objekt postaven nebo jak jsou vedeny jednotlivé rozvody sítí apod.

Každý STP je jedinečný, jelikož každá stavba je jiná. Faktory, které ovlivňují STP jsou následující:

- přístup do objektu i jeho stav
- doba, po kterou je možné objekt projít či ho sledovat
- cenové faktory
- rozsah průzkumu
- počet zpracovatelů

Všechny tyto body ovlivňují výslednou kvalitu STP. Celá průzkumná práce, by měla být vedena osobou, která dané problematice rozumí a je způsobilá, jako jsou autorizovaní inženýři nebo znalci v oboru stavebnictví, kteří mají zkušenosti z diagnostikou staveb. Výsledkem každého STP je zpráva, která by měla být věcná. Norma „ČSN ISO 13 822 (ČSN 73 0038) *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení*“ [34] existujících konstrukcí, obsahuje přesné prováděcí postupy.

Závěrečná zpráva se vypracovává ve třech stupních STP s ohledem na rozsah průzkumu i výše uvedených faktorů.

Tři stupně zprávy:

- předběžná pro potřeby zadávací studie rekonstrukce, modernizace apod.
- podrobná pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace
- doplňující a speciální pro potřeby podrobného řešení změn z úprav při realizaci stavebních prací

3.2 Diagnostické metody

Metody zkoumání i zkoušení vlastností materiálů a konstrukcí musí být v souladu jak s českými normami ČSN, tak s evropskými EN. Rozčlenění diagnostických metod, bylo provedeno podle společných parametrů. Členění je hned několik.

Dělí se podle stupně poškození zkoumané konstrukce:

- nedestruktivní
- semidestruktivní
- destruktivní

Dále se podle sledovaných vlastností:

- Přímé pomocí vývrtů
- Nepřímé na základě kalibračních vztahů (tvrdost, ultrazvukové metody)

Výhody či nevýhody destruktivní nebo nedestruktivní metody

Nedestruktivní metoda	Destruktivní metoda
Výhody <ul style="list-style-type: none">- konstrukce není poškozena- relativně levnější- velký počet zkoušených prvků	Výhody <ul style="list-style-type: none">- přesnější- odběr z větší hloubky
Nevýhody: <ul style="list-style-type: none">- přesnost je menší- možnost vnesení chyb	Nevýhody: <ul style="list-style-type: none">- poškození zkoumané konstrukce- menší počet vzorku (v některých případech nelze odebrat vzorek vůbec)- relativně dražší

3.3 Nedestruktivní metody

Z názvu vyplývá, že tyto metody nepoškozují zkoumaný vzorek takovým způsobem, že by se nedal znovu použít. Zkoumané vzorky se mohou například opět použít pro další zkoušky. Některé tvrdoměrné metody vyžadují úpravu zkoumaného vzorku. Povrchy se nejčastěji brousí. Tvrdoměrné metody zanechávají na vzorku často vryp nebo vtisk.

Rozdělení nedestruktivních metod:

- fyzikální princip využije se podstata založené metody a měří se jimi různé veličiny,
- měřičské veličiny ta je zjišťována různými fyzikálními principy.

Metody na základě fyzikálního principu:

1. Tvrdoměrné metody
2. Elektrodynamické metody
3. Elektromagnetické metody

4. Elektrické metody
5. Radiační metody
6. Metody tenzometrické

3.3.1 Tvrdoměrné metody

Tyto metody jsou využívány na stavební materiály, u kterých chceme zjistit pevnost v tlaku nebo tvrdost zkoumaného vzorku. Metody lze použít již na zabudované materiály v konstrukci nebo kusová staviva z výroby. V praxi se staly nejpoužívanějšími metodami při zkoumání pevnosti betonu v tlaku již použitého v konstrukcích. U ostatních stavebních materiálů není jednoznačně určeno jaká nedestruktivní metoda je správná. Vždy záleží na metodických postupech i využití kalibračních vztahů pro určování pevnosti materiálů. Tvrdoměrné metody se člení i podle způsobu vyvozené síly. Tvrdoměry jsou tedy statické nebo dynamické. V laboratořích se nejčastěji pracuje se statickými tvrdoměry. Naopak dynamické tvrdoměry jsou brány do terénu pro zkoumání prvků zabudovaných v konstrukcích. Tvrdoměrné metody betonu jsou blíže specifikovány v normě ČSN 73 1373 [34], kde je stanovena celá metodika postupu.

Základní dělení tvrdoměrných zkoušek:

- odrazové odraz pružného tělesa od povrchu materiálu;
- vtiskové měření vtisku vytvořeného ve zkoumaném vzorku, vtisk vytvořen pomocí zatlačení či zaražení tělesa definovaného tvaru, vtiskové metody mohou být určeny podle Brinella nebo za pomocí Poldi kladívka u kovových materiálů;
- špičákové zjištění hloubky průniku špičáku do zkoušeného materiálu za přesně definovaných podmínek;
- brusné měření energie spotřebované na vybroušení stopy o určité délce a šířce ve zkoušeném materiálu;
- vrtací zjišťování hloubky průniku vrtacího nástroje do materiálu za definovaných podmínek - počet otáček, přítlačná síla;
- vrypová srovnávací metoda, tvrdost se určí podle zanechání rýhy jednoho materiálu do druhého. Materiál, ve kterém se udělá rýha je měkčí. Metoda, která zkoumá tvrdost materiálů podle vrypu se nazývá Mohsova. Tato metoda má 10 stupňů tvrdosti, kdy 1 je minerál mastek, s nejmenší tvrdostí a tvrdost 10 má diamant naopak nejvíce tvrdý.

Omezení tvrdoměrné metody:

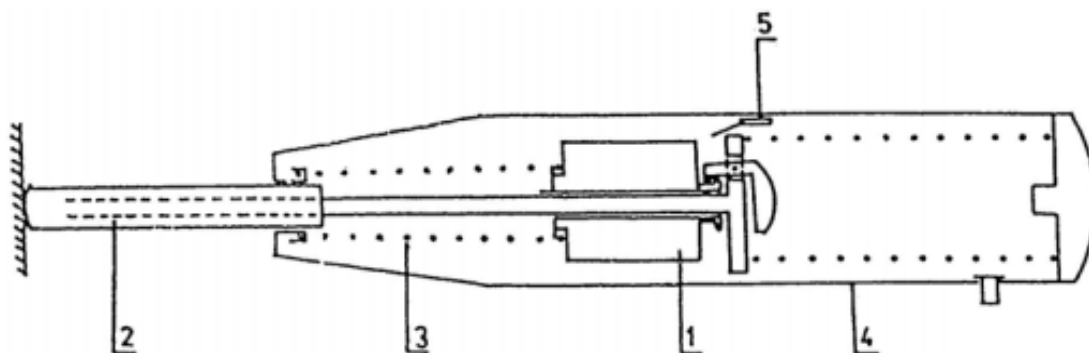
- zkouší se povrchová vrstva
- vlastnosti, které se zkouší v souvztažnosti ke zkoumanému prvku např. pevnost v tlaku, pružnost, lokální porušení
- spolehlivost výsledku závisí na přesnosti měření a vnesené chybě
- metoda je ovlivněna i stářím materiálu, stejnoměrností, vlhkostí, povrchem konstrukce i přístupností
- frekvence zkušebních míst, které při zvolené pravděpodobnosti nesou riziko omylu
- odchylky od zkušebního tělesa jsou i 20%, zkouška není tak přesná

Tvrdoměrné metody zkoušení cihel jsou obměnou metod uvedených v „*ČSN EN 12 504-2 (73 1373) Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.*“ [34] Na zjišťování pevnosti v tlaku cihel se uplatňují zejména dvě metody a to Waitzmannův tvrdoměr a Schmidtův tvrdoměr.

Waitzmannův tvrdoměr je upravené Poldi kladívko s kterým se zkouší tvrdosti oceli. Waitzmannův tvrdoměr slouží pro zkoušení betonu a cihel. Tvrdoměr je složen z ocelového razidla se dvěma kuličkami o průměru 10 mm a 20 mm. Kulička o průměru 10 mm je při zkoušce opřena o srovnávací ocelovou tyčinku známé tvrdosti. Kulička o průměru 20 mm se přes papírovou fólii opírá o povrch zkoumaného materiálu. Vtisk na srovnávací tyčince i zkoušeném materiálu se provádí úderem paličky do tvrdoměru. Uspořádání přístroje eliminuje útlum v případě špatného povrchu cihly ve zdivu. V praxi je tato metoda méně častá, jelikož je poměrně pracná zejména s ohledem na vyhodnocení měřených průměrů vtisků.

Schmidtův tvrdoměr je proveden v různých typech N, NR, L/LR, LB, PT/P/PM, M, PM, LB a P. Jednotlivé typy se od sebe liší různě vyvozenými energiemi. Typy tvrdoměrů N, L, M jsou pružinové, skládají se z razníku, beranu, pružin a ukazatele se stupnicí. Při zatlačení razníku a uvolnění závěsu, beran dopadne na razník, odrazí se a posune ukazatel na stupnici. Odraz je přímo úměrný hodnotě na stupnici. Velikost odrazu je závislá na poloze tvrdoměru. Základní poloha tvrdoměru je vodorovná. Tvrdoměr typu L je určen pro betony. Plocha tohoto razníku je kruhová o menším poloměru.

Typy NR a LR obsahují místo značky registrační zařízení, které zaznamená posun beranu na registrační pás v nástavbě přístroje. U typů P a PT se beran pohybuje po kruhové dráze. Tyto tvrdoměry se používají na betony nižších pevností. Na každém zkoumaném místě se provede minimálně 5 měření lépe však 10 měřených odrazů.



Obr. 2.1. Schéma Schmidtova tvrdoměru typy N, L, M [20]

1) beran; 2) úderník; 3) tažná pružina; 4) pouzdro; 5) stupnice

Postup měření Schmidtovým tvrdoměrem

Povrch zkoumaného vzorku by měl být dostatečně pevný, aby se nedrolil při doteku rukou. Proto je potřeba před zahájením zkoušky provést kontrolu povrchu zkoumaného materiálu a očistit ho tak, aby mohla být provedena zkouška. Bude-li zvolené místo nevyhovující je zapotřebí hledat jiné, adekvátní.

Než začneme měřit je nutné přístroj po vyjmutí z pouzdra zkontrolovat, zda není zaaretovaný, případně ho odaretovat. Odaretování se provádí lehkým přitlačením přístroje ke zkoumanému vzorku a následném odsunutí. Následně můžeme provést měření. Pomocí plynulého pomalého pohybu se zatlačí na přístroj tvrdoměru do té doby, než nastane ráz, který byl způsoben beranem do úderníku. Než přístroj tvrdoměru oddálíme a provedeme čtení na stupnici, je zapotřebí tvrdoměr zaaretovat v poloze, v jaké bylo provedeno měření. Poloha tvrdoměru při provádění rázu je důležitá a musí být zohledněna v měřeních. Hodnota na stupnici je přímo úměrná odrazu. Provedené čtení ze stupnice je důležité zapsat a zaokrouhlit nejčastěji na celé jednotky. Pro následné měření je zapotřebí tvrdoměr odaretovat podobným způsobem, jako při začínání měření. Až aretační tlačítko vyskočí, může se znovu provádět měření.

Registrační přístroje mají výhodu v tom, že nevyžadují aretování. Hodnoty se čtou přímo z registračního pásu po ukončení zkoušky. Polohu při měření Schmidtova tvrdoměru je potřebné zaznamenat, jelikož se projeví ve výsledném vyhodnocení. Ve formě opravy vlivu gravitace.

3.3.2 Elektrodynamické metody

Na základě mechanických podnětů aplikovaných na zkoumaných vzorcích se nejprve snímají účinky těchto podnětů. A následně se provádí vyhodnocení vyvolaného mechanického vlnění. Tyto metody nepotřebují téměř žádnou úpravu vzorku, lze je aplikovat vícekrát, aniž by bylo zkoumané místo nějak ovlivněno. Proto se zkušební místo nemusí měnit a přesto jsou naměřené veličiny spolehlivé. Vzhledem k této skutečnosti lze sledovat změnu hodnoty v závislosti na čase, prostředí, technologii či jiných vlivech.

Druhy elektrodynamických metody:

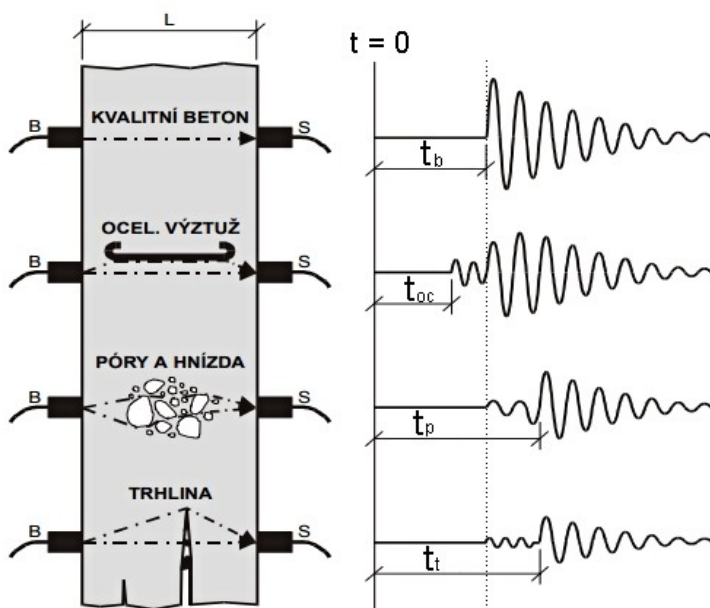
- ultrazvukové zjišťují se kvality betonu a vnitřní nehomogenity,
- rezonanční zjišťují dynamické moduly pružnosti,
- metody fázových rychlostí dynamické charakteristiky vozovek a podloží,
- metody tlumeného rázu tuhost a únosnost vrstev vozovek a podloží,
- mechanické impedance stanovení modulu pružnosti u vazkopružných materiálů (např.: asfaltobetonu),
- akustické emise zjišťují rozvoj vnitřních trhlin v materiálu,
- echo (impakt) zjišťují vnitřní nehomogenity v materiálu,

Nejrozšířenější a zároveň nejpoužívanější metodou v této kategorie je ultrazvuková impulsová metoda a rezonanční metoda. Metody jsou ovlivňovány řadou faktorů jako je vlhkost materiálu, tvar a rozměry vzorku, vady ve struktuře a nestejnorodost materiálu. A právě tyto faktory znemožňují vytvořit obecné kalibrační vztahy. V neposlední řadě je zapotřebí proškolený personál, aby zkouška byla platná.

Ultrazvuková impulsová metoda

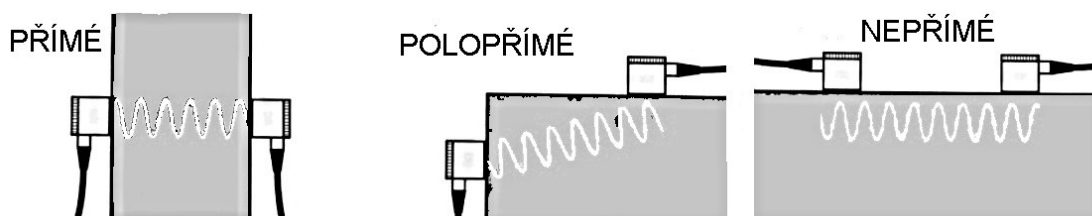
Je metoda pracující s ultrazvukovými impulsy (dále jen UZ impulsy), které se opakují. Tyto impulsy jsou vysílány skrz zkoumaný materiál a snímá se jejich rychlost šíření prostupu daným vzorkem. Výsledky stanovují dynamické moduly pružnosti spolu s poruchami jednotlivých dílců nebo i celých konstrukcí. UZ impulsy ve stavitelství pracují s kmitočty mezi 20 kHz až 150 kHz, ale můžeme se setkat i s vyššími kmitočty a to 500 kHz. S vyšší frekvencí roste i lepší rozlišovací schopnost, která je nositelem přesnosti. Ovšem nevýhodou je, že vysoké UZ impulsy se při průchodu vzorkem výrazně zeslabují. Norma „ ČSN EN 12 504-4 (731303) Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu “ [34] udává určité doporučení na rozsah kmitočtů. Doporučené frekvence kmitočtů musí být brány s ohledem, jelikož záleží i na podstatě zkoumaného problému (rozsahu poruchy či nestejnorodosti) , druhu materiálu a především na výkonu přístroje zkoumaného prvku či konstrukce. Tato metoda je vhodná i pro silné vrstvy materiálů, jelikož slyšitelné vlnění se rychle utlumí. V praxi se můžeme setkat s různými druhy UZ impulsů. Kmitočty, které se používají jsou odvozené od šířky zkoumaného vzorku. Vysoké kmitočty od 60 kHz až do 200 kHz se uplatňují tam, kde zkoumaný vzorek nepřesáhne šířku 50 mm. Nízké kmitočty od 10 kHz až do 40 kHz jsou vhodné pro dlouhé vzorky od řádově metrů do 15 m. Ale u většiny případů se využívá frekvence kmitočtů od 40 kHz do 60 kHz.

Stanovení rychlosti šíření UZ impulsů a odrazová metoda, toto jsou hlavní způsoby vyšetřování vlastností materiálu nebo konstrukce. Pro stanovení fyzikálně-mechanických vlastností materiálu a rozsah poruch se využívá rychlost šíření UZ impulsů. Odrazová metoda se používá v případech, kdy chceme zjistit nestejnorodost materiálu, vady nebo cizí tělesa v konstrukci.



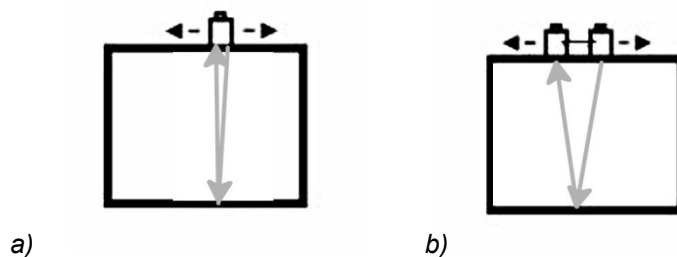
Obr. 2.2. Rychlost šíření a tvar impulsů vzhledem k prostředí při přímém prozvučování [20]

Prozvučování tedy, způsob, jakým lze zkoumat daný prvek. Máme několik způsobů a to přímé, polopřímé a nepřímé. Přímé prozvučování je takové, kde můžeme sondy přiložit na protilehlé strany zkoumaného vzorku. Polopřímé prozvučování je, když sondy přiložíme na přilehlé strany vzorku a poslední nepřímé prozvučování je, když sondy leží na stejné straně. Nepřímé prozvučování je velmi citlivé, proto se používá jen tehdy, není-li to možný jiným způsobem nebo tam, kde je velmi důležité prozkoumat kvalitu povrchu materiálu či konstrukce.

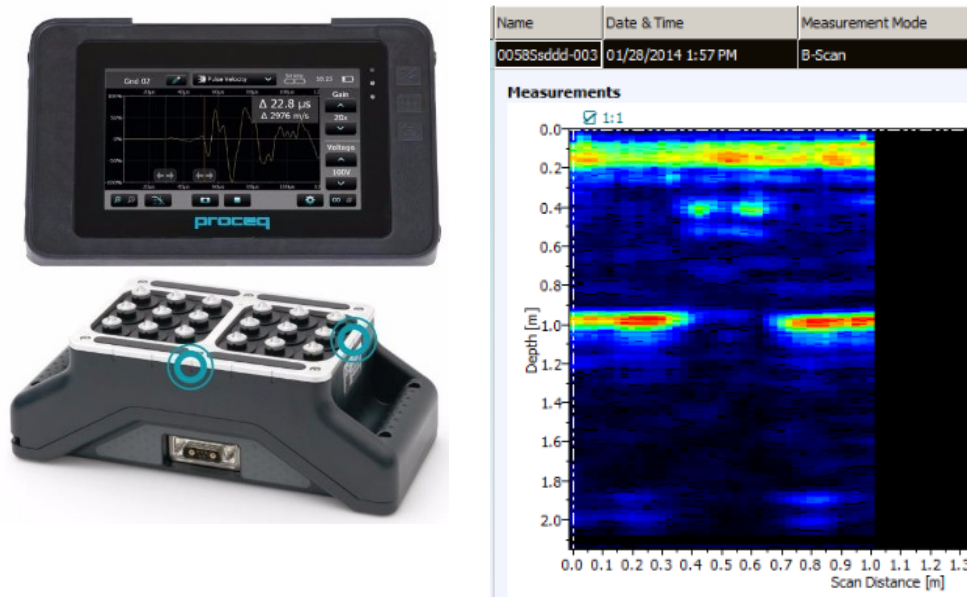


Obr. 2.3. Způsoby prozvučování [18 upravila Flejšerová Hana]

Pro stanovení rychlosti šíření je zapotřebí dvou sond. U odrazové metody může být jedna sonda typu vysílač a přijímač nebo dvě sondy na stejném principu vysílač a přijímač. Jedna sonda je používána spíše na masivnější konstrukce, jelikož by mohlo dojít k tak zvanému "zarušení" sondy. Jelikož UZ signál je velmi rychlý, pro představu signál urazí vzdálenost zhruba $2,5 \cdot \lambda$. Mocnost vzorku musí být taková, aby se vyslaný signál odrazil až po větší vzdálenosti. Jinak jedna sonda nezaznamená odraz. Jelikož v době, kdy vysílá sonda zároveň nepřijímá. Ovšem s jednou sondou je jednodušší měření i manipulace. Dvě sondy mohou být použity i na tenké konstrukce, ale manipulace je náročnější.



Obr. 2.4. Odrazová metoda a) jedna sonda, b) dvě sondy [18]



Obr. 2.5. Přístroj s výstupem [22]

Na obrázku 2.5. je zobrazen přístroj, který využívá odrazovou metodu ultrazvuku. Pomocí přístroje lze hledat dutiny u konstrukcí do tloušťky 1 m, je flexibilní.

Rezonanční metoda

Hledá vlastní rezonanční frekvenci zkoumaného materiálu. Každé těleso, které je tuhé se rozkmitá na základě mechanických impulsů. Díky zjištěným vlastním frekvencím kmitů se dokáže zjistit dynamický modul pružnosti i Poissonův součinitel. Vlastní frekvence zkoumaného tělesa se zjistí tak, že narůstá amplituda vynuceného kmitání na maximum. Nárůst amplitudy je způsoben shodou vnější budící síly s vlastní frekvencí zkoumaného vzorku. Pro vyhodnocení materiálových charakteristik pravidelného tělesa se používají vlastní kmitočty a to podélné, krouživé a příčné. Z naměřených vlastností kmitočtu, objemové hmotnosti a rozměrech zkoušeného vzorku lze určit modul pružnosti v tahu, v tlaku, ve smyku a Poissonův koeficient.

Do zkoumaného vzorku jsou plynule vysílány kmitočty obvykle v rozsahu od 30 Hz až do 30 kHz. Přístroj dokáže měřit odezvu vzorku na daný kmitočet a zobrazuje amplitudu kmitání vzorku.

3.3.3 Elektromagnetické metody

Druhy metod:

- elektromagnetické sondy zjišťují profily a hloubky výztuže či krytí prutů v železobetonu
- mikrovlnné měření vlhkosti, při průzkumu dutin, komínů
- indukčnost měření vlhkosti a tloušťky (přetvoření, posuny)

Všechny tyto metody se zakládají na elektromagnetickém vlnění, pomocí kterého se zkoumá daný materiál.

3.3.4 Elektrické metody

Společným znakem těchto metod je, že při zkoumání materiálu využívají elektrického odporu.

Druhy elektrických metod:

- odporové stanovení vlhkosti, deformací, teplot, velmi malých přetvoření
- kapacitní měření vlhkosti
- polovodičové měření teplot

3.3.5 Radiační metody

Podstatou těchto metod je zkoumaný vzorek prozářít vhodným zdrojem. Zařízení vyše proti zkoumanému vzorku záření, které se vlivem struktury materiálu zeslabí. Za zkoumaný vzorek se umístí fotocitlivý materiál, kam se promítne plošný obraz. Vyhodnocení probíhá na základě poznatků o zeslabení záření. Výhodou těchto metod je zobrazení výsledků v reálném čase. Pomocí těchto metod lze odhalit povrchové i vnitřní prostorové vady. Problém nastává u vad plošných jako jsou trhliny či studené spoje.

Druhy radiačních metod:

- radiografické zjišťuje se poloha výztuže v železobetonu,
- radiometrické stanovení objemové hmotnosti a vlhkosti materiálu,
- měření radonu koncentrace radonu v půdě a obytných domech,

3.4 Semidestruktivní metody

Metody, které jsou z části destruktivní. Vzorky se získávají například za pomoci vrtů nebo odtrhů či jinými způsoby. Získávání vzorku se nesmí jakýmkoliv způsobem podepsat na únosnosti či narušením stability dané konstrukce či objektu. Místo, které se zvolí, jako odběrové, musí být reprezentativní. Musí zohledňovat veškeré skutečnosti dané konstrukce.

Způsoby získávání vzorku semidestruktivní metodou:

- jádrové vývrty
- odtrhové zkoušky
- nařiznutí zděné stěny pro vložení plochých lisů při zkoušení
- vrtací zkouška kombinovaná s údery vrtáku při stanovení pevnosti malty ve spárách zdiva,
- brusné nebo vrtné metody stanovení pevnosti betonu,
- vstřelovací metody při určení pevnosti betonu z hloubky vstřeleného hřebu,
- tvrdoměrné metody vnikací

3.4.1 Jádrové vývrty

Provádějí se vrtáčkou s nástavci, které mají dutiny, kde se vzorek zachytí a odebere se. Díky těmto vzorkům můžeme zkoumat vlastnosti staviva v konstrukci, která je již realizována. Vrty mohou být prováděny vodorovně, svisle i šikmo podle nastavení držáku. Proti přehřívání vrtáku se využívá chlazení vodou. Vrtáky na betonové a zděné konstrukce se pohybují od 25 do 150 mm. Požadovaná hloubka vrtání je závislá na účelu zkoušky. Vrtáky o průměru 50 až 150 mm se využívají pro určení pevnosti staviva v tlaku. Získaný vzorek se ještě překontroluje tím, že se rozřízne na dvě části. Nové plochy se jemně obrousí a zkontroluje se rovnoběžnost obou tlačných ploch. Proveďte se tlaková válcová pevnost v lisu, ale předchází ji ještě zvážení vzorku. Na vzorek se může aplikovat i ultrazvuková metoda. Vrtáky o průměru menším než je 25 mm jsou používány pro zkoušky propustnosti betonu v kapalinách či plynech nebo stanovení hloubky zkarbonatovaného betonu. Využívání jádrových vrtů je vcelku běžné a bývají doplňkovou metodou u nedestruktivních metod jelikož, díky této metodě dochází k upřesňování hodnot zkoumaných materiálů.

Jádrové vývrty se používají k určení:

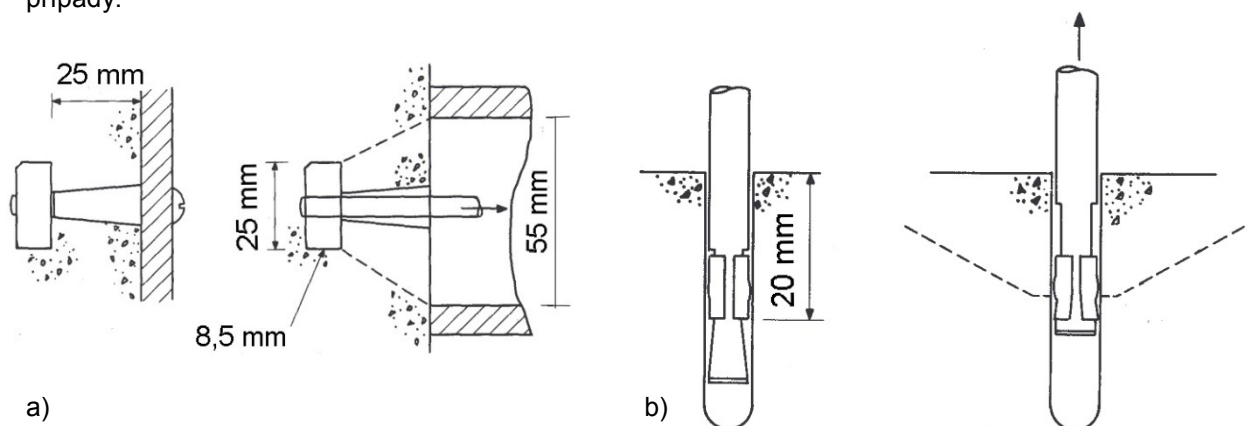
- pevnosti betonu nebo zdiva v tlaku,
- k vylamovacím zkouškám,
- zkoumání propustnosti staviv pro plyny a kapaliny
- stanovení postupu karbonatace uvnitř konstrukce.

3.4.2 Odtrhové zkoušky

Při zjišťování přilnavosti povrchových vrstev k podkladu ať už nosné či nenosné konstrukce jako jsou omítky, nátěry či stěrky a nebo k stanovení pevnosti povrchových či podpovrchových vrstev do hloubky 30 až 50 mm se využívají právě odtrhové zkoušky. Tyto zkoušky zjišťují přídržnost materiálu. Odtrhy jsou jak povrchové tak i do určité míry hloubkové. Díky epoxidovému lepidlu se na povrch zkoumaného vzorku připevní ocelový terč, ale používají se i jiné slitiny jako je dural. Terč má válcový tvar o průměru 50 mm a výšce 30 mm.

Zkouška pevnosti se provádí tak, že se nejprve daný vzorek navrtá do hloubky, která je odpovídající mocnosti vzorku. Průměr vrtáku je stejný, jak je průměr válcového terče, tedy 50 mm a terč se připevní pomocí epoxidového lepidla. Celý vzorek s terčem se následně upevní do trhačích přístroje a zkouška bude provedena, až po zatvrdnutí lepidla.

Vytahovací nebo-li vytrhávácí zkoušky patří do stejné kategorie jako odtrhové zkoušky. Zde je rozdíl v tom, že se kotva nebo standardizovaná hmoždinka musí do vzorku vložit předtím, než dojde k zatvrdnutí vzorku. U hmoždinky ještě dojde k utažení před vytvrdnutím vzorku. Jsou zpracovány kalibrační vztahy, které řeší vazby mezi tahovou silou a krychelnou pevností na svislé ose nebo jiné případy.



Obr. 2.6. Odtrhové metody a) kotva, b) hmoždinka [18]

Odtrhové zkoušky se provádějí:

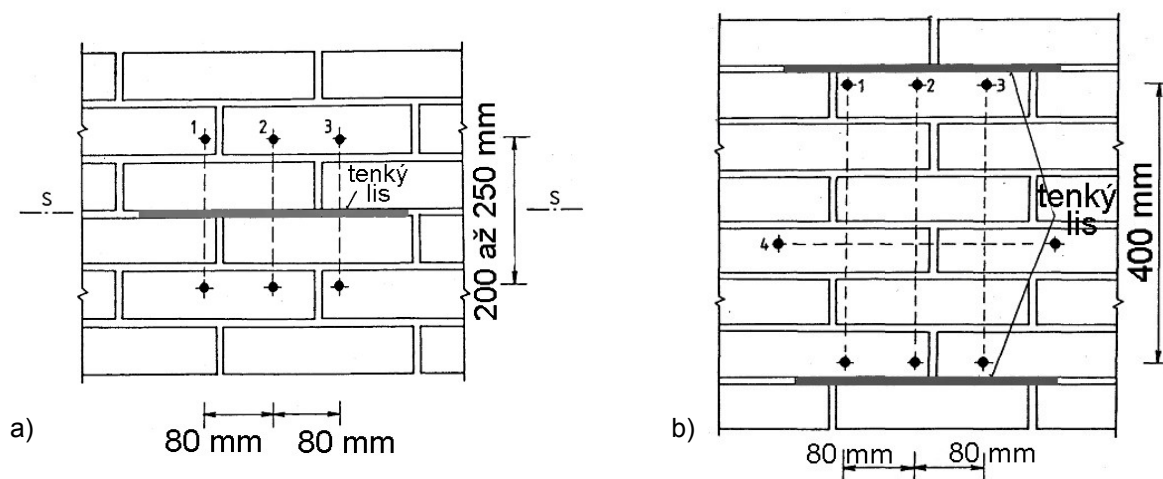
- na povrchových vrstvách bez nařezání
- pro zkoušení pevnosti podpovrchových a vnitřních vrstev

3.4.3 Metoda plochých lisů

U cihelného nebo smíšeného zdiva lze stanovit modul pružnosti i stav napjatosti v lokální oblasti pomocí semidestruktivní metody plochých lisů. Prvním krokem k provedení měření je vybrat ložnou spáru. Nad vybranou spárou v kolmé poloze osadit šest deformetrů ve vzdálenosti od ložné spáry minimálně 200 mm. Umístění tří deformetrů nad a tří deformetrů pod zvolenou spáru tak, aby byly souměrné. Po tomto úkonu se přečtou číselné hodnoty na deformetrech, tedy první čtení.

Následuje odstranění části malty z ložné spáry buď vyřezáním nebo vyvrtáním malty a její vyčištění. Provede se druhé čtení. Posléze se do připravené spáry vloží tenký plochý lis, který se vypořádá plechy. Dalším úkonem se do lisu vhání pod tlakem hydraulický olej. Olej se do lisu vhání do té doby, než se hodnota shoduje s prvním čtením. Předpokladem je, že lis vyvolal takovou tlakovou sílu jako bylo původní napětí ve zdivu.

Z dvou lisů, které jsou umístěny ve vodorovné spáře minimálně 400 mm nad sebou lze stanovit modul přetvárnosti i pevnost zdiva v tlaku. Při působení bočního sevření se pevnost zdiva v tlaku zvětší o 15 % a svislá přetvoření jsou menší o 10 % než hodnoty stanovené na prvku stejných rozměrů bez tohoto jevu.



Obr. 2.7. Metoda plochých lisů a) jeden lis, b) dva lisy [18 upravila Fleišerová Hana]

Ploché lisy zjišťují:

- napjatost ve svislé stěně
- modul pružnosti mezi dvěma plochými lisy

3.5 Pevnost v tlaku malty ve spárách

Pevnost malty již v existujících konstrukcích se zjišťuje destruktivní nebo semidestruktivní metodou. Další možností je stanovit chemický rozbor pojiva. Nedestruktivní tvrdoměrné zkoušky se provádějí s použitím vhodných kalibračních vztahů nebo odhadem podle hloubky vrypu. Semidestruktivní metoda při lokálním porušení může být provedena upravenou příklepovou vrtačkou na základě kalibračních vztahů.

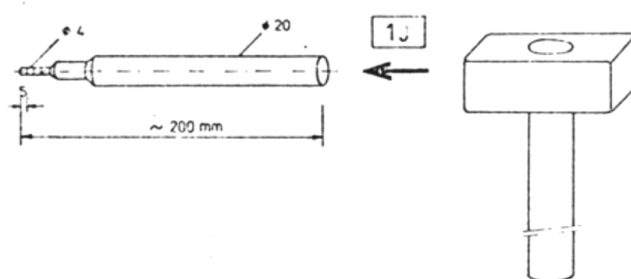
V dostatečně velkých tloušťkách ložných spár a dostatečné pevnosti malty lze postupovat podle ČSN EN 1015-11 [34] Stanovení pevnosti zatvrdělých malt v tahu za ohybu a v tlaku. Největším problémem právě bývá tloušťka spár pro zjišťování pevnosti. Ve starších objektech se pohybuje tloušťka spár okolo 10 mm až 14 mm. Metoda, která také zjišťuje pevnost v tlaku malty spočívá ve vtláčování definovaného tělesa (indentoru). Válcový typ indentoru je nejvhodnější pro maltové spáry.

K provedení této metody je zapotřebí kladiva o hmotnosti 1 kg. Pomocí tohoto kladiva se provede úder do indentoru ze vzdálenosti 100 mm. Vyvozená energie odpovídá 1 J.

Pevnost malty za pomoci Schmidt PM tvrdoměru lze zjistit, ovšem hodí se spíše k zjišťování pevností novodobých malt. Nejrozšířenější metodou v praxi je semidestruktivní metoda pevnosti malty v tlaku pomocí upravené vrtačky.



Obr. 2.8. Schmidt tvrdměr PT [21]



Obr. 2.9. Válcový indentor [20]

Pevnost malty pomocí upravených vrtaček

Technický a zkušební ústav stavební (TZÚS) v Praze upravil ruční vrtačku, pro zkoušení malty ve spárách zdiva. Název takto upravené vrtačky je "Kučerova vrtačka". Podstatou této metody je vzájemný statický význam vztahu mezi pevností malty ve spárách a odporem malty proti vnikání vrtáku při příklepovém vrtání. Vrtačka je vylepšena o příklep, počítadlo otáček a tlačnou pružinu v opěrce o předepsané tuhosti a díky ní, je zajištěn předepsaný přítlak. Odpor je dán hloubkou vrtu vrtákem do zdiva o průměru 8 mm. Obliba této metody byla značná, ale poměrně fyzicky namáhavá a proto TZÚS Praha vymyslelo nový typ elektrické vrtačky, který je označen PZZ 01.



Obr. 2.10. PPZZ 01 elektrická vrtačka a ruční Kučerova vrtačka [18]

U modelu vrtačky PPZZ 01 pro snadnější obsluhu bylo využito AKU vrtačky, jak je patrné z jejího vzhledu. Tato vrtačka má funkční nástavec v přední části, kde lze nastavit předpokládanou pevnost zkušební vzorku podle předpisu pro příslušnou zkoušku. Po tomto nastavení předpokládané pevnosti se automaticky nastaví i příslušný počet otáček vrtáku a po jejím uplynutí se

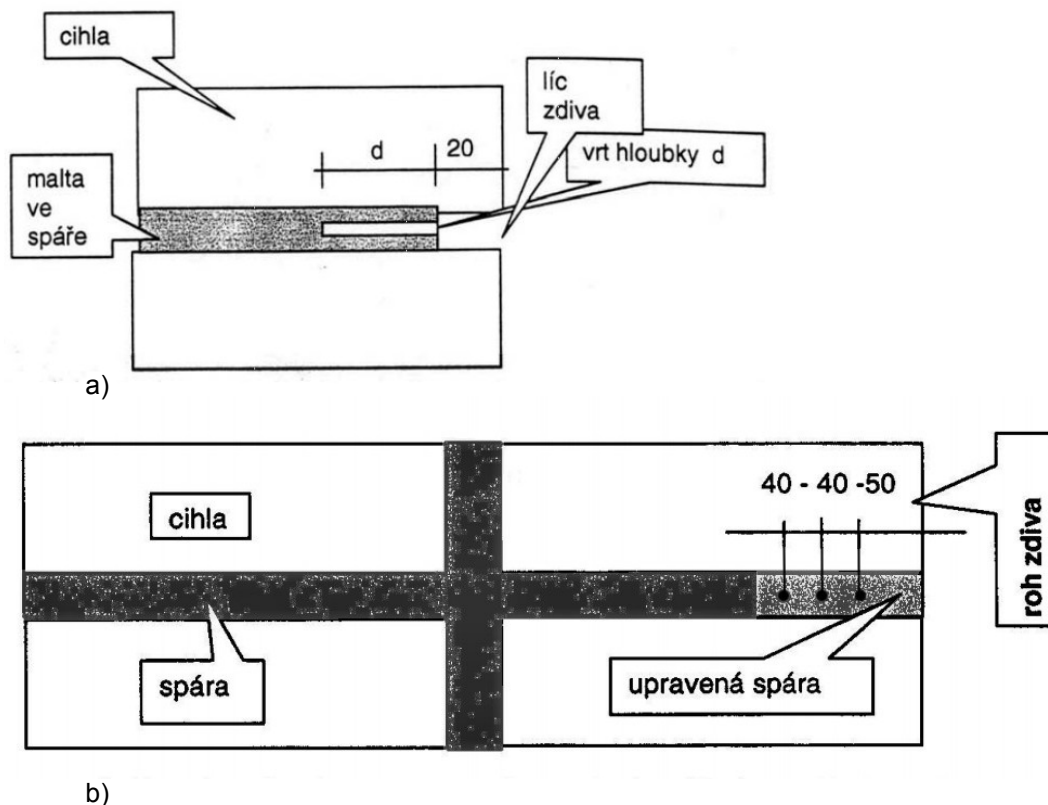
vrtačka vypne. Přítlak lze definovat pomocí tlaku pružiny, kterou lze mechanicky aretovat. U této vrtačky se používá vrták o průměru 6 mm, proto tuto metodu lze aplikovat i na užší spáry.

Postup pro určování pevnosti malty

Pro oba typy vrtaček je postup pro určení pevnosti malty ve spáře shodný, ale liší se kalibračními vztahy. Místo, které se volí pro zkoumání, je v sevřených spárách nebo-li tlačných prvcích.

Zkušební místo musí být zbaveno omítky o ploše 200 x 150 mm, pak se ložná spára vyseká nebo vyškrábe přibližně 20 mm za líc zdiva. Pro tuto metodu je důležité právě fakt, odstraněné omítky a zkarbonatované vrstvy. V takto připravené spáře se provedou tři vrty ve vzdálenostech přibližně 40 mm a minimálně 50 mm od případné hrany zdiva. U obecných kalibračních vztahů se vrty provedou při nastavení stupnice na 25 otáček, což odpovídá stupni 1. Kalibrační vztahy lze upravit podle zkoumaného materiálu. Tuto metodu lze aplikovat i na cihlové zdivo.

Po ukončení vrtání se změří vyhloubený otvor pomocí hloubkoměru. Platné měření se považuje hloubka vrtu d , která se neliší od průměrné hloubky d_m ze všech tří vrtů o více než 30%.



Obr. 2.11. Vrty ve spáře zdiva a) řez zdivem, b) pohled na zdivo [18]

Nevyhovující měření je, když dva z vrtů nesplňují podmínku. Potom se dané zkušební místo neuvažuje, ale pokud nevyhovuje jen jeden vrt, vyloučí se a nahradí se novým vrtem. Jestliže po vyvrtání nového vrtu opět vrt nesplní kritérium, zkoušené místo se též neuvažuje.

3.6 Stanovení vlastností zdiva u historických objektů

U objektů určených k rekonstrukci vykazujících značné poruchy a vady je zapotřebí zjistit vlastnosti zabudovaných materiálů. Zjištěné vlastnosti jsou důležité pro statický výpočet, který je rozhodující pro správně zvolenou metodu rekonstrukce.

Vlastnosti lze zjišťovat v laboratořích z dostatečného množství odebraných vzorků nebo nedestruktivní metodou přímo na místě. Důležitým faktorem je zohlednění stáří konstrukce i vlastnosti zabudovaných materiálů. Pro přesné laboratorní zkoušky je zapotřebí destruktivních metod a zde nastává velký problém, jelikož cena určitých prvků je nevyčísitelná. Konkrétní prvky se mohou nacházet v malém množství či v nepřístupné části konstrukce. Nebo jsou prvky zabudovány v takových konstrukcích, kde kdyby došlo k jejich odebrání, konstrukce by se mohla vážně staticky narušit. Proto se často volí nedestruktivní zkoušky, kdy výsledky nejsou tak přesné, ale postačí. Nepřesnosti se dají zjemnit množstvím provedených zkoušek na dané konstrukci či vzorku. Proto nedestruktivní metody jsou využívanější. Pro zjišťování pevnosti se užívá tvrdoměrná metoda nebo ultrazvuková impulsová metoda. Ke správnému výsledku je zapotřebí u obou metod použít kalibračních vztahů.

Jak se technologický postup výroby cihel vyvíjel spolu se zpracováváním cihelné hmoty, tak i způsoby vypalování se propracovávaly k dokonalosti. Právě způsoby výroby se projevily na kvalitě jednotlivých zdících prvků a mají vliv na výsledky měření nedestruktivními metodami. Je zjištěno, že cihly vyráběné tažením obsahují více trhlin než cihly vyráběné lisováním. Trhliny v cihelných prvcích nejsou považovány za vadu, pokud nesnižují pevnost prvku. A právě trhliny i další defekty v cihelných prvcích různými způsoby ovlivňují parametry nedestruktivních metod. Tyto defekty nejvíce ovlivňují dvě metody a to rezonanční a ultrazvukovou impulsovou. Proto se tolik nepoužívají při zjišťování pevnosti cihel taženým způsobem. České technické normy se zabývají především zkouškami betonu a zkoušky cihel nejsou řešeny. Kalibrační vztahy pro zkoušky plných cihel nejsou popsány v normách. Betonové konstrukce jsou specifikovány v českých normách ČSN 73 1373, ČSN EN 12 504-2, ČSN EN 12-504-4, [34] kde je popsána i ultrazvuková metoda.

Aplikace zkoušek na cihly plně pálené

Z tvrdoměrných metod je to Waitzmannův tvrdoměr, Schmidtův tvrdoměr typ LB nebo L a vrtání podle TZÚS. Z dynamických metod se uplatňuje hlavně UZ impulsová metoda. Pro všechny tyto zmíněné metody jsou vytvořeny kalibrační vztahy tak, aby byly použity na zkoumání cihel plných pálených.

Waitzmannův tvrdoměr

Vtisková metoda, která vychází z Poldi kladívka, které zjišťuje pevnost na kovových materiálech. Principem je změření vtisku ve vyšetřovaném materiálu a tyčince o deformované pevnosti 700 MPa a srovnat tyto dva vtisky. Danou paličkou se uhodí do razníku, síla nemá být konstantní, záleží na rázu. Tvar razníku musí být definovaný.

Výpočet poměru: $\beta = \frac{d_1}{d_2} * \sqrt{\gamma}$

β mezi vtiskem zjištěným na ocelové srovnávací tyčince a vtiskem na fólii přiložené na zkoušený povrch cihly,

d_1 velikost průměru vtisku v ocelové srovnávací tyčce (mm),

d_2 velikost průměru vtisku na vtiskové fólii (mm),

γ součinitel vyjadřující poměr skutečné pevnosti oceli srovnávací tyčky ke jmenovité pevnosti 700 MPa

Ráz musí být tak velký, aby vznikl vtisk o průměru zhruba 2 mm.

Schmidtův tvrdoměr typ LB a L

Odrazová metoda s kterou se získává pevnost materiálu. Razník je vymrštěn pomocí pružiny proti vzorku a na stupnici stroje se zobrazí hodnota odrazu, která je závislá na tvrdosti materiálu. Schmidtův tvrdoměr typu L má počáteční energii rázu 0,735 Nm. Ukončení razníku se u typu LB a L liší. Typ LB má kulové ukončení se kterým se zkouší keramické materiály. Typ L má ukončení ve tvaru čochky, se kterým se zkouší beton.

Vrty TZÚS

Vrtaná metoda, která spočívá ve zjišťování hloubky vrtu v materiálu při definovaném počtu otáček. Vrtačka má pružinu, která vytváří konstantní přítlačnou sílu 150 N. Touto metodou se zkoumá i pevnost malty. Počet otáček vrtáku při zkoušce zdiva je obvykle nastaven na 40 otáček. A pak se změří hloubka vrtu a zohlední se i kalibrační vztahy, které udává výrobce.

Ultrazvuková impulsová metody

Principem je vysílání UZ impulsů do materiálu a snímání jejich útlumu, ke kterému dochází vlivem průchodu materiálem. V normě ČSN EN 12 504-4 [34] je níže uvedený vztah.

$$V = L / T$$

V rychlost šíření ultrazvukového impulsu

L délka měřicí základny (mm)

Z čas, který uplyne při průběhu impulsu měřicí základny (μ s)

Zkoušení tvrdoměrných metod

Místo, které bude bráno jako zkušební, musí být zbaveno omítky či jiných povrchových úprav, nečistot a prachu. Pak mohou proběhnout zkoušky a to u metody Waitzmanny je minimální počet sedm vtisků, minimální měření hodnot odrazů je osm pomocí Schmidtova tvrdoměru a u vrtání vrtačkou TZÚS se provádějí čtyři měření.

3.7 Postupy a způsob vyhodnocení odrazových tvrdoměrných zkoušek

Přesně stanovená pravidla pro provádění a vyhodnocování zkoušek musí být jednotná, aby se zachovala jejich opakovatelnost, srovnatelnost a mohly být výsledky korektní. Postup na provádění zkoušek a vyhodnocování výsledku je uveden v normách ČSN 73 1373 [34]. Nedestruktivní zkoušení betonu - tvrdoměrné metody zkoušení a „ČSN EN 12 504 - 2 Zkoušení betonu v konstrukcích - část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem nebo postup doporučený výrobcem tvrdoměru. [34]“

Vyhodnocování výsledků nedestruktivních zkoušek

Existují tři možnosti provádění a vyhodnocování zkoušek a to podle ČSN 73 1373, ČSN EN 12 504-2 [34] a postup doporučený výrobcem tvrdoměrů.

Podle normy ČSN 73 1373

Postup, který je uveden v normě ČSN 73 1373 [34] je následující:

- Z každého zkušebního místa musí být provedeno minimálně pět měření.
- " Ke každé hodnotě odskoku se přiřadí pevnost v tlaku s nezaručenou přesností podle obecného kalibračního vztahu." [34]
- " Hodnoty pro jednotlivá platná měření se nesmí lišit od aritmetického průměru o více než $\pm 20\%$. Pevnosti, které vybočují z těchto mezních odchylek se vyloučí a ze zbývajících platných měření (opět alespoň 5) se znovu stanoví aritmetický průměr." [34]
- " Pevnost betonu v tlaku na zkušebním místě se stanoví jako aritmetický průměr z platných měření." [34]

Postup vyhodnocení podle ČSN EN 12 504-2 [34]:

Je následující:

- Z naměřených zkoušek se získají hodnoty, z kterých se následně vypočítá střední hodnota a vyjde jeden výsledek. V tomto výsledku se zohledňuje i směr působení tvrdoměru. Vliv směru působení tvrdoměru se doporučuje podle výrobce. Výsledná hodnota se vyjádří jako celé číslo.
- Celá sada měření se nebere v potaz, pokud více jak 20% ze všech měření se od střední hodnoty liší o více jak 6 jednotek.
- Podle této normy je výsledkem tvrdost materiálu, nikoli jeho pevnost. Pevnost lze odvodit podle vztahu dodávaného výrobcem přístroje. Daný výsledek nemá stejnou váhu jako zkoušený vzorek destruktivní metodou.

Postup doporučený výrobcem tvrdoměru

Zkoušená plocha musí být nejprve očištěna, pak může být provedeno měření. Ze zjištěných hodnot odrazovou metodou se vypočítá aritmetický průměr. Na základě tohoto průměru se vyloučí hodnoty odrazů, které se od střední hodnoty liší o více jak 5 jednotek. A ze zbylých hodnot se vypočítá průměrný odraz pro dané zkoumané místo.

Mezní hodnoty odchylek odrazů tvrdoměru

Nejprve je třeba stanovit podmínky pro hodnoty, které nejsou správné a v každém měření se vyskytují. Postupy, jakým způsobem se stanovují tyto podmínky jsou uvedeny v ČSN i v listech doporučených výrobcem. Ovšem tyto postupy se od sebe liší. Liší se v přípustnosti odchylek u odrazů i pevnosti v tlaku.

U Schmidtova tvrdoměru typu L se v normě ČSN 73 1373 [34] připouští nejmenší průměrná odchylka naopak v normě ČSN EN 12 054-2 [34] vyhovuje největší přípustná odchylka.

Tolerance neplatných měření je také rozdílná. Podle výrobce je počet těchto hodnot nulový, jelikož je lze okamžitě nahradit jinými, platnými. Podle normy ČSN EN 12 054-2 [34] je uznáván podíl neplatných měření menší než 20%. V normě ČSN 73 1375 [34] je stanoven nejmenší počet platných hodnot. Maximální počet hodnot norma vůbec neřeší.

Meze povolených odchylek od průměrné hodnoty z naměřených odrazů odebraných ze zkoumaného místa jsou následující:

- spodní mez je 87% z průměrné hodnoty
- horní mez je 113% z průměrné hodnoty

Odchylka od průměrné pevnosti v tlaku na zkoumaném místě je 20 %. Tato hodnota odpovídá minimální a maximální mezi z naměřených odrazů. Což je adekvátní hodnota rozptylu pevností na zkoumaném místě.

Kalibrační vztahy

Pomocí metod matematické statistiky či jiným adekvátním způsobem se získají kalibrační vztahy. Pro výpočet se používá metoda nejmenších čtverců. Kalibrační vztahy se promítají pomocí regresivních křivek nebo přímek.

Norma ČSN 73 1370 [34] rozeznává tři typy kalibračních vzorců:

1. obecný kalibrační vztah - uskutečněný na minimálně 300 zkušebních vzorcích. Tyto vzorky musejí být co nejvíce různorodé jak v jejich původu, tak i v technologii výroby. Zkoumané vlastnosti by měly být optimálně rozloženy v celé oblasti sledované vlastnosti.
2. Směrný kalibrační vztah - minimální počet vzorků je 100, jedinečnost vzorků je v provedení či technologii výroby. Stanoveny jsou zvolenými metodami zkoušek.

3. Určující kalibrační vztah - u tohoto typu je minimální počet vzorku 12. U zvolených vzorku se především zjišťují pevnostní třídy při dané technologii výroby a za použitý určitých surovin.

Aby přímková závislost koeficientu korelace byla využitelná musí nabývat hodnotu minimálně 0,85, ale nejlépe 0,90. Při zvolení reziduální křivky nesmí být směrodatná odchylka větší než 0,12. A ve svém rozsahu nenabývat extrémních hodnoty.

Použité kalibrační vztahy

Při zkouškách cihel plných pálených na pevnost v tlaku se použily cihly z období 1910 až 1930 v množství 100 ks, v období 1993 až 2001 bylo odzkoušeno 203 vzorků napříč výrobou. Celkový počet odzkoušených vzorků byl 303 kusů cihel plných pálených.

Zkoušky proběhly i na voštinových cihlách vylehčených děrami ve směru tlačení. Omezení u těchto cihel je v objemové hmotnosti a požadované pevnosti. Vzorky, které byly použity pro zkoušky měly rozměry 290 x 140 x 140 mm od jednoho výrobce, který deklaroval pevnost P10 a P15. Pomocí nedestruktivní metody se odzkoušelo 65 kusů cihel plných pálených Schmidtovým tvrdoměrem typu L.

Následují vztahy odvozené z destruktivních i nedestruktivních zkoušek.

Cihly voštinové [24]

Schmidtův tvrdměř typu LB, určený k zjišťování pevnosti v tlaku.

n = 65 určující kalibrační vztah

r = 0,916

$f_{pd} = 0,6298 * a_{LB} - 14,2;$ $a_{LB} \in \{ 30; 50 \}$

Cihly plné pálené [24]

Waitzmannův tvrdměř, určený k zjišťování pevnosti v tlaku.

n = 303 obecný kalibrační vztah

r = 0,903

$f_{pd} = 199,98 * \beta - 39,15;$ $a_{LB} \in \{ 0, 2200 ; 0, 4000 \}$

Tyto vztahy platí pro cihly plné pálené. Vztahy jsou zpracovány pro cihly vyrobené v období 1810 až 1900. [24]

Waitzmannův tvrdměř [24]

$f_{bc-W} = 624,48 * \beta^2 - 171,8 * \beta + 16;$ $r = 0,911$ (2.1)

$\beta \in \{ 0, 2200; 0, 3700 \}$

Ultrazvuková impulsová metody [24]

a) Přímé prozvučování

$$f_{bc-U} = 2,7836 \cdot V^2 - 50,66 \cdot V + 14,1; \quad r = 0,710 \quad (2.2)$$

$$V \in \{1,4; 3,2 \text{ km/s}\}$$

b) Polopřímé prozvučování [24]

$$f_{bc-U} = 3,8706 \cdot V^2 - 10,316 \cdot V + 21,39; \quad r = 0,689 \quad (2.3)$$

$$V \in \{1,4; 3,2 \text{ km/s}\}$$

Odrazová a vrtaná metoda

Tyto kalibrační vztahy mají pouze studijní charakter. Byly použity pro zhodnocení využitelnosti Schmidtova tvrdoměru typu L i jádrových vrtů TZUS.

Schmidtův tvrdoměr typu L [24]

$$f_{bc-L} = 0,904 \cdot R - 13,38; \quad r = 0,743 \quad (2.4)$$

Schmidtův tvrdoměr typu LB [24]

$$f_{bc-LB} = 1,295 \cdot R - 11,80 \quad r = 0,951 \quad (2.5)$$

Jádrové vrtání TZUS [24]

$$f_{bc-TZUS} = 60 - 2 \cdot D \quad (2.6)$$

$$f_{bc-1840} = 53,6 - 1,403 \cdot D; \quad r = 0,73 \quad (2.7)$$

$$f_{bc-1840} = 54,3 - 0,975 \cdot D; \quad r = 0,93 \quad (2.8)$$

Vyhodnocení měření

Waitzmannův tvrdoměr : výsledky měření poměru β jsou platné, jestliže se minimálně pět hodnot průměru β neliší od průměru vypočítaného pro dané zkušební místo o více než 13,5%.

Schmidtův tvrdoměr : platné výsledky měření musí mít minimálně pět hodnot odrazu nelišící se od průměru vypočítaného pro dané zkušební místo o více než 13,5%.

Jádrové vrtky vrtačkou TZUS : platnost vrtů může být akceptována, jestliže tři hodnoty hloubky vrtu se neliší od průměru vypočítaného pro dané zkušební místo o více než 15%.

Z průměrné hodnoty vtisku, odrazu či hloubky vrtu se podle příslušných kalibračních vztahů vypočítá pevnost cihly v tlaku.

Zkoušení UZ impulsovou metodou

Frekvence, která je doporučena pro zkoušení vzorku se pohybuje od 80 kHz do 100 kHz. Prozvučení se většinou provádí na daném vzorku cihly přímo a polopřímou. Na jednom vzorku proběhnou minimálně čtyři měření. Ze získaných hodnot je nutné vypočítat průměrnou rychlost šíření

UZ impulsů. I v tomto případě se z průměrné hodnoty rychlosti šíření UZ impulsů vypočítá podle daných kalibračních vztahů pevnost cihly v tlaku.

Zhodnocení nedestruktivních metod

Využitelnost pro stanovení pevnosti cihly v tlaku již v zabudovaných konstrukcích.

Tvrdoměrné zkoušky

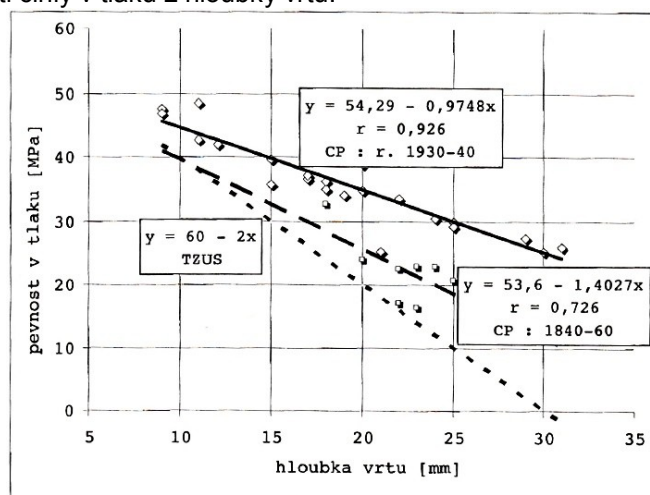
Waitzmannův tvrdoměr : kalibrační vztah (2.1) má vysokou těsnost korelace, korelační koeficient $r = 0,911$, za vhodné se považují kalibrační vztahy s koeficientem korelace $r > 0,85$.

Schmidtův tvrdoměr :

Typ L je pro zkoušení cihel problematický a dokázal to i kalibrační korelační koeficient. Tento model Schmidtova tvrdoměru je určen pro zkoušení betonu. Tvar razníku tvrdoměru není vhodný pro zkoušení cihlářského stěpu. Závislost mezi odrazem tvrdoměru a pevností v tlaku existuje. Upravený kalibrační vztah, kdy korelační koeficient $r = 0,743$ je prakticky nepoužitelný.

Typ LB má razník vytvořený tak, aby bylo možné testovat keramické výrobky, proto je také více vhodný i na cihlářské prvky. Je vytvořen úzký kalibrační vztah (2.5) podle ČSN 73 1370 [34] pro cihly stejného původu. Má vysokou těsnost korelace, kde koeficient je $r = 0,951$ a právě tato skutečnost lze reálně využít v praxi.

Vrtání metodou TZÚS přinesla značné rozdílné výsledky. Kalibrační vztah zpracovaný výrobcem je určen pro cihly vyráběné tažením, tudíž nevyhovující pro cihly vyráběné lisováním. U běžné kvality cihel hloubka vrtu ovlivňuje strukturu, která vykazuje více defektů než u cihel vyráběných lisováním. Tuto metodu lze použít u historických cihel, ale za předpokladu, vytvoření kalibračního vztahu pro určování pevnosti cihly v tlaku z hloubky vrtu.



Obr. 2.12. Grafické znázornění aplikace nedestruktivních metod [24]

Jak postupovat:

Při stanovování pevnosti cihel v tlaku u historických objektů nedestruktivními metodami je dobré omezit počet vzorků odebraných z konstrukce, minimálně však tři, vše se odvíjí od rozsahu vyšetřované konstrukce a původu cihel. Na odebraných vzorcích se provede měření nedestruktivní metodou. A ve zkušebním lisu, destruktivní metodou se zjistí pevnost v tlaku. Takto dvě zjištěné hodnoty, pomocí nedestruktivní a destruktivní metody slouží k výpočtu upřesňujícího součinitele postupem podle ČSN 73 1373 [34]. Tímto součinitelem se pak přenásobí veškeré hodnoty pevnosti cihel v tlaku vypočítané nedestruktivní metodou.

Ultrazvuková impulsová metoda

Využití pro stanovení pevnosti plných pálených cihel není jednoznačné. Jelikož existuje závislost mezi pevností v tlaku a UZ impulzem, ale korelační koeficient se pohybuje okolo 0,69 až 0,71 z toho vyplývá, že pro praktické využití se nehodí. Tato metoda lze uplatnit tam, kde cihelný stěp nemá tolik defektů. A pro každý prvek podle typu výroby, by se musel sestavovat kalibrační vztah. Proto tato metoda z praktického hlediska není vyhovující.

Závěr

Nejvíce vhodnou metodou pro zkoumání pevnosti cihel v tlaku u historických objektů s využitím nedestruktivní metody je Waitzmannova metoda tvrdoměru, ale musí být k dispozici směrný kalibrační vztah. Provedená zkouška, aby byla směrodatná, by musela obsahovat minimálně 100 vzorků cihel o různém původu.

Ve zkoušce obstál i Schmidtův tvrdoměr typu LB. Byla prokázána vysoká vypovídající schopnost u výsledků měření. Jednoznačné výhody nedestruktivních metod jsou v šetrnosti zjišťování vlastností prvků v konstrukcích, rychlost získání výsledků spolu s vytvořením souhrnu údajů o pevnosti zabudovaných plných pálených cihel.

3.8 Určení stáří cihly pomocí termoluminiscence

Termoluminiscence (dále jen TL) využití při výzkumu cihel

Principem této metody je, že některé minerály obsažené v jílu používané při výrobě cihel nebo terakotových výrobků mají schopnost absorbovat určitou část přirozeného radioaktivního záření vycházející z okolních látek ve formě potenciální energie. Je to metoda používaná především v archeologii, kde se zkoumají keramické nálezy a vykopávky.

Jestliže dojde k zahřátí takového minerálu, vznikne elektromagnetické záření dokonce i ve viditelném spektru. Látka z kterou se pracuje v TL metodě je křemen, ale na jevu se podílí i živec či jiné minerály. Mechanismus absorpce energie lze popsat pomocí pásové teorie pevných látek.

Dojde-li k vypálení jakéhokoliv výrobku z jílu, předmět ztrácí veškerou energii dosud naakumulovanou z předchozí doby. Ovšem po vychladnutí předmětu začíná nová akumulace energie.

Dojde-li k zahřívání vzorku v laboratoři, lze změřit energii vyzářenou v důsledku tohoto ohřevu. Doba, která uplynula od posledního zahřívání je v závislosti na vyzáření energií.

Toto vyjádření je nutné upravit o roční absorbovanou dávku. A každý vzorek se musí individuálně kalibrovat pro zjištění jeho citlivosti na záření. Kalibrace v tomto případě znamená, že se vzorek uměle ozáří a měří se absorbovaná energie.

Každá metoda je nedokonalá. V optimálních podmínkách je chyba kolem 5%. Je-li odebráno více vzorků riziko chyby se snižuje. Další nepřesností bývá individuální chyba, která je způsobena výpočtem dávky externího záření gama a stanovení kolísání obsahu vody. Vlhkostní chyba způsobuje mnohem větší nepřesnosti, je-li špatně určena. U vzorku, který je odebrán z větší tloušťky zdi minimálně 480 mm a i větší hloubky, se lépe stanovuje datování. V ostatních případech je chyba v datování větší.

Jeden z dalších problémů při stanovení stáří cihly může nastat u budov, které zažily požár bez datové identifikace. Ovšem průzkum TL ukázal, že běžné poškození ohněm neničí TL metodu. Jelikož byly zkoumány cihly v objektu, kde roku 1945 proběhl požár. Hloubka ovlivnění požárem byla okolo 5 až 6 centimetrů což není takový problém pro přesné stanovení datování.

4 VÝVOJ PARAMETRŮ HISTORICKÉHO ZDIVA

4.1 Vývoj rozměrů cihel na Českém a Moravském území

Podle jednotlivých období

- Druhé republiky až II. světové války (1938 - 1945)
- Socialismus (1948 až 1989)

Vybrala jsem jenom ta období, která se lišila určitými parametry. Publikace z určitého období obsahovaly stejné informace jelikož čerpaly ze stejných zdrojů.

Druhy cihel:

Název:	Jiné označení:
Cihla obyčejná	Zdice, Gewöhnliche Mauerziegeln
Pevnostnice	cihla fortifikační, Fortifikationsziegeln
Cihla krovová	Taška, Křídlice, Dachziegeln, Taschen
Cihla vyduťatá	Prejz, Hohlziegeln
Cihla klenutá	Klenačka, Gewölbziegeln
Cihla komínová	

Veškeré délkové rozměry jsou uváděny v palcích dolnorakouských. Velikost dolnorakouského palce činí 2,634 cm.

Tab. 3.2. Vývoj rozměrů cihel na Českém a Moravském území [14]

Místo	Rok	Délka		Šířka		Výška	
		v palcích	v cm	v palcích	v cm	v palcích	v cm
Obyčejná cihla zv. zdice (Mauerziegeln)							
Dolní Rakousy	1868	11 ½	30,3	5 ¼	13,8	2 ½	6,6
	1715	11	29,0	6 ¼	13,8	2 ⅔	7,0
	1773;1798	11	29,0	7 ¼	13,8	2 ½	6,6
Monarchie	1788	12	31,6	6	15,8	3	7,9
Morava	1810	11 ½	30,3	5 ¾	15,1	2 ¾	7,2
Monarchie	1831	11	29,0	5 ½	14,5	3 ¾	7,2
Čechy	1839	11 ½	30,3	6 ½	14,5	2 ½	6,6
Pevnostnice zv. cihla fortifikační (Fortifikationsziegeln)							
Čechy	1839	12	31,6	6	15,8	3	7,9

Cihla krovová zv. taška (Dachziegeln, Taschen)							
Dolní Rakousy	1686	16	42,1	7	18,4	$\frac{2}{3}$	1,8
	1715	16	42,1			$\frac{3}{4}$	2,0
	1773;1798	17	44,8			$\frac{1}{2}$	1,3
Monarchie	1788	> 14	> 36,9			$> \frac{1}{2}$	> 1,3
Morava (tzv. křídlice)	1810	13 $\frac{1}{2}$	35,6			$\frac{3}{4}$	2,0
Čechy	1839	14	36,9			$\frac{1}{2}$	1,3
V Čechách odmítnutý vídeňský návrh	1844	17	44,8			$\frac{1}{2}$	1,3
Cihla vydutá zv. Prejz (Hohlziegeln)							
Čechy	1839	16	42,1	11 $\frac{1}{2}$	30,3	9 $\frac{1}{2}$	25,0
Cihla klenutá zv. klenačka (Gewölbziegeln)							
Dolní Rakousy	1686	9 $\frac{3}{4}$	25,7	6 $\frac{1}{2}$	17,1	3,0	7,9
	1715	9 $\frac{3}{4}$		6 $\frac{1}{2}$		2 $\frac{2}{3}$	7,0
	1773;1798	9		6,0		15,8	2 $\frac{1}{2}$
Monarchie	1788	9 $\frac{1}{2}$	25,0	7 $\frac{1}{2}$	19,8	3,0	7,9
Čechy	1839	10	26,3	7,0	18,4	2,0	5,3
V Čechách odmítnutý vídeňský návrh	1844	9	23,7	6,0	15,8	2 $\frac{1}{2}$	6,6

4.2 Období druhé republiky až II. světové války (1938 - 1945)

4.2.1 Cihelné výrobky

Cihly nepálené

Z hlíny sušené vzduchem známé pod názvem vepřovice, syrovice, batíky či cihly egyptské. Pevnost cihel je malá a velmi proměnlivá jelikož je odvozená od surovin, hutnění daného materiálu do forem, promísením hmoty i vysoušením. Pevnost cihel nepálených se pohybovala okolo 6 až 20 kg/cm². Bez odolnosti proti vlhkosti.

Plné vápenopískové cihly

Známé i pod názvem pískové cihly. Vyráběné ze směsi čistého křemičitanového písku a vápna získaného pálením. Pak docházelo k lisování a tvrzení v kotli při tlaku pár 8,106 až 10,133 barů po dobu 10 až 12 hodin. Podle německých i českých norem byla požadovaná pevnost 150 kg/cm³. Nasákavost menší než 10 % váhy. Mohou být impregnovány dehtem, který způsobuje snížení pevnosti cihly. Určeny pro silniční vozovky.

Rozměry : 290 x 140 x 65 mm

nebo 250 x 120 x 65 mm

Objemová váha : 1 750 až 1 900 kg/m³

Plné vápenostruskové cihly

Jejich pevnost se pohybuje okolo 80 až 150 i více kg/m^2 . Pevnost se odvíjela od doby tvrdnutí a vlhkosti. Nasákavost nejméně 10 %. Jsou-li struskové cihly tvrzené v přehřáté páře mají dobré vlastnosti i bez přidávaného vápna.

Anglické struskové cihly se odlévají z přetavené vysokopecní strusky do železných kadlubů. U nás méně obvyklé.

Cihly škvárové

Zvané též škvárovky. Vyráběny ze zbytků spálených paliv, bez sirných sloučenin, zbytků uhlí a jiné. Pojivem byl cement. Škvárové cihly se lisovaly do tvaru klasické cihly nebo používanější tvárnice s dutinami. Má dobré izolační i protihlukové vlastnosti. Patří sem i trávnice vytvářené ze škváry ze spaloven městských smetí a odpadů.

Pevnost klasických škvárovek :	od 15 do 30 kg/m^2
Pevnost cihel ze škváry z městských spaloven smetí :	od 50 do 100 kg/m^2

Lehké struskové cihly

Výhodou této cihly je vyšší izolační schopnost, ale na úkor pevnosti. Tyto cihly se vyrábějí z upravené vysokopecní strusky nebo struskové moučky z kterých se udělá uměla pemza. Další přísadou je vápno nebo cement. Cihla je náhradou za pravou pemzovou cihlu vyráběnou z pemzového písku hydraulického pojiva.

Velmi lehké cihly

Surovinou pro výrobu této cihly je křemelina. Křemelina má dobré izolační schopnosti. Čím je objemová hmotnost menší, tím je menší i pevnost, ale izolační schopnost je větší. Vyrábí se z tak zvané rozsivkové hlíny.

Objemová váha:	300 až 700 kg/m^3
tepelná vodivost	0,085 až 0,104 $\text{kal/m}^0\text{C h}$

Výrobky značky:	Calofrig
Nevypálené tvárnice	
Isostone	objemová váha 600 až 680 kg/m^3
vypálené tvárnice	duté tvárnice na příčky izolační tvárnice

Objemová váha těchto cihel se pohybovala od 200 do 730 kg/m^3
Součinitel tepelné vodivosti byl od 0,071 do 0,113 $\text{kal/m}^0\text{C h}$

Tvárnice ze sádry

Zvané sádrovice. Přísady těchto tvárníc byly úlomky cihel, škváry, rašeliny, hobliny, popela i křemeliny. Vyráběné ve dvou variantách plné nebo pórovité. Nevýhodou byla nízká odolnost proti vlhkosti.

Objemové váha: 700 až 900 kg/m³
Pevnost v tlaku : 10 až 30 kg/cm²

Korkové tvárnice

Výroba této tvárnice byla z korkové drti a pojivem byl tmel.

Objemové váha: 200 až 350 kg/m³
Tepelná vodivost: 0,04 až 0,05 kal/m °C h
Pevnost v tlaku: 8 až 10 kg/cm²
za silného lisování i 20 kg/cm²

Zhuštěný korek nazýván expandit

Objemové váha: 180 kg/m³
Tepelná vodivost: 0,038 kal/m °C h

Vyráběly se i korkové desky, které se namáčely do kamenouhelného dehtu. Tyto desky se používaly do chladíren.

Korfund byly desky určené pod stroje na útlum otřesů. Desky lisovány z celistvého korku a stahovány obručemi. Desky snesly tlak 50 kg/cm².

Pórovité tvárnice

Vyráběly se s přísadami rašeliny, slisovanými hoblinami s cementovým pojivem. Slouží jako tepelně i zvukově izolační materiál.

Objemové váha: 200 až 350 kg/m³
Tepelná vodivost: 0,045 až 0,070 kal/m °C h

Do této skupiny patří i Heraklit:

Objemové váha: 400 kg/m³
Tepelná vodivost: 0,070 kal/m °C h

Další desky podobně vyráběné jsou výrobky z lisovaného a impregnovaného papíru s vláknitou, látkovou nebo kokosovou výplní. Požívala se také skleněná nebo strusková vlna.

Cihly pálené ze zemitých surovin

Zemité suroviny jsou hlíny, slíny i jíly. Tyto suroviny jsou nejprve upraveny pro použití ve stavitelství. Jsou vylepšovány příměsmi ostřidel nebo tavidel. Vlastnosti konečného výrobku jsou závislé na vstupních surovinách, způsobu výroby, stupni vypálení i tvaru. Tvary, které se vyskytují jsou plné cihly, duté nebo děrované cihly. Platily normy ze dne 23. prosince 1931, kde se rozeznávají čtyři druhy pálených cihel.

- o Kabřince cihly kameninové, zvonivky, kanálovky nebo kanálky
- o Tvrdé či ostře pálené cihly
- o Pevné cihly
- o Obyčejné cihly

velkého formátu	290 x 140 x 65 mm
malého formátu	250 x 120 x 65 mm

Radiální komínovky

Známé také pod názvem radiálky. Děrované cihly s pevností 250 kg/cm^2 .

Cihly lícné

Zvané lícovky. Duté nebo děrované cihly. Jelikož cihly byly vystaveny různým klimatickým vlivům musely být tvořeny z lepších surovin a odolné i proti výkvětům.

Cihly modré

Zvané též železné nebo keramitové. Páleny při vysokých teplotách, které způsobovaly tavení některých surovin a uzavíraly póry. Vyznačovaly se velkou houževnatostí a malou obrusností ($0,06$ až $0,1 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$). Cihly byly kyselinovzdorné, vhodné na obklady soklů i stavbu kanalizačních vyzdívek, nádrží na kyseliny apod.

Pevnost v tlaku: 2000 i více kg/cm^2

Plné pálené cihly lehčené (pórovitě)

Cihly se vyráběly jako klasické cihly za potřeby těchto činností tváření, sušením a pálením. Hmota cihly tvořena materiálem ze sialitických keramických zemin s převážně organickými příměsmi pro vylehčení. Používaná lehčiva byla z jemného uhlí, koksu, dýmnicového moursu, rašeliny, řezanky, plev, jehličí, dřevěných pilin, mleté kůry, zbytků lnu, konopí, křemeliny i vyloučené třísliviny. Od použitých lehčiv jsou odvozené příslušné názvy jako cihla mourovka, rašelinovka, pilinovka i tříslivka.

Nasákavost cihle i více jak 50 % a malá pevnost, která činila méně jak 20 a maximálně 30 kg/cm^2 .

Cihly šamotové, dinasové, magnesitové

Cihly určené do prostor, kde musí odolávat vysokým teplotám.

Velikost cihel : 250 x 120 x 65 mm

Pevnost v tlaku : 100 až 500 kg/cm²

Tab. 3.3. Vlastnosti cihel [30]

Druh	Objemová váha kg/m ³	Nasákavost % váhy	Pevnost v tlaku popř. v ohybu kg/cm ²	Tepelná vodivost v suchém stavu λ kal/m ⁰ Ch
Cihly pálené				
Kameninové (kabřince)	2 000 - 2 100 - 2 200	< 7,5 - 9,0	480 - 600 - 1 200	0,70 - 0,90
Tvrdé	1 700 - 1 800 - 1 950	< 15 - 18	240 - 300 - 600	0,60 - 0,70
Pevné	1 600 - 1 750 - 1 850	> 15	120 - 300 - 300	0,40 - 0,60
Obyčejné	1 500 - 1 600 - 1 650	> 15	60 - 75 - 150	0,35 - 0,40
Málo pevné	1 500	> 20	50 - 75	0,32 - 0,35
Radiální komínové	1 750 - 1 800 - 1 900	> 12	250 - 500	0,50 - 0,60
Duté, jestavky	1 100 - 1 400	> 10	50 - 150	0,30 - 0,50
Pórovité, mourovky	800 - 1 000 - 1 200	30 - 100	20 - 30	0,15 - 0,30
Pórovité duté	650 - 800 - 1 000	30 - 100	10 - 25	0,15 - 0,20
Křemelinové	600 - 1 000	30 - 100	10 - 25	0,11 - 0,20
Cihly ohnivzdorné				
Šamotové	1 850 - 2 200	8 - 20	200 - 800	0,65
Dinas	1 750 - 2 000	8 - 15	100 - 500	0,95
Magnesit	2 700 - 2 800	15 - 20	500 - 1 000	1,30
Cihly a tvárnice nepálené				
Vepřovice	1 500 - 1 600 - 1 800	-	6 - 20	0,36 - 0,80
Struskové	1 550 - 1 600 - 1 650	10 - 15	80 - 180	0,60 - 0,80
Vápenopískové	1 750 - 1 800 - 1 900	10 - 20	50 - 250	0,70 - 0,90
Škvárové	1 200 - 1 300 - 1 400	20 - 50 i více	20 - 40	asi 0,60
Struskové ze spalovny smetí	1 400 - 1 500 - 1 600	20 - 50	50 - 70 - 100	-
Calorigové	600 - 700	-	20 - 40	0,11 - 0,20

Tab. 3.4. Mez pevnosti cihel [30]

Druh	Mez pevnosti v kg/cm ²			
	v tlaku	v tahu	v ohybu	ve smyku
Kameninové (kabřince)	600 - 1 200	30 - 60	70 - 140	80 - 160
Tvrdé	300 - 600	15 - 30	30 - 70	35 - 80
Pevné	150 - 300	6 - 12	15 - 30	16 - 35
Obyčejné	70 - 500	3 - 6	5 - 12	6 - 15
Málo pevné	30 - 75	2 - 4	3 - 6	3 - 6

4.2.2 Malty a pojiva

Norma pro vápna dosud neexistovala. Návrh norem z roku 1928 rozeznával dva druhy. Vápno vzdušné (bílé) a hydraulické (slabé nebo silně hydraulické). Podle norem z roku 1934 bylo požadováno ve směsi cementu s normovým pískem 1 : 3.

Tab. 3.5. Pevnost malt podle německých norem [30]

Druhy	Uložení dní		Pevnost v kg/cm ²	
	na vzduchu	ve vodě	v tlaku	v tahu
Malta z vápna				
bílého	28	-	6	2
	56	-	8	3
šedého	28	-	6	2
	56	-	8	3
	21	7	6	2
	21	35	8	3
vodního	28	-	15	5
	56	-	25	8
	7	21	15	5
	7	49	25	8
cementového	7	21	30	8
	7	49	40	10
vápna (cementu) románského z 0,8 d vápna + 1 d. trasu + 1 d. norm. písku	1	27	60	12
	3	4	60	8
	3	25	140	16
Malta hliněná	-	-	4 - 6	-
Malta nastavovaná po 28 dnech míšená	-	-	-	-

1 d. cementu : 4 d. váp. :10 d. písku	-	-	18 - 40	5 - 10
2 d. cementu : 1 d. váp. :10 d. písku	-	-	50 - 80	6 - 15
Malta trasová po 28 dnech. 1 d. tr : 1 d. vody : 1 d. písek	-	-	70	14
Sádra měkká (sochařská) po 7 dnech	-	-	50 - 150	-
Sádra tvrdá (zednická) po 28 dnech	-	-	80 - 250	25
Strusková vysokopecní, kusová	-	-	1 000 - 2 500	-

4.3 Období socialismus (1948 až 1989)

Z tehdejších norem, byla vytvořena publikace autory prof. Františkem Kloknerem a prof. Janem Vojtěchem společně s týmem kolegů. Kteří vytvořili přehlednou příručku určenou pro každodenní práci stavitele. Zde jsou uvedeny normy, které se týkají oblasti cihel a malt, jelikož se diplomová práce touto problematikou zabývá. Tato část obsahuje doplňky z daného období, co v předchozím období nebylo zmíněno.

Normy ČSN

1050 - 1944	Zatížení stavebních konstrukcí
1168 - 1939	Provádění prací zednických a přidružených
1180 - 1948	Drenážní trubky
1181 - 1943	Duté cihly
1182	Cihly plné pálené
1183 - 1950	Děrované nosné cihly pálené
1184 - 1949	Voštinové pálené cihly
1185	Plné pálené cihly lehčené
1212 - 1943	Vápno
1213 - 1947	Cement portlandský, železoportlandský a vysokopecní
1271 - 1950	Plné vápenostruskové cihly volně tvrzené na vzduchu
1272 - 1948	Plné vápenopískové cihly
1273	Lehké betonové tvárnice
1289 - 1941	Ohnivzdorné cihly
1290 - 1938	Ohnivzdorná staviva, definice a rozdělení
1291 - 1938	Zkoušení žárovzdorných staviv
1581 - 1949	Šamotové a dinasové cihly a tvárnice základní
2013 - 1935	Podmínky pro kamen. Práce stavební
2023 - 1949	Pálené komínovky

Zdroj: [27], [28]

Tab. 3.6. Objemové tíhy stavebních materiálů z roku 1953 [27]

Název	kg/m ³
Zdivo kamenné	
kvádrové z hutného kamene <i>žula, rula, syenit, porfýr, diorit, andesit, hutný pískovec, vápenec</i>	2 700
z pórovitého kamene <i>z pórovitého pískovce a vápence</i>	2 200
lomové, řádkové, kyklopské z hutného kamene	2 500
lomové, řádkové, kyklopské z pórovitého kamene	2 100
Zdivo cihlové a tvárnice	
<i>Z cihel pálených:</i>	
obyčejných P 100 a P 200 na maltu vápennou	1 800
pilířovky P 350 na maltu nastavovanou	1 900
kabřince P 600 na maltu cementovou	2 150
voštinových na maltu vápennou	1 400
děrovaných příčně pro nosné zdivo na maltu vápennou	1 500
děrovaných podélně pro nenosné zdivo na maltu vápennou	1 100
lehčených na maltu vápennou	1 100
lehčených částečně - pevnost v tlaku 100 kg/cm ²	1 650
lehčených normálně - pevnost v tlaku 60 kg/cm ²	1 350
velmi lehčených - pevnost v tlaku 15 kg/cm ²	1 050
vápenopískových na maltu vápennou	1 850
škvárových na maltu vápennou	1 400
šamotových na maltu vápennou	1 850
betonových plných na maltu nastavovanou	2 150
z tvárnic betonových lehkých na maltu nastavovanou	1 500
plných na maltu nastavovanou	2 150
Malty a omítky	
cementová	2 300
sádrová	1 200
vápenná	1 700
vápenná nastavovaná cementem	2 000
vápenná nastavovaná sádrou	1 700
vápenná na rákosování	1 500
rabicová omítka z malty cementové	2 400

Je-li použito jiné pojivu musí se opravit objemová tíha. Zdivo na maltu nastavovanou je o 75 kg/m³ těžší než zdivo na maltu vápennou a o 75 kg/m³ lehčí než zdivo na maltu cementovou. Norma ČSN 1273 [27] připouští objemovou váhu tvárnic v mezích od 800 až 1 400 kg/m³.

4.3.1 Cihlářské výrobky

Cihly nepálené

Tab. 3.7. Vlastnosti nepálených cihel [28]

Druh	Průměrná pevnost v tlaku kg/cm^2		Nejmenší dovolená pevnost jednoho vzorku kg/m^2	Normová pevnost v tlaku v kg/cm^2
	od	do		
Nepálené cihly	7	15	-	7
	15	25		15
	25	-		25

Plné vápenopískové cihly

Díry mohou být provedeny pouze kolmo k ložné spáře. Průřez těchto děr nesmí přesáhnout 15% z celkového průřezu cihly. Směrodatná norma pro tyto výrobky ČSN 1272 - 1948 [27]. Předepisovala zkoušku na 10 cihlách v lomu. Pevnost v tlaku se prováděla na půlkách cihel, které zůstaly po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu.

Tab. 3.8. Vlastnosti plných vápenopískových cihel [27]

Označení	Nejmenší pevnost v tlaku		Nejmenší pevnost v tahu za ohybu		Nasákavost za varu průměr. jednotlivých hodnot	Odolnost proti mrazu
	prům. hodnota	jednotlivá hodnota	prům. hodnota	jednotlivá hodnota		
	kg/m^2				% váhy	
V 150	150	120	20	16	≤12	pro cihly vystavené střídavému účinku vlhka a mrazu

Rozměry : 290 x 140 x 65 mm

Objemová váha : 1 750 až 1 900 kg/m^3

Plné vápenostruskové cihly

Tyto cihly byly volně tvrzené na vzduchu a lisovány ze struskového písku. Přísadou bylo hašené vápno. Struska se získávala z vysokých pecí. Vztahující se norma byla ČSN 1271 - 1950 [27]. Pevnost v tlaku zjišťována na pěti cihelných půlkách. Cihly VS 100 byly viditelně označeny kroužkem na ložné ploše cihly o průměru zhruba 25 mm do hloubky 30 až 50 mm.

Rozměry : 290 x 140 x 65 mm

Tab. 3.9. Vlastnosti plných vápenostruskových cihel [27]

Označení		Nejmenší pevnost v tlaku		Nasákavost průměr. i jednotlivých hodnot	Odolnost proti mrazu
pro objednávku	na výrobku	prům. hodnota	jednotlivá hodnota		
		kg/m ²		% váhy	
VS 100	°	100	80	>10	pro cihly vystavené účinkům vlhka a mrazu
VS 60		60	50	>10	pro cihly vystavené účinkům vlhka a mrazu

Cihly škvárové

Vztahující se norma byla ČSN 1272 - 1948 [27].

Druhy škvárových cihel :

- obyčejné o střední pevnosti alespoň 30 kg/m² či jednotlivé 24 kg/m² či
- zvláštní o střední pevnosti alespoň 50 kg/m² či jednotlivé 40 kg/m² či

Objemová váha :

- obyčejné 1 000 kg/m³
- zvláštní 1 200 kg/m³

Do této kategorie patří i cihly ze škváry z městských smetí a odpadků. Při správném strojním zpracování dosahovala pevnost 50 až 100 kg/m².

Lehké struskové cihly

Vztahující se norma byla ČSN 1271 - 1943 [27].

Druhy lehkých struskových cihel :

- obyčejné o střední pevnosti alespoň 20 kg/m² či jednotlivé 16 kg/m² či
- zvláštní o střední pevnosti alespoň 30 kg/m² či jednotlivé 24 kg/m² či

Objemová váha :

- obyčejné 1 000 kg/m³
- zvláštní 1 200 kg/m³

Pórovité tvárnice

Vztahující se normy ČSN 2217 - 1943 a ČSN 2203 - 1941 [27] platily pro lehké stavební desky z dřevité vlny.

Cihly pálené ze zemitých surovin

Děrované cihly jsou takové cihly, kde procentní podíl průměru děr ku celkovému průřezu cihly je vyšší jak 15%. Vztahující se norma byla ČSN 1183 - 1950 [27] pro děrované nosné pálené cihly a pro plné pálené cihly platila norma ČSN 1180 - 1948 [27]. Pro cihly plné pálené byla předepsána zkouška na 10 cihlách v lomu. Pevnost v tlaku se prováděla na půlkách cihel, které zůstaly po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. U cihel děrovaných nosných pálených se zkouška pevnosti v tlaku zjišťovala na pěti celých cihlách jednoho druhu.

Rozměry: 290 x 140 x 65 mm

Cihly se vyskytovaly ve dvou jakostních třídách rozděleny podle odchylek od jmenovitých rozměrů.

Tab. 3.10. Druhy a vlastnosti plných pálených cihel [27]

Označení	Slovní označení	Nejmenší pevnost v tlaku		Nejmenší pevnost v tahu za ohybu		Nasákavost za varu		Odolnost proti mrazu
		průměrná hodnota	jednotlivá hodnota	průměrná hodnota	jednotlivá hodnota	průměrná hodnota	jednotlivá hodnota	
		kg/m ²				% váhy		
P 100	obyčejné cihly	100	80	15	12	≤ 15		proti střídavým účinkům vlhka a mrazu
P 200	obyčejné cihly tvrdé	200	160	30	24			
P 350	pilířovky	350	280	50	40	≥ 15	≥ 18	ano
P 600	kabřince	600	480	70	56	≥ 7,5	≥ 9	ano

Tab. 3.11. Druhy a vlastnosti plných pálených lehčených cihel [28]

Druh	Průměrná pevnost v tlaku kg/cm ²		Nejmenší dovolená pevnost jednoho vzorku kg/m ²	Normová pevnost v tlaku v kg/cm ²	Předepsaný základní rozměr v cm	
	od	do				
Pálené cihly	Plné lehčené	10	15	8	10	29 x 14 x 6,5
		15	40	12	15	
		40	60	36	40	
		60	80	48	60	
		80	100	64	80	
		100	-	80	100	

Tab. 3.12. Druhy a vlastnosti děrovaných nosných pálených cihel [27]

Označení	Slovní označení	Nejmenší pevnost v tlaku		Nejmenší nasákavost za varu	Odolnost proti mrazu	Nejmenší váha	
		průměrná hodnota	jednotlivá hodnota			objemová	jedné cihly
		kg/m ²		% váhy		kg/m ³	kg
CDN a	příčně děrovaná nosná cihla a	120	100	≥ 12	je-li potřeba musí být předepsána	1 700	7,0
CDN b	příčně děrovaná nosná cihla b						9,7
CD 2919 a	podélně děrovaná nosná cihla 2919 a	60	50				9,6
CD 2919 b	podélně děrovaná nosná cihla 2919 b						13,0
CD 2909 a	podélně děrovaná nosná cihla 2909 a						4,5
CD 2909 b	podélně děrovaná nosná cihla 2909 a						6,2
CD 1419 a	podélně děrovaná nosná cihla 1419 a						4,6
CD 1419 b	podélně děrovaná nosná cihla 1419 a						6,3
CD 1409 a	podélně děrovaná nosná cihla 1409 a						2,2
CD 1409 b	podélně děrovaná nosná cihla 1409 a						3,0

Tab. 3.13. Vlastnosti děrovaných nosných pálených cihel [28]

Druh		Průměrná pevnost v tlaku kg/cm ²		Nejmenší dovolená pevnost jednoho vzorku kg/m ²	Normová pevnost v tlaku v kg/cm ²
		od	do		
Pálené cihly	svisle děrované	100	120	80	100
		120	-	-	120
	vodorovně děrované	60	-	50	60

Duté cihly pro tvárnivé stropy

Určené pro stropy žebrové z železobetonu mají ocelovou vložku. Průměrná pevnost v tlaku po odečtení děr je nejméně 225 kg/cm². Pevnost jednotlivé cihly je nejméně 150 kg/cm². Vztahující se norma byla ČSN 1181 - 1943 [27].

Pálené komínovky

Vztahující se norma byla ČSN 2023 - 1949 [27]. Pevnosti v tlaku zjišťována na pěti celých cihlách jednoho druhu.

Tab. 3.14. Vlastnosti pálených komínovek [27]

Nejmenší pevnost v tlaku		Nejmenší nasákavost za varu	Odolnost proti mrazu
průměrná hodnota	jednotlivá hodnota		
kg/m ²		% váhy	
200	160	≥ 10	Ano
250	200		
350	280		

Voštinové pálené cihly

Děrované cihly s nejméně 72 děr. Otvory jsou kolmé k ložné ploše. Vyrábějí se z vhodných keramických hlín s přísadami ostřiv, taviv a někdy i lehčiv za pomoci tváření, sušení a pálení. Počet děr ve voštinové cihle může být i menší než 72. Jelikož otvory mohou být sloučeny a vytvořit tak větší. Maximální průřezová plocha jednotlivých děr může být 2 cm². Plocha většího otvoru uprostřed cihly nesmí přesáhnout 8 cm². Otvory jsou vzdáleny minimálně od okraje cihly 1 až 2 cm. I tyto cihly jsou děleny do dvou tříd v závislosti na odchylce jmenovitých rozměrů. Vztahující se norma byla ČSN 1184 - 1949 [27]. Pevnosti v tlaku se zjišťovala na pěti celých cihlách jednoho druhu.

Rozměry cihly: 290 x 140 x 108 mm
 290 x 140 x 148 mm

Tab. 3.15. Druhy a vlastnosti voštinových cihel [27]

Označení	Slovní označení	Nejmenší pevnost v tlaku		Nejmenší nasákavost za varu	Odolnost proti mrazu	Nejmenší váha	
		průměrná hodnota	jednotlivá hodnota			objemová	jedné cihly
		kg/m ²		% váhy		kg/m ³	kg
V 10,8	voštinová cihla 10,8	120	100	12	je-li potřeba musí být předepsána	1 300	5,70
V 14,8	voštinová cihla 14,8						7,81

Tab. 3.16. Vlastnosti voštinových cihel [28]

Druh		Průměrná pevnost v tlaku kg/cm ²		Nejmenší dovolená pevnost jednoho vzorku kg/m ²	Normová pevnost v tlaku v kg/cm ²
		od	do		
Pálené cihly	voštinové	80	120	-	80
		120	-	100	120

Plně pálené cihly lehčené (pórovité)

Díry mohou být provedeny pouze kolmo k ložné spáře. Průřez těchto děr nesmí přesáhnout 15% z celkového průřezu cihly. Vztahující se norma byla ČSN 1184 - 1949 [27]. Předepsána zkouška byla prováděna na 10 cihlách v lomu. Pevnost v tlaku se prováděla na půlkách cihel, které zůstaly po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Cihly se dělily na do dvou tříd.

Rozměry cihly: 290 x 140 x 65 mm

Tab. 3.17. Druhy a vlastnosti lehčených pálených cihel [27]

Označení	Slovní označení	Nejmenší pevnost v tlaku				Nejmenší pevnost v tahu za ohybu				Nejmenší nasákavost za varu		Největší váha jmenovité cihly kg
		prům. hodnota		jednotlivá hodnota		prům. hodnota		jednotlivá hodnota		prům. hodnota	jednotlivá hodnota	
		pro cihly třídy		pro cihly třídy		pro cihly třídy		pro cihly třídy				
		I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	pro cihly třídy I. a II.		
		kg/cm ²				kg/cm ²				% váhy		
L 100/1600	částečně lehčené cihly	100	80	80	64	20	16	16	13	25	20	4,22
L 60/1300	normálně lehčené cihly	60	40	48	36	15	10	12	9	40	30	3,43
L 15/1000	velmi lehčené cihly	15	10	12	8	5	3	4	2,5	60	48	2,64

Cihly šamotové a dinasové

Vztahující se normy ČSN 1581 - 1949, ČSN 1290 - 1938 a ČSN 1291 - 1938 [27]. Žáruvzdorné cihly a staviva se musely nejméně shodovat se Segerovou žároměrkou číslo 26. A norma ČSN 1580 [27] upravovala jakost žáruvzdorných stativ.

4.3.2 Obecné informace o cihlách

Zkoušky

Hodnoty zkoušek byly závislé na způsobu zpracování a následného výpalu.

Pevnost v tahu : cihly se obecně vyznačují malou pevností v tahu. U dobře pálených cihel se pevnost v tahu pohybovala okolo 1/15 až 1/30 pevnosti v tlaku, špatně pálené cihly měli téměř nulovou pevnost v tahu.

Pevnost v ohybu : dobré cihly měly 1/8 až 1/12 pevnosti v tlaku

Pevnost ve smyku : vycházela obdobně jako pevnost v ohybu

Tab. 3.18. Přehled jednotlivých pevností různých cihel [27]

Druh cihel	Mez pevnosti v kg/cm ²			
	v tlaku	v tahu	v ohybu	ve smyku
Kabřince	600 - 1 200	30 - 60	70 - 140	80 - 160
Pilířovky	300 600	15 - 30	30 - 70	35 - 80
Obyčejné cihly tvrdé	150 - 300	6 - 12	15 - 30	16 - 35
Obyčejné cihly	75 - 150	3 - 6	5 - 12	6 - 15
Málo pevné cihly	50 - 75	2 - 4	3 - 6	3 - 6

Tepelná vodivost

Tepelná vodivost se udává v kaloriích. Ekvivalentní tepelná jednotka 427 kgm se nazývá kalorie. Je to určité množství tepla, potřebné k ohřevu 1 kg chemicky čisté vody ze 14,5 °C na 15,5 °C. „Tepelná vodivost je počet kalorií, které projdou za 1 hodinu stěnou v ploše 1m² o tloušťce 1m při spádu teploty 1 °C na obou stranách stěny.“ [27] Tepelná vodivost není stále stejná mění se s teplotou okolního prostředí jak v interiéru tak v exteriéru i vlhkostí. Čím je větší vlhkost a objemová hmotnost, tím je i větší tepelná vodivost.

Značení tepelné vodivosti: λ

Tab. 3.19. Střední tepelná vodivost cihel v kal/m.h.°C [27]

Druh	λ	Druh	λ
Kabřinec	0,70 - 0,90	Komínovky	0,50 - 0,60
Pilířovky	0,60 - 0,70	Cihly křemelinové	0,11 - 0,20
Obyčejné cihly tvrdé (suché)	0,40 - 0,60	Vepřovice	0,36 - 0,80
Obyčejné cihly tvrdé (normální vlhkosti)	0,70 - 0,90	Cihly vápenopískové	0,70 - 0,90
Cihly děrované	0,30 - 0,70	Cihly škvárové	asi 0,60
Cihly voštinové	0,30 - 0,70	Lehké cihly struskové, pemzové	0,25 - 0,28
Cihly lehčené	0,20 - 0,25	Kalofrigové desky	0,11 - 0,20
Cihly šamotové	0,65	Korkové desky	0,04 - 0,10
Cihly dinasové	0,95	Heraklitové desky	0,06 - 0,14
Cihly magnesitové	1,15 - 1,30	Sklo	0,6 - 0,9

4.4 Malty a jiná pojiva

Pevnost malty se odvíjí od kvality vstupních surovin. Pojivem bývá vápno, cement, sádra apod. další přísada písek, který může být říční či kopaný apod. Další okolnosti, které ovlivňují kvalitu maltových pojiv je míšení, množství vody, způsob výroby, zpracování, stáří, vliv meteorologických podmínek při tvrdnutí malty. Malta se aplikuje jak na ložné, tak do styčných spár mezi jednotlivé stavební prvky.

Hodnoty v tabulkách vzhledem ke všem okolnostem mají široké meze nebo jsou brány hrubé průměry či dolní meze brány z různých norem. U malty vyráběné ze vzdušného (bílého, tučného) vápna tvrdne pozvolna a pevnosti dosahuje po velmi dlouhé době. Pevnost malt se zvýší obsahem cementu. Norma, která udává druhy malt je ČSN 1168-1939 a ČSN 2013-1935 [27]. Objemové váhy byly uvedeny v normě ČSN 1050-1944 [27]. Od 22. června 1951, č. j. 7/21-Výzk. 2-1951 muselo být k pytlí s cementem připojeno prohlášení o provedených kontrolních zkouškách odpovídajících označené třídě cementu.

Norma ČSN 1168 [28] udává šířku spár, která nesmí být širší než:

- u cihelného zdiva 15 mm
- u zdiva z lomového kamene 15 mm až 40 mm
- u čistého zdiva řádkového z kopáků
ložné spáry 10 až 20 mm
styčné spáry 10 až 15 mm

Třídění malt podle:**A. Pojiv:**

- hydraulické obsahuje více jak 50 % hydraulického pojiva (cementu). Tvrdnou ve vlhkém prostředí i pod vodou
- vzdušné obsahuje převážně vzdušná pojiva (vápno, sádra). Tvrdnutí probíhá pouze na vzduchu.

B. Objemové váhy:

- malty těžké malty vytvořené z křemičitých, vápenných písků aj., objemová váha je větší než $1\,500\text{ kg/m}^3$
- malty lehké známé i jako teplé, písek z pěnové strusky, tufů či lehkého kameniva, objemová váha je menší než $1\,500\text{ kg/m}^3$

C. Písku:

- pro cihly velikost zrn maximálně do 2,5 mm
- pro zdivo velikost zrn maximálně 1/5 tloušťky spáry

D. Podle normy ČSN 73 1331 [28] :

- malty velmi pevné cementové, pevnost vyšší než 50 kg/cm^2
- malty střední pevnosti nastavované, pevnost se pohybuje od 10 do 50 kg/cm^2
- malty malé pevnosti pevnost pod 10 kg/cm^2 , malty značeny 0, pevnost v tlaku je menší než 4 kg/cm^2

Druhy maltového písku

<u>Název</u>	<u>Modul zrnitosti v mm</u>
○ jemný	1,2 až 1,6
○ střední	1,6 až 3,0
○ hrubý	3,0 až 3,7

Do malt o menších pevnostech do 25 kg/m^2 mohou být používány jemnozrné písky.

Tab. 3.20. Druhy a označení malt pro zdivo podle ČSN 73 1331 [28]

Malta		Pevnost v tlaku kg/cm ²	Množství pojiv na 1m ³ ostrého písku		Poznámky
Ozn.	Druh		vápno	cement zn. 275	
			podle ČSN 1168, čl. 25		
0	Hliněná	méně než 4	85 až 105	-	Písek pro vápennou maltu označenou 0 může mít až 10 % hlinitých příměsí, písek pro ostatní malty nejvýše 3 % hlinitých příměsí. Patří sem i všechny malty nezatvrdlé.
	Vápenná	4 až 90	110 až 140	-	
4					Vápna hydraulická se používají pro základové zdivo, jinak vápna vzdušná.
10	Nastavov. cementem	10 až 24	min. 110	50	Vápna hydraulická se používají pro základové zdivo, jinak vápna vzdušná.
25		25 až 49		120	
50	Cementová	50 až 99	min. 20	200	Cementové malty mají obsahovat vápno, neboť tím se zlepšují jejich vlastnosti.
100		100 až 199	min. 35	350	
200		200 a více	min. 45	450	

Tab. 3.21. Pevnost jiných pojiv [27]

Látka	Pevnost v kg/cm ²		
	v tlaku	v tahu	v ohybu
Malta hliněná	4 - 6	-	-
Malta nastavovaná po 28 dnech, míšená:	18 - 40	5 - 10	-
1 d. cem.: 4 d. váp.: 10 d. písku	50 - 80	6 - 15	-
1 d. cem.: 1 d. váp.: 10 d. písku	70	14	-
Malta trasová po 28 dnech 1 d. tr. : 1 d. váp. : 1 d. písku	50 - 150	-	-
Sádra měkká (sochařská a na formy) po 7 dnech	80 - 250	25	-
Sádra tvrdá (zednická) po 28 dnech	1 000 - 2 500	-	-
Strusková vysokopecní, kusová	15 - 20	-	-
Asfaltový makadam válcovaný	25 - 50	-	-
Asfalt pískový, litý n. tvrdolité	40 - 60	-	-
Asfaltový beton pěchovaný nebo válcovaný	-	8 - 16	-
Asfaltová plst	225	30	min.60
Xylolit A po 28 dnech	1 200	400 - 700	700 - 1000
Kaučuk tvrdý (ebonit)	-	55	-

Linoleum	-	35	-
Sklo	3 200 - 12 000	300 - 900	250 - 550
Papír	-	40 - 180	-
Koks hutní vestfálský	130 - 200	-	-
Led	35	13	22

4.4.1 Vápno

Norma zabývající se touto oblastí je ČSN 1212 - 1943 [27]. Pevnost je zjišťována pro vápna tuhnoucí pod vodou za určitých podmínek po 28 dnech tvrdnutí za vlhkého vzduchu. Směs na které se zkoumá pevnost obsahuje 1 díl vápna a 3 díly normového písku.

Druhy vápna :

- tuhnoucí na vzduchu barva: bílá
dolomitická (šedá)
- tuhnoucí i pod vodou druhy: vodní
hydraulické (cementové)
silně hydraulické (hydraulické vyšší pevnosti a
románské vápno)

Tab. 3.22. Pevnost vápna [27]

Druh	Pevnost v kg/cm ²		Způsob zkoušení
	v tlaku	v tahu	
Vodní	15	3	Pevnost v tlaku se zkouší na kostkách o stěně 50 cm ² ; v tahu na tzv. osmičkách nejslabšího průřezu 5 cm ²
Hydraulické	40	5	
Silně hydraulické	80	9	

Tab. 3.23. Vydátost stavebního vápna [28]

Jakost vápna	Počet litrů kaše z 1 kg vápna	Počet m ³ malty za 1m ³ kaše
I.	více než 2,4	3,7 až 4,5
II.	2,0 až 2,4	3 až 3,7
III.	1,6 až 2,0	2,7 až 3

Objemové váhy

Název	kg/m ³
Písek suchý, volně nasypáný	1 400 až 1 500
Písek vlhkosti 5 až 7 % váhy	1 300 až 1 400
Kusové vápno	800 až 1 100
Vápno na sucho vyhašené (vápenný prach volně nasypáný)	450 až 550
Vápenná kaše	1 300 až 1 400
Vápenné mléko	1 150 až 1 200
Vápno mleté, volně nasypané	700 až 800
Cement volně nasypáný	1 100 až 1 200

4.4.2 Cement

Norma zabývající se touto oblastí je ČSN 1213 - 1947 [27]. Zkoušky pevnosti cementu se provádějí ze směsi 1 dílu cementu, 3 díly normového písku a 8 % vodního podílu. Zkouší se jak pevnost v tahu tak i tlaku. Cement 275 užíván též ve speciálních případech i cement tzv. přehradový. Složení ze stejného váhového podílu portlandského cementu a zásadité vysokopecní strusky. Tyto dvě složky jsou důkladně semlety a promíseny. Přehradový cement se uvažoval jako vysokopecní cement.

Druhy cementů:

- portlandský
- železoportlandský
- vysokopecní
- hlinitanový

Členění cementů podle zaručené pevnosti v tlaku a v tahu udává norma z 25. března 1950, č. j. 22/31-IV/4-1950 [27]. Na struskový cement byl vydán předpis 23. dubna 1951, č. j. 7/11-Výzk. 2-1951 [27].

Pět jakostních tříd:

- obvyčejné cementy portlandské, železoportlandské a vysokopecní
 - cement 275 (cementy I. portlandský, I. vysokopecní, přehradový cement)
 - cement 325 (5 železoportlandských cementů)
 - cement 350 (8 lepších druhů obvyčejných portlandských cementů)
- portlandské cementy o velké počáteční pevnosti

- cement 450 (cement ze 3 továren)
- hlinitanové cementy
 - cement 650 (bauximent)

Tab. 3.24. Pevnost cementové malty [27]

Jakostní třída cementu	Nejmenší průměrná pevnost normových tělísek v kg/cm ² při vodním uložení za								Způsob uložení
	1 den		3 dny		7 dní		28 dní		
	tah	tlak	tah	tlak	tah	tlak	tah	tlak	
275	-	-	-	-	1	200	25	275	Na tah se zkoušejí tělíška tvaru osmičky (normové), jež mají v nejužším místě plochu průřezu 5 cm ² . Na tlak se zkoušejí tělíška krychlová (normové krychle), plocha průřezu je 50 cm ² (velikost hrany 7,07 cm)
325	-	-	-	-	18	200	26	325	
350	-	-	-	-	23	250	28	350	
450	-	-	25	275	28	375	30	450	
650	25	450	280	550	-	-	33	650	
sádrostruskový	-	-	-	-	12	120	22	200	

Užití cementů podle jakostní třídy na základě normy ze 17. května 1950, č.j. 22/35-IV/4-1950 [27].

- „cement 275 pro méně namáhané konstrukce z betonu prostého nebo železobetonu, cementové i nastavované malty, výplňový a podkladový beton, základový beton, méně namáhané cementové zboží;“ [27]
- „cement 325 a 350 (portlandský a železoportlandský) se užívá pro důležité konstrukce ze železového nebo prostého betonu, betonové dlažby, hotové prvky ze železobetonu, cementové zboží;“ [27]
- „cement 450 u nosných konstrukcí mostů, předpjatých betonů pro pozemní stavby, tenkostěnné konstrukce;“ [27]
- „cement 650 pro zvláštní práce.“ [27]

Sádrostruskový cement

Pouze pro přípravu betonů druhu 60 (a), 80 (b), 105 (c) ne do železobetonů.

4.5 Pevnost zdiva

Odvíjí se na pevnosti zdícího prvku a pojiva. Souvisí s tvarem i velikostí zdících prvků, vazbě zdiva, tloušťce spár, na provedení zdiva, klimatickém prostředí jak při tvorbě, tak i při zrání zdiva, stářím. Pevnost zdiva nelze vypočítat z pevnosti cihel a malt jelikož do celkové pevnosti zdiva vstupuje mnoho neznámých. Rozměry zkušebních těles byly 600 x 600 x 600 mm, u pilířů byla výška i 3 m.

Do zkoušky byly zohledněny i jednotlivé vazby zdiva. Posuzovaly se zdi tloušťky 60, 135, 150 cm. Způsoby provázání zdí byly americká, běhounová a u nás obvyklá polokřídlá. U zdi tloušťky 45 (60) cm s řadami, které se střídaly. Jedna řada vazáků a pět řad běhounové vazby nastala první porucha jen 80 (40) % a při plném porušení 80 (92) % pevnosti zdí.

<u>Cihly na plocho - průřezová plocha 864 cm²</u>	<u>Pevnost kg/cm²</u>
styčné spáry vystřídání v každé vrstvě	228
styčné spáry vystřídání po několika vrstvách	243
<u>Cihly na ostro - průřezová plocha 484 cm²</u>	<u>Pevnost kg/cm²</u>
styčné spáry vystřídání v každé vrstvě	341
styčné spáry vystřídání po několika vrstvách	357

Tab. 3.25. Pevnost cihelného zdiva [27]

Druh cihel a malty	Objemová váha	Pevnost cihel	Pevnost malty	Pevnost zdiva	Modul pružnosti nebo stlačitelnosti	Poznámka
	kg/m ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
Kabřince na maltu cementovou	1985	720 - 852 - 955	185 - 210 - 219	230 - 256 - 283	85 500 - 95 400 - 103 450	Malta: 300 kg cementu „Standart“ na 1000l písku a 225 l vody, stáří 21 dní
Cihly velkého formátu na maltu cementovou	1927	183 - 213 - 272	74 - 90 - 134	93 - 101 - 107	20 100 - 26 100 - 33 400	Cihly 14 x 29 x 6,5; stáří 14 dní
Cihly malého formátu na maltu cementovou	1928	125 - 206 - 393		84 - 103 - 132	22 200 - 27 400 - 36 500	Cihly 12 x 25 x 6,5; stáří 14 dní
Obyčejné cihly na maltu vápennou	-	95	6,2 - 6,4 - 6,6	21,5 - 22,5 - 23,6	-	-
Pevné cihly na maltu nastavovanou	-	228	23,8 - 27,4 - 33,7	45 - 52 - 66	-	Malta 1 : 1 : 6
Pilířky z komínovek, malta 1 : 4 : 10	1976	223 - 366 - 600	9,6 - 14,8 - 19,6	79 - 118 - 193	25 300 - 39 720 - 67 400	Stáří 56 dní
Pilířky z komínovek, malta 2 : 3 : 11	1958		37,6 - 49,1 - 61,4	68 - 156 - 218	-	
Pilířky z komínovek, malta 1 : 4 : 10	-	196 - 224 - 248	20,0 - 27,7 - 35,3	130 - 137 - 144 91 86	-	Zkušební tělesa 60 x 60 x 60 cm ; 60 x 60 x 120 cm ; 60 x 60x 245 cm; všechna zkušební tělesa stáří 5 měsíců
Komínové dřívky o stěně tl. 10 cm, malta 1 : 4 : 10	1906	242 - 415 - 753	9,6 - 14,8 - 19,6	42 - 69 - 100	27 700 - 37 700 - 52 200	Stáří 6 měsíců
Komínové dřívky o stěně tl. 15 cm, malta 1 : 4 : 11	1904	204 - 400 - 671		44 - 68 - 93	25 300 - 39 700 - 40 550	
Horní část komín. dřívku 30 roků starého	-	-	-	53,5	60 300	Průměr v hlavě 90cm, výška 100 cm, tloušťka stěny 15 cm



Duté cihly „ Petrášky“ na maltu nastavovanou	-	78	63 - 65 - 67	58 - 59 - 61	-	Pilíř 93 cm vysoký
	-		40 - 116 - 132	44 - 46 - 47	-	Pilíř 300 cm vysoký
Duté cihly „ Jestavky“ na maltu nastavovanou	-	133	146 - 152 - 159	47 - 53 - 60	-	Pilíř vysoký 300 cm
Duté cihly „ Jestavky“ na maltu vápennou	-		1,6 - 2,3 - 3,1	12,8 - 13,1 - 13,4	-	
Duté cihly „ Aristos“ na maltu nastavovanou	-	45	37	10,9 - 16,9 - 27,2	-	-
Duté cihly „ Isolar“ na maltu nastavovanou	-	87	62 - 68 - 75	31,9 - 34,4 - 36,4	-	Pilíř vysoký 107 cm
	-		73 - 74 - 74	22,2 - 22,25 - 22,3	-	Pilíř vysoký 283 cm
Cihly lehčené, mourovky na maltu vápennou	1252	24,3 - 28,4 - 31,8	4,9	8,5 - 9,4 - 10,6	4 505	Malta vápenná 1 : 4; Tělesa 60 x 60 x 60 cm; 300 kg cement „ Standart“ na 1000 l písku
Cihly lehčené, mourovky na maltu cementovou	1364		137	16,2 - 16,3 - 14,4	11 200	
Duté pórovité cihly na maltu vápennou	-	25,9 - 29,9 - 40,2	60	6,2 - 7,5 - 8,9	-	Zkušební tělesa 28 x 59 x 260 cm
Isolační cihly „Pena“ na maltu nastavovanou	1263	188	17 - 19 - 22	36,5	-	Tělesa 30 x 30 x 33 cm; malta 183 kg cementu + 73 kg váp. haš. na prach + 273 l vody na 1000 l písku; stáří 28 dní
Cihly vápenopískové na maltu cementovou	-	332	125	179	87 300	Tělesa 60 x 60 60 cm, 400 kg cem. na 1000 l písku, vodní souč. 0,65; stáří 56 dní
Cihly struskové z městských odpadků	-	45	112	33,8	-	Zed' vysoká 119 cm, tl. 15 cm
Zdivo cihelné asi 15 let staré	-	42,5 - 43,7 - 44,8	-	42,2	-	Rozměry zkušebního tělesa 35 x 35 x 35 cm



Zdivo cihelné asi 300 let staré	1950	216	-	80	-
Zdivo cihelné asi 300 let staré jiné	-	-	-	60	-
Zdivo smíšené asi 300 let staré	2020	-	-	102	-
Zdivo opukové asi 300 let staré	2150	1051 (pevnost opuky)	-	210	-

Tab. 3.26. Pevnost cihelného zdiva v tlaku podle ČSN 13 1331 [28]

Druh zdiva		Výška jedné ložné vrstvy	Průměrná pevnost užitného staviva	Průměrná mezní pevnost H zdiva na maltu						
				200	100	50	25	10	4	0
		cm	kg/cm ²							
Cihelné zdivo	z plných pálených cihel podle ČSN 1182	> 5	600	125	100	90	-	-	-	75
			350	75	65	55	50	-	-	40
			200	-	50	40	35	30	27	25
			100	-	35	30	25	20	17	15
	z vápenostruskových cihel podle ČSN 1271		100	-	35	30	25	20	17	15
			60	-	-	23	19	15	12	10
	z vápenopískových cihel podle ČSN 1272		150	-	45	35	30	25	22	20
			100	-	35	30	25	20	17	15
	z plných pálených cihel lehčených podle ČSN 1185		80	-	-	26	22	18	15	13
			60	-	-	23	19	15	12	10
40		-	-	-	16	13	10	8		



		15	-	-	-	-	8	6	4
		10	-	-	-	-	7	5	3
	ze svisle děrovaných pálených cihel podle ČSN 1183	120	-	30	25	20	15	12	10
		100	-	26	21	17	13	11	9
	z voštinových pálených cihel podle ČSN 1184	100	-	30	25	20	15	12	10
		80	-	24	20	16	12	10	8
	z vodorovně děrovaných pálených cihel podle ČSN 1183	60	-	25	22	19	17	16	15
	z nepálených cihel	25	-	-	-	13	10	8	6
		15	-	-	-	10	8	6	4
		7	-	-	-	-	5	4	2

4.5.1 Pevnost zdících prvků na objektu kláštera Rosa coeli

Určení pevnosti zdiva v tlaku na historickém objektu kláštera Rosa coeli nacházející se ve městě Dolní Kounice v okrese Brno. Konstrukce, z které byly odebrány vzorky pochází z poloviny 15. století, kdy došlo k opravě a původní kamenné zdivo bylo nahrazeno pálenými cihlami.

Cihly v tomto období se nedávaly do forem, ale používaly se rámy, proto rozměry cihel nejsou přesné. Bylo odebráno sedm vzorků s rozsahem rozměrů:

„ Délka : 270 - 275 mm“ [29]

„ Šířka : 125 - 139 mm“ [29]

„ Výška : 80 - 100 mm“ [29]

Barvy cihel se pohybovaly od světle oranžové, červené, fialové až černé. Sedm různobarevných odebraných vzorků byly neúplné cihly. Na těchto vzorcích byly nejprve provedeny nedestruktivní tvrdoměrné zkoušky pod zatížením. Následně bylo vyřezáno 24 krychliček o velikosti hrany 50 mm. Tyto vzorky již byly vystaveny destruktivní zkoušce pro určení pevnosti v tlaku v nasyceném a suchém stavu.

Přímo na místě historického objektu se provedly nedestruktivní zkoušky pomocí Schmidtova tvrdoměru typu LB na 24 vzorcích.

Cihly byly rozděleny do dvou kategorií podle barvy na oranžové označené jako první typ a na přepálené označené jako druhý typ.

Tab. 3.1. Vyhodnocení pevnosti v tlaku zdících prvků pro oba typy [29]

Průměrná pevnost v tlaku				
Veličina	Značka	Jednotka	Typ 1	Typ 2
			Hodnota	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	MPa	13,1	22,1
Počet vzorků	n	-	15	8
Výběrová směrodatná odchylka	s_x	MPa	2,5	2,67
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n	-	0,35	0,5
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	MPa	12,2	20,8
Minimální pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u,min}$	MPa	8,3	19
Pevnostní značka podle ČSN EN 771-1	-	MPa	10	20
Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků	f_b	MPa	9,4	16

5 CHARAKTERISTIKA TYPICKÝCH VAD A PORUCH ZDIVA

5.1 Hlavní činitelé vzniku poruch

5.1.1 Zatížení

Vady nebo poruchy jsou až následky určitého problému v konstrukci, který se projeví daným nedostatkem. Důležité je pro jednotlivé vady a poruchy zkoumat hlavní příčiny vzniku. V některých případech by zanedbání příčiny mohlo vést až k fatálním následkům, kterým by se za každé situace mělo předcházet. Jednotlivé poruchy vznikají nejčastěji za působení účinků zatížení. Ty ovlivňují svým charakterem celou konstrukci. Součástí stavebně technického průzkumu (STP) je jednotlivé vady a poruchy analyzovat a reagovat na ně.

Vlastnosti účinků zatížení:

- místo vzniku
- intenzita
- délka trvání
- počet opakování je myšleno doba návratu jevu

Tyto vlastnosti jsou závislé na třech faktorech a to času, místě a chování. Záleží i na druhu zatížení jako je dynamické či mimořádné zatížení. Jelikož s těmito typy zatížení nemuselo být, ve výpočtu pro daný objekt uvažováno vůbec nebo v nesprávné intenzitě.

Prvky, které se sledují při STP:

- základové poměry
- základové konstrukce
- konstrukce objektu

Činitelé, kteří ovlivňují **základové poměry** jsou:

- svahy v jejichž blízkosti může dojít k sesuvům či posunům. Ani svahy se silně rozpukanými horninami nejsou pro základové poměry dobré.
- silně zvodnělé základové zeminy
- senzitivní jíly
- stejnorodé základové půdy
- výška hladiny spodních vod spolu s kolísavou hladinou
- hutnost základových půd i písčitých zemin
- konzistence základových půd jsou-li zeminy jemnozrné

Základové konstrukce se sledují z hlediska:

- úrovně založení základová spára může být v různých úrovních
- způsobu založení objekt může být založen více způsoby
- únosnosti základu je-li zpracován návrh pro daný objekt

STP zajímá:

- výškové členění objektu
- pravidelnost ve vodorovné i svislé rovině
- prostorové působení
- rozdíly v tuhostech nosných prvků
- užití ztužujících stěn a prvků v objektu
- náznaky deformovatelnosti objektu či části konstrukcí
- soudržnost obkladů jak keramických, tak kamenných
- funkce dilatačních spár
- účinky inženýrských sítí
- úroveň údržby, oprav a zpevňování konstrukcí

5.1.2 Vlhkost

Vlhkost v objektu má špatné účinky nejen na stavbu samotnou, ale i na zdraví lidí, kteří objekt užívají. Dlouhodobá vlhkost působí negativně na stavební hmoty. Způsobuje jejich rozpad a zhoršuje tepelně izolační vlastnosti zdiva. Na základě působení vlhkosti se v konstrukcích vyskytují biologičtí činitelé jako jsou plísně a houby.

Zdroje vlhkosti

Voda se do stavebních konstrukcí může dostávat různými způsoby a to v kapalně nebo plynné formě .

Nejčastější zdroje vlhkosti:

- déšť srážkový nebo hnaný větrem dopadající přímo na fasádu nebo odstřikující z přilehlého terénu k objektu. Voda, která se do objektu dostane otvory jako je třeba komínové těleso.
- kapilární voda, která vzlíná ze země
- kondenzační voda
- difuzní páry voda vnesená do konstrukce vlivem užívání objektu lidmi nebo zvířaty

- Průsaková voda voda dostávající se do konstrukce na základě hydrostatického tlaku
- Vzdušná vlhkost
- Tlaková voda
- Hygroskopicita stavebního materiálu
- Blízkost dopravních komunikací
- Agresivní atmosférické plyny
- Bludné proudy elektrické trakce a transformačních stanic
- Sanitární instalace
- Voda z živelných pohrom

Úroveň vlhkosti v objektu závisí na několika faktorech. Prvním faktorem je stáří objektu a doba, ve které byla budova postavena. Dalším faktorem je stav a provedení hydroizolací jak ve vodorovné, tak i horizontální rovině či kvalita zhotovení jednotlivých konstrukcí v objektu.

Difuzní vodní páry do konstrukce vnesou nemalé množství vlhkosti a při špatném větrání, mohou napáchat problémy. Z běžných činností, které jsou v domácnostech prováděny jako je vaření, žehlení, sprchování, koupání a další, se do konstrukcí dostává vlhkost. Pro představu, člověk v klidném režimu za 24 hodin vydýchá okolo 1 000 g vody. I samotný stavební materiál obsahuje určitou přirozenou vlhkost. Ovšem jsou vlhkosti, které nevádí stavebním konstrukcím, jsou-li v určité míře.

Rychlejší degradační procesy na stavební konstrukce má voda, která obsahuje určité chemické příměsi a voda agresivní. Soli se do konstrukcí dostávají především z podzemních tvrdých vod, která vzlíná. Pak jsou to soli a jiné nečistoty z chodníků a kyselá dešť. Kyselá dešť obsahují látky jako je kysličník uhličitý, uhelnatý i oxid siřičitý a ty způsobují, že se obvodové zdivo stává chemicky neutrální až mírně kyselé. Takováto změna vyhovuje mikroorganismům jako jsou bakterie, plísně či řasy a spolu s působením vlhkosti se dobře rozšiřují. Působením těchto organismů se zdivo stává více hygroskopické. Nejen zdivo trpí vlhkostí, ale i jiné stavební materiály jako je sádra, malířské hmoty a materiály s obsahem hlínky nebo kaolinu.

Možné příčiny vlhnutí zdiva:

- chybějící tepelná izolace trubek v rozvodech vody
- dutiny ve zdivu - násypy nad klenbami, zazděné prostory
- nedostatečné nebo nesprávné větrání
- špatně nebo vůbec neodvedená srážková voda z okolí objektu
- stínění a působení vegetace
- nepříznivá změna užívání
- změna paropropustnosti podlah z dřevěné na betonovou s lepenkovou izolací

- uzavření nebo zasypání sklepních prostor
- parotěsné plochy v okolí - asfaltové plochy vozovky, dvory apod...
- blízká automobilová doprava nebo dynamické účinky strojů
- absence jakékoliv hydroizolace

Z průzkumu objektu je důležité zjistit zdroje vlhkosti a její pronikání do budovy. Na základě zjištěných skutečností se vytvoří vhodné sanační opatření. Vlhkost v objektech se dá měřit různými způsoby například pomocí elektrického odporu, radiometrickou metodou a další. Především se vybírají metody nedestruktivní.

Tab. 4.1. Složky vnitřního prostředí [44]

Vnitřní prostředí	Základní veličiny	Charakter	Zdroje
Tepelná vlhkost	Teplota [°C] vlhkost vzduchu absolutní [g/m ³] relativní [%]	Teplo Vodní pára	Lidé Technologie
Mikrobiální	Koncentrace mikroorganismu [l/m ³]	Mikroorganismy ve vzduchu	Lidé Flóra Fauna
Toxické	Koncentrace toxických látek [mg/m ³]	Rozptýlené plynné škodliviny ve vzduchu	Spalování Oxidy uhlíku a dusíku
Odérové	Koncentrace plyných látek [mg/m ³]	Vůně Zápach	Kosmetika Cigarety
Aerosolové	Koncentrace aerosolů [mg/m ³]	Rozptýlené pevné a kapalné škodliviny ve vzduchu	Prach Aplikace nátěrů
Elektrostatické	Elektrostatický náboj [V]	Statická elektřina	Dynamický styk a oddělování pevných částic
Akustické	Hladina akustického tlaku [dB]	Hluk	Lidé Technologie Zatížení

5.2 Příčiny vzniku poruch vlivem silového působení

- nerovnoměrné sedání
- přetížení konstrukce

5.2.1 Nerovnoměrné sedání

Faktory ovlivňující nerovnoměrné sedání objektu:

- nerespektování klimatických poměrů v dané oblasti
- vodní režim základového podloží
- dodržení zásad správného zakládání
- pohyby základových půd

Nerespektování klimatických poměrů v dané oblasti

Na každém území, v kterém se zakládá nový objekt je důležité znát, průběh klimatických proměn ročních období a jeho specifika. Zejména to platí o nezámrzné hloubce při zakládání stavby, která se má respektovat pro danou oblast. Jelikož v zámrzných hloubkách dojde při teplotách nižších než je 0 °C k zamrznutí vody. Tímto vlivem se objem základových půd zvětší. Objem zeminy vlivem zamrznutí se může zvětšit o 9 až 11%. Následkem tohoto jevu dochází ke značnému tlakovému namáhání základů a může dojít i k jejímu nadzvednutí. Toto zatížení objektu způsobí trhliny jak v základech, tak i ve svislých konstrukcích.

Vodní režim základového podloží

Jsou jenom dvě varianty vodního režimu základového podloží, které negativně působí na základy a následně i na celý objekt. Varianty jsou buď podmáčení nebo zavodnění základových půd nebo naopak odvodnění.

K podmáčení základových půd může dojít vlivem:

- zvýšené hladiny podzemní vody
- zatékání srážkové vody pod základy
- únik vody z porušených rozvodů vodovodního nebo kanalizačního řádu

Vlivy odvodnění základových půd:

- snížení hladiny podzemní vody způsobené vegetací, která svým kořenovým systémem zasahuje až pod základové konstrukce. Jedná se zejména o stromy a vzrostlé dřeviny.
- vyhloubení studny poblíž objektu
- u mělce založených objektů má vliv i nadměrné oslunění

U odvodněných základových půd dochází ke snižování původního objemu a smršťují se. Zeminy, u kterých dochází k výrazným objemovým změnám jsou zeminy s vysokou plasticitou jako jsou jílové zeminy.

Vegetace v blízkosti objektu způsobuje nejen odvodnění základových půd, ale svým kořenovým systémem narušuje základy jako takové.

Mělce založené objekty doplácí na smršťování základových půd v obdobích s vysokými venkovními teplotami a bez dešťů. Jelikož voda v závislosti na propustnosti putuje k povrchu terénu a odpařuje se. To má za následek smršťování základových půd. I tento vliv způsobuje nerovnoměrné sedání a následkem toho vznikají trhliny v nosných konstrukcích. Projeví se nejprve v rozích nosných stěn orientovaných na jih, jihovýchod nebo jihozápad, jelikož v těchto místech je objekt nejvíce zatížen slunečním svitem na rozdíl od jiných světových stran.

Nedodržení zásad správného zakládání

Jedná se o dilatační spáry, které slouží k oddělení částí objektů, aby nedocházelo k přenášení takových zatížení, které by způsobilo poruchy a deformace části konstrukcí v daném objektu.

Dilatace prováděné u objektů:

- založených na nestejnorožném podloží
- založeny v rozdílných hloubkách
- na poddolovaném území
- s rozdílným druhem základu - kombinace základových desek a pilot
- s rozdílným zatížením a členěním
- kde se vyskytují stroje, které vytvářejí ořesy nebo vibrace
- s výraznou rozdílnou konstrukční výškou
- s rozdílnou dobou založení (přístavba ke stávajícímu objektu)

Pohyby základových půd

Pohyby základových půd jsou buď přírodního charakteru nebo vyvolané uměle.

Jedná se o pohyby způsobené vlivem:

- provedení výkopu v blízkosti základové spáry, kde dojde k jejímu podkopání
- zakládání sousedního objektu
- podloží, které je neúnosné nebo příliš stlačitelné
- pojezd těžké techniky
- tečení půdy
- seizmicita

Špatná kombinace nastává v případě, kdy je objekt založen na svahu a v jeho podloží se nacházejí jíly. Jelikož v době dešťů se nepropustná jílová vrstva stává kluzkou a půdní těleso se může dát do pohybu.

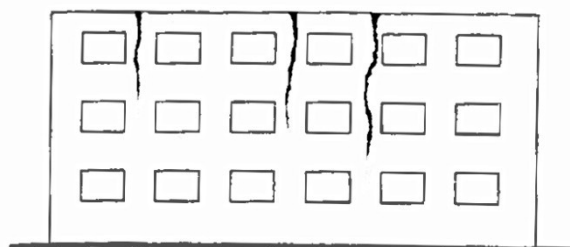
Příčina vzniku trhlin nemusí být způsobena okolním prostředím jako jsou základové půdy, ale poruchy mohou vznikat na základě špatného provedení samotných základů.

Poruchy mohou nastat:

U objektů s rozdílnou výškou základových spár zejména v kombinaci s nízkou kvalitou provedené základové konstrukce.

Různorodost materiálů použitých na základové konstrukce. Jelikož i kvalita se soudržností těchto materiálů je rozdílná.

Chybí-li prostorové ztužení objektů. U stěnových systémů založených v minulém století chybějí věnce, skeletové konstrukce při špatném návrhu nejčastěji postrádají zavětrování.



Obr. 4.1. Chybějící ztužení objektu věnci [32]

5.2.2 Přetížení konstrukce

- přímé
- nepřímé
- dynamické účinky

Přímé přetížení

K těmto poruchám dochází zejména při špatném provedení návrhu, kdy se mění užívání budovy a opatření, která mají být provedena se zanedbají nebo neprovedou vůbec. Trhliny vzniklé z přetížení konstrukce se projeví s časovým odstupem v momentě, kdy bude překročena mez únosnosti daného nosného prvku.

Nepřímé přetížení

Do této kategorie patří, objemové změny vlivem teploty, dotvarování, smršňování, sedání zdiva, pokles podpor, houbové a plísňové napadení, dřevokazní škůdci, špatně provedená dilatace, klimatické vlivy a další.

Objemové změny vlivem teploty

Poruchy vznikají na základě nerespektování roztažnosti jednotlivých materiálů vlivem klimatického působení. Tento problém lze řešit dilatačními spárami. K jevu dochází zejména na osluněných místech objektu jako jsou nejčastěji fasády. Nutná dilatace je i při styku atiky se spádovou vrstvou betonu na rovné střeše. Dilatační spára musí být provedena v tloušťce od 20 do 30 mm. Při nedodržení tohoto pravidla by došlo k "utržení" atiky.

Smršťování a dotvarování

Objevují se v konstrukcích, které jsou vytvořeny z betonu nebo jsou zděné (omítky, malty). Tyto poruchy vznikají bez působení jakéhokoliv zatížení a napětí. K trhlinám dochází na základě odpařování vodního podílu do okolního prostředí. Čím je odpařování rychlejší, tím je frekvence trhlin větší.

Na základě trvalého zatížení a vlivem deformací je způsobeno dotvarování. Je to dlouhodobá záležitost závislá na napětí.

Dynamické účinky

Dynamický účinek přírodního charakteru je seizmicita. Naštěstí Česká republika nepatří do zemí s pravidelnou vysokou seizmicitou. Intenzita efektivního špičkového zrychlení se na území České republiky pohybuje $a_g < 0,1$ g, což je malé přirozené seizmické zatížení.

Technická seizmicita se může nalézat na jakémkoliv území. Záleží, co je zdrojem dynamických účinků. Zdroje, které vyvolávají technickou seizmicitu jsou obecně stroje (buchary, lisy, beranidla), doprava (silniční, železniční), kostelní zvony, otřesy při odstřelech, vlny způsobené nadzvukovými letadly. Dynamické účinky mohou mít i fatální následky je-li frekvence účinku shodná s vlastní frekvencí objektu nebo některé jeho části.

Technická seizmicita je řešena v normách ČSN 73 0040 *Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva* a ČSN 73 0032 *Výpočet stavebních konstrukcí zatížených dynamickými účinky strojů* [34]. Tyto normy se používají pro navrhování a posuzování objektu.

Faktory, které ovlivňují technickou seizmicitu:

- vlastnosti zdroje, rozhodující jsou tyto parametry: hmotnost, frekvence a amplituda kmitání
- dosah zdroje
- geologické poměry podloží
- hydrologické poměry
- základové konstrukce jejich velikost a typ, který má vliv na dynamické účinky

Společným znakem trhlin způsobených dynamickými účinky je jejich rozptýlenost a nerovnoměrnost. Společně nevytváří jakékoliv "obrazce". Trhliny vyvolané tahem, tlakem nebo smykem mají patrný vliv směru účinku. Prvním náznakem dynamických účinků ve zděných smykem

konstrukcích bývají vlasové trhliny v omítkách. V dalších fázích působení dynamických účinků dochází k opadávání omítek, trhlinám v místech uložení stropních nosníků, překladů, v rozích otvorů, v kontaktu dvou na sebe navazujících stěn. Větší zatížení se projeví i v plochách nosných a nenosných stěn.



Obr. 4.2. Dynamické poruchy [35 upravila Fleišerová Hana]

Trhliny vzniklé dynamickými účinky způsobují snížení tuhosti jak dané konstrukce, tak i celého objektu a dojde-li k opakování působení účinků může být objekt vážně staticky poškozen. U objektů, které v návrhu nepočítají s dynamickými účinky, může docházet k vážnějším poruchám a větším projevům.

5.3 Vady a poruchy zděných konstrukcí

Zděné konstrukce se skládají ze dvou prvků, a to ze zdiva a malty, která funguje jako pojivo. Zdivo se skládá z kusového stavebního materiálu, který se zdí přímo v místě realizace objektu. Jak zděné prvky tak i konstrukce z nich postavené dobře odolávají tlaku, ale únosnost v tahu těmto konstrukcím dělá problém. Ze zdiva se stavějí obvodové stěny, vnitřní stěny, příčky, komíny, sloupy, pilíře, opěrné zdi a u starších objektů i základy. Kvalita jednotlivých zděných konstrukcí záleží jak na provedení zdění, tak i na samotných prvcích. Ze zkoušek provedených na cihlách o různém staří i způsobu výroby je patrné, že pevnosti zdících prvků se liší. Při stavbě zděných konstrukcí je zapotřebí uvažovat s jinými vlastnostmi než u homogenních stavebních materiálů. Zděné stěny mají vysokou tuhost, ale velmi malou pevnost v tahu a smyku.

Zděné konstrukce se liší podle používaného zdícího prvku na:

- cihelné
- tvárnice
- kamenné
- smíšené

Dělení zdění podle tloušťky spár:

- přesné spáry tloušťky 1 až 3 mm
- obyčejné spáry tloušťky 8 až 15 mm
- hrubé spáry tloušťky 30 až 50 mm

Faktory, které ovlivňují celkovou únosnost zděné konstrukce v tlaku:

- samotný zdící prvek rozměry, kvalita prvku, pevnost v tlaku a tahu
- pojivo druh malty a její vlastnosti (soudržnost, pevnost v tlaku i tahu apod.)
- provázání zdících prvků kvalita provedené vazby zdiva
- velikost ložných spár
- nasákavost zdících prvků a poměr vodní složky v pojivu
- přítomnost vad jak v samotném návrhu zděné konstrukce, tak vnesením při zdění nebo výskytem poruch zdiva v průběhu užívání objektu

Poruchy zděných konstrukcí lze rozdělit na:

- statické
- nestatické

Statické poruchy

Tyto poruchy vznikají na základě zatížení celé nebo jenom části konstrukce. Stálá, dynamická nebo mimořádná zatížení mohou způsobit poruchy. Výsledným působením síly je deformace materiálu, která je buď nepatrná a v konstrukci se neprojeví, a nebo patrná a následkem toho je vyvolána porucha. Poruchy, které vzniknou v nosné konstrukci svým charakterem mohou ovlivnit statické působení části konstrukce nebo mohou narušit statický systém celého objektu.

Nestatické poruchy

Vznik těchto poruch je na základě spolupůsobení jednotlivých materiálů v dané konstrukci. Záleží na použitých materiálech, prostředí a místě působení. Nestatické poruchy konstrukce vyvolávají tyto činitele: teplota, vlhkost, chemické a biologické vlivy. Nejen tyto činitele, ale i další okolnosti přispívající ke zhoršení vlastností konstrukce, které zapříčiňují její znehodnocení.



Obr. 4.3. Nedostatečná vazba zdícího prvku



Obr. 4.4. Vliv vlhkosti

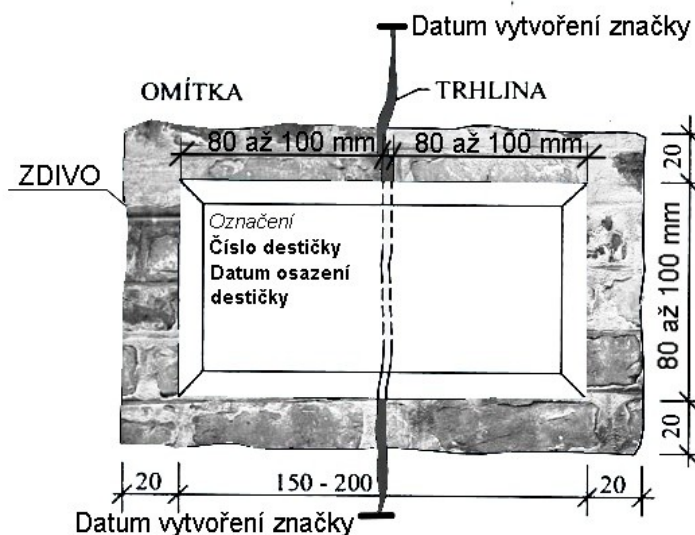
Činnost trhlin:

- činné (aktivní, živé)
- nečinné (pasivní, uklidněné)

Na základě sledování aktivity trhlin, lze prohlásit o určitém porušení zda je aktivní či pasivní. Sledování by mělo probíhat po dobu minimálně 6 měsíců až 1 roku. Pakliže se trhlina mění jako je rozšiřování či prodlužování, jde o trhlinu aktivní. Tuto aktivitu lze sledovat dvěma způsoby, a to na základě sádrových destiček nebo pomocí ocelových trnů. Průběh sledování musí být prováděn v pravidelných časových intervalech, kde se zaznamenávají i klimatické podmínky, jako je teplota interiéru i exteriéru a oslunění.

Metodiky sledování trhlin

Sádrová destička je nejjednodušší a zároveň často používaný ukazatel. Destička o velikosti 8 až 10 mm se osadí na trhlinu. Místo, kam se destička bude osazovat musí být řádně upraveno. Ze zvoleného místa se odstraní omítka či jiná povrchová úprava. Pak se místo před osazením sádrové destičky navlhčí, aby destička dobře přilnula k povrchu. Přesah destičky přes trhlinu musí být z každé strany o 80 až 100 mm. Sádrová destička je ještě opatřena datem osazení spolu s označením konců trhliny. Činnost trhliny se projeví tím, že destička praskne a celková trhlina se prodlouží za vytvořené značky. Po takové to aktivitě se trhlina přeměří přímo na sádrové destičce. Ovšem dojde-li k výraznému porušení sádrové destičky nebo se destička oddělí z jedné strany od stěny, tato destička se neruší, ale v blízkosti se osadí nová a označí se stejným způsobem.



Obr. 4.5. Schéma sádrové destičky [32 upravila Fleišerová Hana]

Nebezpečnost trhlin:

- nebezpečné jsou to trhliny závažné, činného charakteru, statické trhliny i některé pasivní trhliny nebo nestatické
- bezpečné trhliny neškodné bývají "vzhledové", dochází k nim například při sesychání omítek nebo při tvrdnutí malty

Vada je nedostatek, který může vzniknout v procesu projektování tedy v samotném návrhu nebo při realizaci objektu. Vady mohou být v samotném stavebním prvku jako vada materiálu nebo v části konstrukce, tedy ve zdění.

Vady omítek

- odpadávání omítek vlivem špatné přilnavosti ke zdivu
- špatná rovinatost omítek jak ve vodorovné, tak ve svislé rovině spolu s hranami
- špatné ošetření míst, kde se stýkají dva různé materiály jako je dřevo a zdivo, plech a zdivo apod..

Vady zděných konstrukcí

- nedodržení tvaru, rozměrů, svislostí, rovinatosti a polohy předepsané projektem
- nedodržení správných zásad zdění jako je vazba a promaltování
- absence dilatačních spár

Vada bývá například způsobena špatně promaltovanou ložnou spárou. Kdy se malta dostatečně nerozmístí na ložnou plochu cihly a při pokládce dalšího zdícího prvku navrch malta nevyplní celou ložnou spáru. Vadou je i nedodržení správných zásad převazby zdících prvků.

Příklad, kdy se vada stává poruchou je u špatně zazděného otvoru. Nově vzniklá zeď musí být dobře provázána se stávající, aby v budoucnosti nedošlo k jejímu zřícení.



Obr. 4.6. Špatná vazba a promaltované spáry



Obr. 4.7. Špatně zazděný otvor

5.4 Trhliny

Vlivem zatížení vznikají deformace, které se ve zdivu mohou projevit lokálními poruchami v podobě trhlin nebo projevem drcení zdících prvků či malty. Velikost a místa napětí ve zdivu udávají polohu a směr trhlin. Trhliny v rovinném napětí vznikají buď v cihlách nebo v kontaktní ploše s cihlou, tedy ve spáře. U zděných konstrukcí typu sloup, pilíř i mezistěna působí převážně svislé namáhání. Přetvoření ve vnitřní třetině výšky těchto prvků se projeví stlačením a vodorovným poměrným roztažením. Trhliny se projeví ve svislé rovině a to ve styčných spárách, které se šíří na obě strany skrz hmotu cihly. Lze určit přibližné poměrné napětí k pevnosti zdiva v tlaku, jsou-li známy vlastnosti malty. Svislé trhliny v horní nebo dolní koncové části sloupu jsou považovány za velmi nebezpečné. Jsou-li tyto poruchy zjištěny, je zapotřebí nutných oprav a to buď v podobě zesílení sloupu nebo zmenšení působícího zatížení. V některých případech je zapotřebí obou opatření.

Trhliny vznikají na základě namáhání:

- tlakového dochází k drcení a odlupování materiálu v místě trhliny
- tahového trhliny se rozevírají a mají téměř neporušené okraje zdiva
- smykového dochází k posunu části zdiva a porušení zdiva v místě trhliny

Doba, kdy trhliny vznikly lze odvodit podle zanesení poruchy prachem. V normě ČSN 73 0040 [34] je vytvořena tabulka pro trhliny vzniklé dynamickým zatížením jako je seizmicita. Ovšem lze tuto tabulku použít i na trhliny vzniklé jakýmkoliv způsobem. Má obecné využití.

Tab. 4.2. Stupeň poškození objektu [32]

Stupeň poškození	Název poškození	Popis poškození
0	Bez poškození	Bez žádného viditelného poškození. Funkce objektů jsou plně zachovány např. vodotěsnost nádrží.
1	První známky poškození	Na styku stavebních prvků mohou být trhliny maximálně do šířky 1mm
2	Lehká rozrušení	Šířka trhlin maximálně do 5mm. Vznikají malé škody. Poruchy v omítkách, příčkách, v komínových tělesech, uvolněné krytiny, opadávání omítek
3	Střední rozrušení	Škody jsou již vážné. Stabilita objektů není porušena. Trhliny širší než 5mm v příčkách i v nosném zdivu. Opadávání krytiny i částí komínů.
4	Značné rozrušení	Nebezpečné škody. Trhliny ohrožují statickou funkci nosných zdí a překladů. Dochází k řícení výplňového zdiva a komínů. Trhliny jsou i v prostém betonu. Stabilita objektu je porušena.
5	Úplné rozrušení	Destrukce. Cihelné objekty jsou zřícené zcela nebo z části. Trhliny vzniklé i u železobetonů.

Pro navržení správného opatření na daný typ poruch je zapotřebí kvalitní STP, při kterém se hledají a zjišťují následující vlastnosti:

- místo vzniku
- množství trhlin
- stáří trhlin
- popis trhlin rozměry trhlin délka i šířka, tvar, průběh
- příčina vzniku
- činnost trhlin

5.4.1 Tlakové trhliny

V cihle:

Prakticky nevznikají, jelikož cihelné prvky jsou určené k přenášení tlakových sil. Ale při extrémních zatíženích může docházet k drcení zdících prvků.

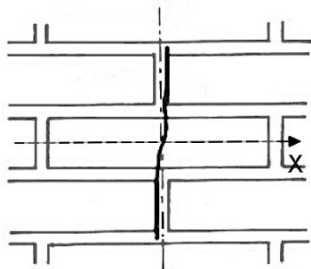


Obr. 4.8. Tlakové porušení cihly [33]

5.4.2 Tahové trhliny

V cihle:

Ve zděném prvku dojde k porušení, jestliže se tahové normálové napětí vyrovná hodnotě pevnosti v tahu cihly. Směr vzniku trhliny je závislý na úhlu mezi vodorovnou osou X a působením tahové síly. Je-li směr působení tahové síly shodně s vodorovnou osou X , vzniklá trhlina se projeví kolmo k působení tahové síly, tedy ve svislé rovině.



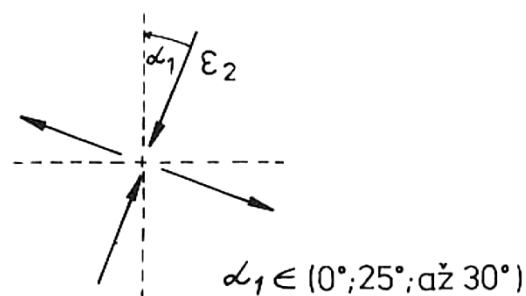
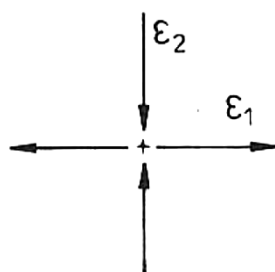
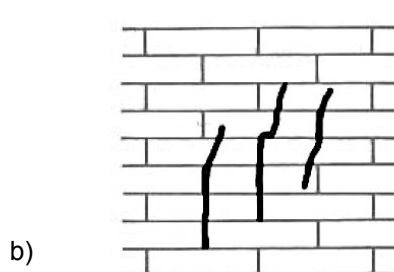
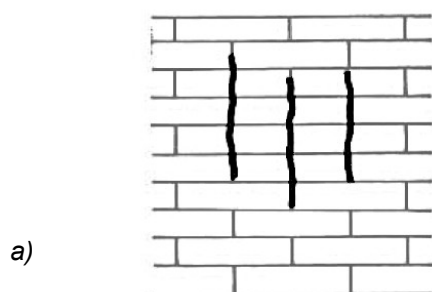
Obr. 4.9. Tahová svislá trhlina schéma [31]

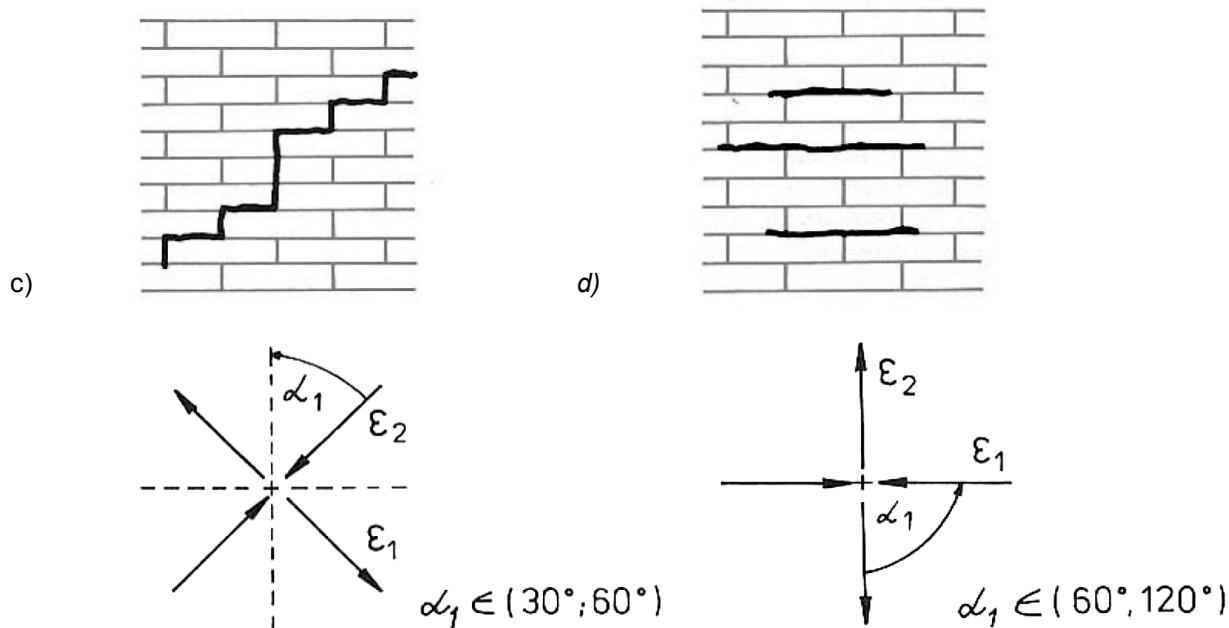


Obr. 4.10. Tahová svislá trhlina v cihle [33]

Ve zděných stěnách:

Zatížení, které působí na zděné stěny je pouze svislé v rovině stěny nebo svislé spolu s vodorovným zatížením. Vodorovné zatížení může na stěnu působit dvěma způsoby. V prvním případě, kdy výslednice vodorovných sil působí v rovině stěny nebo v druhém případě výslednice leží kolmo. Působí-li na stěnu mezi stropními konstrukcemi jenom svislé zatížení, ve stěně dochází k přetvoření. Uvedené trhliny vznikají jak od silových, tak i přetvárných účinků zatížení.





Obr. 4.11. Možnosti tahových trhlin [31]

Přetvárné účinky zatížení

- stěna, která je vetknutá v dolním okraji a v horním okraji se může posouvat
- levý okraj stěny je vetknut a pravý okraj stěny se může posouvat (a naopak)
- pokles podpory stěny u dolního okraje

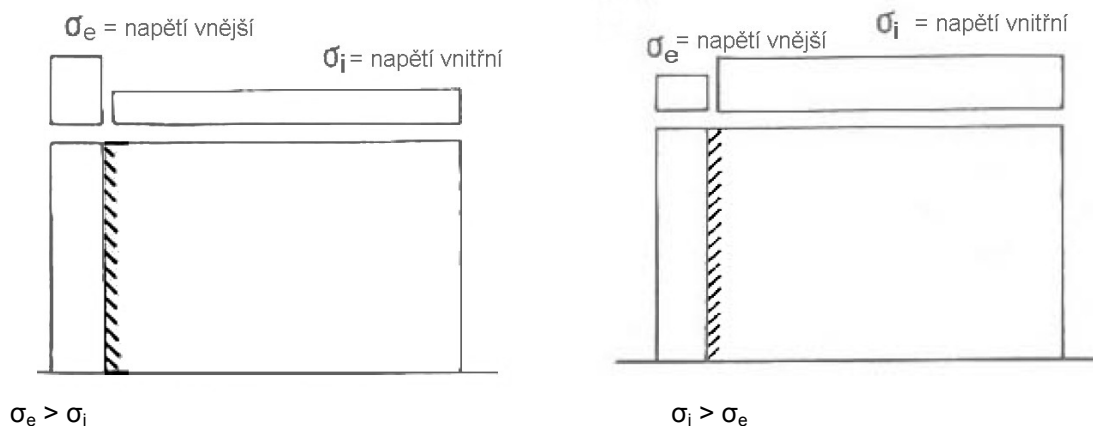
5.4.3 Smykové trhliny

V cihle:

U zdiva ojedinělý výskyt. Trhliny se objevují v ložných spárách nebo ve svislé rovině styku dvou stěn.

Ve stěně:

Smykové trhliny se nejčastěji projeví v ložných spárách nebo ve styku dvou na sebe kolmých stěn ve svislých rovinách. Smykové trhliny nebývají souvislé a jsou doprovázeny šikmými tahovými trhlinami.



Obr. 4.12. Smykové trhliny [31]

5.4.4 Trhliny ve vícepodlažních budovách

Při prohlídkách vícepodlažních objektů se zkoumají nejdříve vnitřní prostory a posléze i vnější. Veškeré vady a poruchy se řádně zakreslí a vyfotografují. Různorodost trhlin je rozsáhlá v závislosti na mnoha faktorech.

Faktory, které ovlivňují trhliny jsou:

- způsob založení objektu
- vlastnostech základových zemin
- charakter a rozčlenění nosných prvků
- složitost objektu apod.

Průzkum trhlin:

- typy trhlin v jednotlivých podlažích, zda na sebe navazují
- rozsah prostupu trhlin v celé nebo části tloušťce zdiva a jejich velikost
- rozmístění trhlin po budově, zda nedošlo k rozdělení
- postupování trhlin, zda se v čase nerozvíjejí i v závislosti na vnějším klimatickém prostředí
(Nestabilní trhliny se dále rozvíjejí, zatím co stabilní vzniknou a více nepokračují.)

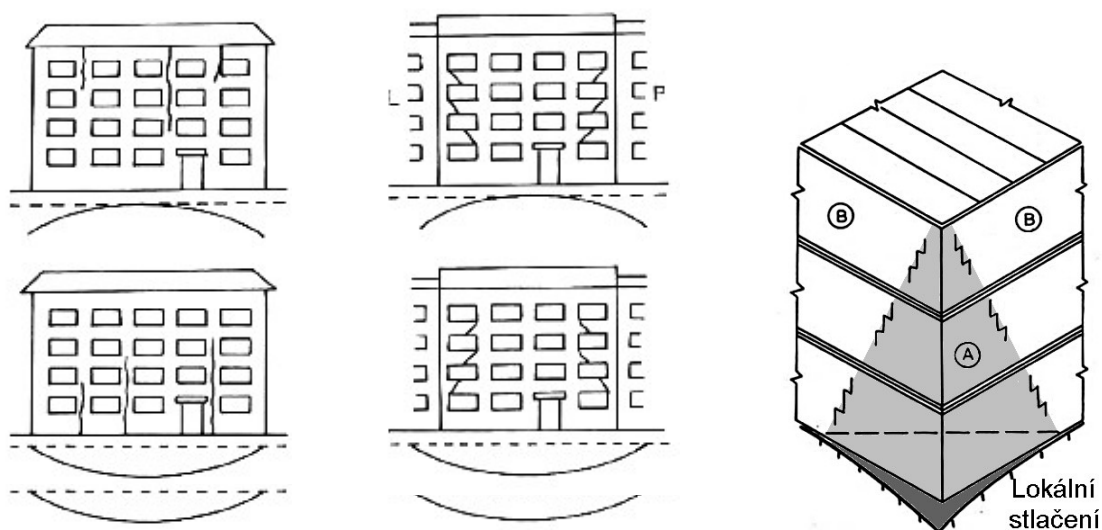
Dělení objektů vlivem trhlin na více částí

Jednou z možností je vliv podmáčení základových poměrů a sesednutí části základové zeminy pod objektem. Pochází-li objekt z minulých století, kdy ztužení stropů pomocí věnců nebylo tak časté nebo žádné. Může dojít k rozdělení objektu vlivem takového namáhání. Při dodatečném ztužení objektu věnci, které způsobí ztužení celého objektu, by se proces rozdělení vlivem

podmáčených základových půd měl zastavit. Objekt se totiž bude chovat jako jeden celek. Vše záleží na hlavní příčině rozdělení.

Dalším vlivem rozdělení objektu je nerovnoměrné sedání základových půd nebo přetížení zeminy nově postaveným objektem v blízkosti stávající stavby. I vlivem užívání stavby může dojít k poruchám. Části objektu jsou namáhány různě velkým užitným zatížením, přičemž s ním nemuselo být počítáno.

Vady mohou napáchat i objemové změny použitých materiálů v objektu vlivem rozdílných teplot uvnitř a venku, zejména, jsou-li to dva a více materiálů s rozdílnou dilatací, například zděná konstrukce v kombinaci se dřevem a kovovými prvky.



Obr. 4.13. Trhliny od nerovnoměrného sedání [31 upravila Fleišerová Hana]

Problém, který se vyskytuje u zděných konstrukcí je oddělení ploché střechy od objektu. Tento problém je vyvolán objemovými změnami vlivem vnějších teplot zejména u staveb, které postrádají věnce. Proto je důležité vodorovné ztužení objektu pomocí věnců.

5.4.5 Trhliny v nenosných zděných konstrukcích

Nenosné konstrukce, jak již je z názvu zřejmé neslouží k přenášení jakýchkoliv zatížení. V objektu mají funkci členící a můžeme je nalézt jak uvnitř, tak vně objektu. Tyto konstrukce musí hlavně unést sami sebe a výjimečně zanedbatelné vodorovné zatížení. Druhy nenosných konstrukcí jsou mezibytové příčky, výplně skeletových konstrukcí, obezdívky arkýřů, lodžii, příčky v podkrovních prostorách apod.

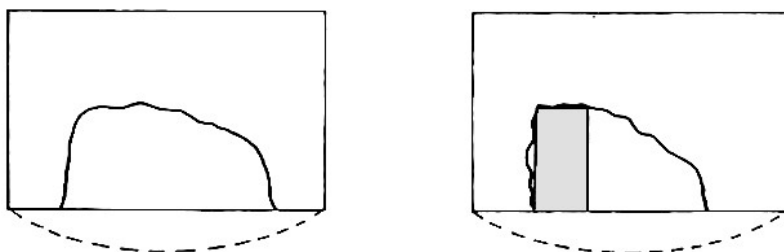
Trhliny, které se objevují v těchto konstrukcích jsou vyvolané působením přilehlých prvků, které se deformují a působí na ně. Nenosné konstrukce bývají deformovány i vlivem bočních účinků jako jsou nárazy. Jsou zatěžovány zařizovacími předměty, oslabovány vedením různých sítí nebo bouracími pracemi. Všechny tyto vlivy nejsou-li dodržovány určité zásady způsobují trhliny a vady.

Příčky

Průhyby stropních konstrukcí ať už železobetonových nebo dřevěných trámových způsobují nejčastější vznik trhlin na nenosných konstrukcích. Jsou-li příčky uloženy bezprostředně na nedostatečně tuhém trámovém stropu nebo na poddajné konstrukci podlahy, z hlediska účinků průhybu nerozhoduje toto osazení. U STP je důležité ověřit tuhost stropních konstrukcí, jsou-li poruchy v objektu takového charakteru.

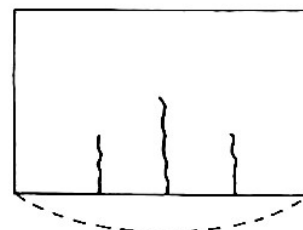
Porušení zděných příček

Ztráta podpory podél dolního okraje způsobí změnu chování příčky. Je-li příčka podepřena ve svých svislých okrajích, začne se chovat jako klenba. Jelikož pevnost v tahu zdiva je malá, příčka se "zavěsí" podél svých okrajů. Nachází-li se v příčce otvor v podobě dveří, průběh trhlin bude podobný, ale je ovlivněn dveřními zárubněmi.



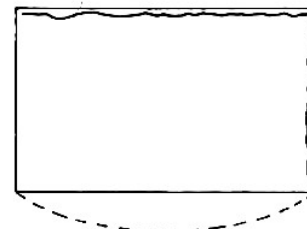
Obr. 4.14. Ztráta dolní podpory u příček [31]

Pevnost zdiva v tahu této příčky na obrázku 4.14. je větší než na obrázku 4.13. Je to způsobeno lepší pevností malty v tlaku. Celkové spolupůsobení vyvodilo tyto poruchy.



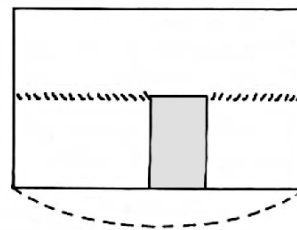
Obr. 4.15. Trhliny v příčce bez dolní podpory s větší pevností v tahu [31]

Stabilita takto porušené příčky je narušena. K takovému problému dochází, když příčka ztratí stabilitu podél dolního okraje a přilehlá konstrukce se vychýlí směrem ven. Příčka vlivem této změny se oddělí. Proti kolmému bočnímu zatížení není takováto konstrukce odolná.



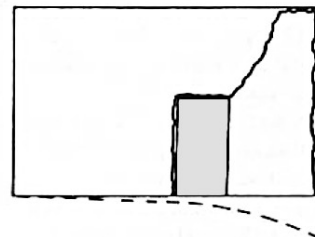
Obr. 4.16. Trhliny v příčce bez dolní podpory s vychýlením přilehlé konstrukce [31]

Vzniklá smyková trhlinka je následkem oddělení horní části příčky od spodní. Způsob této trhliny vznikl na základě ztráty podpory podél dolního okraje. Příčka vyžděná na vápenocementovou maltu.



Obr. 4.17. Smykové trhliny [31]

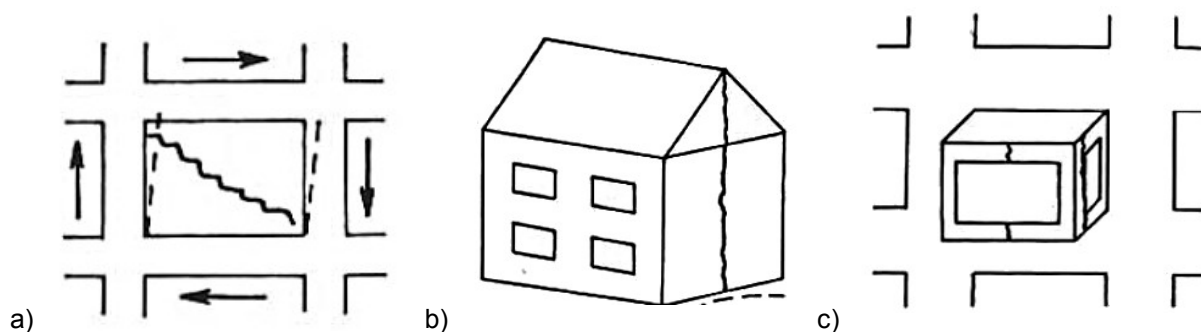
Vznik této trhliny je způsoben ztrátou stability ve svislé rovině. Příčka se oddělila.

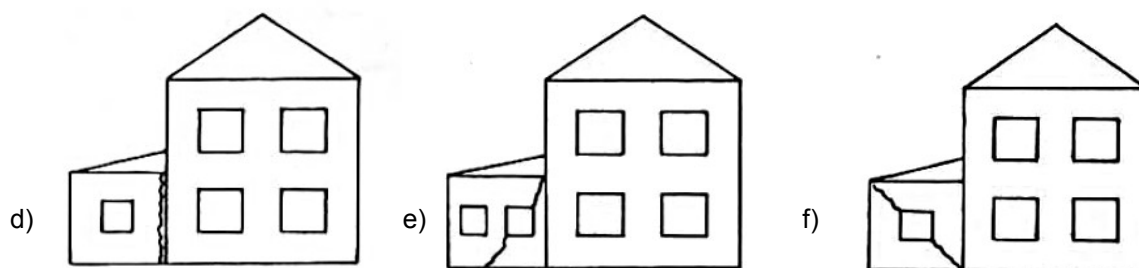


Obr. 4.18. Ztráta svislé podpory [31]

Další trhliny

- Vliv zkosením skeletového pole konstrukce vznikla trhlinka ve výplňovém zdivu. Znázorněno na obrázku 4.18 a.
- Kombinace poklesu základových půd a objemových změn vlivem vnějšího teplotního prostředí může dojít k rozsáhlé trhlině jako je na obrázku 4.18 b. Daný objekt není ztužen stropními věnci.
- Na obrázku 4.18 c jsou patrné trhliny způsobené vlivem nedostatečné tuhosti konstrukce arkýře.
- Nerovnoměrné sedání základových půd u přístaveb způsobí trhliny jako je znázorněno na obrázku 4.18 d, e, f.





Obr. 4.19. Poruchy na nenosných konstrukcích [31]

5.4.6 Shrnutí:

Obecná pravidla o výskytu trhlin a jejich vzniku. Tyto poznatky platí na poruchy, které se objevují velmi často a mají určitě stejné rysy. Ale každá vzniklá trhlina se musí řádně prozkoumat, jelikož neexistují stejné poruchy. Pouze se lze setkat s podobnými činiteli děje. Problémy vycházející ze základových poměrů stavby, jako je nerovnoměrné sedání. Projevují se výskytem trhlin nejčastěji ve spodních podlažích. Trhlina je nejširší ve spodní části a s délkou směrem vzhůru se zužuje. I hustota trhlin směrem vzhůru se snižuje nebo úplně mizí. U teplotních změn se poruchy objevují po celé výšce objektu, a to buď rovnoměrně nebo s hustější frekvencí ve vyšších podlažích.

5.5 Klenby

5.5.1 Vady zděných kleneb

- nevyhovující stavební materiál jako je cihla, kámen nebo i použití špatných malt
- špatný tvar klenby, který vychází z nedodržení projektu
- špatně dodržena technologie výstavby, nedostatečné promaltování ložných spár
- špatná návaznost na nosné prvky, které fungují jako opěra
- nevyhovující projektová dokumentace

5.5.2 Poruchy zděných kleneb

Lokální

Vznik plastického kloubu, kdy dojde k rozevírání spáry. Porucha se projeví na okraji líce nebo rubu klenby. Způsobení této poruchy je příčinou lokálního tlakového namáhání.

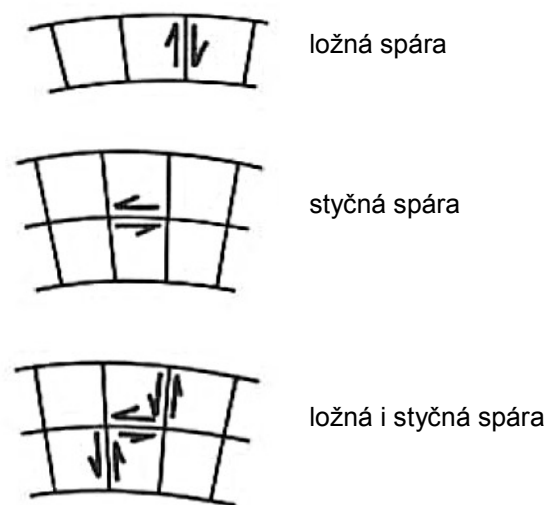
Porucha vlivem usmyknutí. Tato porucha vzniká ve spáře jak ložné nebo styčné, ale i současně v obou.

Poruchy kleneb jsou zrádné v tom, že stačí pouhé vytlačení dvou nebo více prvků klenby a vlivem působení svislého zatížení dojde k následnému kolapsu celé klenby.

Trhliny

Častá porucha klenby, která se projeví změnou napjatosti. Porucha je patrná v ložné spáře a to při rubu nebo líci klenby pronikající ke střednicové ploše. Dochází k rozevírání spár.

Nedostatečně tuhé podpory a špatně provázané zdivo v rovinách kolmých na osu klenby způsobí vznik šikmých trhlin. Šikmé trhliny se mohou projevit v různých polohách na ploše klenby.



Obr. 4.20. Lokální porucha usmyknutí klenby [31]

5.6 Příčiny vzniku vlhkosti a následných poruch

5.6.1 Povrchová kondenzace

Vzduch je schopen pohlcovat určité množství vodních par podle teploty okolního prostředí a množství zdrojů což reprezentuje procentní vlhkost vzduchu. Ovšem v místě, kde dojde k poklesu teploty vzduchu pod teplotu rosného bodu, dochází ke kondenzaci vodních par. Kondenzace vodních par vznikají na základě změny teplotního a vlhkostního režimu okolního vzduchu v prostoru. Zvýšená vlhkost může pocházet od lokálních zdrojů jako jsou akvária, výskyt fauny i flóry v místnosti apod. důležitý je i způsob užívání daného prostoru, počet zařizovacích předmětů, režim vytápění i větrání. Vliv srážení vody na vnitřním povrchu konstrukce mají i povětrnostní podmínky v průběhu ročního období. V zimním a jarních obdobích se projevují kondenzáty nejčastěji. Na zimu se projevuje vlhkost nejčastěji v nezateplených objektech a na jaře dochází ke kondenzacím u masivních konstrukcí jako jsou zámky a kostely. Tyto konstrukce dokážou naakumulovat velké množství tepla, ale jejich povrch

je na jaře poměrně chladný, a to výrazně než jeho okolí. Vlivem větrání dochází ke kondenzaci vodních par na chladném povrchu konstrukce.

Tab. 4.3. Zdroje vlhkosti v interiérech [44]

Zdroj	Množství vlhkosti [v g/h]
Člověk	50 - 300
Koupelna	700 - 2 600
Kuchyň	600 - 1 500
Sušárna	200 - 500

Kritická místa v objektech :

- v obvodových stěnách u výplní otvorů kam patří okna, dveře apod. napojení skla a rámu, ostění, nadpraží, parapety apod..
- rohy a kouty svislé kouty
vodorovné kouty v místech, kde se stýká strop nebo podlaha na terénu a obvodová stěna nebo u vnitřních stěn, které oddělují prostory s výrazně jinými teplotními a vlhkostními režimy
- jakékoliv tepelné mosty v konstrukcích v základech, obvodových stěnách, střechy, atiky, stropy apod.

Kondenzace se vyskytují :

- i u objektů s mohutnou tloušťkou obvodových stěn (kostely, hrady , zámky apod...)
- tam, kde došlo ke změně užívání a zvýšila se koncentrace vodních par ve vzduchu
- záhy v místech, kde došlo k výměně oken, kde původní netěsná okna byla nahrazena novými s lepší těsnící schopností a již nedochází k větrání daného prostoru

Opatření proti kondenzaci

- dostatečné vytápění
- relativní vlhkost vzduchu pod 60%
- dostatečné větrání
- omezení produkce vlhkostního režimu

- zajistit lokální ventilaci u zdrojů, které jsou velkým producentem vlhkosti
- vnitřní vybavení umístit minimálně 50 mm od stěn objektu, aby docházelo k proudění vzduchu
- u novostaveb nebo objektů, kde dlouho nikdo nebydlel zajistit intenzivní výměnu vzduchu v kombinaci s vytápěním

5.6.2 Degradace stavebního materiálu vlivem kondenzátů

Nebude-li problém kondenzátů řešen dojde nejprve ke ztrátě nebo změně barevnosti nátěru, pak k porušení omítkových vrstev, rozpad pojiva mezi stavebními prvky, vznik poruch a rozpad cihel i kamene a jiné degradační procesy.

Konstrukce, které jsou velmi vlhké mají velké tepelné ztráty, jelikož se stávají vodiči úniku tepla. Nacházejí-li se v takovéto konstrukci dřevěné prvky vlivem vlhkosti dochází k poškození hnilobou nebo jinými biologickými procesy. Vlhkost v interiérech působí i na předměty, kde největší váhu hrají cenná umělecká díla jako jsou obrazy, knihy, nástěnné malby, mobiliáře a jiný cenný nábytek, při jejich ztrátě či poškození by mohla nastat nevyčíslitelná škoda.

Druhým extrémem je vysušené zdivo. Docházelo by ke smršťování hmoty vlivem vysychání což by mohlo mít za následky trhliny. Stavební pojivo vlivem přeschnutí se drolí a rozpadá. Ale takové to případy jsou ojedinělé.

Zákony řešící hygienické požadavky a kvalitu vnitřního prostředí v objektech:

- „ zákon č. 183/2006 Sb. ve znění zákona č. 350/2012 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění, “ [45]
- „ zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění, “ [46]
- „ zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce v platném znění, “ [47]
- „ zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. “ [48]

Biologické znehodnocení staveb

Vlivem vlhkosti jak v konstrukci, tak ve vzduchu interiérů dochází k šíření, rozvíjení a množení určitých typů mikroorganismů. Plísňové spory jsou ve vzduchu přítomny vždy a ideálními podmínkami pro jejich rozvoj jsou vlhké konstrukce, pokojová teplota a relativní vlhkost vzduchu větší jak 70 %. Pobyť osob v takovýchto prostorách je zdravý škodlivý.

6 TRADIČNÍ A MODERNÍ SANAČNÍ METODY

Sanace znamená uzdravení či zahojení. Ve stavitelství to označuje činnosti, které vedou k odstranění a opravení závady nebo poruchy. Sanační práce jsou činností prováděnou v různých kombinacích s dostupnými prostředky. Činnosti vedoucí minimálně k obnovení původní funkce konstrukce spolu s vlastnostmi mechanickými i tepelně technickými. Některé sanační metody vlastnosti konstrukcí vylepšují jako je zlepšení únosnosti nebo tepelné propustnosti objektu.

Oprava poruch většinou nastává, až když je porucha uklidněná, tedy nerozvíjí se. Vhodnými materiály používanými na opravu jsou látky složené z polymerů jako jsou například epoxidové pryskyřice. Jsou dobře přilnavé k materiálům a dokážou do nich pronikat, ovšem musí být řádně dodrženy technologický postup včetně použití ověřené směsi. Aplikace těchto látek probíhá minimálně při + 15°C. Každé sanaci předchází práce, které jsou nutné provést, aby porucha byla správně vyspravena a problém vyřešen. Tyto práce tkví v odstranění povrchových úprav (omítky, malby, mastné skvrny), odstranění prachu a jiných volných částí konstrukce. V případě potřeby se ještě může konstrukce navlhčit před samotnou aplikací.

6.1 Sanace trhlin zděných konstrukcí

Sanace trhlin může být dočasná nebo trvalá.

6.1.1 Dočasné řešení

Provizorní způsob řešení daného problému. Jelikož některé sanační metody nelze provést okamžitě. Dočasná řešení se využívají také při havarijních stavech nebo při vážných poškozeních konstrukcí. Neexistuje obecné řešení postupu. Vždy se vychází z nálezové situace v daném místě a vstupují do této situace parametry jako je čas, finanční prostředky, náročnost problému, zkušenosti realizačního týmu odborníků, umístění objektu tak i výskyt problému. Ovšem na konci je vždy investorův zájem i záměr.

Provizorní zajištění konstrukcí se provádí:

- pro průzkumné práce v konstrukci
- při porušení konstrukcí, které vykazují známky zřícení buď její části nebo dokonce i celého objektu
- pro zpracování projektové dokumentace
- pro zajištění bezpečnosti při realizaci stavebních prací
- pro odtížení části konstrukce
- při určité fázi výstavby



Obr. 5.1. Dočasné zajištění klenby

Konstrukce pro dočasné zajištění jsou různé, liší se účelem co mají zajišťovat i způsobem provedení. Podchycují se různé konstrukce jako jsou klenby znázorněné na obrázku 5.1. nebo sloupy obrázek 5.2., štíty, zdi nosné i nenosné apod.



Obr. 5.2. Dočasné zajištění sloupů [37]

6.1.2 Trvalá řešení

Druhy sanace

- tmelení
- injektáž
- stehování
- torkretování
- opláštění
- stažení ocelovými táhly, předpjatými lany, pruty z vysokopevnostní oceli
- zesilování

6.1.3 Tmelení

Tento způsob provádění sanace je určen pro trhliny, které jsou již nečinné nebo-li pasivní. Místo kolem trhliny se musí zbavit povrchových úprav jako je omítka či nátěr. Pak se trhlina ve zdivu rozšíří pomocí vyříznutí nebo vysekání. Minimální šířka vytvořené spáry musí být 5 mm, ideální tvar spáry je trojúhelníkový. Po zvětšení drážky se místo musí zbavit nečistot a navlhčit. Potom se provede zatmelení. Materiál tmelů často používaných jsou z plastbetonu, pryskyřice i plastů apod.

6.1.4 Injektáž

Účelem injektáže je vhnět do předem připravených otvorů chemický roztok a to buď pod tlakem nebo bez tlaku pomocí gravitace. Chemický roztok se dostává do různých pórů a dutin zdiva a tím začne po určité době spolupůsobit. Záleží na základě čeho byla injektáž provedena. Injektáže jsou dělány pro zlepšení únosnosti, a nebo proti vztlínající vodě. Všechny injektážní roztoky se musí před samotnou aplikací řádně připravit a dobře rozmíchat. Injektážní roztoky by se měli z dávkovacího zařízení vyčerpat nejčastěji do 20 minut jinak hrozí zatuhnutí. Čištění injektážního zařízení probíhá za pomoci rozpouštědel například xylenem.

Kamenné zdivo nejčastěji používané u historických objektů se injektuje umělými pryskyřicemi, které pronikají do pórů kamene. Jelikož injektáž pomocí cementové směsi vyplní sice dutiny ve zdivu

a i širší trhliny v kamenech, ale nedostane se do pórů kamene. Kamenné zdi mají problémy s nízkou nebo žádnou pevností pojiva a u silných zdí bývá vnitřek zdi vysypán kamennou sutí. Injektážní roztok u takovýchto zdí bývá cementová malta či suspenze nebo aktivovaná malta. Účelem těchto injektáží je navrátit pevnost a soudržnost celé zdi. Způsob provádění injektáží je buď v rovině nebo v ploše. Injektáž v ploše se rozmístí jako šachovnice a v rovině se používají pásy široké zhruba 1 m s též šachovnicovým uspořádáním ve vodorovné i svislé rovině. Vzdálenost pásů od sebe je 4 až 6 m.

Faktory, které ovlivňují injektáž kamenné zdi závisí na mocnosti zdiva, velikosti dutin mezi kameny, vlastnostech pojiva a finančních prostředcích.

Druh injektáže se vybírá na základě:

- záměru injektáže
- typu a vlastnosti injektovaného materiálu

Záměr injektáže

- zvýšit únosnost zdiva
- vlhkost v objektu

Zvýšení únosnosti zdiva

Injektáž se provádí jako důsledek trhlin nebo různých dutin, které se objeví v konstrukcích nebo pro zvýšení pevnosti zdiva. Tyto nedostatky se zaplní směsí, která je buď stejně únosná jako okolní materiál nebo je únosnější. Jedná se hlavně o poruchy statického charakteru.

Oprava trhlin ve zdivu

Používá se jak pro činné, tak i nečinné trhliny. Ale u aktivních trhlin slouží injektáž jako doplňková metoda pro zajištění zdiva proti dalšímu pohybu.

Zvýšení pevnosti zdiva

Často používaná metoda v místech, kde je již pojivo (malta) zvětralé nebo vymyté ze spár. Látky určené pro tuto injektáž se vpravují do spár a po vytvrdnutí dojde ke znovu spolupůsobení. Materiál, který se používá je aktivovaná cementová malta, cementové mléko nebo řídké betonové směsi, organické pryskyřice, epoxidové pryskyřice, polyestery, polyuretany apod. Díky injektážím, lze zvýšit nízkou pevnostní malty o 1 až 2 MPa

Vlhkost objektu

Jedná-li se o objekt, který je vlhký na základě vztlínání vody, je injektáž jednou z možností nápravy problému. Chemický roztok po vytvrdnutí může mít i horší pevnostní vlastnosti než je materiál v konstrukci.

Faktory, které rozhodují o výběru injektážních látek:

- rychlost tuhnutí
- výsledná pevnost
- objemové změny
- vodotěsnost
- stabilita
- konzistence
- trvanlivost
- tixotropie

Rychlost tuhnutí

V případě doplňkové metody pro užití do aktivních trhlin, kdy se zdivo stáhne například ocelovými předpjatými lany je rychlost tuhnutí důležitá. Tvrdnutí injektážní látky musí nastat po dokončení napínání lan. Jelikož nejprve se osadí ocelová lana určená k předpětí a napnou se na hodnoty montážního předpětí. Pak se aplikuje injektážní hmota ovšem ještě musí nastat finální napnutí a v této době musí být ještě hmota v tekutém stavu.

Výsledná pevnost

Jedná se o to, že zatvrdnutá látka musí být schopna přenášet namáhání, která se v konstrukci vyskytují.

Objemové změny

Mohou nastat dva případy, a to smrštění nebo nakynutí injektážní látky. Nakynutí zálivky většinou probíhá při prvních fázích tuhnutí a není nežádoucí, jelikož injektovaná hmota lepší přilne k materiálu a dochází i k utěsnění. Opakem nabývání zálivky je smrštění, tento způsob objemové změny je nežádoucí.

Vodotěsnost

Požadovaná vlastnost u každé aplikace. Jak pro zdivo nad terénem nebo přilehlé k zemi. Jelikož vlhkost se do objektu může dostat vztlínáním tak i pomocí deště apod.

Stabilita

Tímto parametrem se nemyslí stabilita ze statického hlediska, ale jedná se o soudržnost injektované látky. Daná látka při aplikaci by měla být dostatečně rozmíchaná a neměly by se její složky snadno oddělovat. A to platí i u látek, kam se přimíchává voda, která by se neměla vsáknout do okolního zdiva.

Konzistence

Pravidlo takové tekutosti, aby šla aplikovat pomocí čerpadla a vyplnila dané poruchy.

Trvanlivost

Trvanlivost dané hmoty musí splňovat minimálně požadavky životnosti daného objektu.

Tixotropie

Vlastnost látky, která zlepšuje stabilitu injektážní látky a způsobí, že nevytéká z trhliny.

Způsoby injektování:

- tlaková injektáž
- beztlaková injektáž (není potřeba čerpadla)

Tlaková injektáž obsahuje:

- čerpadlo pomocí čerpadla se daná látka dostane do míst kam patří. Čerpadlo vytváří přetlak.
- pakry předměty, které se osazují na konec vrtu do spáry. Přes pakr teče injektážní roztok. Pakr není osazen celý ve zdivu. Vzdálenost od líce zdiva bývá 50 mm.
- hadice
- kompresor
- zásobníky s roztokem

Označení pakru

OPK 13 / 100 - M - 6

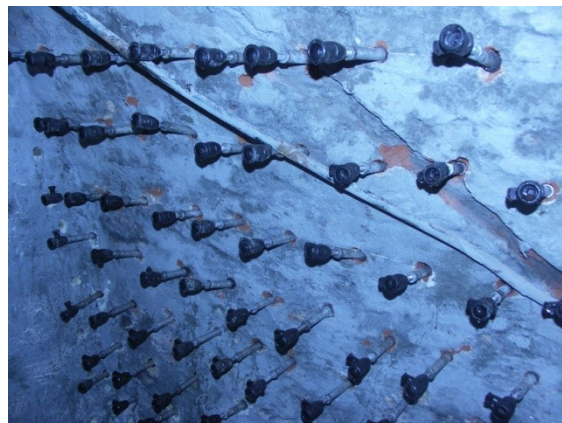
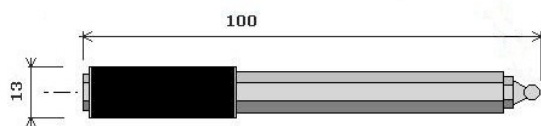
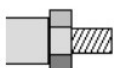
13 šíře těsnící gumy

100 délka pakru v mm

M kulová maznice, označení Š = vnější závit

6 závit šroubů

Vnější závit



Obr. 5.3. Pakry [39 upraveno Fleišerová Hana]

Obr. 5.4. Pakry ve stěně

Je-li prováděná injektáž z důvodu oslabení konstrukce trhlinami neprovádí se injektážní vrt, aby nedocházelo k dalšímu oslabování konstrukce. Ale volí se spíše nalepovací pakry, které se vyrábějí z oceli nebo z plastu. Jelikož pakry se buď šroubují, narážejí nebo nalepují.

Před samotnou injektáží je potřeba daný vrt nebo trhlina očistit, pak dojde k osazení pakrů. Trhlina se musí dobře utěsnit tak, aby injektážní roztok neunikal ven a zůstal tam, kde má. Injektážní

tlak je stanoven v projektu a je kontrolován. Ovšem požadovaného tlaku v injektážním zdivu se dosáhne, až když jsou všechny trhliny či dutiny zaplněny. Pak se určuje jak minimální, tak maximální hodnota požadovaného tlaku, aby nemohlo dojít k narušení zdiva.

Předpis pro injektáž zdiva ze statických důvodů je v České republice směrnice WTA. Tato směrnice posuzuje kvalitu při sanacích a rekonstrukcích staveb. Specifikuje optimální materiály a technologie. Specifikuje problémy od dřevomorky domácí až po sanaci historických hrázděných staveb.

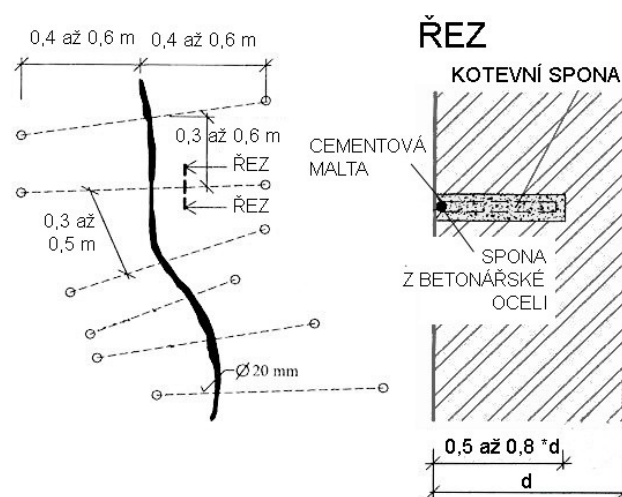
Oddíly směrnice WTA pro injektáž:

4 - 3 - 98 Oprava zdiva - stabilita a únosnost

4 - 4 04 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti

6.1.5 Stehování

Využívá se u trhlin větší šíře. Stehování se realizuje pomocí ocelových spon. Před aplikací se musí předem vyvrtat otvory pro osazení. Hloubka vrtu se pohybuje od 0,5 až 0,8 tloušťky zdiva. Průměr spon je 12 až 25 mm. Spony se ve vrtu upevňují pomocí cementové malty nebo epoxidové pryskyřice. Umístění spony vůči trhlíně by mělo být kolmé ve vzdálenosti kotev minimálně 500 mm. Délka spon, by měla být různá z důvodu roznášení zatížení do zdiva. Po usazení spon se trhlina vyspraví pomocí malty nebo injektážním roztokem a následuje vytvrnutí. Konečnou fází je nátěr spon protikorozním nátěrem a omítnutí daného úseku. Jelikož spony jsou dlouhé nejsou schopné přenášet tlaková napětí. Stehování se používá tam, kde jsou již trhliny nečinné, aby nedocházelo k dalšímu poškození konstrukce.



Obr. 5.5. Stehování trhliny [32 upravila Fleišerová Hana]

6.1.6 Torkretování

Jiné označení betonového nástřiku. Slouží pro zesílení zděných nebo betonových konstrukcí. Při návrhu se musí brát v potaz smrštitelnost betonu. Hodí se do míst, kde jsou plochy různě zakřivené, jelikož v těchto místech by bylo náročně provádět bednění jak z ekonomického hlediska, tak i pracnosti. Výhodou je široké uplatnění.

Suchá betonová směs se dopravuje pomocí hadice a stlačeného vzduchu do torkretovací pistole, kde dojde k promísení s vodou a vzniklá kaše je stříkána na konstrukce. Maximální zrnitost kameniva je 16 mm. Vrstva, která se může tímto způsobem aplikovat se pohybuje od 20 do 80 mm. Ale je zapotřebí ztužení od tloušťky 30 mm pomocí ocelové sítě nebo pletiva. Větší vrstva jak 80 mm se řeší pomocí bednění. Před samotnou aplikací se zdivo očistí od povrchové úpravy případně se odstraní i uvolněné kusy zdiva a konstrukce se navlhčí. Pak dochází k samotné aplikaci. První vrstva zhruba 10 mm má jiné složení frakce kameniva. Kamenivo je menší do 10mm jelikož se od zděného prvku odráží. Aplikace dalších vrstev se provádí až po zavadnutí první vrstvy. Tloušťka další vrstvy se najednou aplikuje do 25 mm. Použití pletiva při torkretování brání vzniku širokých trhlin od smršťování. Betonářská výztuž se používá tam, kde je zapotřebí zvýšit únosnost.

Typy torkretování :

suché převládá u masivních konstrukcí

mechanické s aktivovanou maltou, u stěn tloušťky do 500 mm, klenby, zděné příčky

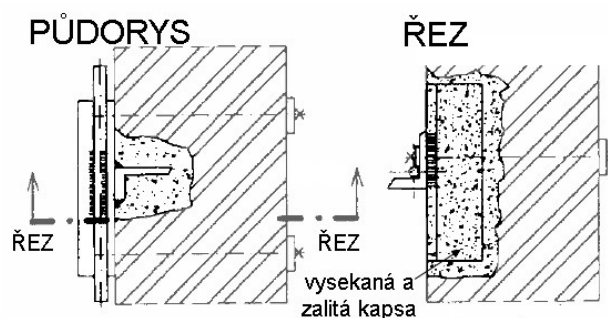
6.1.7 Opláštění

Metoda používaná na opravu činných trhlin jak jednotlivých, tak i trhlin v uskupeních. Lze aplikovat oboustranně. Pro správné použití této metody se musí odstranit povrchová úprava zdiva a důkladně očistit povrch zdiva i trhliny. Pak se osazují úchyty kotevní či hřeby. Na tyto prvky se přivaří nebo přiváže svařovaná síť. Posléze se aplikuje vrstva betonu o tloušťce 50 až 80 mm s možností využití i betonový nástřik. Až betonová vrstva zatvrdne provede se injektáž porušeného zdiva. Pakry pro injektáž musí být umístěny již před betonáží.

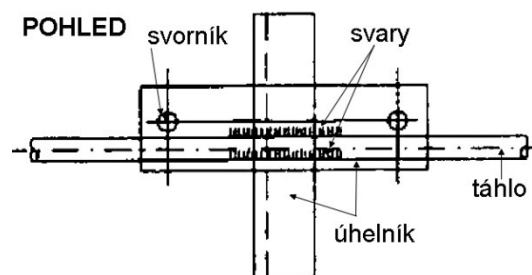
6.1.8 Spřažení

Pomocí ocelových táhel

Táhla jsou ocelové tyče o průměrech od 20 do 40 mm. Ty jsou na konci ukončeny závitky a vkládají se do předem připravených drážek. Drážky jsou vytvořeny vysekáním nebo vyřezáním. Ocelová táhla jsou ukotvena v rozích objektu na ocelových úhelnících s



plotnami. Je-li obvodová stěna příliš dlouhá navrhuje se mezilehlé kotvení často v krajních čtvrtinách stavby. Osazení ocelových táhel může být provedeno u vnějšího nebo vnitřního líce obvodových stěn či vnitřních stěn objektu. Proti mimořádnému namáhání táhel pomáhá osazení k oběma lícům stěn. Umístění spřažovacích prvků se provádí v místech stropních konstrukcí nebo základů. Pro správné působení se musí táhla dotáhnout maticemi v místech kotvení což způsobí předpětí. Ochrana ocelových táhel je prováděna barvami a to nástřikem nebo natřením. Brání se tím degradaci oceli.



Obr. 5.6. Kotvení ocelového táhla [32 upravila Fleišerová Hana]

Pomocí předpjatých lan

Předpjaté lano a ocelové táhlo je svou funkcí, uspořádáním v prostoru i realizací velice podobné. Výhodou lan je, že se mohou předpínat na mnohem větší síly než táhla. Hodnoty předpjatých sil v lanech se mohou pohybovat až 100 kN. Průměry předpjatých lan se odvíjí od několika faktorů, a to místo předpínání, materiál konstrukce a únosnost. Použití ocelových rozpěrných prvků brání u dlouhých stěn v boulení. Rozpěry jsou z válcovaných profilů nebo trubek.

6.1.9 Zesilování

Úprava konstrukce, která vede ke zvýšení únosnosti prvku. Je zapotřebí statického návrhu a vytvoření plánu, jak se bude postupovat při realizaci. Nejdůležitější je propojit nový a stávající prvek.

Druhy zesilování:

- použití nových nosných prvků, které budou připevněny ke stávající konstrukci
- vložení nových nosných prvků do konstrukce
- injektáž

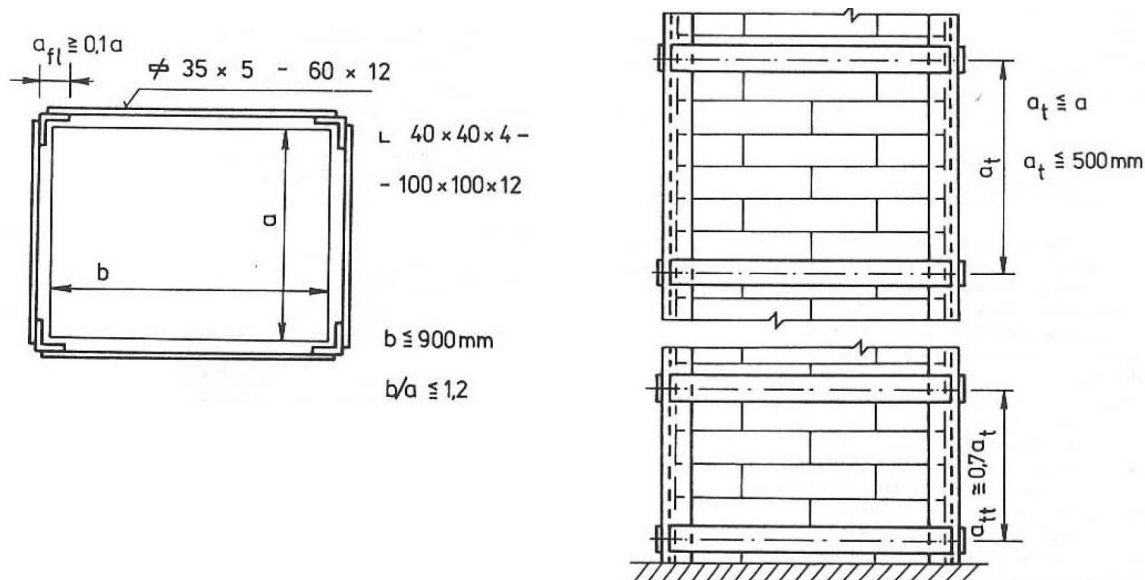
Zesilování pomocí objímek

Objímky betonové

Očištění dané konstrukce. Upevnění výztuže na povrch prvku. Mezi pruty a očištěným povrchem prvku musí být mezera. Pak se výztuž zakryje buď pomocí torkretování od 60 do 100 mm nebo se provede betonáž při tloušťce od 100 do 150mm.

Objímky ocelové

Konstrukce nejčastěji sloupy se před aplikací omítnou cementovou maltou. Na omítku se umístí ocelové úhelníky, které obepínají konstrukci ze všech čtyř stran. Před tím, než se úhelníky pomocí svarů připevní příčně spojkami z pásové oceli se musí dočasně zajistit. Celé připevnění, by mělo být provádělo odborníky, jelikož to má zásadní vliv na únosnost v tlaku vodorovných průřezů zděného prvku.



Obr. 5.7. Zesílení pomocí ocelových objímek [31]

Zesílení pomocí dodatečných třmínků

Tento způsob zesílení zděných prvků spočívá ve vložení třmínku do každé nebo každé druhé ložné spáry. K tomu, aby se mohl třmínek osadit je zapotřebí odstranit maltu ze spár do hloubky 20 mm. Třmínky se ukládají do čerstvé malty o pevnosti minimálně 2,5 MPa. A pak se ještě naposledy překryjí stejnou maltou.

Zesílení pomocí betonové vrstvy

Betonová vrstva obsahuje i výztuž, která je spojena jednotřížnými třmínky. Tyto třmínky jsou ukotveny do zdiva určeného k zesílení. Počet třmínku na 1m² pohledové vrstvy je 4 ks. Umísťují se do styčných nebo ložných spár. Betonová vrstva se často pohybuje od 60 do 150 mm. Aplikace je buď pomocí torkretování nebo ukládání směsi do bednění.

6.1.10 Povrchové poruchy zdiva a jejich sanace

Poruchy:

- drolení malty ve spárách
- porucha povrchu zdících materiálů

Drolení malt ve spárách

Relativně běžná porucha způsobená vyplavením pojiva nebo vlivem objemových změn. Vlivem objemových změn se nejprve malta oddělí od staviva, pak dojde k rozdělení malty na menší kusy a následně malta vypadává.

Sanace spár je pracnější, čím je degradace větší. Vypěňovací hmota by měla být pojivem, které je stejně nebo co nejvíce podobně degradované jako pojivo sanované spáry. Toto pravidlo platí zejména u památkově chráněných objektů. Ale existují i výjimky a to hlavně u malt vápenných, které se nahrazují maltami vápenocementovými ve složení vápno : cement : písek v podílu 1 : 0,5 : 4,5.

Poruchy povrchu zdících materiálů

Se projevují dvojím způsobem, a to drolením hmoty nebo odlupováním staviva po částech. Tyto poruchy se odvíjejí od odolnosti materiálu vůči vnějším a vnitřním podmínkám. U lícového zdiva záleží na odolnosti vůči klimatickým podmínkám zejména mrazuvzdornosti. Čím více je prvek odolný vůči nasákavosti tím méně dochází k poruchám vlivem mrazu. Nepřímo to souvisí se strukturou prvku a vypálení. Nepálené cihly jsou náchylné na poruchy vlivem mrazu.

Sanace poruch drolením nebo odlupováním vlivem klimatických podmínek se řeší v závislosti na rozsahu degradace. Taková to sanace musí být provedena s opatrností, aby nedošlo k vážnému statickému narušení konstrukce. U malých poruch se volí odsekávání degradované části plus dalším vysekáním do hloubky nejméně 70 mm. Pak nastává vyspravení jinými cihlami, které se přizpůsobují tvaru podle potřeby. Velká ložiska degradace se řeší vybouráním a nahrazením novým stavivem.

Hloubkové spárování

Platí pro hloubku spár větší než 50 mm. Na vyplnění takovýchto spár se používá aktivovaná malta. Malta se vyrábí z písku plynulé zrnitosti, vody, plastifikátorů, vzdušného vápna a cementu. Všechny tyto složky se míchají po dobu 8 minut v rychloběžném aktivátoru a pak se vzniklá směs proseje na vibračních sítích s oky 4/4 mm, aby nedocházelo k ucpání plnicího stroje a pistole. Plnění probíhá pomocí šnekového čerpadla pod tlakem 0,2 až 0,4 MPa. Takto připravená malta se dobře přichytává k povrchu cihel nebo kamenů a nevytéká ze spár. Pevnost malty v krychelných zkouškách je okolo 55 MPa, s vápnem a bez plastifikátorů se pochybuje okolo 30 MPa. Výhodou je malá smrštitelnost. U památkově chráněných objektů s pohledovým zdivem se aktivovaná malta nespáruje až k líci zdiva, ale ve vzdálenost zhruba 30 mm od kraje se aplikuje již vápenná malta, která se roztírá lžící. Objekty s omítkou mají spáry vyplněné aktivovanou maltou až k líci a daná konstrukce se omítne podle požadavků památkářů.

6.2 Sanace klenby

Možnost provedení zesílení konstrukce je různorodé. Ale nejdůležitější je správné vyhodnocení poruchy konstrukce a stanovení její únosnosti. Klenby vždy spolupůsobí s okolními podpěrnými konstrukcemi. Stavba klenby patří mezi technologicky náročné konstrukce.

6.2.1 Poruchy a vady

Drobné poruchy:

Činnosti, které se běžně provádějí jsou zamaltování spár, klínování, výměna porušených prvků.

Poruchy většího charakteru:

Sanační práce, které probíhají jsou osazení dodatečných táhel, stavba dodatečných žeber nebo klenbových pásů, vytvoření nové stropní konstrukce.

Zesílení

Sanační metody, které se uplatňují jsou vytvoření soustavy dodatečných žeber s věnci po obvodu, vybudování vrstev, které kopírují tvar klenby v různé míře spolupráce.

Jednotlivé činnosti:

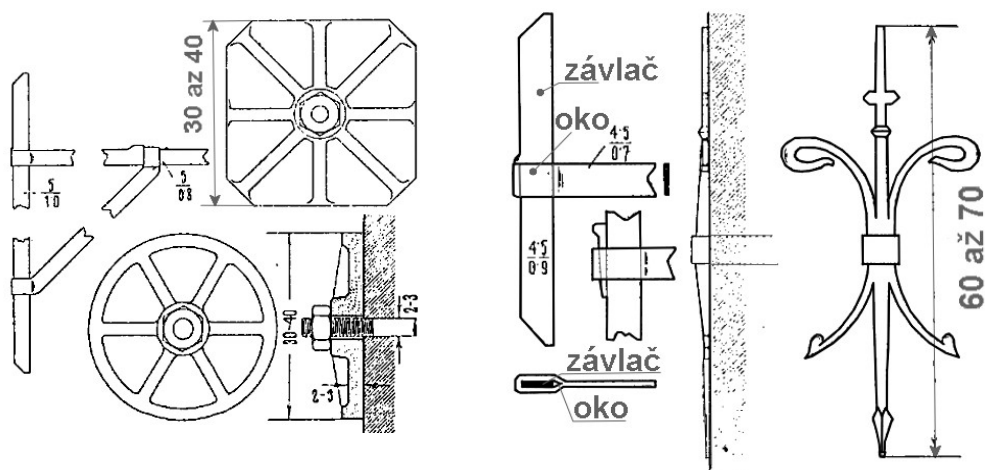
- osazení klínů spárování
- táhla
- vybudování žeber
- tvorba obloukových pásů
- podepření klenby
- zesílení klenby žebry a věncem
pomocí dodatečné vrstvy

Osazení klínů a spárování

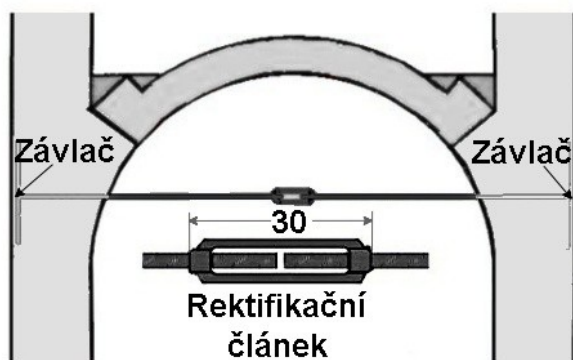
Klíny, které se používají na vysprávku jsou buď dřevěné, z pálených cihel nebo kamene. Ojedinelé se používají i ocelové klíny. Spárování se pak provádí aktivovanou maltou. Tato metoda je využívána v případech, kdy vypadává pojivo ze spár nebo chybí-li část cihel. Tato oprava patří mezi lokální.

Táhla

Používají se tam, kde se podpory klenby oddalují a vznikly nebo vznikají trhliny. Historická táhla byly klenbové kleště. Jsou to prvky s oky, do kterých se protáhly závlače a pomocí středového klínu se stahovaly obě poloviny táhla. Obecně táhla jsou štíhlé prvky, které přenášejí pouze tahové síly. Novodobá táhla mají kruhový průřez. Táhla jsou napínací. To jsou ty, které jsou pevně spojeny s roznášecími deskami a napínají se pomocí rektifikačního článku. Druhý způsob je nepřerušené táhlo, které má na konci závity. Tyto závity slouží k napínání pomocí matic. Táhlo se opírá o roznášecí ocelové desky. Osazení táhel u kleneb je v líci nebo na rubu klenby. Nejvhodnější umístění je do úrovně patek.



Obr. 5.8. Historické klenbové kleště [42 upravila Fleišerová Hana]



Obr. 5.9. Napínací táhlo [43 upravila Fleišerová Hana]

Žebra

Působí na podobném principu jako táhla. Vodorovná výztuž žeber se předpíná před samotným zabetonováním. Žebra kopírují rub klenby a horní část je rovná. Spojení žebra a klenby je pomocí ocelových trnů.



Obr. 5.10. Zpevnění klenby žebry [42]

Obloukové pásy

Slouží pro zlepšení tuhosti klenby nebo vytvoření dodatečných podpor. Obloukové pásy jinak známé i jako klenbové pásy se umísťují nad klenbu tedy do rubu, a nebo pod na líc klenby. Při umístění na rub obloukové pásy celkově ztužují konstrukci naopak umístění pod způsobuje vytvoření dodatečných podpor. Klenbové pásy jsou konstantní tloušťky.

Podepření klenby

Sanace málo užívaná. Lze s ní klenbu podepírat jak podélně, tak příčně vzhledem k půdorysnému tvaru klenby.

Zesílení klenby

Žebry a věncem

Takto vytvořená konstrukce je tuhá ve vodorovném směru a ve svislém směru dostatečně únosná. Věnce se provedou po obvodu klenby a žebra jsou umístěna na rubu klenby. Vzájemné provázání je vytvořeno pomocí ocelových trnů.

Pomocí dodatečné vrstvy

Pro celkové ztužení klenbové konstrukce se používá betonová vrstva, která je s klenbou propojena ocelovými trny, které jsou do klenby přichyceny epoxidovou pryskyřicí nebo cementovou maltou. Betonová vrstva se nanáší buď tradičně nebo torkretováním. Tloušťka vrstvy je určena na základě statického výpočtu a pohybuje se od 80 do 200 mm. Nově vytvořená vrstva je vyztužena ocelovými sítěmi s oky o rozměrech 100 x 100 mm nebo 150 x 150 mm s tloušťkou ocelového drátu 6 nebo 8 mm.

6.3 Sanace vlhkosti

Sanace proti vlhkosti se řeší kombinací opatření, které vedou k relativně suchým konstrukcím a prostředí. Neexistuje pouze jedno univerzální řešení. Následkem poruchy či nedostatku je realizována sanace. Ale důležité je daným problémům úplně předcházet a provádět opatření. Tedy taková řešení, která způsobují, že daná situace nenastane.

Druhy sanace :

- povrchová
- zasahující do konstrukce

Výběr vhodného opatření záleží na :

- účinnost
- složitost
- vhodnost
- souvislost
- finance

Veškeré práce by měly být prováděny na základě dobře provedeného STP.

6.3.1 Větrání

Omezit vlhkost interiéru nárazově lze i nízkonákladovým způsobem, a to dostatečným větráním. Jelikož vlivem proudění vzduchu dojde v interiéru ke snížení relativní vlhkosti. Proudění vzduchu může být přirozené nebo nucené pomocí různých ventilátorů případně v kombinaci obou. Ventilátory mohou být u lokálních středisek vlhkosti jako je kuchyně či koupelna. Nebo jsou centrální ventilátory používány v místech s velkou vlhkostí například bazény apod. Rychlost vysychání závisí na teplotě okolního prostředí, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Je důležité odstranit z interiéru množství nahromaděné vlhkosti tak, aby nedocházelo ke kondenzaci právě zvoleným režimem větrání. Vysychání záleží i na materiálových vlastnostech vlhkého předmětu nebo konstrukce.

Proudění vzduchu

Nastává na základě rozdílných teplot a pohybu vzduchu vlivem větru. Teplota vzduchu se mění během celého dne ale i celého roku. Proudění vzduchu je důležité i v objektech. Probíhá-li v interiéru správná cirkulace vzduchu vede to k odstranění přebytečné vlhkosti, jelikož ta se vypařuje, nevyskytují se plísně a odér vzduchu je příjemný pro obyvatele.

Přirozené větrání

- infiltrace
- provětrávání
- šachtové provětrávání
- aerace

Infiltrace

Výměna vzduchu probíhá spárami u oken a dveří. Tento způsob výměny vzduchu se odvíjí od mnoha faktorů. Záleží na výšce objektu, těsnosti výplní a velikosti otvorů, v jaké zástavbě se objekt nachází, lokalita, orientace objektu i jednotlivých místností a intenzita větru. U novodobých oken je těsnost velmi vysoká, proto infiltrace neprobíhá, ale některá okna a dveře mají možnost nastavení těsnosti oken nebo pomocné mřížky, které lze regulovat.

Provětrávání

Známý a běžně používaný způsob, kdy se otevře jakýkoliv otvor jak okno, tak dveře. Dochází tak k intenzivnější výměně vzduchu. V teplých obdobích mohou být okna otevřena skoro pořád. Místnosti se tak vysouší a obměna vzduchu v interiéru je přirozená a častá. V chladných a zimních obdobích se provětrávání používá již méně často, jelikož je pro uživatele důležité i teplotní hledisko. Proto se v těchto obdobích doporučuje krátké a intenzivní větrání, které způsobí průvan. Nejúčinnějším způsobem větrání je otevřít otvory napříč.

Šachtové provětrávání

Obdobné jako u provětrávání klasického, jsou vytvořeny průduchy, kterými vzduch proudí.

Aerace

Jinými slovy provzdušňování. Na základě správného projektu se vytvoří otvory v obvodovém plášti, které slouží k přívodu a odvodu vzduchu.

6.3.2 Možnosti minimalizování vlhkosti v konstrukcích

Čtyři základní pravidla, jak udržet relativně suché konstrukce a prostředí v interiéru.

- odvod vody od konstrukce
- tvorba ochrany proti pronikání vlhkosti a vody do objektu
- odvod zavlhlého vzduchu

- o povrchové úpravy zajišťující odvod vlhkosti buď jako hlavní nebo doplňující řešení

Tab. 5.1. Přehled některých metod spolu s aplikací [44]

Metody	Příčina a druh vlhkosti						
	Vzlínající				Atmosférická	Provozní	Kondenzační
	Nízká $w_b < 4\%$ hm.	Zvýšená $4\% < w_b < 7,5\%$ hm.	Vysoká $7,5\% < w_b < 10,5\%$ hm.	Velmi vysoká $4\% < w_b < 7,5\%$ hm.			
Vkládání dodatečných hydroizolačních pásů, desek, fólií, plechů		■	□				
Aplikace zvláštních povlaků, omítek, jiných hmot, úpravy difúzní nebo utěšňovací	■	□			□	■	■
Elektroosmózy		■					
Vzduchové úpravy	■	□			□		
Horizontální a vertikální clony infuzními vrty		■					
Stavební úpravy okolí, přestavby, odvodnění, dispozice	□	□	□	■	■	□	□

Poznámka: nejvhodnější metoda ■
 alternativní metoda □

6.3.3 Sanace zdiva

Proti vzlínající vlhkosti zdiva se lze bránit metodami klasickými. Klasické metody jsou různé, větrací vedení s průchody, izolační přízdivky, nucené větrání podél základového zdiva nebo pod podlahou v kombinaci s větracím vedením. Další možností je podřezávání zdiva a vkládání izolace do spáry. Společně s těmito metodami se musí vytvořit i jiná opatření jako je vytvoření okapového chodníčku, drenáže kolem objektu či jílové těsnění kolem základů. Okapový chodníček působí proti vsakování vody podél líce zdiva. Drenáže odvádějí vodu z okolí objektu na jiné místo, kde se voda vsahuje do země. Jednou z možností je i injektáž konstrukcí proti vlhkosti.

Metody sanace:**Činnosti kolem sanace vlhkého zdiva**

Skupina prací, které vedou k zamezení působení vlhkosti v objektu.

Patří sem provedení hydroizolace základů, podlah a sklepních konstrukcí, drenáže, okapové chodničky, omítky a nátěry odpuzující vodu, oprava střechy, dešťové svody, správné vedení instalací a zajištění sanitárních předmětů v objektu, opatření komínů protidešťovou ochranou, vyspádování terénu od objektu, zamezení tepelných mostů, výměna výplní otvorů s lepším součinitelem prostupu tepla. Nesmí se zapomínat i na dobré větrání ve všech místnostech, tak aby vlhkost vytvořená užíváním objektu mohla "odejít".

Další skupinou prací jsou činnosti, které probíhají na základě již zavlhlého zdiva. Jsou to sanační práce prováděné firmami, které se specializují na odvlhčování konstrukcí. Do těchto prací patří provádění horizontálních izolací, práce potřebné na aplikaci sanačních omítek, obklady soklů, injektážní práce nebo jiné specifické metody na odstranění vlhkosti zdiva (elektroosmóza apod.). Patří sem i sanace proti vnikání tlakové vody do objektu.

Druhy sanace proti vlhkosti :

- vzduchové clony
- injektáž proti vlhkosti zdiva
- jílové izolace
- metody elektroosmózy
- plošná izolace
- povlakové úpravy - sanační omítky a nátěry

6.3.4 Vzduchové clony

V moderním stavitelství se užití vzduchových systémů stává velmi ojedinělou sanační metodou. Nejčastěji se tato sanační metoda objevuje u historicky chráněných objektů. Poznatky o tomto způsobu izolace jsou staré okolo 4 500 let. Princip metody zůstává neměnný, pouze se zlepšují materiály.

Použití metody:

- u objektů historického charakteru či památkově chráněných domů včetně objektů, kde nelze zasahovat do nosných konstrukcí jako jsou sloupy, pilíře nebo stavby zatížené dynamickými účinky od dopravy apod...
- obnovení stávajících systémů, které byly v minulosti zaneseny vlivem např.: stavebních úprav apod...

- při nápravě špatně provedených vzduchových izolací

Dělení vzduchově izolačních systémů :

- vzduchové dutiny
- jiné vzduchově izolační systémy

Vzduchové dutiny

Členění podle :

- polohy
 - stěnové ve vodorovné rovině
 - podlahové ve svislé rovině
- umístění vzhledem k obvodové stěně
 - v interiéru
 - v exteriéru
- způsobu proudění vzduchu
 - přirozené
 - nucené
- způsobu odvětrávání
 - odvětrávané umístění nasávacích a výdechových otvorů lze dvěma základními variantama do interiéru nebo exteriéru včetně jejich kombinací
 - neodvětrávané
- doby realizace
 - nově realizovaná
 - stávající

Jiné vzduchově izolační systémy

- systémy kanálů například Knapenovy kanálky
- využití profilovaných fólií
- provětrávané drenážní systémy

Vzduchové dutiny

Vzduchové dutiny oddělují odvlhčovanou konstrukci od zdroje vlhkosti. Do vzduchových dutin je zajištěn trvalý přívod i odvod vzduchu.

Dutiny stěnové

Jsou umístěny na obvodové stěně a to :

- na vnitřní
- na vnější

Dutiny na vnitřní straně

Provětrávaná mezera by měla být opatřena nasávacím a výdechovým otvorem. Přiváděný vzduch může být jenom z interiéru nebo jenom z exteriéru, ale existují i kombinace.

Umístění dutin vzhledem k podlaze:

- nad úrovní
- pod úrovní

Možnosti provedení vnitřních dutin:

- pomocí předsazených stěn
- pomocí provedení obkladu

Dutiny na vnější straně

Vychází z informací :

- zda má či nemá objekt podzemní podlaží
- na výšce okolního terénu
- situace objektu

Umístění dutiny vůči terénu :

- nad
- pod

Provedení vnějších vzduchových dutin :

- zavřené
- otevřené známé pod názvem anglické dvorky

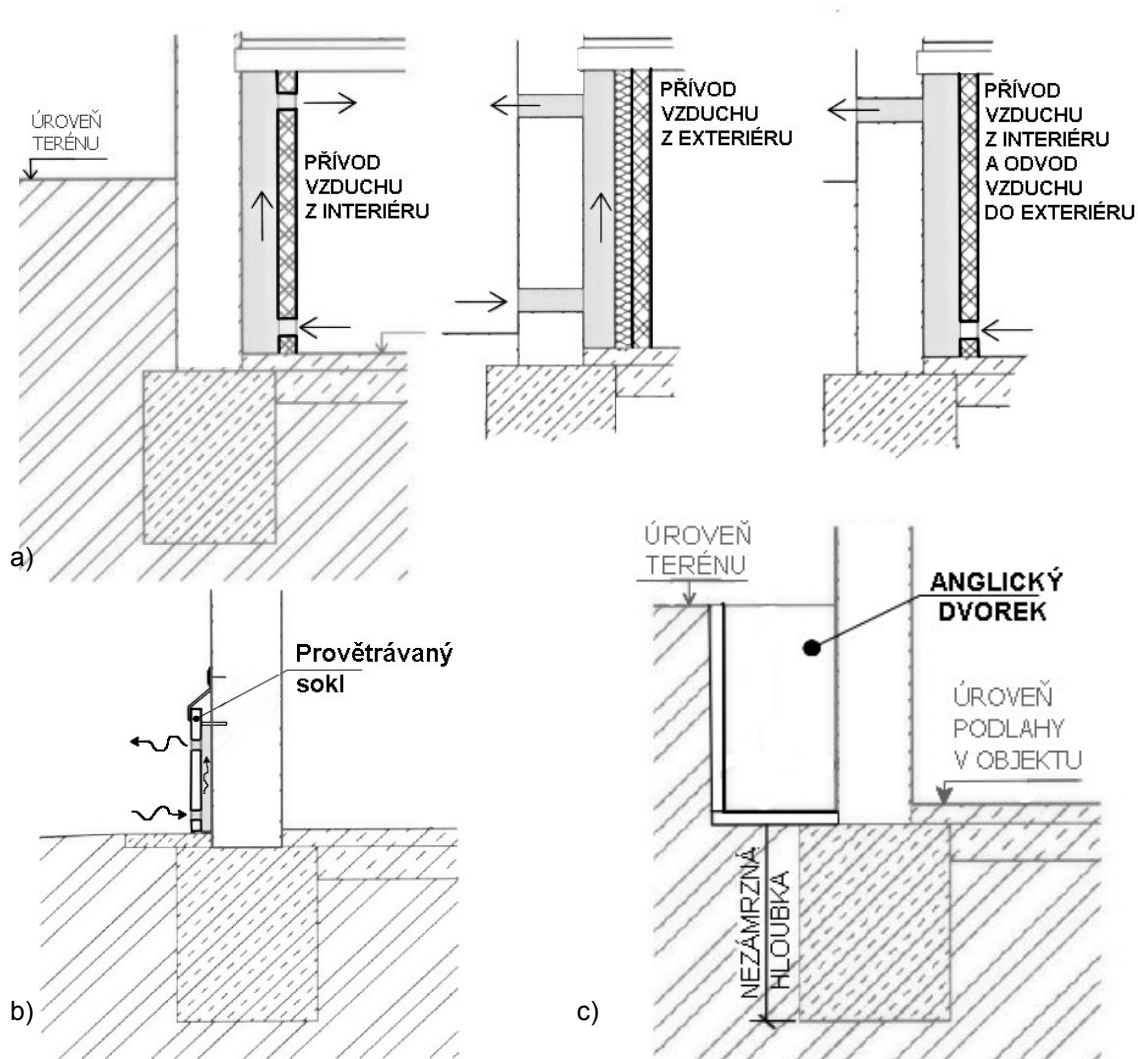
Jak zavřená, tak i otevřená varianta má odsazenou nezávislou konstrukci od obvodové stěny, která funguje jako opěrná stěna. Vzdálenosti mezi obvodovou a opěrnou stěnou se volí v závislosti na zatížení opěrné zdi a vzdálenosti meziokenních pilířů. Opěrné stěny mohou být i v kontaktu s obvodovou stěnou, ale musí být provedena hydroizolace. Často se používají povlakové hydroizolace. Dno dutiny musí být vyspádováno, aby voda odcházela pryč, buď do kanalizační stoky nebo trativodu.

Vzniklá dutina se buď opatří zábradlím nebo poklopem plným provedeným ze železobetonu nebo kovu, dutina může být přikryta i mříží z kovu nebo plastu. Aby byla dutina přístupná musí být minimálně 600 mm široká. Vzduchové dutiny na vnější straně obvodového pláště mohou být kombinovány s jakoukoli jinou opatřovací metodou. Nejčastější kombinace jsou s provětrávaným soklem nebo sanační omítkou.

Umístění provětrávané dutiny nad terénem bývá časté řešení soklů v případě zavlhlého zdiva například z důvodu odstřikující vody z přilehlého terénu apod... Provětrávaná mezera by měla být široká minimálně 50 mm s nádechovými a výdechovými otvory, které zajišťují cirkulaci vzduchu.

Variety chráněných soklů :

- zděné
- zavěšené
- ze segmentů nejčastěji z plastů a profilovaných fólií.



Obr. 5.11. Vzduchové clony a) Stěnové dutina na vnitřní straně, b) provětrávaný sokl, c) otevřená vzduchová dutina - anglický dvorek [44]

Provětrávaná podlaha

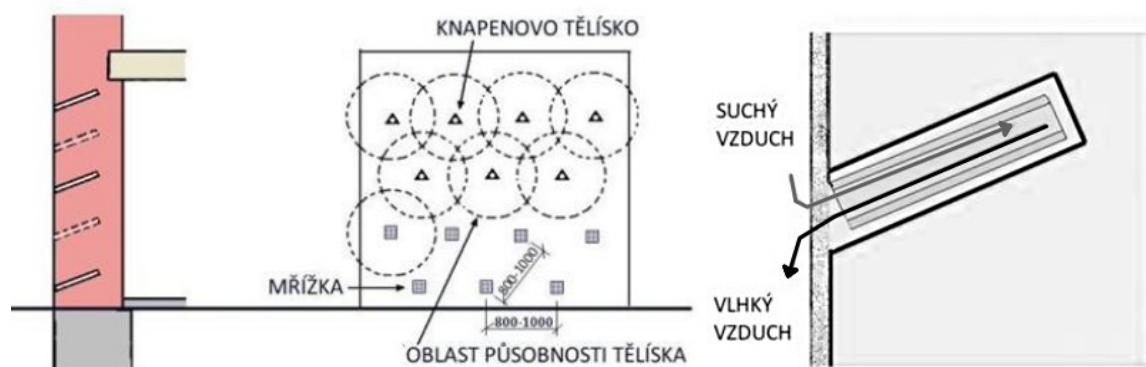
Vzduchové dutiny se vytvoří ve vodorovné rovině pod podlahou. Tento způsob se využívá zejména v místech výskytu radonu nebo odvedení vlhkosti zdiva. Nad vzduchovou dutinou se provede konstrukce podlahy v principu stropu. Tato konstrukce může být prováděna stejným způsobem jako strop. U dřevěných konstrukcí může hrozit výskyt biologických škůdců. S provětrávanou podlahou se lze setkat v historických objektech. Existuje možnost vytvořit tuto mezeru i z provětrávaných tvarovek.

Výška vzduchových mezer se odvíjí od vzdálenosti nasávacích a výdechových otvorů, jejich celkové ploše a osově vzdálenosti. Úroveň základové spáry musí být provedena vždy v nezámrné hloubce, která se odvíjí od základových poměrů.

Jiné vzduchově izolační systémy

Systémy kanálů

Knapenovy kanálky pocházejí z Francie. Do obvodové stěny se vytvoří soustava kanálků, které jsou od sebe v osově vzdálenosti zhruba 800 až 1 000 mm. Hloubka kanálku je do 2/3 tloušťky zdi pod úhlem 10° až 15°. Do vzniklého kanálku se osadí perforovaná trubka na konci opatřena sítkou. Počet řad kanálků se odvíjí od vlhkosti konstrukce, ale běžně se používají do tří řád vzájemně prostřídanych. Z praxe je známa relativně nízká účinnost a nevyhovující estetické hledisko.



Obr. 5.12. Knapenovy kanálky [49]

Drenážní systém

Provětrávaný drenážní systém může být umístěn kolem obvodových stěn jak vně, tak uvnitř nebo v podlaze. Slouží k odvodu vody z okolí stavby, proto se osazuje do míst, kde se voda více zdržuje. Drenážní systém je též opatřen nasávacími a výdechovými otvory pro zajištění proudění vzduchu nejčastěji přirozeným způsobem. Minimální průměr drenážního svodu je 100 mm. Drenážní výkop by měl být v nezámrné hloubce s přihlédnutím na celkovou stabilitu objektu. Na dně výkopu se připraví betonový podklad, který je ve sklonu od objektu. Tloušťka nabetonávky se pohybuje okolo 80

až 100 mm v příčném sklonu minimálně 5 % a v podélném sklonu minimálně 0,5 až 1 %. Nejvyšší bod drenážního svodu by měl být 200 mm pod hydroizolací podlahy. Celé výkopy s drenážními rozvody jsou zasypány štěrkem frakce 16 až 32 mm minimálně 300 mm nad drenážní svod a celá takto provedená drenáž je obalena geotextilií, která slouží proti zanášení nečistot.

Revizní šachty jsou třeba pro kontrolu a čištění rozvodu. Vzdálenost mezi šachtami může být maximálně 50 m s minimálním průměrem 300 mm.

Drenážní systém se skládá :

- drenážní vrstva v ploše podél svislých konstrukcí
- drenáž kolem stavebních objektů
- revizní šachty na kontrolu a čištění



Obr. 5.13. Detail drenážního výkopu

Nevýhody spojené s drenážním systémem :

- promrzání základových púd
- u špatného návrhu je voda přiváděna ke konstrukci
- soudržné zeminy zejména jílovité při odvodu vody mění značně svůj objem což může mít za následek vznik trhlin
- v oblasti, kde se vyskytuje větší množství radonového plynu může drenáž v interiéru způsobit hromadění plynu díky nasávacímu otvoru
- stejný případ jako u radonu, platí i pro jiné plyny jako je například metan v oblastech s výskytem důlních plynů
-

6.3.5 Injektáž proti vlhkosti zdiva

Na základě chemického roztoku, který se vpravuje do předem připravených otvorů, na kterých jsou osazeny pakry. Roztok vytváří hydroizolační clonu, která brání prostupu vlhkosti vzhůru. Vzdálenost jednotlivých vrtů je pravidelná a podle tloušťky zdiva se volí buď jednostranné injektování nebo oboustranné injektování. Injektuje se jak vodorovně, tak svisle. Roztok, který se používá má buď utěšňující nebo hydrofobizační vlastnosti. Lze tyto vlastnosti kombinovat.

Infuzní metodu lze provádět jak u vnitřních, tak i vnějších stěn v úrovni nad nebo pod terémem a materiál konstrukce zdiva, do kterého lze roztok aplikovat může být jak zděný, tak i smíšený. Jeli stěna tlustá do 1 m, vrty se provádějí jednostranně, ale při větší tloušťce se vrtá oboustranně. Průměr vrtů se pohybuje od 18 do 40mm pod úhlem 15 až 45° od vodorovné roviny. Nejčastější použití vrtů je jednostranné u běžně vlhkého zdiva, ale lze injektovat i ve více řadách v kombinaci nad sebou nebo vedle sebe.

Vpravování injektážní látky záleží na:

- typu injektované konstrukce
- druhu infuzní látky
- rozsahu
- způsobu uspořádání

Do nádobky se nalije infuzní roztok a ten pak vtéká do vytvořeného vrhu. Je dobré, když se najednou plní více vrtů. Podle stanovených parametrů se za určitou dobu od vsáknutí předepsaného množství roztoku do zdiva vrty vyplní vápenocementovou maltou s hydrofobizačními vlastnostmi. Nevhodná metoda pro konstrukce, které obsahují hodně dutin. Vytvořené vrty se musí překrýt chránicí lištou s větracími otvory.

Metody injektování :

- beztlakové
- tlakové

To jakou metodu zvolíme záleží i na stupni zavlhnutí zdiva. Při velkém zavlhnutí zdiva jsou póry zalité vodou a porézní struktura materiálu je tedy omezená. Proto je u takovýchto případů zapotřebí injektovat pod tlakem s látkou, která reaguje s vodou. Nebo je možné zdivo před aplikací sušit, aby se pórovitost materiálu otevřela a došlo tak k lepšímu nasycení injektážní látkou. Maximální šířka použití injektáží je do 3 000 mm.

Beztlaková injektáž

Injektážní roztok je vpravován na základě nasákavosti každého materiálu. Jediný hydrostatický tlak, který se vyskytuje u této metody je sloupec roztoku v zásobníku nebo při vstřikování. Touto metodou se docílí vyššího stupně vyplnění pórů a rozdělení injektážní látky. Při této aplikaci se nejčastěji volí osové vzdálenosti od 100 až 125 mm a průměry vrtů se pohybují od 20 do 38 mm. Záleží zejména na nasákavosti zdiva a injektážním roztoku. Zásadou je, že u stěn menší tloušťky jak 800 mm musí být vrt veden aspoň jednou ložnou spárou. U jednostranné aplikace je hloubka vrtu odvozena přibližně ze 3/4 celkové tloušťky. Při oboustranné injektáži je hloubka vrtů 2/3 z celkové tloušťky zdi. Metoda nejběžnější a nejužívanější. U této metody lze jednoduše zjistit přítomnost dutin, což se projeví na rychlosti vstřebávání roztoku. Obsahuje-li konstrukce mnoho dutin, je zapotřebí před samotnou aplikací injektážního roztoku provést ošetření v podobě vpravení tekutiny, která se nesmršťuje a obsahuje i pojiva.

Tlaková injektáž

Vyhovující pro konstrukce, které jsou velmi nasycené vodou. Tlakové injektáže se používá i ve více řadách. Minimální hloubka vrtu musí být 100 mm a průměr vrtu se pohybuje od 10 do 12 mm. U víceřadé aplikace musí být mezera ve svislé rovině větší jak 80 mm. Injektáž se provádí pod nepřetržitým tlakem. U nízkotlakové metody se používá tlak menší než 1000 kPa. I zde se musí současně plnit více vrtů. Tlaková injektáž je rychlejší a lepší se s ní manipuluje. Nesmí docházet ke ztrátám tlaku vlivem trhliny nebo dutiny. Proto je každé vedení vybaveno manometrem.

Metoda následné infúze

Metoda pracující s ekologicky nezávadnými materiály. Do zdiva se postupně aplikují dva prostředky těsnící a hydrofobizační. Před aplikací se vytvoří vrty, které se osadí. Vrty se napouštějí roztokem, který se aplikuje v nádobách umístěných ve výšce zhruba 0,5 až 2 metry. Roztoky jsou nejčastěji na bázi vodného silikátu nebo organokřemičitanu.

Injektážní roztok působí proti vzlínající vodě. Dělení injektážních roztoků podle principů působení na kapilární strukturu:

- těsnící látka vniká do pórů, kde zatvrdne na základě své chemické reakce a nepropustí vlhkost přes sebe, patří sem i krystalizační roztoky
- zužující snižuje nasákavost materiálu
- hydrofobizační odpuzuje vodu, nejrozšířenější
- kombinace

Druhy injektážních roztoků rozčleněny podle chemické báze:

- akryláty
- epoxidové pryskyřice
- parafíny
- polyuretanové pryskyřice
- silikáty
- silany
- silikonáty
- silikonové mikroemulze
- siloxany

6.3.6 Dodatečné mechanické izolace

Jedná se o vložení vodorovné bariéry po celé šířce zdiva. Je to účinná metoda, ale náročná na provedení. Používá se tam, kde je složitá skladba zdícího materiálu, ale i na drobné stavby. Je to metoda s dosti výhradami. Riziko statického poškození stavby je vysoké nebo vznik poruch vlivem nedostatečného vyklínování. Postup prací je pomalý a nejprve musí být odstraněna omítka, aby byl znám zdící materiál. Pak následuje vybourání 2 až 4 vrstev cihel, aby vznikl otvor o šířce 800 až 1 500 mm. Velikost otvoru se odvíjí od kvality zdiva, zatížení a tloušťky. Mezi jednotlivými otvory jsou pilíře o minimální šířce 600 mm. Následuje vytvoření roviny pomocí dozděných cihel a ukončených cementovou maltou, na kterou se po vytvrdnutí položí hydroizolační vrstva (např. asfaltové pásy, PE fólie apod...). Poslední fází je dozdění otvoru cihlami a vyklínování plastovými klíny ve vzdálenosti maximálně 100 až 200 mm. Po řádném zatvrdnutí se vybourají pilířky a provede se podobná operace. Minimální překrytí hydroizolačních pásů je 100 mm. Vzniklá vyklínovaná spára se pomocí tlakové injektáže a cementové malty s příměsí plastifikátorů zaplní. Tyto sanační metody by měly být prováděny na základě projektu, který řeší jak sanační tak i statické hledisko.

Podřezání zdiva

Ručně

Tato metoda lze použít pro cihelné zdivo o síle zdi do 600 mm. Pily, které se používají jsou buď klasické tesařské pily zvané břichatky nebo upravené listy z katrových pil. Metoda obtížná a pracná v závislosti na kvalitě a pevnosti maltového lože.

Řetězovou pilou

Použitelná jak pro cihelné tak i kvádrové zdivo, kde tloušťka ložné spáry musí být minimálně 10 mm. Po odstranění omítky se musí připravit i pojezd stroje, který potřebuje rovný a pevný terén.

Nejprve se prořízne zdivo v celé tloušťce a pak pokračuje pila po metrových úsecích. Než se vloží hydroizolace do vzniklé drážky je spára vyčištěna. Najednou lze proříznout a vyspravit 30 cm. Vložená hydroizolace musí mít minimální přesah 100 mm a upevňuje se klíny tak, aby ve spáře držela. Po dokončení se mezera vyplní pod tlakem cementovou maltou s plastifikátory.

Podříznutí pilou s diamantovým lanem

Tato pila může provádět spáry v kamenném, smíšeném, cihelném i betonovém zdivu. Řezy mohou být vedeny jak vodorovně tak svisle nebo šikmo. Diamantové lano je vedeno pomocí kladek a než se provede samotný řez je zapotřebí vyvrtat otvor pro lano. Jak očištění spáry před tak i osazení hydroizolačního pásu nebo konečná vysprávka je obdobná jako u jiných podřezávacích metod.

Zarážecí desky

Tloušťka plechu je 1,5 mm. Plech je profilovaný z nerezového materiálu. Použití těchto desek je pouze tam, kde je v cihelném zdivu průběžná ložná spára. Do spár jsou osazovány strojem. Buď se desky překrývají o dvě až tři vlny nebo zapadají do speciálních zámečků. Nejčastěji se tato metoda aplikuje z venku jednostranně. Jednostranná aplikace lze do tloušťky zdiva 1 m. Každá tato metoda má problém s překonáváním výškových rozdílů je-li objekt po výšce členitější.

6.3.7 Jílové izolace

Nejstarší sanační opatření. Přírodní surovina, dobře tvarovatelná. Dobře utěšňuje a zároveň nevysušuje.

Podmínky aplikace pro správnou funkčnost :

- do zvlhlého prostředí, kde vlhkost bude působit i po zabudování
- kombinace rohoží suchých a aktivovaných, které se časem zatahují
- důležité je ukončení jílových izolací

Jíloví izolace chrání :

- zdivo pod terénem je-li suterén zapuštěn zcela nebo jen částečně
- zdivo přímo pod vodou
- izolace stropů a kleneb pod terénem

6.3.8 Metody elektroosmózy

Metody založené na elektrickém poli vznikající při pohybu vody ve zdivu. Elektrický kontakt se zdivem zajišťuje pásová elektroda na bázi uhlíku a elektrický kontakt se zemnicí elektrodou. Žádná z metod není univerzální pro vysoušení zdiva. S touto metodou se používají dalších opatření jako je sanační omítka a nastavení programu větrání. Je potlačovaná kapilární vztlínatost vody u všech materiálů s pórovitou strukturou.

6.3.9 Sanační omítky a nátěry

Nátěry s funkcí vysoušení lze aplikovat do prostorů s krátkodobým užitím. Ovšem nebrání vztlínání vody, řeší pouze estetickou stránku povrchu.

Sanační omítky se používají až v případě řádně upraveného povrchu. Nejprve se konstrukce objektu musí ohledat a omítky s výskytem solí a jiných příznaků vlhkosti se musí odstranit do hloubky minimálně 15 mm. Po očištění povrchu konstrukce a provedení horizontální izolace se konstrukce znovu omítne. Sanační omítky mají nízký difuzní odpor, což způsobuje, že omítka nenasákává vodou z žádné strany.

6.3.10 Obklady

Provádějí se zejména v místech soklů, jelikož na tyto místa působí vztlínající voda tak i dešťová, která je hnaná větrem nebo odstříkující voda od přilehlého terénu. Sokl je dobré opatřit obložením ovšem takovým, které není kontaktní. Je dobré, když za deskou je vzduchová mezera, která je provětrávaná a způsobuje cirkulaci vzduchu. Sokl je chráněný a přitom voda se dokáže odpařovat. Nevhodným řešením jsou různé kontaktní obklady nebo omítky s cementovou maltou jelikož tyto materiály mají velký difuzní odpor a způsobí, že se vztlínající voda projeví výše.

6.3.11 Sanace po povodni

Nejprve u takto zasažených objektů se musí provést STP a vyhodnotit celkovou statiku objektu. Výstupem STP by měl být záznam v podobě zprávy a fotodokumentace. Veškeré poruchy způsobené nadměrnou vlhkostí nesmí být opomenuty. Ustanovení pro objekty zasažené povodňovou vlnou platí směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik zvané též jako "Povodňová směrnice".

Sanace statických konstrukcí objektu

Pokud se projeví trhliny statického charakteru vlivem například nerovnoměrného sednutí základů je nutností zabezpečit dané konstrukce a provést jejich důkladnou analýzu. A následně provést potřebné opatření třeba v podobě podepření, podchycení základu, spřežení apod. Problémy budou více vykazovat stavby bez věnců a z nepálených cihel.

Sanace zdiva

Nadměrná vlhkost vnesená vlivem povodňové vlny se v rámci STP prozkoumá, zda objekt nebyl vlhký již před příchodem povodňové vlny. Sanace v důsledku povodňové vlny se odvíjí od doby, po kterou bylo zdivo zaplaveno. Je-li doba zaplavení kratší nebo rovna 12 hodinám pálené cihly nebudou tolik nasáklé vodou jelikož se projeví ochranná funkce omítek, která brání pronikání vody do zdiva. Díky stanovení hmotností vlhkosti zdiva se zjistí podíl nasáklosti. Metody, které se používají jsou například gravimetrická či CN metoda. Po stanovení této hodnoty se buď omítka otluče nebo nikoliv. Vysychání by mělo probíhat přirozeným způsobem, ale lze si pomoci mikrovlnným vysoušením. Mikrovlnné vysoušení je ale nákladná záležitost. Po vyschnutí se provede desinfekce a vhodný nátěr.

Omítky se otloukají, je-li zdivo příliš mokré. Otlučení musí být provedeno z obou stran zdiva do výšky nadměrného zavlhnutí plus tloušťka zdiva. Otlučení musí být provedeno dobře. Spolu s omítkou se odstraní i hloubka 20 mm v ložných a styčných spárách a následuje vysychání zdiva. Vlhkost ve zdivu se musí pochybovat méně než 5% neboť to je hodnota, kterou norma ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva považuje za nízkou. Mikrovlnné vysoušení dokáže vysušit 1 m² cihelného zdiva o tloušťce 450 mm za 4 až 6 hodin. Tento typ vysoušení může provádět pouze kvalifikovaná osoba.

Měření zdiva se provádí elektrickým kapacitním vlhkoměrem a plus se odebírá několik vzorků pro laboratorní metody zjišťování. Prováděné měření se aplikuje na obou stranách zdiva, ve svislé rovině, kde vzdálenost zkoumaných bodů by neměla přesáhnout 2 m a ve vodorovné rovině 500 mm. Každé měření by mělo mít výstup v podobě protokolu, kde bude zpracován půdorys objektu. Půdorys objektu by měl být vyhotoven v měřítku 1:50, 1:100 nebo 1:200 se znázorněnými místy měření a nesmí chybět naměřené hodnoty vlhkosti.

Až je zdivo dostatečně vyschlé aplikuje se vhodná sanační omítka s přihlédnutím na stupeň zasolení zdiva. Tato omítka musí splňovat parametry uvedené v normě ČSN P 73 0610 příloha D. Pak se provede nátěr, který nesmí zhoršovat propustnost sanačních omítek. Do interiéru se hodí barvy na minerální bázi. Tedy barvy typu silikátové, vápenné či silikonové apod. Do exteriéru se naopak hodí barvy s modifikovanými minerály, které tolik nenasákávají.

Je-li příčina vlhkosti kromě záplavové vlny i jinde, musí se brát ohled na typ provedené celé sanace. Do budoucna by mělo být provedeno opatření v podobě hydroizolace proti tlakové vodě a to 300 mm nad výšku hladiny povodňové vlny.

Vlhkost přiček

U nenosných konstrukcí platí stejná pravidla jako u nosných. Problém lze řešit i vybouráním této konstrukce a nahradit ji. Bourání lze provést v případě, kdy nad přičkou není podobná konstrukce, která se nachází v dalším patře nebo nesmí se stát, že je na přičce uložena stropní konstrukce. Jednoznačně na prvním místě se hledí na statické problémy spolu s finanční situací.

7 APLIKACE - STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM

HRADU TOČNÍK

7.1 Stavební historie hradu Točnick

Točnick vznikl poměrně pozdě, až na samém sklonku 14. století. Patří tedy k nejmladším středověkým hradům v Čechách. Král Václav IV. jezdil v prvních letech vlády na Žebrák, jelikož rád lovil v křivoklátských lesích. Pak si nechal postavit hrad Točnick. Hrad byl založen kolem roku 1398 a roku 1402 byl již obydlen. Hrad Točnick byl založen jako dvoudílný. Horní hrad měl vlastní nádvoří a opevnění vzhledem k hradu dolnímu, který měl i hospodářskou funkci. K opevnění hradu byly využity složité terénní nerovnosti. Horní hrad byl vymezen palácem postaveným v čele. Královský palác byl zbudován na obdélníkovém půdorysu se třemi trakty. Strana natočená k nepříteli byla vytvořena s vydutým obloukovým průčelím. Jižní strana přiléhala ke křemencovému valu, na jehož úbočí byla předsunuta jižní hradba. Obdélníkové nádvoří mělo na západní straně ještě předsunutou věž.

Královský palác neobvykle třítraktové dispozice s hlavním sálem ve třetím podlaží prodělal během krátké doby výstavby řadu stavebních změn. V průčelí, kde jsou okenní ostění v rozsahu spodních tří podlaží provedena ze žlutého pískovce s plastickými profilacemi se liší od podlaží čtvrtého, kde jsou ostění tesána z pískovce bílého se zjednodušenou profilací. Průčelí postrádají v gotice obvyklé kompoziční zásady, okna nesledují kompoziční osy, nejsou umístěna nad sebou, vycházejí ryze z vnitřních funkcí. I schodiště byla přizpůsobena při stavbě praktickým účelům hradu. Spojení mezi dvěma spodními podlažími zajišťovalo dvojité vřetenové schodiště (označované zřejmě v památkářské hantýrce za šnekové). Do obytného patra pokračovala pouze jedna jeho větev. Ze sond bylo zjištěno, že dříve existovalo pravoúhlé schodiště, které stoupalo po výšce průčelím. Dokladem je otisky valených kleneb. Též sondy zjistily přítomnost arkád napříč všemi patry, které se nedochovaly.

Zajímavostí byla sonda, která objevila fakt, že nad dnešní kaplí byl dříve trámový strop s typicky hustě umístěnými trámy a pod stropem byla klenba. Palác měl od počátku dnešní výškové dělení, což dokazují okenní otvory a portály v průčelích. Existovalo tedy i páté podlaží, ze kterého se zachovalo zdivo do značné výšky včetně omítek v severním traktu.

Záhy došlo k výstavbě jižního křídla vnitřního nádvoří, které si zachovalo dosud gotické omítky. V renesanci bylo přidáno další patro, které se střechou existovalo ještě v roce 1726.

Ve spodním hradu a druhém nádvoří byl dominantou velký purkrabský palác. Zde jsou dobře sledovatelné stavební postupy. Palác měl dva sály, východní se srubovou konstrukcí a západní s trámovým stropem i vnitřním schodištěm. Nástup byl pavlačí v jižním průčelí. Na západní straně existoval přístavek v rozsahu spodního patra, jak nasvědčují charakteristické portály doby Václavovy.

Další změna byla při výstavbě severního nádvoří s mostem. Zde je zbytek příkopu při vnitřní hradbě, který mohl náležet vnějšímu opevnění, vzhledem k prudce klesajícímu terénu směrem od brány k severnímu líci hradby, kdy výškový rozdíl činí zhruba 11 metrů. Z tohoto důvodu se archeologové domnívají, že původní nástup nesměřoval přes příkop na východní hřeben, ale

sestupoval šikmo svahem. Zrušení tohoto přístupu se uskutečnilo kolem roku 1524. Kdy byla vytvořena nová vstupní brána v západním průčelí purkrabství. Zásah měl zřejmě za následek snížení terénu při jižním průčelí purkrabství. Právě v tomto období byl asi upraven průchod zdí přetínající nádvoří. Rampa podél hradby vnitřního nádvoří neexistovala, jak svědčí nálezy z roku 1934.

Na jihovýchodním nároží purkrabství je patrný výběh mohutné hradby, který může být pozůstatkem jiného, snad již dříve se zde nacházejícího opevnění nebo hradby, která měla sbíhat svahem dolů, obdobně jako na jihovýchodním nároží vnitřního hradu. Pozdně gotická přestavba dala vzniknout přilehlému křídlu. Přestavba plynule pokračovala až k polovině 16. století. Dokládá to přehled oprav Jana z Valdštejna z roku 1552. Renesanční výstavba se uskutečnila až za Lobkoviců, kdy vznikly renesanční omítky, nástavba jižního křídla a vstupní budovy vnitřního nádvoří, horní patra přístavby purkrabství. Intenzivní stavební činnosti nasvědčují i tvorba sgrafit, který originálním způsobem pokryl všechny stěny nádvoří pod věží. Pak renesanční stavební vývoj hradu skončil.

Hrad byl v třicetileté válce vydrancován. Sloužil jako útočiště lidu z okolí. Ještě v roce 1726 existovaly střechy na purkrabství a jižním křídle. Barokní úpravy hradu jsou již pouhou epizodou. Síň paláce byla přeměněna na kapli sv. Bartoloměje v roce 1735 podle D. Menclové. Doloženy jsou další zásahy v období mezi dvěma válkami jako je oprava sgrafit v 50. letech.

Situační rozbor

Hrad Točnick je situován na přírodním útvaru, křemencovém břitu, který od východu k západu probíhá od hradu Žebrák vysoko na zalesněný táhlý kopec, kudy bylo možno zprostředkovat přístup do hradu ve směru od Prahy. Tento přírodní útvar je charakterizován šikmo skloněnými geologickými vrstvami. Ve směru k jihu klesají ohraničeny šikmou plochou, na opačné straně k severu vyčnívají jako ostrý břit čímž vytvářely přirozenou hradbu. Hrad je rozložen na vrcholu tohoto břitu a z části skryt na severní straně. Na západní straně byl hřeben přerušen patrně uměle příkopem, který chrání přístup od východu. Přes příkop byl vybudován most. Na vrcholu břitu byla postavena hradní věž. Ze západní strany přiléhá hradbou opevnění, za kterým skála prudce klesala k severu obdobně jako na straně východní věže. K východní věži přiléhá Královský palác. Prostor mezi palácem a věží byl obehnán hradbou. Severní strana má hradební okruh s velkým purkrabským palácem v hradbě a vstupní druhou branou. Severní nádvoří při vstupu je samostatně opevněno branou a mostem. Situováno na již mohutném násypu, který vyrovnal velký výškový rozdíl klesajícího terénu. K areálu hradu náleží i mladší vstupní cesta na straně jižní vytesaná do skály a krytá slabou branou se střílnami.

V příloze jsou publikovány fotografie, které názorně představují hrad Točnick.

7.2 Provedené průzkumy na hradě

Průzkum byl proveden v zimě na přelomu roku 1997 a 1998 Ing. arch. Janem Bártou. Byly odebrány vzorky hornin. Cílem zjednodušeného průzkumu bylo jednak určení hornin z hlediska petrografického a stanovení mechanismu a stupně jejich zvětrání, jednak navržení způsobů konzervace povrchů.

Do návrhu konzolidace jsou vedle kamenů zahrnuty i spojovací a spárovací malty, cihelné zdivo a dochované plochy omítek.

7.2.1 Horninové složení hradu Točnick

Kopec, na kterém hrad stojí, je součástí morfologicky nápadného hřbetu, pásma spodno-ordovických hornin, tvořící severozápadní okraj barrandienského synklinoria. Jedná se o pás vrstev krušnohorských, klabavských a šáreckých, které jsou tvořeny tmavšími pevnějšími horninami jako jsou droby, pískovce, rohovci nebo písčité břidlice. Vrstvy mají severovýchodní až jihozápadní směr a upadají pod úhlem asi 35 ° k severovýchodu. V jejich nadloží se objevuje mocné těleso zelenavých diabásových hornin, diabásových mandlovců, pillow-láv a diabasových tufů.

Místní horniny jsou tence deskovité ordovické droby, pískovce a kontaktní rohovce a písčité břidlice, které se objevují v lomovém zdivu hradu. Díky tenké deskovité odlučnosti se používaly na udržení horizontální roviny řad zdiva, pocházejí z jeho nejbližšího okolí; jedná se o lomový kámen, vytěžený při kopání základů nebo šíjového příkopu. Ordovické horniny lze identifikovat podle tmavé, šedozelené barvy. Tyto horniny výrazně nevětrají.

Většina lomového kamene zdiva i větších kvádrů pochází ze širšího okolí. Jsou to žlutavé celistvé nepravidelné úlomky vulkanických, výlevných paleoryolitů (křemenných porfyrů), dovezené z oblasti křivoklátsko-rokycanského pásma. Dodnes lze získat případně náhradní kámen z činného lomu Třebnůška u Rokycan, kde se těží kámen jako kamenivo na cesty.

Z těchto žlutavých hornin jsou zhotoveny větší kvádry zdiva i nárožní armovací kvádry. Díky své inhomogenitě a výrazné vrstevnatosti jsou silně rozrušeny vlivem srážkové i vztlínající vody.

Dalším typem použitých stavebních hornin jsou bělavé, slabě nazelenalé středně až hrubě zrnité křemenné pískovce nebo konglomeráty, které pocházejí ze středoečeského kambria. Jsou z nich zhotoveny některé opracované kvádry nárožních armatur a zejména jemně opracované kvádry portálů a ostění oken.

Nazelenalá barva je důsledkem přítomnosti chlorit-sericitické základní hmoty v pískovcích. Tyto křemenné pískovce pocházející z brdského (příbramsko - jineckého) kambria, vzdálené od hradu jižním směrem cca 10 - 15 km.

Rozdílná barevnost kvádrů pískovce v 1. bráně do vnitřního nádvoří může být způsobena termickým poškozením při požáru, kvádry jsou navíc zbarveny červenavě hematitem, který vznikl oxidací přítomného limonitu při zahřátí. Další možností je, že byl kámen odebrán z jiného lomu nebo ze stejného lomu, kde byl kámen přirozeně zvětralý. Pro přesné zjištění by musely být odebrány vzorky.

Byly použity pískovce barvy sytě hnědé, žlutavé a jílovité, jakoby limonitické velmi měkké křemenné pískovce, použité např. na žebra v gotických klenbách paláce a na konzolách, které se podobají orthosovým pískovcům z oblasti skryjsko - týřovického kambria.

Diabasové tufy - žabáky. Tento stavební kámen se objevuje na mnoha místech hradu, kde byl použit nejen v interiéru věže, ale i v exteriéru. Nejvýraznější prvky, zhotovené z tohoto velmi dekorativního kamene, jsou např. portály Královnina patra. Jedná se o heterogenní tmavě zelené horniny silurského stáří, úlomky původního vulkanického skla. Relativně rychle zvětrávají. I v interiérech dochází k chemickému zvětrávání, které probíhá bez přítomnosti vody.

Mezi kvádry 1. brány a i na dalších místech se objevují žlutavé, bělavé středně až hrubě zrnité spodnokarbonské kaolinitizované arkózy, velmi podobné známým kameno-žehrovickým nebo kladenským či manětínským arkózám. Jedná se o relativně pevný kámen těžený na začátku 20. století. Vachtl v soupisu lomů z roku 1949 v okrese berounském uvádí, že tyto arkózy byly použity při stavbě Karlova mostu v Praze.

Tento průzkum sloužil k návrhu správně zvolených hydrofobizačních prostředků určených pro konzervaci kamene.

PRAKTICKÁ ČÁST

Následující část diplomové práce vyplývá z terénních měření, které byly pořízeny přímo na národní kulturní památce hradu Točnick. Cílem bylo zjistit jak pevné jsou zabudované cihelné prvky odpovídající přibližně stáří hradu. Jelikož naši předci neměli takovou moderní techniku, kterou oplývá dnešní doba. Spoléhalo se na poznatky předávané po generace.

Poslední část se zabývá tématem napojení novodobé konstrukce do historické stávající konstrukce, konkrétně na hradě Točnick. Jedná se o vnější dřevěné schodiště, které bylo již jednou postaveno, ale vlivem vnějších klimatických podmínek zchátralo. Jelikož každá nově vybudovaná konstrukce není-li šetrně zasazena do historické památky může napáchat mnoho škod bez možnosti jakéhokoliv návratu a nevyčíslitelná pamětihodnost ztratí okamžitě svou hodnotu.

7.3 Stanovení pevnosti cihel v tlaku

Bylo vytvořeno jedenáct odběrových míst, na kterých se provedly oklepy na různých cihlách. Zkoušky byly prováděny na cihlách, které nejevily známky poruchy, povrch byl celistvý bez známek drobení. Vybírány byly cihly bez povrchových úprav. Místa, která byla vybrána k provedení zkoušek se odvíjela od doporučení pana kastelána hradu Točnick a Žebrák JUDr. Petra Zemánka.

Barva keramického střepu se pohybovala od světle oranžové přes tmavě červenou až po černou barvu. Na základě barevných rozlišností jsou rozčleněny jednotlivé vzorky cihelných střepů.

7.3.1 Průzkum objektu

Hodnoty byly naměřeny na cihlách nedestruktivní metodou pomocí Schmidtova tvrdoměru typu L. Ze 167 vzorků cihel byly naměřeny níže uvedené hodnoty.

Hodnoty jsou rozděleny podle oblasti měření a barvy cihelného střepe. K průzkumu byl použit Schmidův tvrdoměr typu L. Dále byl použit žebřík, fotoaparát a pomůcky sloužící k zaznamenávání.

Naměřené hodnoty jsou odebrány z lícového zdiva z jedné strany. Schmidův tvrdoměr byl při měření vždy ve vodorovné poloze. Cihly nebylo možné měřit z více stran, jelikož byly zabudovány do objektu. Meteorologické podmínky při měření - zataženo 3 až 5 °C, ojediněle foukal slabý vítr.

7.3.2 Barevnost cihelných prvků

Barva zkoumaných cihelných střepeů na hradě Točnick nebyla jednotná. Barvy cihelných prvků byly v různých odstínech oranžové. Škála oranžové barvy se pohybovala od světlé až po tmavou. Někdy se oranžová cihla prolínala s barvou červenou i černou. Další vyskytující se barva v konstrukcích byla tmavě červená v kombinaci s černou. Výjimečně byly nalezeny cihly barvy tmavě fialové a černé. Struktura cihel z lícové strany se také lišila v závislosti na umístění cihly v objektu hradu. Některé cihly byly velmi degradované vlivem klimatických změn hlavně větrem a deštěm. Takto degradované cihly byly ve větší míře nalezeny ve Velkém purkrabském paláci v ostění okenních otvorů orientovaných na západ. Cihly se loupaly a některé se rozpadávaly. Škála barevnosti cihelných prvků je závislá částečně na vstupní hliněné složce a hlavně na výpalu. Cihly totiž byly rozloženy po celé peci a v dolní části pece, kde je největší žár byly cihly přepálené, kdežto v horní části pece mohly být cihly nedopálené. Barevnost cihel je též ovlivněna místem uložení v konstrukci. Cihly v komínových tělesech ztmavnou.



Tab. 6.1. Naměřené hodnoty pomocí Schmidtova tvrdoměru typu L na hradě Točnick

Zkušební místo	Hodnoty odrazu [v MPa]										Průměr R	Meze		Upravený průměr R'	Barva
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		80%	120%		
Oblast 1															
1	54,5	53	53,5	61	56	48	58	52	58	53,5	55	44	66	55	světle hnědá (písková)
2	45,5	48	44,5	46	40,5	43	47,5	41,5	40,5	42	44	35	53	44	tmavě červená
3	55	40,5	41	41,5	59	59,5	54,5	55,5	54	50,5	51	41	61	54	oranžová
4	54,5	57	56	66	51,5	59,5	56,5	62	54	55	57	46	69	57	tmavě červená
5	45	37	55	44	46	58,5	44	50	49	54,5	48	39	58	50	oranžová
6	41,5	45,5	50	47,5	48	49,5	45	48,5	42	43,5	46	37	55	46	tmavě červená
7	53	57,5	58,5	58	45,5	50	52,5	55,5	46,5	40,5	52	41	62	53	tmavě červená
8	27	51,5	39,5	29	44	38	33,5	39,5	36,5	42	38	30	46	39	černá
9	38,5	33,5	41,5	45	45,9	37,5	51,5	52,5	50	54	45	36	54	45	oranžovo - červená
10	41,5	41,5	34,5	37,5	48,5	46,5	47	50	45,5	40	43	35	52	44	oranžová
11	59	52,5	56,5	57,5	56,5	48,5	43	54	45,5	52	53	42	63	53	tmavě červená
12	47	44,5	42	45,5	42	43,5	37,5	43	45	45,5	44	35	52	44	tmavě červená
13	48	39	53	47	56,5	50,5	56	54,5	47	57,5	51	41	61	52	oranžová
14	44	45	45,5	42,5	36	40,5	39	41	38,5	45	42	33	50	42	černá
15	50,5	43	39,5	50,5	39,5	46,5	44	45	39,5	50,5	45	36	54	45	oranžová
Oblast 2a															
1	39,5	56,5	50	62,5	65,5	62	58	52	63	57,5	57	45	68	59	černá
2	60	57,5	60	49,5	60	59	60,5	64	52,5	50,5	57	46	69	57	tmavě červená
3	59,5	63	63,5	57,5	62	61	60	62	65	57	61	49	73	61	tmavě červená
4	48,5	52	49	50	48	49,5	48,5	47	48	45,5	49	39	58	49	oranžová
5	57	56	54	49	54	59	61,5	58	59	57,5	57	45	68	57	tmavě červená
6	56	59	63,5	64,5	61	59	55,5	51,5	55	48,5	57	46	69	57	tmavě červená
7	52,5	61	57	48	57	55,5	61	53,5	55,5	56,5	56	45	67	56	tmavě oranžová
8	60,5	55,5	56,5	60	62	60,5	63	60	66,5	54,5	60	48	72	60	černá
9	60	62,5	62	58	65	62	59	60	57,5	59	61	48	73	61	tmavě červená
10	48	51,5	48	43	49,5	55,5	53	52,5	56,5	51,5	51	41	61	51	černá
11	65	67	65,5	67	61	60	63,5	65	62,5	50	63	50	75	63	tmavě červená



Oblast 2b															
1	24,5	20,5	25,5	23	27,5	26,5	31	27,5	19,5	23,5	25	20	30	25	tmavě červená
2	61	53	46	58,5	40	56	53,5	52	53,5	49,5	52	42	63	54	tmavě červená
3	46,5	50,5	51,5	51	41,5	52,5	42	48	53,5	54	49	39	59	49	černo - červená
4	59	68,5	66	64,5	56,5	57	64	58,5	57	56	61	49	73	61	černá
5	57,5	58,5	49	50	55	44	56	59,5	51	58	54	43	65	54	tmavě červená
Oblast 3															
1	41	39,5	37,5	45	43,5	49	47	41,5	48,5	50,5	44	35	53	44	oranžovo - červená
2	48	52	49,5	43,5	49,5	52	49	41	47	53,5	49	39	58	49	oranžovo - červená
3	50,5	50	51,5	48,5	50	46	48	47,5	46	49	49	39	58	49	oranžovo - červená
4	54	51	47	50,5	52,5	50	52,5	54	46,5	49,5	51	41	61	51	tmavě červená
5	57,5	53,5	55,5	52,5	50,5	56	57	56,5	57,5	50	55	44	66	55	tmavě červená
6	51,5	52	50,5	41,5	48,5	40,5	44,5	42,5	48	49	47	37	56	47	oranžovo - červená
7	44	48	45	52	53	50,5	54,5	50,5	52,5	51,5	50	40	60	50	oranžovo - červená
8	52	47,5	54	52,5	53	46	49	50,5	51	57,5	51	41	62	51	tmavě červená
9	55	45	54	44	48	57,5	51,5	49,5	50	48,5	50	40	60	50	oranžovo - červená
10	67	64,5	69,5	55,5	57	59,5	60	65	63,5	59	62	50	74	62	tmavě červená
Oblast 4 a															
1	58	55	42	53	47,5	42	40,5	53	48,5	49,5	49	39	59	49	oranžovo - červená
2	46	48,8	50	55	52	50	51,5	50,5	44,5	49	50	40	60	50	tmavě červená
3	39,5	49,5	39,5	40,5	47	42,5	51	53,5	44,5	43	45	36	54	44	tmavě červená
4	40,5	39	37,5	45	37,5	41	42	45	52	41	42	34	50	42	tmavě červená
5	51	50,5	46	48	46,5	51	53	47,5	43,5	42	48	38	57	48	černá
6	41	39	42,5	36,5	33,5	42	45,5	42,5	35	37,5	40	32	47	40	tmavě červená
7	65,5	64,5	60,5	57,5	63	53,5	62,5	61,5	48	47,5	58	47	70	58	černo - červená
8	52,5	51,5	56	55,5	56,5	45,5	46	49,5	40,5	41	49	40	59	49	tmavě červená
9	48,5	46	41	55	40,5	48	46	42,5	49	46,5	46	37	56	46	tmavě červená
10	34,5	37	35	37	38	36,5	41,5	35,5	36	40,5	37	30	45	37	oranžová
Oblast 4 b															
1	35,5	37	38,5	36,5	38	29,5	35,5	34,5	36	38	36	29	43	36	oranžová
2	51	49	47	44,5	42	43,5	42,5	39	48,5	40,5	45	36	54	45	oranžová
3	53	50,5	47	43,5	45,5	48	47,5	46	49,5	50	48	38	58	48	oranžová



4	46,5	43,5	49	51	49	52	41	47	52,5	37,5	47	38	56	48	tmavě oranžová
5	55,5	55	47,5	51	43,5	54	48	57	48	51,5	51	41	61	51	oranžová
6	55,5	50	52	53,5	54	59	53	48,5	49	47	52	42	63	52	oranžová
7	40,5	36,5	38	42,5	43,5	45,5	46,5	41	43,5	42	42	34	50	42	oranžová
8	50	56	52	56	57,5	55,5	56	49	48	54	53	43	64	53	tmavě červená
9	46,5	55,5	55	54	51,5	42,5	45	53,5	54,5	55	51	41	62	51	tmavě červená
10	27	28,5	26	28	34	31,5	29,5	21,5	22,5	31,5	28	22	34	28	tmavě červená
Oblast 5a															
1	59,5	43,5	52	41	55,5	56	59,5	54	55,5	57,5	53	43	64	55	tmavě červená
2	54	50,5	55	52	56	55,5	49	52	53,5	51,5	53	42	63	53	oranžová
3	55	50,5	59,5	62,5	62	59	61,5	54,5	56,5	55,5	58	46	69	58	tmavě červená
4	55	57	51	56,5	55	54	46	54	53,5	55,5	54	43	65	54	oranžová
5	67,5	66,5	61	65,5	64,5	65	57,5	61,5	63,5	65,5	64	51	77	64	tmavě červená
6	53,5	58,5	60	57,5	52	52,5	49,5	55,5	58	50,5	55	44	66	55	oranžová
7	54	58	54,5	57	58	48,5	51,5	56,5	57,5	56	55	44	66	55	oranžová
8	60,5	56,5	53	56,5	58	56	57	54,5	57,5	59,5	57	46	68	57	oranžová
9	53	53,5	49,5	54	55	58,5	59,5	51,5	55	50,5	54	43	65	54	oranžová
10	50	43,5	47	43	44	40,5	37,5	34,5	33	37,5	41	33	49	41	tmavě červená
Oblast 5b															
1	50,5	48,5	50,5	45,5	48	42,5	38	44	47,5	46	46	37	55	46	oranžová
2	32	22,5	24,5	22	26,5	24	29	35	33,5	34	28	23	34	28	tmavě červená
3	42	43	48	51	48,5	46	53	43,5	53	48,5	48	38	57	48	tmavě červená
4	41,5	44,5	45	42	45	37	38,5	37	43,5	45	42	34	50	42	tmavě červená
5	68,5	55,5	67	57	58,5	60,5	53,5	55	60,5	56	59	47	71	59	tmavě červená
6	50,5	53	56	54,5	48	45	53,5	49	53,5	47	51	41	61	51	tmavě červená
7	47,5	53,5	50	51,5	58	54,5	57	57,5	60,5	63,5	55	44	66	55	černá
8	44	47	49	48	45,5	48,5	40,5	37,5	37	34	43	34	52	44	tmavě červená
9	52,5	56	51	50,5	54	45	43	44,5	53,5	55	51	40	61	50	tmavě červená
10	58	54,5	57,5	55,5	57,5	54,5	59,5	58,5	51	50	56	45	67	56	tmavě červená

Oblast 6



1	40	44	45,5	52,5	47,5	42	38,5	37,5	46,5	41,5	44	35	52	44	tmavě červená
2	22	27,5	35,5	38	23,5	25	20,5	29	22,5	30,5	27	22	33	26	oranžová
3	37	41,5	52	38	40	40,5	49,5	48,5	51	41,5	44	35	53	44	tmavě červená
4	51,5	55	43,5	41	43,5	40	37,5	43,5	44,5	40,5	44	35	53	44	tmavě červená
5	34,5	36	30	38	38	32,5	38,5	34,5	37	36	36	28	43	36	tmavě červená
6	51,5	40,5	64	60	57,5	55,5	44	51,5	50,5	41,5	52	41	62	52	tmavě červená
7	52,5	51,5	56	55,5	56,5	46	45,5	46	49,5	39,5	50	40	60	50	tmavě červená
8	45,5	49	46,5	51,5	45,5	51,5	49	50	51,5	54	49	40	59	49	tmavě červená
9	41	39,5	37,5	45	43,5	34,5	49	47	41,5	41	42	34	50	42	tmavě červená
10	32,5	39	40,5	37,5	41	45	42	45	42,5	40,5	41	32	49	41	černá
Oblast 7a															
1	45	46,5	43	43,5	48	35,5	36,5	31,5	35	35,5	40	32	48	40	oranžová
2	55,5	57,5	60	55,5	54,5	58	55,5	55	55,5	62	57	46	68	57	oranžová
3	33,5	25,5	25	23	24,5	34	38,5	24,5	19	20,5	27	21	32	24	oranžová
4	33,5	46,5	48	47,5	49,5	35	37,5	44,5	41	39,5	42	34	51	43	červená
5	33	32,5	37	36,5	33	31	38	41	42	41	37	29	44	37	červená
6	54	47	55	55,5	50	52	52,5	49	55,5	46,5	52	41	62	52	červená
7	37,5	33	34	40	36,5	36	38	30	27	26	34	27	41	36	červená
8	48,5	47,5	43	44,5	53,5	48	46,5	45,5	54	53,5	48	39	58	48	oranžová
9	58,5	50,5	48	43,5	42	49,5	45	48	47	42	47	38	57	46	tmavě červená
10	49	48	53,5	52,5	50	45,5	52	48,5	46	48,5	49	39	59	49	tmavě červená
Oblast 7b															
1	50	56	52,5	50,5	47,5	49,5	48	43	46	44	49	39	58	49	tmavě červená
2	53,5	51,5	50,5	43	48,5	45	49	51,5	46	47,5	49	39	58	49	oranžová
3	25	32,5	35,5	42	40	28,5	36	38,5	40	39,5	36	29	43	36	oranžová
4	50	51,5	54,5	50	54,5	56	55	48,5	56	54	53	42	64	37	oranžová
5	47	48	56,5	55,5	52	37	38,5	46,5	54	43	48	38	57	49	oranžová
6	56	52,5	53,5	56,5	53,5	49	47,5	51	53	50	52	42	63	52	oranžová
7	48	44	42,5	43	42	48,5	43	48,5	44	43	45	36	54	45	oranžová
8	32,5	33,5	43	35	43	42	39,5	37	39	43	39	31	47	39	tmavě červená
9	48,5	47	45	44,5	52	48,5	47,5	42,5	38,5	46	46	37	55	46	tmavě červená
10	47,5	49,5	46	36	37,5	40	41,5	41,5	46	42	43	34	51	43	černá



Oblast 7c - cihly pokryty tenkou vrstvou vápenného povrlaku způsobené zřejmě smíváním															
1	42,5	31,5	25,5	39,5	38	26	32,5	36	39,5	33,5	34	28	41	36	nespecifikována
2	48,5	50	50,5	47,5	50	47,5	44	46	45	50,5	48	38	58	48	nespecifikována
3	53	47	52,5	57,5	55	52,5	54	55,5	55	53	54	43	64	54	nespecifikována
4	53	48,5	50,5	57,5	50,5	56	51	55,5	50	54	53	42	63	53	nespecifikována
5	52,5	51,5	50	47	41	46,5	49,5	40,5	42,5	46	47	37	56	47	nespecifikována
6	50	53,5	52,5	47	49,5	53	45,5	43	44	49	49	39	58	49	nespecifikována
7	36	48	44,5	48,5	41,5	46	43,5	47	36,5	32,5	42	34	51	44	nespecifikována
8	38,5	37,5	39,5	36,5	37,5	36	27	25,5	31,5	38	35	28	42	36	nespecifikována
9	36,5	37	43	41	33	43	40	42	34,5	45,5	40	32	47	40	nespecifikována
10	54,5	47,5	44,5	50,5	49,5	46	56	51,5	56,5	47,5	50	40	60	50	nespecifikována
11	57	56	51,5	46,5	46,5	43	46	49	50	55	50	40	60	50	nespecifikována
12	41,5	46	45	32,5	46	50	50,5	53,5	33,5	44,5	44	35	53	46	nespecifikována
13	49,5	43,5	48	50	43	46	48,5	50,5	45	44	47	37	56	47	nespecifikována
14	41,5	43,5	51	45,5	44	48	38,5	46,5	43,5	45,5	45	36	54	45	nespecifikována
15	51,5	54,5	51,5	49,5	53	47,5	49	48,5	57	46	51	41	61	51	nespecifikována
16	45,5	44	55	41	44,5	38	43,5	53	48,5	51	46	37	56	46	nespecifikována
Oblast 8															
1	16	19,5	22,5	21,5	26	25	17,5	21,5	29	18,5	22	17	26	21	oranžová
2	33,5	34,5	37	33	36,5	29,5	39	32	27,5	37,5	34	27	41	34	tmavě červená
3	28	31,5	33,5	36	27,5	24,5	36	31	36,5	30,5	32	25	38	32	oranžová
4	30,5	43,5	35	37	36	30,5	26,5	26	38	27,5	33	26	40	33	tmavě červená
5	20,5	26	26,5	31	29,5	33,5	34	16,5	31	23	27	22	33	28	tmavě červená
6	48,5	48	41	40,5	56,5	45	32,5	34,5	44,5	35	43	34	51	42	tmavě červená
7	32	42	41	40,5	38	38,5	40	30,5	30	32	36	29	44	36	tmavě červená
8	47,5	53,5	46	45	48	51	48	47,5	45,5	40	47	38	57	47	černá
9	45	38	42	41	45	40	38	34,5	40,5	39	40	32	48	41	černá
10	37	41,5	38,5	35	43,5	55,5	50	35,5	35	34,5	41	32	49	38	tmavě červená
Oblast 9															
1	50,5	55,5	54	50,5	54,5	52,5	50,5	48	45	42,5	50	40	60	50	černá
2	55	59,5	58,5	64	58,5	51	49	48	41,5	42	53	42	63	54	tmavě červená
3	53,5	42,5	41	44	57	57,5	53,5	44,5	42	40,5	48	38	57	45	tmavě červená



4	48	55	51,5	44,5	57,5	49	53,5	55	48,5	51,5	51	41	62	51	černá
5	57	52	50,5	41	43	47,5	43	48	38	35	46	36	55	45	černá
6	49,5	48	56	42,5	39,5	54,5	46,5	51,5	52,5	51,5	49	39	59	49	černá
7	43	48	46,5	47	46,5	50	48	44	55,5	43,5	47	38	57	47	černá
8	52,5	69	50	56	61,5	57,5	49	46,5	65	64	57	46	69	57	tmavě červená
Oblast 10															
1	43	50,5	53	45,5	50	47	56,5	49,5	56,5	50	50	40	60	50	oranžová
2	44,5	39,5	50,5	47,5	40,5	37,5	34	42	47,5	40,5	42	34	51	43	oranžová
3	46,5	41,5	37	42,5	52	46,5	41,5	41,5	49,5	53,5	45	36	54	45	tmavě červená
4	34	36	35,5	46	45	48	43	47,5	39,5	41,5	42	33	50	42	oranžová
5	46,5	51,5	52	52,5	48	47	52	56,5	54	53,5	51	41	62	51	oranžová
6	52	59,5	61	56	45,5	52,5	53	53	45	45,5	52	42	63	52	černá
Oblast 11 a															
1	48	51,5	51	50,5	53	52,5	49,5	53	53,5	51,5	51	41	62	51	oranžová
2	48	49,5	49,5	49,5	49,5	42,5	46	50,5	49,5	52,5	49	39	58	49	oranžová
3	49	45,5	56	58,5	56	52	53,5	48,5	47,5	50,5	52	41	62	52	oranžová
4	24,5	33	30,5	26,5	32,5	37	22,5	28,5	30	34,5	30	24	36	30	oranžová
5	27	43	36	41	36,5	35,5	43,5	40	34	31	37	29	44	38	oranžová
Oblast 11 b															
1	54	50	54	49	48	44,5	45	50	48	44,5	49	39	58	49	tmavě červená
2	32,5	37	36,5	41	36,5	45,5	48	50	48	44,5	42	34	50	43	černo - červená
3	46	44	41	50,5	51	48	47	48,5	56,5	52	48	39	58	48	tmavě červená
4	52	54,5	52	49	45,5	54	52,5	50	51	53,5	51	41	62	51	tmavě červená
5	48,5	45	49,5	50	49	47	50	47,5	55,5	51,5	49	39	59	49	oranžová
Oblast 11 c															
1	47,5	43,0	45,0	39,5	44,0	44,0	41,0	40,0	37,0	47,0	43	34	51	43	černá
2	22,0	25,0	25,5	25,5	30	35,5	33,5	31,5	28,0	23,0	28	22	34	28	černá
3	45,5	41,5	43,5	42,5	35,0	40	37,5	40	34,5	45,5	41	32	49	41	tmavě červená
4	39,0	33,0	38,0	37,0	30,5	35,0	40,5	32,5	35,0	34,5	36	28	43	36	oranžová
5	33,5	39,5	29,0	27,5	33,5	39,5	40,5	36,0	33,0	35,5	35	28	42	36	tmavě červená
Oblast 11 d - cihly v o blasti ohniště															



1	38	35	28	37,5	24,5	31,5	34	30,5	33	41,5	33	27	40	33	tmavě červená
2	45	51	53,5	53	52,5	51	54	38	49	50,5	50	40	60	51	černá
3	42	33	38	34,5	47	42	48,5	42	37	41	41	32	49	40	černá
4	48	48	46,5	46,5	43,5	48,5	46	42	48,5	40,5	46	37	55	46	černá
5	46,5	49	54	53	44	44,5	50,5	49,5	51,5	46,5	49	39	59	49	černá

??? hodnoty vně mezí, tyto hodnoty jsou vyloučeny z upraveného průměru R'

Tab. 6.2. Rozdělení podle barevnosti cihelného střepu

Barva: tmavě červená		Barva oranžová		Barva tmavě oranžová			
Upravený průměr R'	Oblast	Upravený průměr R'	Oblast	Upravený průměr R'	Oblast		
44	1	44	6	55	11a		
57		44		54		51	
46		44		50		49	
53		36		44		52	
53		52		52		30	
44		50		45		38	
57	2a	49	7a	49	11b		
61		42		49	11c		
57		46		36	39	Průměrná pevnost	
57		49		37	36		
61	2b	49	7b	36	černá		
63		39		36		Upravený průměr R'	Oblast
25	3	46	8	48	1		
54		34		51		39	2a
54		33		52		42	1
51	28	53	5a	59	2a		
		54		60			

Barva červená	
Upravený průměr R'	Oblast
43	7a
37	
52	
36	

Barva černo - červená	
Upravený průměr R'	Oblast
49	2b
58	4a
43	11b



55		42	
51		36	
62		38	
50	4a	54	9
44		45	
42		57	
40		45	10
49		49	11b
46	48		
53	4b	51	
51		41	11c
28		36	
55	5a	33	11d
58		48	Průměrná pevnost
64			
41			
28	5b		
48			
42			
59			
51			
44			
50			
56			

55		51	
55		61	2b
57		48	4a
54		55	5b
46	5b	41	6
26	6	43	7b
40	7a	47	8
57		41	
24			50
48		51	
49	7b	45	
36		49	
37		47	
49		52	10
52		43	11c
45		28	
21	8	51	11d
32		40	
50	10	46	
43		49	
42			
51		49	Průměrná pevnost

Barva oranžovo - červená	
Upravený průměr R'	Oblast
45	1
44	3
49	
49	
47	
50	
50	
49	4a
55	Průměrná pevnost

7.3.3 Vyhodnocení zkoušky

Výše naměřené hodnoty jsou pevnosti v tlaku cihelných prvků s nezaručenou přesností. Tyto hodnoty se musejí upravit za použití kalibračního vzorce. Nedestruktivní zkouška se prováděla podle pokynů uvedených v normě ČSN 73 1373. Tato norma je určena pro betonové prvky, ale zmíněnou metodiku postupu lze uplatnit i pro jiné konstrukce. Zatím není vytvořena žádná norma pro nedestruktivní zkoušky na keramickém střepe.

Poloha Schmidtova tvrdoměru typu L při provádění vzorků byla vždy ve vodorovné rovině. Vzorky byly získány z líce zdiva. Při provádění testů byly dodrženy zásady minimálně pěti měření. Z naměřených hodnot se vypočetl aritmetický průměr z kterého se stanovila mez použitelnosti. Dolní hranice představuje 80 % ze střední hodnoty a horní hranice je 120 %. Jestliže, se hodnoty naměřených pevností pohybují vně hranice použitelnosti jsou z výpočtu vyřazeny. Po vyškrtnutí hodnot se následně přepočtl upravený průměr. Minimální počet z kterého se může stanovit výsledný průměr musí obsahovat alespoň 5 hodnot. Výsledný upravený průměr zkoušek se zaokrouhlí na celé megapascaly.

Pro stanovení kalibračního vztahu by musely být odebrány vzorky cihel z určitého místa. Na těchto vzorcích by se provedly destruktivní zkoušky z kterých by se určila přesná pevnost a zjistil by se i kalibrační vztah spolu s koeficientem korelace. Použitelnost korelačního koeficientu musí nabývat minimálně hodnoty 0,85 , ale nejlépe 0,90 a více. Pro získání zaručené pevnosti se musí upravený průměr cihly vynásobil upřesňujícím součinitelem.

Schmidtův tvrdoměr typu L není zcela vhodný pro určení pevnosti cihelného střepu jelikož jeho ukončení je určeno pro zkoušení betonových prvků. Vhodnější tvrdoměr by byl Schmidtův tvrdoměr typu LB s kulovým ukončením určeným pro keramické prvky. Kalibrační vztah lze určit i pro Schmidtův tvrdoměr typu L, ovšem korelační koeficient je nízký.

Jelikož hrad Točnick je prohlášen za národní kulturní památku, je zapotřebí k odebrání vzorků a provedení destruktivních zkoušek souhlasu Národního památkového ústavu. K získání souhlasu od NPÚ je zapotřebí identifikační údaje jak objektu tak žadatele, popis akce, projektová dokumentace, technická zpráva, konzultace s pracovníkem oddělení památkové péče pro danou lokalitu případně další přílohy podle uvážení pracovníka NPÚ.

V příloze jsou bližší informace s fotografiemi, které zobrazují detailní místa prováděných zkoušek. Mimo jiné se v příloze nacházejí i další fotografie znázorňující hrad Točnick.

Vzorky cihelných střepů byly rozděleny podle barevnosti, jelikož se hledala souvislost mezi barvou cihly plné pálené a pevností. Vystala otázka, zda barevný odstín cihly související s mírou vypálení může mít vliv i na výslednou pevnost cihly plné pálené. Zjištěné pevnosti zkoušené Schmidtovým tvrdoměrem typu L na nejrůznějších vzorcích tuto možnost nepotvrdily. Je možné, že míra vypálení nemá na výslednou pevnost takový vliv.



Obr. 6.1. Práce v terénu s Schmidtovým tvrdoměrem typu L

Vysoké hodnoty získané z jedenácti naměřených oblastí mohou být ovlivněny několika faktory :

- *Schmidtův tvrdoměr typu L* je určen pro získávání pevností z betonových prvků. Obecně beton dosahuje mnohem větších pevností než cihelné prvky.
- *Klimatickými podmínkami* - provádění testů probíhalo v měsíci prosinec 2017, teplota okolního vzduchu byla okolo 3 až 5 °C pod zataženou oblohou. Ovšem teploty v nočních hodinách klesly maximálně k -1 až -2 °C. I když vybírané vzorky nejevily známky ledového povrchu na líci cihelného prvku.
- *Kvalitním provedením* - na výrobu cihel plných pálených mohla být použita kvalitní vstupní surovina a potřebné procesy promísení, sušení i pálení byly dělníky účelně prováděny pro zvýšení pevnosti cihle plných pálených

7.3.4 Charakterizování postupu prací při napojení novodobé konstrukce do historické stávající konstrukce

Novodobé zásahy do chráněných nebo historicky významných konstrukcí včetně celých staveb, mohou být zásahy vynucené i nevynucené. Mezi vynucené důvody zásahů patří například zajištění přístupu k určité části objektu, kdy stávající přístup je v havarijním nebo jinak nevyhovujícím stavu. Mezi další vynucené důvody lze zařadit rekonstruování stávajících částí stavby podléhajícím degradaci vlivem klimatického působení. Nejčastěji se jedná o konstrukce dřevěné, které jsou nejchoulostivější. Další vynuceným zásahem je oprava při havárii konstrukce.

Mezi nevynucené zásahy patří stavební úpravy jednotlivých expozic. Jelikož určité exponáty potřebují specifické prostředí. Tyto zásahy většinou zásadním způsobem neohrožují stávající historické konstrukce. Jiné nevynucené zásahy jsou zajištění nových komunikačních tras kam patří schodiště, lávky či ohrazení cenných a citlivých částí objektu. Mezi nevynucené zásahy může patřit i obnova omítek a štuků.

Všechny zásahy do historický chráněných staveb je nutné vždy provádět s velkou obezřetností a respektem ke stáří a charakteru díla, jelikož narušením některé části můžeme ztratit autenticitu dané stavby, která rázem zmizí.

Nově postavená konstrukce, která byla zvolena do této diplomové práce je vnější schodiště v jihovýchodní části Královského paláce na hradě Točnick. Součástí této problematiky je vyhodnocení rizik a stanovení podmínek pro jejich omezení. Především jde o rizika bezpečnosti a rizika poškození stávajících konstrukcí.

Další částí v této práci je popis pracovní technologického postupu pro realizaci obnovované konstrukce schodiště. Především se jedná o napojení novodobého schodiště do stávajícího zdiva hradu.

Problematika venkovního schodiště byla zvolena z několika důvodů. Jedním z důvodů je, že správa hradu Točnick v současnosti považuje obnovu schodiště za prioritu. Obnova tohoto schodiště je zároveň vynuceným zásahem jelikož současné schodiště je v havarijním stavu. Současně je i nevynuceným zásahem jelikož se tímto schodištěm rozšíří prohlídkový okruh hradu Točnick. Proto je toto schodiště považováno za nosnou součást opravné fáze hradu.

Jedním z důvodů volby pro toho schodiště je i využití moderních postupu s respektováním historických řemeslných technik k provedení nového schodiště a jeho šetrného napojení na okolní konstrukce.

Vstupní vlivy utvářející podobu návrhu:

- Historická minulost stávajících souvisejících konstrukcí a požadavky památkového ústavu.
- Vyhodnocení stavu stávajících konstrukcí z hlediska nového zásahu a zatěžování konstrukcí nově vytvořenou.
- Technologie provádění prací při realizaci v souladu s dostupnými metodami, dodržování BOZP a zajištění ochrany a stability stávajících konstrukcí.

Charakterizování návrhu podle přiloženého projektu

Historická minulost stávajících konstrukcí:

Hrad Točnick byl založen králem Václavem IV Lucemburským v reakci na ohněm zdevastovaným nedalekým hradem Žebrák v r.1395. Hlavními částmi hradu jsou Královský a Purkrabský palác. Tato práce se zaměřuje především na jihovýchodní část Královského paláce.

Královský palác je dominantou horního hradu a sloužil výhradně soukromým potřebám krále. Progresivní královský palác přecházel ztvárněním do nové stavební a obranné epochy konce gotického a začátku renesančního stavitelství.

Hrad během staletí prošel řadou především renesančních proměn a vystřídal velkou řadu majitelů. Nejtěžším obdobím pro hrad byla třicetiletá válka. Kdy se na hrad uchýlilo téměř na 15 let místní obyvatelstvo i s dobytčím. Po vyklizení byl hrad ve velmi špatném stavu a dále chátral až do

počátků 20. století, kdy se o hrad začal zajímat Klub Československých turistů a později i stát. Hrad byl v průběhu 20. století několikrát opravován až do dnešní podoby.

Na začátku 21. století došlo k restaurování severního průčelí Královského paláce, opravě krovu. V letech 2008 - 2014 probíhala na Královském paláci oprava krovu a šindelové krytiny.

Díky opravám a zajištění objektu historickými způsoby jsou dotčené konstrukce hradeb a zdiva v dobrém stavu. Degradaci povětrností podléhají především pozdější dřevěné konstrukce schodišť a cihelná ostění otvorů.

Stávající stav dotčených konstrukcí:

Provizorní venkovní schodiště:

Je tvořeno podestou uloženou na prahu dveřního otvoru východní stěny. Schodiště je situováno při jižní fasádě královského paláce. Spodní podesta je zavěšena pomocí trámových věšadel na vysuté krakorce. Podesty jsou propojeny schodnicovým schodištěm.

Stávající konstrukce venkovního schodiště je provedena z měkkého dřeva a vykazuje známky poškození hnilobou. Schodiště je vystaveno povětrnostním vlivům vnějšího prostředí a podléhá i nadále degradaci. Schodiště nelze užívat. Stupně i mezipodesty jsou v havarijním stavu.

Vyhodnocení: Stávající provizorní schodiště je v havarijním stavu a bude zcela nahrazeno novým z dubového dřeva podle přiloženého návrhu.

o *Jižní hradba a torzo renesančního křídla:*

Spodní gotická část hradby je vyzděna z lomového kamene. V líci se nacházejí kapsy po mladší dřevěné konstrukci, lokálně gotické a renesanční omítky. Ve východní stěně se nahází novodobý dveřní otvor. Renesanční nástavba nad odskokem zdiva je provedena z lomového kamene, ostění a vysprávky jsou zděny z plných cihel na vápennou maltu. Částečně jsou dochovány původní omítky.

Poslední opravy byly provedeny v 90. letech 20. století. Stěny nevykazují vážné statické poruchy a stav lomového kamene je velmi dobrý. Lokálně jsou povětrností poškozena cihelná ostění. Ve východní stěně je kamenné ostění krbu silně narušeno povětrností.

Vyhodnocení: Stávající kamenné zdivo z lomového kamene je obecně v dobrém stavu a není potřeba opatření proti statickým poruchám. Lokální poškození povětrností třeba řešit u cihelných ostění a ostění kamenného krbu. Navržené řešení je součástí přílohy.

Technologie provádění prací při realizaci:

o *Zajištění staveniště a ochrana stávajících konstrukcí proti poškození vlivem stavebních prací:*

Staveniště podle přiloženého návrhu je navrženo v omezeném rozsahu nutném pro provedení prací. Zařízení staveniště a sklad materiálu je uvažován mimo komplex hradu. Pro

manipulaci a zásobování materiálem je plánován vrátek mezi věžemi z trubkového lešení. Přístupnost je z jižní strany po stávající cestě. Zásobování až na místo bude zajišťovat traktor z přívěsem. Toto řešení je vzhledem k památkově chráněné stavbě nejefektivnější a nejméně zatěžuje provoz hradu.

Možnost poškození okolních stávajících konstrukcí je tak omezeno pouze na blízké okolí zásobovacího vrátku a dotčených pracovišť.

Ochránění citlivých míst jako jsou historické omítky, okenní nebo dveřní ostění a další konstrukce lze provést dočasným ochranným opatřením například obedněním z OSB desek. Veškeré zásahy a pomocné kotvení musí být pokud možno provedeno tak, aby neohrozilo stabilitu a podobu stávajících cenných konstrukcí. Pomocné ochranné konstrukce a zajišťovací konstrukce zařízení staveniště a BOZ třeba zajistit zapřením, rozepřením nebo stabilizací bez nutnosti narušení stávajících konstrukcí. Veškeré vrtané kotvy jsou nepřijatelné a lze je povolit pouze ve výjimečném případě na základě souhlasného vyjádření památkového garanta.

Pohyb pracovníků po hradě je přípustný pouze v rámci vytyčeného a označeného pracoviště. Každý pracovník musí být seznámen s únikovými, komunikačními a zásobovacími trasami. Dále musí být seznámen s rozsahem prováděné práce a pravidly opatření BOZP a PO na staveništi. Každé pracoviště musí být řádně označeno i pro návštěvníky a ostatní osoby vstupující do hradu například zákazy vstupu, nebezpečím pádu předmětů a pádů do prohlubně.

V rámci tohoto je nutné vypracovat plán BOZP a PO, který musí být vyvěšen při vstupu na staveniště, a zajistit proškolení všech dotčených osob.

o *Provádění prací a technologické postupy při realizaci:*

Tato část se zabývá postupem provádění při realizaci uvedeného řešení publikované v příloze.

- *Demontáž stávajícího provizorního schodiště:*

Demontáže budou prováděny od shora směrem dolů s přihlédnutím k plánu BOZP. Při demontáži provizorního schodiště je třeba postupně demontovat a odřezávat jednotlivé části a především zabránit odpadávání nebo zřícení. Padající části mohou způsobit poškození cenných okolních konstrukcí nebo zranění osob. Opatření proti padání demontovaných částí lze zajistit zavěšením na jistící lana případně podepřením.

- *Očištění a příprava okolních konstrukcí a napojení na stávající konstrukce:*

Po demontování celého provizorního schodiště, zajištění odvozu odpadu a vyčištění pracoviště je třeba připravit stávající konstrukci pro montáž schodiště nového.

Navržené schodiště bude stabilizováno a kotveno na několika bodech pomocí nových táhel, sloupků opřených do nových základů a krakorců. Krakorce a táhla budou stabilizována a zajištěna do stávajícího kamenného zdiva kovanými kotvami.

Pro zajištění založení schodiště je třeba odkrýt vrchní vrstvy násypu nádvoří Královského paláce. Odkrývání je třeba provádět šetrně vzhledem k blízkosti dalších konstrukcí a případným archeologickým nálezům. Odkrývání bude prováděno výhradně ručně. Jako stabilní podklad založení nového schodiště budou použity kamenné kamenicky upravené kvádry. Toto řešení bylo zvoleno na základě respektování památkového charakteru stavby. Je vyloučeno použití betonu jako podkladní patky. Místo betonu je uvažováno s provedením základových patek z lomového kamene spojeného maltou MVC.

Kotvení krakorců a dalších nosných částí schodiště ke stávajícím zděným konstrukcím bude zajištěno ocelovými kovanými kotvami. Ocelové kotvy budou ošetřeny šopováním zinkem proti korozi a grafitovým nátěrem pro docílení požadovaného vzhledu. Kované kotvy byly zvoleny na základě respektování historických postupů. Kované kotvy jsou opatřeny smykovými hroty na zapouštěné straně. Otvory do zděných konstrukcí budou provedeny maloprůměrovými jádrovými vrty. Není doporučeno vrtání s přiklepovými vrtačkami z důvodu rozrušování kamenného zdiva. Zajištění kotvy ve vrtu bude provedeno chemickou maltou. Alternativně lze použít cementové malty při důsledném zapravení do otvoru s kotvou. Okolí kotvy na líci zdiva bude začištěno maltovým terčem pro zabránění rozrušování ukotvení a případnou identifikaci problému při „vypraskávání“ malty.

- Provedení vyspravení stávajícího zdiva:

Podle požadavku památkové péče hradu je nutné provést nutné opravy poškozených částí. U těchto konstrukcí je třeba dbát pokynů památkového garanta a opravy provést jen v nutném a domluveném rozsahu.

Před započítím vyzdívání je nutné podklad pečlivě očistit a oklepat nesoudržné části.

V navrhovaném řešení se jedná především o opravy povrchu zdiva jižní stěny Královského paláce převážně kolem povětrností rozrušených cihelných ostění.

U veškerých oprav zdiva je nutné dodržovat historické postupy zdění. Pro zdění používáme především zdící prvky přímo z místa původu. Pokud je natolik poškozené, že prvek nelze použít, nahrazujeme jej prvkem podobného stáří a vlastností jako prvek původní.

Uvolněné zdivo z lomového kamene nebo cihly plně pálené bude pečlivě ručně očištěno. Spáry budou proškrábnuty do hloubky 20 až 30 mm a doplněny maltou. Porušené pískovcové kameny ne pálené cihly budou napuštěny zpevňujícím roztokem

- Oprava chybějícího nebo nesoudržného povrchu omítek

Před začátkem úprav budou ručně otlučeny všechny nezpevněné a porušené části povrchových vrstev. Ze stávajících omítek budou odebrány alespoň 3 vzorky, z

nichž bude stanoven obsah doplňující omítky. Pevné podkladní vrstvy budou očištěny od nesoudržných částí a budou doplněny omítkou. Omítky zbavené prachu budou napuštěny zpevňujícím roztokem

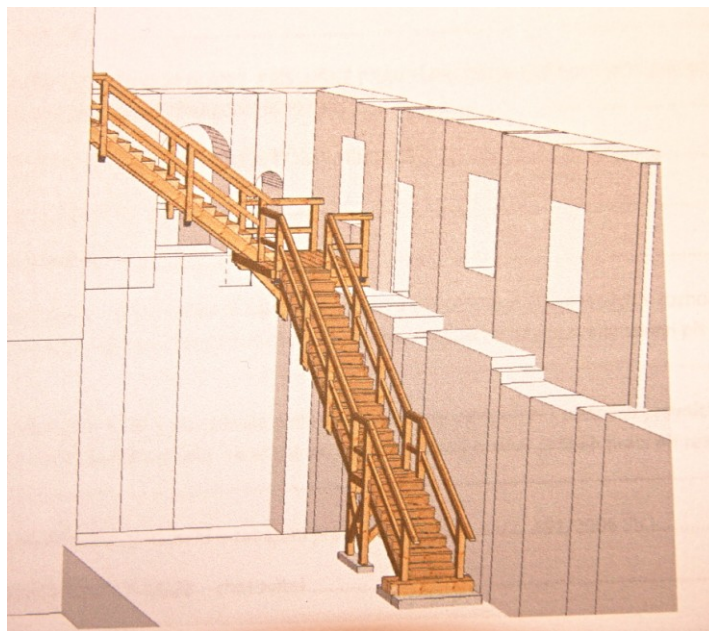
- Montáž nového dřevěného schodiště:

Při montáži nového navrženého schodiště je třeba dbát na historické postupy provádění dřevěných konstrukcí. Při provádění je obzvláště důležité používat historické způsoby spojování dřevěných prvků tesařskými spoji. Pokud památkový garant neurčí jinak používáme ke spojování původní metodu čepování s dřevěnými závlačnými klínky. Pokud jsou nutné kovové kotvy používáme kovářské kotvy s kovanými závlačemi a hřeby. Opracování dřeva by mělo být provedeno ručně, aby bylo docíleno připodobnění historickému vzhledu.

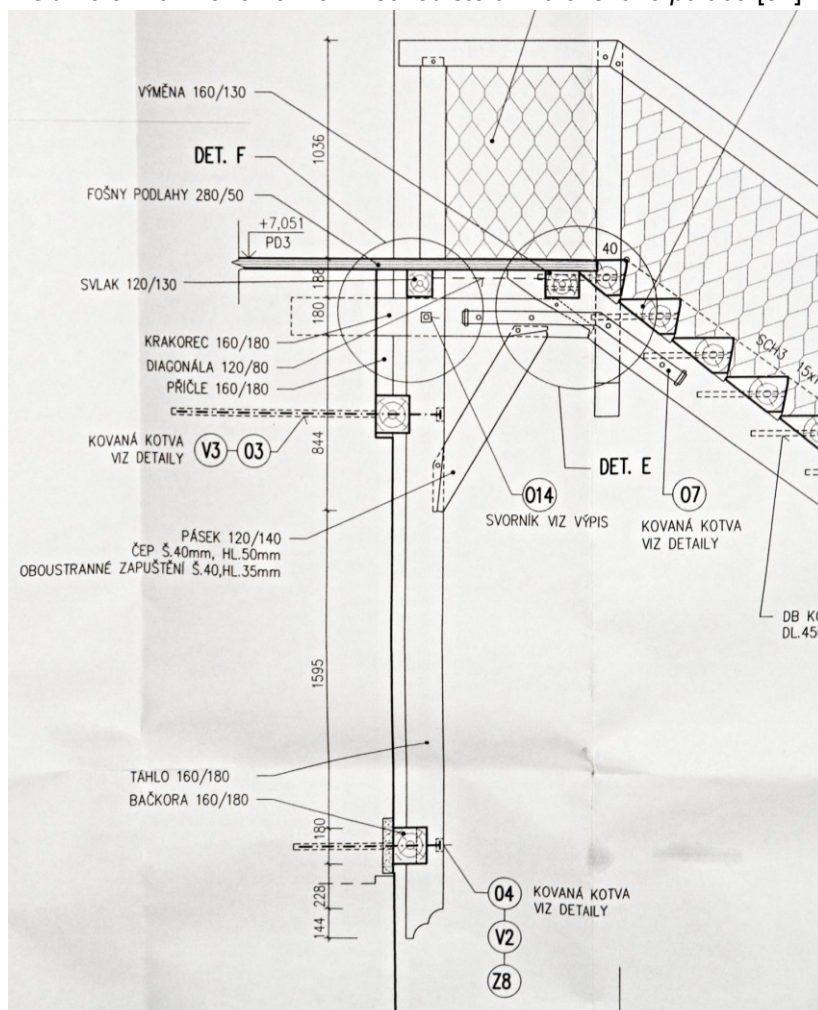
V návrhu níže přiloženém je správně použito dubové a modřínové dřevo, které je odolnější do vlhkých a mokrých prostředí vystavených náročným účinkům povětrnosti.



Obr. 6.2. Stávající stav venkovního schodiště u Královského paláce



Obr. 6.3. Navržené venkovní schodiště u Královského paláce [57]

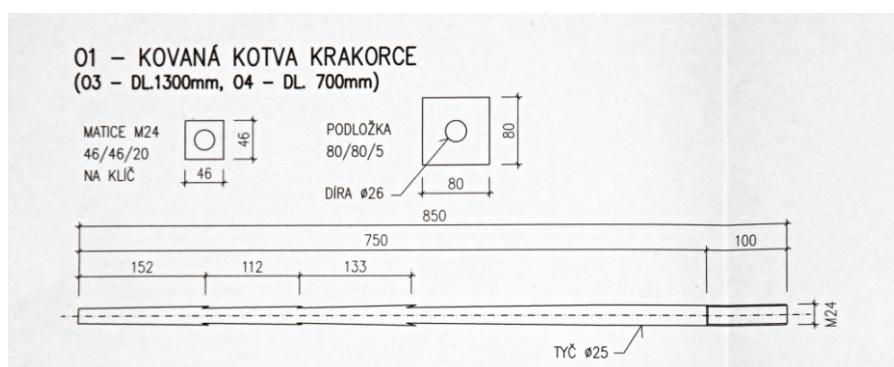


Obr. 6.4. Detail napojení venkovního schodiště historické konstrukce [57]

Označení místa :

- 03** Nejprve bude proveden vodorovný jádrový vrt o průměru 28 mm a hloubky 1 000 mm. Do vytvořeného otvoru se nejprve aplikuje chemická malta a pak se kovaná kotva vlepe do vrtu. Kovaná kotva má povrch upraven technologií šopováním zinkem včetně jednoho provedení základního nátěru a dvěma vrstvami grafitového nátěru. Kovaná kotva má průměr 25 mm o celkové délce 1 300 mm s podložkou o parametrech 80/80/5 s otvorem pro kotvu a matice čtyřhranná typu M24.
- 04** Postup provedených prací bude obdobný jako u místa 03, ale předvrtaná vodorovná hloubka bude 600 mm. Kovaná kotva má též obdobné parametry jako v místě 03, ale délka činní 700 mm

Pro detailnější průzkum je k diplomové práci přiložen výkres č. 11 s názvem řez vnějším schodištěm.



Obr. 6.5. Kovářská kotva pro venkovní schodiště [57]

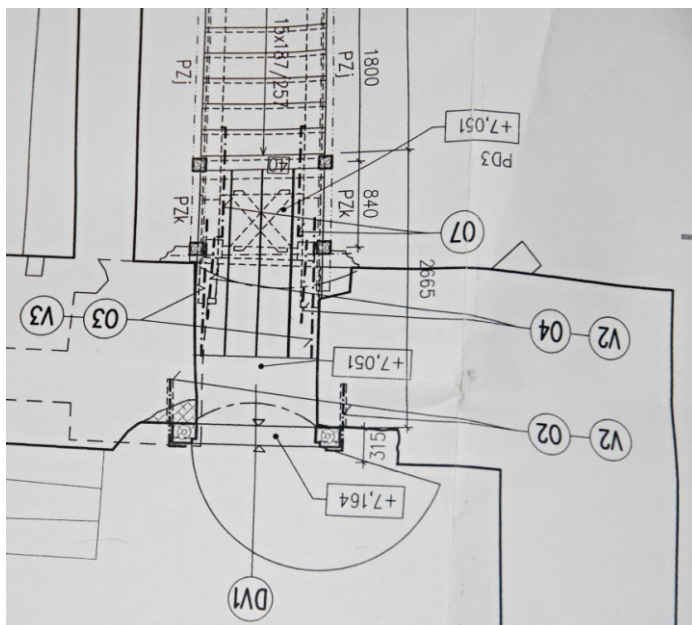
Uložení horní podesty vnějšího schodiště

Uložení krakorce do zdiva bude provedeno v místě dveřního otvoru Prosotr pro uložení do stávajícího zdiva bude šetrně upraven bez poškození okolního zdiva. Dřevěný krakorec v místě uložení bude vyklínkování a uložen na dřevěný podkladek. Vyklínkování i podložení nutné provést ze stejného typu dřeva jako schodiště.

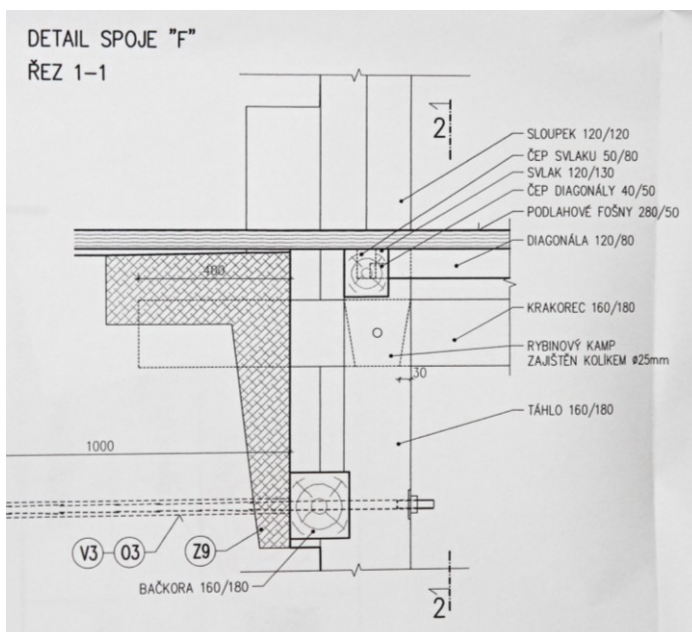
Zdivo v líci stěny a kolem ostění se zapraví novou vyzdívkou z cihel. Stejným způsobem bude obezděno také uložení krakorců. Zdivo bude provedeno v režné úpravě se zalícováním malty s hranou cihel.

Doplněné chybějící zdivo v patě vstupního otvoru bude provedeno z ostře pálených cihel. Požadované rozměry cihly jsou 65 x 140 x 290 mm s pevností 20 MPa. Ideálně druhotného použití jelikož by cihla měla projít minimálně 15 zmrazovacích cyklů a nasákavost by se měla pohybovat maximálně 14,5 % hmotnosti. Malta by měla být určena pro ruční zpracování na bázi hydraulického vápna bez přísadky cementu s pevností 5 MPa. Písek říční praný, zrnitost 0 - 8 mm.

Pro detailnější průzkum je k diplomové práci přiloženy výkresy č. 2 s názvem půdorys 4.NP s pohledem na podlahu a schodiště a výkres č. 16 s názvem detaily tesařských spojů.



Obr. 6.6. Půdorys schodiště se znázorněným napojení venkovního schodiště historické konstrukce [57]



Obr. 6.7. Detail venkovního schodiště - napojení poslední podesty do historické konstrukce [57]

8 ZÁVĚR

Diplomová práce se zaměřila na dva okruhy. První okruh se zabývá teoretickou částí, kde jsou vysvětleny základní problematiky zdíva jako jsou vady a poruchy včetně sanací různého charakteru. Jelikož se s těmi to problémy zděné konstrukce často potýkají. Vady, poruchy a sanace diplomová práce nastiňuje. Úvodem teoretické části bylo seznámení se s historií cihelného prvku, který je v dnešní době běžně používaným stavivem. Zatím co v minulých dobách si pálené cihly mohli dovolit jen ti bohatší. Od historického rozvoje pálených cihel se diplomová práce zabývala i vývojem parametrů cihelných prvků na území Čech a Moravy jež je obsahem čtvrté kapitoly. V neposlední řadě se teoretická část zabývala i zjišťováním vlastností cihelných prvků již v zabudovaných konstrukcích. Tuto problematiku řeší kapitola třetí.

Druhý okruh diplomové práce sebrané informace z prvního okruhu aplikuje v praktické části. Praktická část byla zaměřena na zkoumání vlastností cihel plných pálených již v zabudovaných konstrukcích v národní kulturní památce hradu Točnick. Na hradě Točnick byly provedeny série testů v jedenácti oblastech pomocí nedestruktivní tvrdoměrné metody. Testy probíhaly za pomoci Schmidtova tvrdoměru typu L. Jednotlivé vzorky byly rozděleny podle barev. Barevnost cihle plných pálených se v konstrukcích hradu Točnick pohybovala ve škálách barvy oranžové přes tmavě červenou až černou. Rozdělením vzorků podle barev bylo myšleno zda pevnost pálených cihel je ovlivněna barevností cihelného střepu. Z naměřených údajů nebyla vysledována přímá úměra. Získané hodnoty ze vzorků jsou orientační jelikož pro odpovídající hodnoty by bylo zapotřebí odebrat vzorky a pomocí destruktivní metody zjistit skutečnou pevnost v tlaku a odvodit tak kalibrační vzorec spolu s koeficientem korelace. Po přepočtení by vyšla skutečná pevnost cihelného prvku. Mnou naměřené orientační hodnoty byly velmi vysoké. Běžná pevnost cihel se pohybuje okolo 10 až 20 MPa. Vliv na vysoké hodnoty může mít Schmidtvův tvrdoměr typu L, který je určen pro zkoušky prováděné na betonových konstrukcích, částečně může být tvrdost ovlivněna i klimatickými podmínkami, jelikož zkoušky byly prováděny v prosinci 2017. Teplota sice přes den neklesla pod 0 °C, ale přes noc teploty klesly maximálně na -2 °C. A v den prováděných testů bylo pod mrakem. Přesto vybírané vzorky nejevily na líci pálené cihly známky námrazy. Další možností je, že cihly byly vyráběny z velmi kvalitní hliněné složky a způsob zpracování, schnutí a výpalu byly dělníky velmi obezřetně prováděny se snahou docílit co největší pevnosti. Jelikož některé cihly plné pálené měly svůj povrch celistvý, bez viditelných pórů či vad. Pro správně stanovení pevnosti by bylo zapotřebí odebrat zkušební vzorky a provést na nich destruktivní zkoušky. U cihelných prvků není známo ani přesné stáří. Pouze se odvozuje, že dané cihly jsou v daném místě nejstarší. Oblasti zvolených míst pro testování byly vybírány z doporučení kastelána JUDr. Petra Zemánka, jelikož hrad zná nejlépe. Testovaná místa cihelných prvků patří mezi nejstarší.

Poslední bod diplomové práce se zabýval napojením novodobé konstrukce do stávající historické konstrukce. Popisováno bylo vnější schodiště, které zpřístupní část Královského paláce. Venkovní schodiště se vytvoří za účelem rozšíření prohlídkového okruhu hradu a obnovy stávajícího schodiště. Vnější schodiště bude realizováno z dubu, což je dobrý přírodní materiál odolný vůči klimatickým účinkům. A bude opracováno takovým způsobem, aby co nejlépe zapadlo k hradu.

Kombinace materiálů s různými vlastnostmi omezuje spolehlivé určení vlastností celé konstrukce a proto je důležité volit materiály shodných vlastností.

Autentická podoba historických staveb vytváří kulturně i morálně hodnotnou památku na minulost místa. Pokud není respektována historická tradice, podoba, postupy, dochází ke všeobecné ztrátě hodnot.

Zachování řemeslné zručnosti i všech známých technologických postupů je kulturní i vědní odkaz minulých generací vývoje stavitelství. Mělo by být morální povinností respektovat a zachovávat znalosti, které byly ověřeny stoletími jako funkční.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Tvary cihel [2]
- Obr. 1.2 Cihla prvního typu nalezena v Jerichu [3]
- Obr. 1.3 Cihly druhého typu nalezené v Jerichu [3], [4]
- Obr. 1.4 Římská cihla pálená, označená a), b), c) [7]
- Obr. 1.5 Značení cihel ve starověké Číně [11]
- Obr. 1.6. Pozitivní kolek z Kunštátu [16]
- Obr. 1.7. Negativní kolek cihly z Velké Bystřice [15]
- Obr. 1.8. Vývoj stejné značky nalezené poblíž Valtic a), b), c) [16]
- Obr. 1.9 Schéma milíře na pálení vápna [17]
- Obr. 2.1. Schéma Schmidtova tvrdoměru typu N, L, M [20]
- Obr. 2.2. Rychlost šíření a tvar impulsů vzhledem k prostředí při přímém prozvučování [20]
- Obr. 2.3. Způsoby prozvučování [18 upravila Fleišerová Hana]
- Obr. 2.4. Odrazová metoda a) jedna sonda, b) dvě sondy [18]
- Obr. 2.5. Přístroj s výstupem [22]
- Obr. 2.6. Odtrhové metody a) kotva, b) hmoždinka [18]
- Obr. 2.7. Metoda plochých lisů a) jeden lis, b) dva lisy [18 upravila Fleišerová Hana]
- Obr. 2.8. Schmidt tvrdoměr PT [21]
- Obr. 2.9. Válcový indentor [20]
- Obr. 2.10. PPZZ 01 elektrická vrtačka a ruční Kučerova vrtačka [18]
- Obr. 2.11. Vrty ve spáře zdiva a) řez zdivem, b) pohled na zdivo [18]
- Obr. 2.12. Grafické znázornění aplikace nedestruktivních metod [24]
- Obr. 4.1. Chybějící ztužení objektu věnci [32]
- Obr. 4.2. Dynamické poruchy [35 upravila Fleišerová Hana]
- Obr. 4.3. Nedostatečná vazba zdícího prvku
- Obr. 4.4. Vliv vlhkosti
- Obr. 4.5. Schéma sádrové destičky [32 upravila Fleišerová Hana]
- Obr. 4.6. Špatná vazba a promaltované spáry
- Obr. 4.7. Špatně zazděný otvor
- Obr. 4.8. Tlakové porušení cihly [33]
- Obr. 4.9. Tahová svislá trhlina schéma [31]
- Obr. 4.10. Tahová svislá trhlina v cihle [33]
- Obr. 4.11. Možnosti tahových trhlin [31]
- Obr. 4.12. Smykové trhliny [31]
- Obr. 4.13. Trhliny od nerovnoměrného sedání [31 upravila Fleišerová Hana]
- Obr. 4.14. Ztráta dolní podpory u přiček [31]
- Obr. 4.15. Trhliny v přičce bez dolní podpory s větší pevností v tahu [31]
- Obr. 4.16. Trhliny v přičce bez dolní podpory s vychýlením přilehlé konstrukce [31]

- Obr. 4.17. Smykové trhliny [31]
Obr. 4.18. Ztráta svislé podpory [31]
Obr. 4.19. Poruchy na nenosných konstrukcích [31]
Obr. 4.20. Lokál i porucha usmyknutí klenby [31]
Obr. 5.1. Dočasné zajištění klenby
Obr. 5.2. Dočasné zajištění sloupů [37]
Obr. 5.3. Pakry [39 upraveno Fleišerová Hana]
Obr. 5.4. Pakry ve stěně
Obr. 5.5. Stehování trhliny [32 upravila Fleišerová Hana]
Obr. 5.6. Kotvení ocelového táhla [32 upravila Fleišerová Hana]
Obr. 5.7. Zesílení pomocí ocelových objímek [31]
Obr. 5.8. Historické klenbové kleště [42 upravila Fleišerová Hana]
Obr. 5.9. Napínací táhlo [43 upravila Fleišerová Hana]
Obr. 5.10. Zpevnění klenby žebry [42]
Obr. 5.11. Vzduchové clony a) Stěnové dutina na vnitřní straně, b) provětrávaný sokl, c) otevřená vzduchová dutina - anglický dvorek [44]
Obr. 5.12. Knapenovy kanálky [49]
Obr. 5.13. Detail drenážního výkopu
Obr. 6.1. Práce v terénu s Schmidovým tvrdoměrem typu L
Obr. 6.2. Stávající stav venkovního schodiště u Královského paláce
Obr. 6.3. Navržené venkovní schodiště u Královského paláce
Obr. 6.4. Detail napojení venkovního schodiště historické konstrukce [57]
Obr. 6.5. Kovářská kotva pro venkovní schodiště [57]
Obr. 6.6. Půdorys schodiště se znázorněným napojení venkovního schodiště historické konstrukce [57]
Obr. 6.7. Detail venkovního schodiště - napojení poslední podesty do historické konstrukce [57]

10 SEZNAM TABULEK

- Tab. 3.1. Vyhodnocení pevnosti v tlaku zdících prvků pro oba typy [29]
Tab. 3.2. Vývoj rozměrů cihel na Českém a Moravském území [14]
Tab. 3.3. Vlastnosti cihel [30]
Tab. 3.4. Mez pevnosti cihel [30]
Tab. 3.5. Pevnost malt podle německých norem [30]
Tab. 3.6. Objemové tíhy stavebních materiálů z roku 1953 [27]
Tab. 3.7. Vlastnosti nepálených cihel [28]
Tab. 3.8. Vlastnosti plných vápenopískových cihel [27]
Tab. 3.9. Vlastnosti plných vápenostruskových cihel [27]
Tab. 3.10. Druhy a vlastnosti plných pálených cihel [27]

- Tab. 3.11. Druhy a vlastnosti plných pálených lehčených cihel [28]
- Tab. 3.12. Druhy a vlastnosti děrovaných nosných pálených cihel [27]
- Tab. 3.13. Vlastnosti děrovaných nosných pálených cihel [28]
- Tab. 3.14. Vlastnosti pálených komínovek [27]
- Tab. 3.15. Druhy a vlastnosti voštinových cihel [27]
- Tab. 3.16. Vlastnosti voštinových cihel [28]
- Tab. 3.17. Druhy a vlastnosti lehčených pálených cihel [27]
- Tab. 3.18. Přehled jednotlivých pevností různých cihel [27]
- Tab. 3.19. Střední tepelná vodivost cihel v kal/m.h.°C [27]
- Tab. 3.20. Druhy a označení malt pro zdivo podle ČSN 73 1331 [28]
- Tab. 3.21. Pevnost jiných pojiv [27]
- Tab. 3.22. Pevnost vápna [27]
- Tab. 3.23. Vydatnost stavebního vápna [28]
- Tab. 3.24. Pevnost cementové malty [27]
- Tab. 3.25. Pevnost cihelného zdiva [27]
- Tab. 3.26. Pevnost cihelného zdiva v tlaku podle ČSN 13 1331 [28]
- Tab. 4.1. Složky vnitřního prostředí [44]
- Tab. 4.2. Stupeň poškození objektu [32]
- Tab. 4.3. Zdroje vlhkosti v interiérech [44]
- Tab. 5.1. Přehled některých metod spolu s aplikací [44]
- Tab. 6.1. Naměřené hodnoty pomocí Schmidtova tvrdoměru typu L na hradě Točnick
- Tab. 6.2. Rozdělení podle barevnosti cihelného střepu

11 SEZNAM LITERATURY

- [1] HEJHÁLEK, Jan. Historie cihly. *INTRO: Cihla* [online]. VEGA, 2017, (3), 4 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/historie-crihly/>
- [2] Shutterstock. *Brick: A World History* [online]. In: . [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/historie-crihly/>
- [3] *Museum of Ancient Brick: General Shale Brick* [online]. In: . [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://aaronwymer.blogspot.cz/2010/09/nerd-alert-but-im-cool-with-that.html>
- [4] FRAME, David. *What is a Handmade Brick* [online]. In: . [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: http://www.handmadebrick.com/blog_direct_link.cfm/blog_id/62158
- [5] *Jaká je historie cihly?* [online]. [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/obvodove-konstrukce-a-materialy/jaka-je-historie-crihly>
- [6] *The History of Bricks and Brickmaking* [online]. BK Group [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <https://brickarchitecture.com/about-brick/why-brick/the-history-of-bricks-brickmaking>
- [7] *Ancient Resource* [online]. 2003 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: <http://www.ancientresource.com/lots/roman/roman-war-soldiers-artifacts.html>
- [8] *A History of Brick-Making* [online]. In: . HomeAdvisor, 1999 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <https://www.homeadvisor.com/r/history-of-brick-making/>
- [9] CLAYWORKS, Jane Street. *The History of Bricks: China* [online]. In: . HomeAdvisor, 2011 [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: <http://janestreetclayworks.com/2011/02/19/the-history-of-bricks-china/>
- [10] MACK, Robert C. a John P SPEWEIK. In: *Repointing Mortar Joints in Historic Masonry Buildings* [online]. 1998 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/2-repoint-mortar-joints.htm>
- [11] CLAYWORKS, Jane Street. *The History of Bricks: China* [online]. In: . [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <http://janestreetclayworks.com/2011/02/19/the-history-of-bricks-china/>
- [12] *Stručná historie cihlářství* [online]. In: . 2013 [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <http://www.cihlarstvi.estranky.cz/clanky/historie-crihlarstvi/strucna-historie-crihlarstvi.html>
- [13] ANTON, Ondřej, Petr CIKRLE a Věra HEŘMÁNKOVÁ. *Stanovení stáří a původu cihel ve stavební konstrukci* [online]. In: . 2013 [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/crihly-bloky-tvarnice/9477-stanoveni-stari-a-puvodu-crihel-ve-stavebni-konstrukci>
- [14] EBEL, Martin. Rozměry cihlářských výrobků. In: *Dějiny staveb 2001. Sborník vybraných referátů z konference Dějiny staveb / Ústí nad Labem : Fakulta architektury ČVUT, 2001 s. 30-33.*
- [15] BOHUŠ, Marek. *Kolkované cihly* [online]. In: . 2015 [cit. 2017-10-19]. Dostupné z: <http://www.hlubocky.eu/kolkovane-crihly/>
- [16] ŠTOGR, Josef. *Možnost 127 Jen ještě nevím, co to obnáší: Cihly a znaky* [online]. In: . 2016, s. 37 [cit. 2017-10-19]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/41256370-Moznost-127-sh-jen-jeste-nevim-co-to-obnasi.html>

- [17] HOŠEK, Jiří a Ludvík LOSOS. *Historické omítky: Průzkum, sanace, typologie*. 1. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-139-3.
- [18] HOBST, Leonadr, Jiří ADÁMEK, Petr CIKRLE a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí* [online]. 1. Brno: FAST VUT, 2005 [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI52-Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci/diagnostika_stavebnich_konstrukc_-_diagnostika_stavebnich_konstrukci.pdf
- [19] BROŽOVSKÝ, Jiří. *Nedestruktivní zkušební metody -: Nástroj pro hodnocení pevností stavebních materiálů a výrobků*. 1. Brno: Vutium, 2005. ISBN 80-214-3056-7.
- [20] ANTON, Ondřej. *Zkušebnictví a technologie: Laboratorní cvičení* [online]. 1. Brno: VUT Brno - FAST [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI02-Zkusebnictvi%20a%20technologie/Zkusebnictvi%20a%20technologie%20M04-Laboratorni%20cviceni.pdf>
- [21] *Schmidt Rückprallhammer zur Prüfung von Beton und Gestein* [online]. In: . [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/de/vergleichen/Category/schmidt-ruckprallhammer/>
- [22] *Nedestruktivní metody zkoušení železobetonových konstrukcí: Moderní trendy v betonu* [online]. In: . [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18415799-Nedestruktivni-metody-zkouseni-zelezobetonovych-konstrukci.html>
- [23] Kubelík, Martin - Čechák, Tomáš - Musílek, Ladislav - Gerndt, Josef. Využití termoluminiscence při výzkumu cihel. [Aut.]: Martin Kubelík, Tomáš Čechák, Ladislav Musílek, Josef Gerndt. *Zprávy památkové péče. Časopis státní památkové péče / Roč. 63, č. 2 (2003), s. 91-96*
- [24] Brožovská Onderková, Jana - Brožovský, Jiří. Zjišťování pevnosti cihel plných pálených v historických stavbách. Brožovská Onderková, Jana - Brožovský, Jiří. In: *Zprávy památkové péče. Časopis státní památkové péče*. Praha : Národní památkový ústav - ústřední pracoviště 71, č. 2, (2011,) s. 116-120.
- [25] MUK, Jan. *Historické konstrukce I*. 1. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01095-3.
- [26] ŠKABRADA, Jiří. *Konstrukce historických staveb*. 1. Příbram: Argo, 2007. ISBN 80-7203-548-7.
- [27] KLOKNER, František a Jan VOJTĚCH. *Statické tabulky: Technický průvodce svazek devatenáctý II. 4*. Praha: Česká matice technická v Technicko-vědeckém vydavatelství, 1952.
- [28] HRUBAN, Konrád. *Navrhování zděných konstrukcí*. 1. Praha: Československá akademie věd, 1955.
- [29] BAKEŠOVÁ, Martina. *Metodika diagnostiky historického cihelného zdiva*. Brno, 2013. 66 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
- [30] ČUŘÍK, František, Vojtěch JAREŠ a František KLOKNER. *Matematické a statické tabulky II. díl: Technický průvodce sešit devatenáctý*. České matice technické, 1939.

- [31] PUME, Dimitrij a František ČERMÁK. *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. 1. vyd. Praha: ARCH, 1993. 127 s. Stavby a konstrukce.
- [32] SOLAŘ, Jaroslav. *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*. 1. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [33] *Typical failure modes under compressive load: Prototype bric* [online]. In: . [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/264675818_fig1_Fig-4-Typical-failure-modes-under-compressive-load-a-prototype-brick-b-model
- [34] *Technor* [online]. 2005 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/>
- [35] SOLAŘ, Jaroslav. *Ukázka trhlin ve vnitřní zdi zděného objektu* [online]. In: . 2014 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/15822-zajisteni-zdenych-staveb-proti-ucinkum-technicke-seizmicity>
- [36] *Podchycení klenbového oblouku výdřevou* [online]. In: . [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://zpouzar.sweb.cz/Drevkce.htm>
- [37] BOUDÍK, Zdeněk a Ivan PÍŠA. *Dočasné založení nových železobetonových sloupů* [online]. In: . [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/beton/palladium-praha-komplexni-prestavba-budovy-kasaren-jiriho-zpodebrad>
- [38] DITTRICHOVÁ, Alena. *Sanace vlhkého zdiva pomocí chemických injektáží* [online]. In: . [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/beton/palladium-praha-komplexni-prestavba-budovy-kasaren-jiriho-zpodebrad>
- [39] VOREK, Anton. *Injektážní pakry* [online]. In: . [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://www.vorek.cz/produkty-spolecnosti/injektazni-pakry/>
- [40] *Organizace společnosti WTA INTERNATIONAL* [online]. Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky, 2009 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.wta.cz/smernice-wta>
- [41] *Směrnice evropského parlamentu 2007/60/ES: o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik* [online]. Ústřední věstník Evropské unie, 2007 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: http://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/smernice_povodne_cz-en.pdf
- [42] KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB, ČVUT Praha FSV. *Historické klenbové kleště* [online]. In: . [cit. 2017-12-09]. Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=3444.
- [43] BÍLEK, Petr. *Vodorovné nosné konstrukce: Klenby* [online]. In: . [cit. 2017-12-09]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3091433/>
- [44] BALÍK, Michal. *Odvlhčování staveb*. 1. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0765-9.
- [45] *Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)* [online]. Zákony pro lidi, 2006 [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [46] *Zákon č. 258/2000 Sb.: Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů* [online]. Zákony pro lidi, 2006 [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>

- [47] *Zákon č. 262/2006 Sb.: Zákon zákoník práce* [online]. Zákony pro lidi, 2006 [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [48] *Zákon č. 309/2006 Sb.: Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci* [online]. Zákony pro lidi, 2006 [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>
- [49] BÍLEK, Petr. *Dodatečné izolace: Vzduchoizolační metody* [online]. In: . [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2876867/>
- [50] *Hrady Žebrák a Točník* [online]. [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.tocnik.com/?Tocnik>
- [51] FIEDLER, Zdeněk. *FlyFOTO letecká fotografie a video: Točník* [online]. In: . [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.flyfoto.cz/2014/09/tocnik.html>
- [52] STRACH, LÍBAL, NOVOSADOVÁ a MUK. *Hrad Točník*. 1. Praha: Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů středisko 03, průzkum a výzkum, 1974.
- [53] BÁRTA, Jan. *Hrad Točník: průzkum hornin, příčin poškození, návrh konzolidace a konzervace*. 1. Praha: AQUA obnova staveb, 1998.
- [54] DURDÍK, Tomáš. In: *Dějiny hradu Žebráku a Točníku* [online]. [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://mujweb.cz/tocnik-zebrak/texthistorie.htm>
- [55] HRUBÁN, Konrád. *Návrhování konstrukcí zděných*. Československá akademie věd, 1955.
- [56] ŠTAFL, Adolf. *Stavební řád pro Prahu, Plzeň a České Budějovice: II. vydání*. V generální komisi právnického knihkupectví a nakladatelství, 1938.
- [57] MLÁZOVSKÝ, Vít, CHMEL, KOPECKÝ a VÁVRA. *Projektová dokumentace: Adaptace prostor 4. a 5. podlaží Královského paláce: Státní hrad Točník*. Praha, 2017.