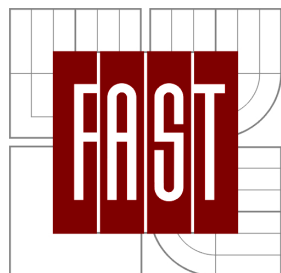


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV CHEMIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CHEMISTRY

ZŘÍČENINY A MOŽNOSTI JEJICH ZACHOVÁNÍ

THE RUINS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR CONSERVATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ELIŠKA PYREŇOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. RNDr. PAVLA ROVNANÍKOVÁ, CSc.

BRNO 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2014

titul jméno a příjmení studenta

Poděkování

Děkuji prof. RNDr. Pavle Rovnaníkové, CSc. za obětavé vedení bakalářské práce a vstřícný přístup. Ľubomíru Chobotovi za pomoc při odběru vzorků malt a poskytnuté informace o areálu hradu Lietavy. Dále děkuji Ing. Evě Navrátilové za provedení DTA analýzy.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá otázkou zachování hradních zřícenin. Teoretická část pojednává obecně o stavebních materiálech používaných při jejich výstavbě, o druzích degradace a korozi materiálů, o možnostech zachování zřícenin použitím vhodných stavebních materiálů a o postupech při realizaci obnovy historických objektů. Práce se soustřeďuje na historii a současný stav dvou takových staveb, jedná se o zříceninu hradu Cimburk v České republice a zříceninu hradu Lietava na Slovensku. Součástí práce je odběr a následný rozbor vzorků historických malt z uvedených hradů. Výsledkem je vyhodnocení křivek z diferenční termické analýzy, RTG difrakční analýzy a jejich vzájemné porovnání.

Abstract

This bachelor's thesis deals with a question of conservation of castle ruins. The theoretical part discusses generally building materials used in their construction, sort of material's degradation and corrosion of materials, possibilities of ruin's conservation by using suitable building materials, and processes in realization of historical property restoration. Work focuses on a history and contemporary condition of two historical buildings, the castle Cimburk in Czech republic and the castle Lietava in Slovakia. As a part of my work was collection and subsequent analysis of samples of historical mortars of these castle. Resulting response curves differential thermal analysis, RTG diffraction analysis and their mutual comparison.

Klíčová slova

Zachování, obnova, zřícenina, stavební materiál, historická malta.

Keywords

Conservation, recovery, ruins, building material, historic mortar.

Bibliografická citace díla

PYREŇOVÁ, Eliška. Zříceniny a možnosti jejich zachování. Brno, 2014. 71 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav chemie. Vedoucí práce prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, Csc.

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je za použití literatury zpracovat teoretickou část, která pojednává o zříceninách, stavebních materiálech vhodných pro jejich obnovu či zachování a stručný popis jak postupovat při realizaci obnovy. Teoretická část dále obsahuje historický popis a technologický postup obnovy dvou konkrétních zřícenin hradů. Cílem experimentální části je odběr vzorků historických malt ze dvou zřícenin hradů, provedení granulometrické, chemické a mineralogické analýzy a stanovení poměru mísení malt. Na základě provedených analýz navrhnout malty, použitelné při konzervaci hradebních zdí zřícenin.

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Co jsou zříceniny.....	12
3. Materiály používané pro kamenné stavby.....	14
3.1 Stavební kámen.....	14
3.2 Dřevo jako stavební materiál.....	17
3.3. Malty kamenných staveb.....	18
3.3.1 Pojiva.....	19
3.3.1.1 Sádra.....	19
3.3.1.2 Jíl.....	19
3.3.1.3 Vápno.....	20
3.3.2 Plniva.....	21
3.3.3 Přísady - organické látky.....	22
3.3.4 Voda.....	23
3.4 Historické malty.....	23
3.4.1 Hliněné malty.....	23
3.4.2 Sádrové malty.....	23
3.4.3 Vápenné malty.....	24
4. Problematika obnovy zřícenin.....	25
4.1 Konzervační způsoby.....	25
4.2 Výběr vhodných materiálů.....	28
5. Druhy degradace, koroze materiálů.....	29
5.1 Vlivy způsobující korozi.....	30
5.1.1 Vliv vody.....	30
5.1.2 Vliv teplotních změn.....	30
5.1.3 Vliv ovzduší (povětrnostní vlivy).....	30
5.1.4 Vliv rozpustných solí.....	31
5.1.5 Vliv živých organismů.....	31

5.1.5.1 Bakterie.....	32
5.1.5.2 Houby.....	32
5.1.5.3 Řasy.....	32
5.1.5.4 Plísňe.....	32
5.1.5.5 Lišejníky.....	32
5.1.5.6 Mechy.....	33
5.1.5.7 Vyšší rostliny.....	33
5.1.5.8 Živočichové.....	33
6. Obnova zřícenin hradů.....	34
6.1 Zahájení obnovy.....	34
6.2 Jednotlivé postupy při zahájení obnovy.....	36
7. Vybrané příklady stavu zřícenin.....	39
7.1 Zřícenina hradu Lietava.....	39
7.2 Zřícenina hradu Cimburk u Koryčan.....	43
8. Experimentální část.....	46
8.1 Odběr vzorků.....	46
8.2 Analýzy vzorků.....	47
8.2.1 Stanovení granulometrie kameniva.....	47
8.2.2 Chemická analýza.....	47
8.2.5 Diferenční termická analýza.....	47
8.3 Analýza vzorků odebraných ze zříceniny Lietava.....	48
8.3.2 Chemická analýza.....	52
8.3.4 Rentgenová difrakční analýza.....	55
8.3.5 Závěry k rozboru malt z hradu Lietava.....	57
8.4 Analýza vzorků odebraných ze zříceniny hradu Cymburk.....	58
8.4.1 Vzorek 1 – malta z vyzdívky.....	59
8.4.2 Vzorek 2 - omítka – vnější plášť v polovině věže – JZ.....	61
8. Diskuze.....	64

9. Závěr.....	66
10. Seznamy.....	67
10.1 Použitá literatura.....	67
10.2 Seznam obrázků.....	69
10.3 Seznam tabulek.....	71

1. Úvod

Česká republika oplývá četnými historickými stavebními památkami. Mnohé z nich byly po celou dobu od svého vzniku, často i několik set let, využívány a pečlivě udržovány, proto jsou v dobrém technickém stavu a dodnes slouží k různým účelům, nebo alespoň lákají návštěvníky, kteří oceňují jejich vzhled i umění dávných stavitelů. Kromě těchto známých a zachovalých staveb se na našem území nachází množství v různé míře zchátralých nebo rozpadlých hradů, z nichž každý měl svou minulost, dnes dávno zapomenutou. Zůstaly jen trosky, někdy zcela ukryté a zarostlé vegetací, které byly kdysi dominantami krajiny. Ztráta každého z těchto svědků dávné minulosti je ztrátou nenávratnou, a proto je snaha o zachování alespoň toho, co z nich dosud zbylo.

Hlavním stavebním materiálem hradů je kámen. Druh hornin, ze kterých byly stavební prvky vyrobeny, závisel na tom, jaký typ hornin se v okolí stavby nacházel. Mezi nejpoužívanější horniny patří vápenec, pískovec, opuka, žula, mramor nebo dolomit. Pro dosažení dostatečné pevnosti a stability objektu bylo důležité zvolit vhodný typ malty pro zdění těchto staveb. Základní složky historických malt jsou pojiva na bázi vzdušného nebo hydraulického vápna, a to jak přirozeného, tak i vzniklého ze směsi vzdušného vápna a pucolánových příměsí.

Hlavní myšlenkou práce je nastínění přístupu k problematice obnovy zřícenin. Cílem jakéhokoli konzervačního zásahu je v podstatě zpomalení přirozeného procesu chátrání objektu. Při konzervaci ruin se volí vždy individuální přístup. Špatně zvolený typ záchrany památky může objekt poškodit daleko více než, když se ponechá volnému průběhu chátrání. Je nutno dbát na to, aby nebyl objekt obnovou nijak znehodnocen, velmi důležitá je proto správná volba stavebních materiálů pro obnovu zřícenin. Je nutné si uvědomit, jakými způsoby může zřícenina pustnout či chátrat, proto jsou níže uvedeny jednotlivé druhy koroze, působící na objekty či jejich jednotlivé části. Nejčastěji se setkáváme s poruchami způsobené vlivem vody, ovzduší nebo živými organismy (mechy, lišejníky, bakterie, rostliny, nebo živočichové). V práci jsou dále popsány jednotlivé kroky při zahájení obnovy, jako je například zajištění stability objektu, zpevňování lícového zdiva, povrchové úpravy nebo ochrana objektu před účinky dešťové vody.

V rámci práce byly provedeny analýzy malt ze dvou zřícenin, a to zříceniny hradu Lietava na Slovensku poblíž města Žilina a zříceniny hradu Cimburk u Koryčan

v České republice. V práci je stručně popsána historie hradů a způsob již prováděné konzervace. Současný stav je doložen fotodokumentací. Na obou hradech byl proveden odběr vzorků historických malt z různých časových období výstavby. Hlavním cílem experimentální části bylo stanovení složení historických malt za použití chemických a fyzikálně-chemických metod (rentgenové difrakční analýzy, termické analýzy, stanovení granulometrie kameniva, chemické analýzy). U jednotlivých vzorků byla pořízena fotodokumentace jejich stavu a popsán jejich vzhled. V práci jsou uvedeny postupy provádění těchto zkoušek, které byly následně vyhodnoceny a porovnány mezi sebou.

2. Co jsou zříceniny

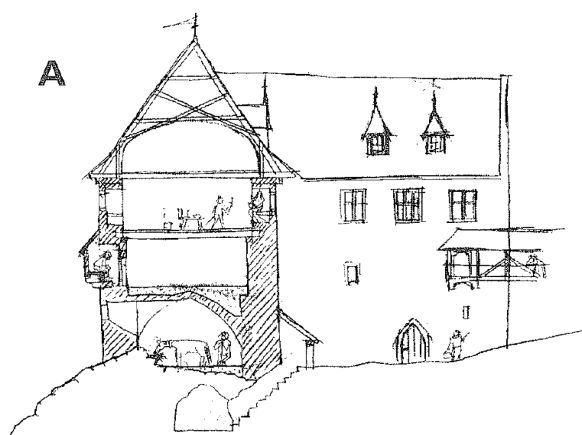
Zříceniny, jinak nazývané torza nebo ruiny, jsou zbytky původně celistvých lidských staveb, příkladem je zřícenina hradu Templštejn, obr. 1. Nejčastěji však toto slovo označuje torza bývalých opevnění šlechtických sídel, jako byly hrady, hrádky, tvrze nebo zámky. Zřícenina je stavba, která již ztratila svůj původní význam, a podléhá dlouhodobému procesu chátrání. Ke vzniku zřícenin nejčastěji docházelo nezájmem majitelů o nákladnou údržbu či opravu škod vzniklých například požárem či v důsledku přírodních katastrof. V několika případech také došlo k tomu, že požár byl založen samotným majitelem hradu, aby se zbavil břemena souvisejícího s údržbou. Dalším důvodem vzniku zřícenin u nás bylo poničení hradů vlivem válečných událostí, z politických nebo náboženských důvodů.



Obr. 1 Zřícenina hradu Templštejn

Velké chátrání hradů zapříčinili lidé, kteří z poničeného objektu odnášeli použitelné věci, jako bylo vybavení či stavební materiál (dřevěné, kovové i kamenné prvky). Poté už stavby podlehly působení přírodních vlivů, což způsobovalo ztrátu střechy, mohutné zatékání, následné uhnití dřevěných konstrukcí, propad stropů, destrukce a vznik trhlin ve zdivu, které se působením vlhkosti a mrazu rok co rok zvětšovaly. Vlivem dešťů docházelo k degradaci a následnému vyplavování malt ze spár, a to vedlo ke snížení stability stěn. Dalším narušitelem zdiva jsou náletové rostliny, jejichž kořeny výrazně ovlivňují soudržnost malt s kamenivem. Pro zamezení dalšímu chátrání působením povětrnostních a dalších vlivů, mohou být zříceniny zakonzervovány. V některých případech probíhá úplná rekonstrukce zříceniny, až do původního stavu [3, 4].

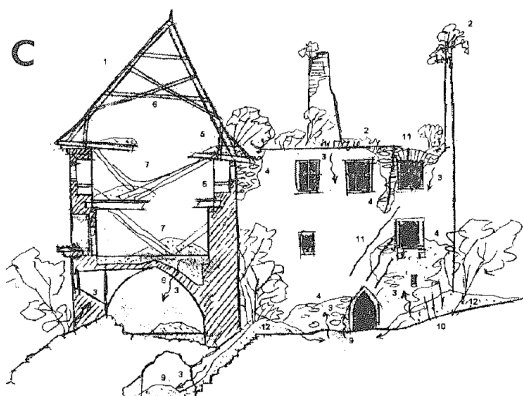
Postupné chátrání objektu, až k dosažení stavu zříceniny, ukazuje na obr. 2 až 6
J. Vinař [1]



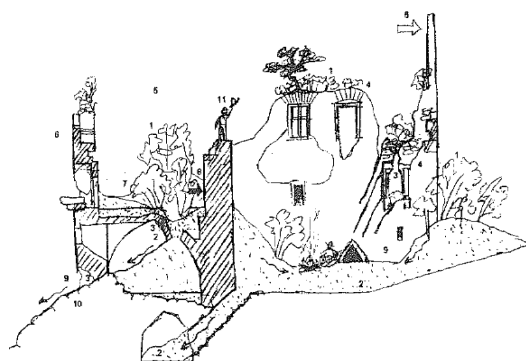
Obr. 2 Původní stav objektu [1]



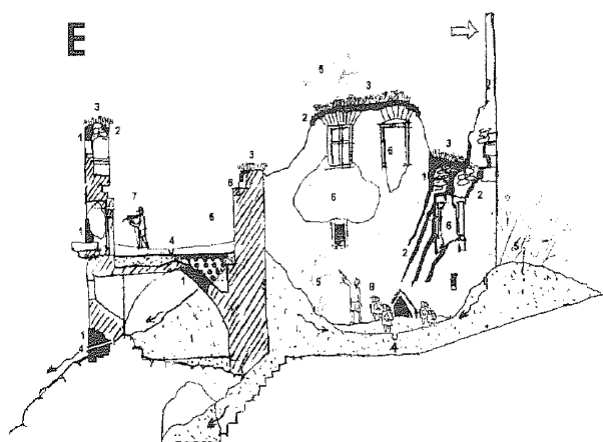
Obr. 3 Postup chátrání opuštěného objektu po 10 až 20 letech [1]



Obr. 4 Pokračující devastace, stav po 100 letech [1]



Obr. 5 Současný stav zříceniny [1]



Obr. 6 Stav objektu po provedení záchranných prací [1]

3. Materiály používané pro kamenné stavby

Kamenné stavby byly stavěny dvěma způsoby, a to tzv. na sucho, kdy byly opracované lomové kameny skládané na sebe (tento způsob byl využíván například v podezdívkách dřevěných staveb), nebo byly stavěny kamenné stavby spojované maltou. Při výběru malty bylo důležité, do jakého prostředí byla stavba zasazena. Dále rozhodovaly také finanční možnosti investora. Pro stavby soukromé, církevní nebo světské byl volen jiný druh malty, než pro stavbu kamenných mostů, kde bylo třeba počítat s tím, že stavba bude více zatěžována, a také bude vystavena působení vlhkosti nebo agresivním účinkům tekoucí vody [2, 6].

3.1 Stavební kámen

Mezi nejstarší stavební materiály patří kámen, je to zároveň i nejtvrdší a nejtrvanlivější stavební prvek. Horniny, ze kterých stavební kámen získáváme, dělíme podle geologické činnosti země:

- 1) vyvřelé horniny, které vznikají krystalizací při chladnutí magmatu,
- 2) usazené horniny, které vznikají usazováním zvětralých úlomků hornin,
- 3) přeměněné horniny, které vznikají rekrystalizací hornin prvních dvou skupin.

Ke stavbám se používaly různé druhy stavebního kamene. Pravidlem bylo, že se používal kámen z lokálních nebo málo vzdálených lomů. Pro stavbu stěn byl nejhojněji využíván lomový kámen, a jako doplňkové stavivo kámen tesaný. Mezi nejčastěji používané stavební kameny patří vápenec, pískovec, opuka, žula, čedič, travertin, mramor nebo břidlice. Každý z kamenů má odlišnou odolnost vůči působení agresivních látek z okolí, a to v závislosti na chemickém a mineralogickém složení horniny a na jeho porositě [2, 6].

Vápenec

Textura a barevnost vápenců, obr. 7, jsou velmi rozmanité, vyskytují se v barvách od červené až po černou. Čistý vápenec je v zásaditém prostředí malty stálý, ale naopak v kyselém prostředí dochází k jeho úplnému rozkladu za vzniku oxidu uhličitého a vápenaté soli dané kyseliny. Srážková voda obsahuje 0,1 až 0,3 molů CO_2 v 1 litru, oxid uhličitý obsažený ve srážkové vodě reaguje s uhličitánovým kamenivem za vzniku $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je rozpustný, a může být tedy ze stavebního kamene transportován na jiné místo.

Vlivem antropogenní činnosti, zejména vlivem exhalací vznikajících při spalování fosilních paliv, je ovzduší obohacováno oxidem siřičitým a oxidy dusíku, především NO₂. Tyto sloučeniny jsou příčinou tzv. kyselých dešťů, obsahujících kyselinu sírovou a dusičnou, které mohou způsobit pokles pH až na hodnotu 2,5. Kyselé deště byly aktuální od doby průmyslové revoluce do konce 20. Století, od roku 1998 jsou v ČR všechny velké zdroje SO₂ (elektrárny a teplárny) odsířeny, čímž se snížila agresivita srážkových vod. Některé druhy hornin, např. mušlový vápenec může být napadán mikroorganismy a nižšími rostlinami, jako jsou lišejníky a řasy [2, 6].



Obr. 7 Těžený vápenec [9]

Pískovec

Pískovec, obr. 8, je usazená hornina, jehož základní složkou jsou zrna křemene, která jsou pojena tmelem. Tmel je často uhličitánový, železitý, nebo hlinitokřemičitanový. Podle velikosti zrn se rozlišují pískovce jemnozrné, střednězrné a hrubozrné. Jestliže jsou tvořeny většími zrny, jedná se již o slepence. Pískovce jsou velmi odolné vůči působení různých látek, protože obsahují velmi odolný krystalický oxid křemičitý. Odolnost vůči zvětvávání závisí hlavně na jejich mineralogickém složení a porositě kamene. Hrubozrné pískovce jsou více odolné než jemnozrné, které zvětvávají rychleji. Pískovce jsou náchylné k fyzikálně - mechanické korozi, což může způsobovat vydrolování zrn [2, 6].



Obr. 8 Těžený pískovec [10]

Opuka

Opuka, obr. 9, je usazená hornina, tvořená drobnými zrny křemene, zpevněným jílem, opálem a uhličitánem vápenatým. Opuka je málo odolná vůči zásaditému prostředí, které vytváří malty a omítky. To vede k poškozování okolních materiálů.

Opuka není stálá ani v kyselém prostředí, kde dochází k rozkladu uhličitanu vápenatého a vzniká síran vápenatý dihydrát. Lze ji však velmi dobře opracovávat. Nejčastější způsob degradace je vlivem působení vody a vzduchu. Opuka je velmi pórovitá, proto dochází snadno k vniknutí vody hluboko do pórů a vlivem změny teplot pak dochází ke smršťování a expanzi, a to vede k vytvoření prasklinek a tzv. šupinatění kamene [2, 6].



Obr. 9 Opuka [11]

Mramor

Je to podobná hornina jako žula, jehož porozita je velmi malá, proto koroduje jen ve velmi tenkých povrchových vrstvách. Projevem zvětrávání mramorů je tzv. cukrovatění. Rozvolněním povrchové vrstvy se pak snadno dovnitř struktury dostávají nečistoty, vlhkost a oxidy síry, které s vlhkostí tvoří kyselinu sírovou, silně napadající základní sloučeninu, tj. uhličitan vápenatý [2].

Dolomit

Dolomit, obr. 10, je to monominerální hornina, tvořená převážně minerálem dolomitem. Svým vzhledem se velmi podobá vápenci. Má jemnozrnnou strukturu, nejčastěji v barvě žluté, šedé, narůžovělé až bílé. Dolomity tvoří s vápencem souvrství a může vznikat i tzv. dolomitický vápenec. Je to sedimentární hornina, která vznikla vysrážením z mořské vody. Dolomit se využívá v metalurgii nebo ve stavebnictví jako stavební kámen nebo na výrobu dolomitického vápna [6, 20].



Obr. 10 Těžený dolomit [12]

Žula

Žula, neboli granit, obr. 11, je vyvřelá hornina, velmi tvrdá, pevná, málo porézní.

Z mineralogického hlediska obsahují žuly především živce, křemen, slídy a amfiboly.

Pokud je žula trvale ve styku s vodou (vlhkostí) dochází časem ke kaolinitizaci živců

(v kameni probíhá hydrolyza živců), to vede

k pozvolnému rozpadu kamene. Nejčastěji se

setkáváme s tzv. lístkováním, což je odlupování

tenkých vrstev kamene vlivem zvětrávání. Žula

může být také poškozována vápennou maltou,

kteřá vytváří krystalické soli, a ty mohou ve

vzniklých pórech změnou tlaku nebo teploty

způsobit porušení horniny [2, 6].



Obr. 11 Těžená žula [13]

3.2 Dřevo jako stavební materiál

Dřevo bylo v minulosti využíváno hlavně pro výstavbu krovů a stropů. Dále byly ze dřeva budovány ochozy nebo ztužující věnce zabudované do zdiva, které vytvářely stabilitu objektu. Ve většině případů bylo voleno tvrdé masivní dřevo, které bylo opracováváno ručně, což také zvyšovalo jeho životnost a kvalitu. Pro zvyšování odolnosti byly dřevěné prvky (určené k zazdění) opalovány ohněm. Na obr. 12 je zbytek zabudovaného trámu ve zdivu [2, 4].

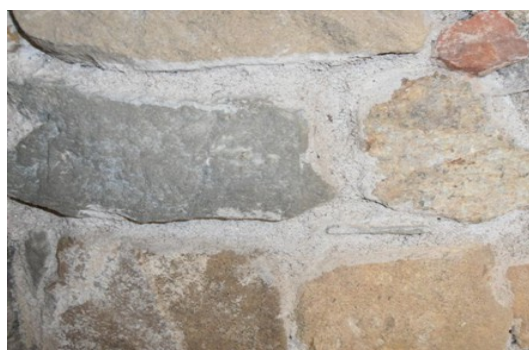


Obr. 12 Zachovaný kus trámu

3.3. Malty kamenných staveb

Malty jsou známy od doby prehistorické, historické až po současnost. V počátcích stavebnictví lidé zjistili, že stavby zhotovené z kamene, které jsou kladeny těsně vedle sebe se snadno bortí a nevydrží větší náporu větru. Tento problém byl vyřešen objevením plastické hmoty, která na vzduchu tvrdne a tuhne, dnes známé jako „malta“. Tyto historické malty po zatvrdnutí s kamenem tvořily pevné zdivo. Později byly používány i omítky, které sloužily jako ochrana před povětrností a vlhkostí.

Malty se používaly ke spojování kamenných bloků, obr. 13 a 14, které poté tvořily celek, dále k fixaci povrchových úprav zdiva nebo podlah. Malty byly také využívány k přípravě podkladů pro nástěnné malby, ale také k vytváření štukových ozdob či sgrafit [6].



Obr. 13 Historická malta z hradu Cimburk Obr. 14 Novodobá malta z hradu Cimburk

Dávni stavitelé několik set let před naším letopočtem věděli, že přidáváním určitých látek do malt zlepší jejich kvalitu a pozmění určité vlastnosti. Většinou se jednalo o látky z přírodních surovin, jako byl sopečný popel nebo drcená keramika. Díky tomuto poznatku již tehdy mohli stavět stavby odolné proti působení vody a vlhkosti, jako byly například vodovody, lázně, přístavní mola nebo mosty. Používání pucolánů zmínil již v 1. století př. n. l. Římský architekt, inženýr a teoretik Marcus Vitruvius Pollio ve svém díle *De Architectura libri X*. Většina malt až do 2. poloviny 19. století byla na bázi vápna, a to buď hydraulického nebo vzdušného vápna. Malty z čistého vzdušného vápna však nebyly vhodné pro stavby vystavené nadměrné vlhkosti.

Základní složení malt pro zdění a omítek je podobné, a proto jsou společně nazývány jako malty. Malty obsahují anorganická práškovitá pojiva, která po rozmíchání s vodou tvoří plastickou hmotu, která tuhne, tvrdne a nabývá pevnosti. Základními složkami malt je kamenivo, pojivo, voda a v některých případech další přísady [2, 3, 8].

3.3.1 Pojiva

Pojiva jsou nejdůležitější složkou malt, mají největší vliv na fyzikální, zejména mechanické vlastnosti malty. Nejčastějšími stavebními pojivy jsou látky anorganického původu. Tyto látky zaručují přilnavost ke zdivu, plastičnost v čerstvém stavu, soudržnost a trvanlivost malty ve stavu ztvrdlém. Jako pojiva byla v historii nejčastěji používána sádra, jíl, vzdušné vápno, hydraulické vápno, dolomitické vápno, románský cement. [6]

3.3.1.1 Sádra

Základní surovinou pro výrobu sádry je sádrovec, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Sádrovec se v přírodě vyskytuje jako jednoklonný minerál, může také vznikat jako vedlejší produkt různé výroby. Rychletuhnoucí sádry vznikají zahříváním sádrovce při teplotě 105 – 150 °C, dochází ke vzniku hemihydrátu síranu vápenatého. Podle technologie výroby se získává ve dvou formách: ve formě α -sádry a β -sádry. Jejich význačnou vlastností je velmi rychlé tuhnutí, v řádu několika minut. Po 7 dnech dosahují tyto sádry pevnosti 20-45 MPa. Dříve se vyráběly pomalutuhnoucí sádry, které se vyrábí výpalem sádrovce nebo anhydritu při teplotách nad 900 °C. Pomalutuhnoucí sádra začíná tuhnout po 2-5 hodinách a konec tuhnutí je po 6-8 hodinách. Přestože tuhnutí je pomalejší, dosahují tyto sádry po 28 dnech pevností až 60 MPa. Na pórovitost a pevnost sádry má významný vliv vodní součinitel, který ovlivňuje velikost a srůsty jednotlivých krystalů dihydrátu síranu vápenatého [2, 16].

V minulosti se vyráběly sádrové maltoviny de Wyldeho, Scottova, Keenova a další. Dnes je dostupná jen Keenova sádrovina známá také jako Keenův cement.

3.3.1.2 Jíl

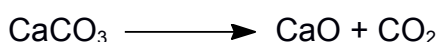
Jílové minerály jsou jednou ze základních složek přírodní zeminy. Z chemického hlediska jsou jíly hydratované formy hlinitokřemičitanů. Základní minerály vyskytující se v jílu jsou kaolinit, illit, montmorillonit a hallyosit. Jejich významnými vlastnostmi je jejich vysoká plasticita a nerozpustnost ve vodě. K zatvrdnutí malty dochází odpařením vody z materiálu, při vysušování dochází ke smršťování, což je možné eliminovat přidáním plniva. Aby nebyly po vysušení malty tak křehké, bylo přidáváno vzdušné vápno. Podle dochovaných zdrojů je známo, že pro zlepšení soudržnosti a přilnavosti, a také eliminaci vzniku trhlin vlivem smrštění, byly do jílových malt přidávány plniva přírodního původu (sláma, piliny, plevy) a živočišného původu

(zvířecí chlupy, vlasy). Malty s jílovým pojivem se používaly nejčastěji na zdění nepálených cihel [2, 16].

3.3.1.3 Vápno

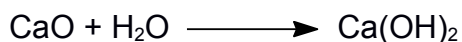
Vápno je nejstarším pojivem, které se vyrábělo již ve starověku. Výroba vápna se vyvíjela spolu s vývojem oboru stavebnictví.

Vápno je látka, která obsahuje oxidy nebo hydroxidy vápenaté a hořečnaté. Hlavní surovinou pro výrobu vápna je vápenec CaCO_3 , jeho vlastnosti a kvalita výrazně ovlivňují vlastnosti vápna. Výroba vápna se provádí pálením, zahřátím vápence dochází k rozkladu uhličitanu vápenatého dle níže uvedené chemické rovnice:



Tepelný proces výpalu, má velký vliv na konečné vlastnosti vápna. Doba výpalu vápna závisí na pálící teplotě a na čistotě vypalovaného vápence. Kvalita páleného vápna se určuje podle rychlosti reakce s vodou, je-li reakce rychlá (rychlost hašení do 3 minut, dle normy ČSN EN 459-2) jde o měkce pálená vápna, vypalují se při teplotě kolem 1000 °C. Pokud je reakce pomalá (rychlost hašení asi 8 minut) jde o tvrdě (ostře) pálená vápna, jejich teplota pálení je okolo 1250 °C.

Před použitím vápna ve stavebnictví je potřeba převést pálené vápno na hydrátovou formu, tomuto procesu se říká hašení vápna, proces lze vyjádřit chemickou rovnicí:



Průběh hašení má velký význam na kvalitu vápna. Lze ho provést v nadbytku vody, pak vzniká tzv. vápenná kaše, nebo s malým nadbytkem nad teoretické množství vody, pak se získá tzv. vápenný hydrát. Špatně zhydratovaný CaO může hydratovat dodatečně, a tím zvětšit svůj objem, což může způsobit odlupování omítek. Vápenná kaše se po vyhašení nechává odležet, aby vznikl hydrogel hydroxidu vápenatého, který má významný vliv na plasticitu vápna a potažmo i na připravenou maltu. V současné době jsou vápna klasifikována podle ČSN EN 459-1 Stavební vápno. V zásadě se vápna dělí na vzdušná vápna a vápna s hydraulickými vlastnostmi. V této normě je definováno složení a vlastnosti stavebních vápen. Pod vzdušná vápna je zahrnuto vápno bílé a vápno dolomitické, hydraulická vápna jsou rozdělena do tří kategorií – přirozené hydraulické vápno, směsné vápno a hydraulické vápno. V historii vyráběná vápna měla vlastnosti podle toho, jakou

surovinu měli vápeníci k dispozici. Tam kde byly zahliněné vápence, vyráběla se vápna hydraulická, z čistých vápenců pak vápna vzdušná. Hydraulicita byla take podpořena popelem, který se do vápna dostával v primitivních pecích, nebo příměsmi, či přísadami, které měly pucolánové, nebo hydraulické vlastnosti. Výroba vzdušného vápna, které se dnes vyrábí v třídě CL90, v minulosti byla spíše výjimkou [2, 4, 6, 7].

Vzdušné vápno je vyráběno z čistých vysokopecních vápenců nebo z vápenců s malým obsahem příměsí. Jedná se o vápno, které tvrdne na vzduchu reakcí s oxidem uhličitým. Karbonatace je dlouhodobý proces, vzhledem ke koncentraci CO_2 ve vzduchu (průměrná hodnota 0,038 %).

Mezi význačné vlastnosti vzdušného vápna patří jeho reaktivita (určuje způsob hašení), vydatnost a plasticita.

Zvláštním druhem vzdušného vápna je dolomitické vápno. Má vysoký obsah MgO (více než 5% hm.), který významně ovlivňuje jeho vlastnosti, jako například rychlost hašení páleného vápna, nebo jeho konečné pevnosti.

Hydraulické vápno je vyráběno výpalem z vápenců, které obsahují hlinitokřemičité příměsí (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Hydraulické vápno má schopnost tvrdnout ve vlhku, vysoce hydraulická vápna tvrdnou i pod vodou. Tvrdnutí je důsledkem současně probíhajících dějů (karbonatačních a hydratačních).

U hydraulického vápna je významnou vlastností pevnost, která se standardně stanovuje po 28 dnech tvrdnutí. Počátek tuhnutí hydraulického vápna se pohybuje v rozmezí od 1 - 2 hodin. [7, 6, 4].

Za specifický druh hydraulického vápna se považuje románský cement. Jde o okrově zbarvenou rychle tuhnoucí hmotu, která má nízký obsah volného vápna a naopak vysoký obsah slínekových minerálů ($\beta\text{-C}_2\text{S}$, C_3A , C_2F) [7].

3.3.2 Plniva

Plniva jsou základní surovinou pro tvorbu malt. Jako plniva malt lze označit kamenivo (písek) a vlákna. Jejich vlastnosti ovlivňují trvanlivost malt. Písky obsahují křemen, živce, slídy a jílové minerály, vhodný je křemenný písek. V oblastech, kde se nacházejí vápence, resp. dolomity se používalo a používá vápencové nebo dolomitické kamenivo, které se vyrábí drcením příslušných hornin. Vzhled dolomitického písku je na obr. 15. Druh kameniva se volí podle druhu malty. Při

výběru kameniva je důležitá granulometrie, měla by být plynulá, aby byly mezery mezi většími zrny vyplněny zrny menšími, aby se dosáhlo co nejmenší mezerovitosti a dostatečné obalení zrn pojivem [6].

V historii byla upřednostňována plniva z místních zdrojů, aby se nemusely vynakládat další finanční prostředky na přepravu. Při obnově zřícenin by měl být používán plavený písek se zaoblenými zrny. Občas byl tento písek nahrazován ostrohranným dolomitickým pískem, ten je však méně vhodný, jelikož způsobuje objemové změny ve zdivu a obsahuje příliš mnoho prachové frakce, což vede k větší spotřebě pojiva a vody. [2, 7, 4].

Dříve byla jako plniva používána také rostlinná vlákna, zvířecí chlupy (kozí, koňské), sláma nebo pazdeří. Tyto látky zlepšovaly výslednou pevnost, a také zamezovaly tvorbě trhlin. Dnes se místo těchto organických plniv používají vlákna syntetická (polypropylenová vlákna).



Obr. 15 Dolomitický písek [14]

3.3.3 Přísady - organické látky

Během průzkumu historických staveb byly v maltách nalézány organické látky, které byly do malt přidávány pro zlepšení jejich technologických vlastností (plastifikační a provzdušňující účinky, regulace tuhnutí, pórovitost, pevnost, hydrofobitu). Většinou se jednalo o organické přírodní látky jako cukry, tuky, bílkoviny a ostatní [6, 7].

Cukry (glukóza, fruktóza, sacharóza, laktóza)

Byly přidávány do omítek a malt buď v tekuté formě jako ovocné šťávy, melasa, nebo v sypké formě jako obyčejný cukr.

Tuky (živočišné a rostlinné)

Z tuků přidávaných do malt bylo používáno sádlo, máslo, lůj, lněná fermež. Tuky byly přidávány pro hydrofobizaci malt a omítek.

Bílkoviny

Byl používán lepek z pšenice, ječmenný slad, žitné těsto, kasein (obsažený v tvarohu, sraženém mléku, sýru, podmáslí), kolagen (obsažen v kůži, kostech nebo šlachách), kreatin (z vlasů, kopyt) a vaječné bílkoviny. Bílkoviny byly používány hlavně pro zpevnění omítek a malt.

Ostatní přísady

Jsou velmi rozmanitého složení, patří sem například pivo, býčí krev, vosky, víno, moč, nebo hnůj.

3.3.4 Voda

Jako záměsovou vodu do malt je možné použít i vodu dešťovou nebo vodu z přilehlého potoka, řeky nebo jezera, ale nesmí být příliš biologicky nebo chemicky znečištěná. Voda by měla mít pH okolo hodnoty 7. Voda má zásadní vliv na výslednou kvalitu malt i omítek. Kvalita je ovlivněna hlavně použitým množstvím záměsové vody, dále je používána voda ošetřovací, která je potřebná pro čištění a vlhčení podkladu, a také na ošetřování omítnutých ploch.

3.4 Historické malty

Malty lze rozdělit podle použití nebo podle jejich hlavní složky.

3.4.1 Hliněné malty

Historicky nejstaršími maltami jsou malty hlíněné, na bázi keramických zemin (kaolinit), které se používaly pro spojování nepálených cihel a později také pro omítání staveb. Hliněná malta se připravuje z hlíny a vody. Jako pojivo byly používány jílové zeminy z místních zdrojů, které nesmí obsahovat humusovité součásti a musí být dostatečně vazné (mastné) s dobrou plasticitou. Připravená malta nesmí po vyschnutí popraskat, nevyhovuje-li tomuto požadavku, musí se doplnit určitým množstvím písku nebo jinou vhodnou hlínou. Kromě těchto materiálů se do hlínových malt přidávaly i jiné výplně, například malé množství chlupů, slámy, krve atd. Hliněné malty jsou ve vodě nerozpustné, ale bobtnají v ní [6].

3.4.2 Sádrové malty

Sádrové malty se používaly a dodnes používají například pro štukové omítky nebo ozdoby. Hlavní složkou sádrových malt je ve vodě částečně rozpustný sádrovec, což je z chemického hlediska dihydrát síranu vápenatého, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Objemový poměr sádry a plniv v maltě bývá většinou 1:1. Pro zhotovení novodobých sádrových malt bývá často přidáván i zpomalovač tuhnutí, nebo další přísady upravující fyzikální, zejména mechanické a reologické vlastnosti malt. V minulosti se vyráběly sádrové maltoviny de Wyldeho, Keenova, pariánská a další. Dnes je dostupná jen Keenova sádrovina známá také jako Keenův cement.

3.4.3 Vápenné malty

Historické vápenné malty se vyznačovaly vysokým obsahem vápenného hydrátu, což bylo způsobeno poměrně špatnou kvalitou vápna. Množství přidaného vápna závisí na velikosti částic použitého plniva – písku. Vápenné malty vyrobené z odležené vápenné kaše mají vynikající zpracovatelnost, přilnavost k povrchu a poměrně malé smrštění v průběhu tuhnutí a tvrdnutí. Malty zhotovené ze vzdušného vápna tvrdnou pouze na vzduchu, proces tvrdnutí závisí na koncentraci CO_2 ve vzduchu, na relativní vlhkosti okolního prostředí a na teplotě vzduchu. Nízká teplota negativně ovlivňuje průběh karbonatace .

Jiným typem vzdušného vápna je vápno dolomitické, které se vyrábí z dolomitu, nebo dolomitických vápenců. Malty z dolomitického vápna se vyznačují pomalejším tuhnutím, ale vyššími konečnými pevnostmi, a to až několikanásobnými. Ukázka dolomitické malty z hradu lietava je na obr. 16.

Tvrdnutí a nabývání pevností hydraulických malt je zapříčiněno hydratací sloučenin vytvořených z oxidu vápenatého a hydraulických oxidů, (C_2S , C_3A , C_2F a dalších), převážná část hydratačních reakcí proběhne za 28 dní (závisí taky na velikosti částic hydraulického vápna). Současně začíná probíhat proces karbonatace hydroxidu vápenatého. Jelikož jsou v hydraulických maltách přítomny i hydraulické složky, jsou proto odolnější vůči vlhkosti, povětrnostním vlivům a kyselým plynům, než malty ze vzdušného vápna [7].



Obr. 16 Dolomitická malta s příměsí dolomitického kameniva – Hrad Lietava

4. Problematika obnovy zřícenin

Pod pojem “obnova” se v zákonu o státní památkové péči č. 20/1987 Sb. ve znění pozdějších změn, zahrnuje údržba, oprava, rekonstrukce, restaurování nebo jiná úprava kulturní památky nebo jejího prostředí. Podle normy ČSN EN 15 898 Ochrana kulturního dědictví – Základní obecné termíny a definice je pojem “obnova” definován stejně jako pojem “renovace”, a to jako činnost obnovující objekt, která nemusí nutně respektovat jeho původní materiál a památkovou hodnotu.

Podle zákona 20/1987 pod pojem “obnova” spadá i konzervace, která je podle normy definována spolu s pojmen “restaurování” jako opatření a činnosti zaměřené na ochranu a uchování kulturního dědictví, respektující význam, včetně zachování jeho dostupnosti současným a příštím generacím. Termín „konzervace“ zastřešuje termíny „preventivní konzervace“, „sanační konzervace“ a „restaurování“.

Definice uvedených pojmů dle normy:

- preventivní konzervace – nepřímá opatření a činnosti, zaměřené na vyloučení a zmírnění degradace, poškození a ztrát v budoucnu, a tím pádem minimalizující
- následné restaurátorské zásahy, sanační konzervace, kurativní konzervace – činnosti, jejichž cílem je zastavit probíhající degradaci objektu a/nebo omezit jeho poškození,
- restaurování – činnosti aplikované na stabilní nebo stabilizovaný objekt s cílem zvýšit jeho hodnotu, srozumitelnost a/nebo využitelnost, která respektuje význam daného objektu i materiály a technologie, kterými byl zhotoven.

V zásadě je žádoucí a nezbytné při obnově jakékoli kulturní památky respektovat uvedené definice, z nichž se odvíjí přístup k památce a práce na ní [18].

4.1 Konzervační způsoby

Cílem konzervačního zásahu je v podstatě zpomalení přirozeného procesu chátrání zříceniny. Zásah by měl být takový, aby zříceniny záchrannou akcí nezničil, ale zachoval památku budoucím generacím v jejich autentické podobě. Neexistuje žádné

všeobecně platné pravidlo, žádný zásadní princip provádění obnovy. Vyplyvá to z toho, že každá památka je specifická, postavená v jiném období, jinými staviteli, z jiných materiálů.



Obr. 17 Komplexně opravený Oravský hrad (SK)



Obr. 18 Ukázka dostavby místnosti v horní části hradu Uhrovec (SK)

Žádná napodobenina, i kdyby byla velmi zdařilá, se nemůže vyrovnat situaci, do které se stavba dostane samovolným přirozeným rozpadem. Konzervace zachovaného stavu provádíme většinou tehdy, pokud už stavba vešla do povědomí jako zřícenina, obr. 19 až 20.



Obr. 19 a 20 Zřícenina Turnianského hradu

Současný konzervační přístup k obnově zřícenin musí v první řadě respektovat jejich tvar a zasazení do přírodního prostředí, na rozdíl od některých postupů prováděných v minulosti. Z technického hlediska však bývá zapotřebí stabilizovat a dostavět některé stěny nebo zastřešit některé části objektu, což je rozporuplné s předchozím tvrzením. Proto se při konzervacích zřícenin volí individuální přístup. Jakékoliv

dotváření hradních zřícenin je nerozlučně spjato s příliš velkým rizikem znehodnocení a zkreslení originálního fragmentu stavby. Dostavěná rozvalina ztrácí nejen veškerý půvab stárí, ale také vlastní identitu [1, 4].



Obr. 21 Ukázka dokonalé symbiózy přírody a ruiny – Rychlebský hrad

Jakmile se odstraní všechna zeleň a porosty, zřícenina se přemění na hromadu kamenné sutě, která nebude do okolní krajiny nijak zapadat. Na druhou stranu se tím zpomalí proces degradace a zřícenině tím velmi pomůže od narušování zdiva vegetací. Je třeba hledat kompromis, jak zachovat přírodu i historickou památku. Stačí několik roků neodborné práce firem či dobrovolníků a kouzlo zřícenin a hodnota starobylosti může být navždy ztracena [1].



Obr. 22 Fotografie zříceniny hradu Tematín před zahájením obnovy

Stanovení obecného postupu ochrany zřícenin není možné, neboť u každé je postup individuální. Ale pokud se jedná o stavbu zasazenou do krásné, lidmi neposkvřené krajiny, doporučuje se metoda konzervace, která pouze zpomaluje degradaci objektu a materiálů. Celkové rekonstrukce a dostavby lze provádět u staveb, které se

nacházejí ve městech a vesnicích, nebo u staveb, jejichž chátrání probíhá teprve pár let (například z důsledku požáru). Dále může být provedena dostavba některých částí z hlediska bezpečnostního (zábradlí, opěrná stěna, most, apod.), viz obr. 23.



Obr. 23 Dostavěný dřevěný most zříceniny hradu Zubštejn

4.2 Výběr vhodných materiálů

Při výběru materiálů, které se použijí při obnově památky je nutno respektovat zásadu reversibility (tj. použít takový zásah, který může být odstraněn, aniž by přitom došlo k poškození objektu) a kompatibility (tj. slučitelnost materiálů). Autentické materiály se musí v co největší míře zachovat, musí se pokud je to nutné, pouze konzervovat. Při opravách je nutné používat tradiční materiály a měl by být dodržován požadavek, aby nanesený materiál nebyl tvrdší než je chráněný spodní podklad. Novodobé materiály, pokud není možnost použití tradičních materiálů, musí splňovat podmínku kompatibility a reversibility. Dějiny oprav a úprav zřícenin v moderní době jsou vedle ušlechtilých snah doprovázeny i řadou chyb, omylů a ztrát. Špatně zvolený typ záchrany památky může objekt poškodit daleko více, než když se ponechá volnému průběhu chátrání (to se stává pravidlem nebo mottem památkové péče), obr. 24a. Základní zásada památkové péče je: neznehodnocování, nutnost zachování, respektování a další stabilizace objektu [4]. Na některých objektech bylo způsobeno mnoho škod nevhodným použitím materiálu, například použití portlandského cementu, obr. 24 b, který není možné vyměnit, bez výrazného poškození stavby, dále použití železobetonu nebo oceli pro stavbu podpůrných konstrukcí či nevhodná kombinace zdících materiálů. U zřícenin je nutno přihlížet k tomu, aby nebylo zničeno to, v čem spočívá jejich jedinečný půvab.

„Pokud se všichni účastníci obnovy nezabaví přežívajících, hluboce zakořeněných „betonářských“ zlovyků, bude lepší nákladné konzervační akce vůbec nezahajovat. Pro zříceniny bude jistě důstojnějším osudem další částečný samovolný rozpad než jednorázová proměna na falešnou, historicky bezcennou betonovou maketu “ [1] .



Obr.24 a Nevkusně zvolené kombinace materiálů použitých při obnově zdiva

Obr. 24 b Nevhodná malta (cementová) pro spárování kamenného zdiva

5. Druhy degradace, koroze materiálů

Druhy koroze lze rozdělit do tří skupin:

Koroze fyzikální – jsou to děje, při nichž je materiál vytaven vlivům okolních podmínek, které poškozují strukturu materiálu a následně celé konstrukce z něj vybudované. Těmito vlivy jsou změny teploty, vlhkost a kapalná voda, roztoky solí, jejich krystalizace a tvorba ledu.

Koroze chemická – jsou to děje, při nichž reagují látky z okolního prostředí, materiál mění své chemické složení. Výsledkem této koroze je změna barvy, tvaru, objemu a rozpustnost vzniklých složek.

Biologická koroze – jedná se o jevy, které jsou vyvolané působením živých organismů, koroze může být jak fyzikální, tak chemická.

Jednotlivé korozní děje probíhají současně a navzájem se podporují, proto by měla být ochrana proti korozi komplexní [6].

5.1 Vlivy způsobující korozi

5.1.1 Vliv vody

Voda se vyskytuje v pórovitých materiálech ve skupenství kapalném i plynném, a při teplotách pod 0 °C i v pevném skupenství. Kapalná voda se může uvnitř materiálu vyskytovat ve dvou formách. Voda adsorbovaná na stěny pórů van der Waalsovými silami a voda volně se pohybující v pórovém systému materiálu. Srážková voda vyplavuje rozpustné podíly pojiva z malt (CO_2 rozpuštěný ve srážkové vodě, reaguje s CaCO_3 na rozpustnější $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), ty jsou poté snadno vyplavovány ze spár, hromadí se v trhlinách a v prohlubních, kde dochází za vhodných klimatických podmínek zpět k rozkladu na CaCO_3 . Vyplavením malt klesá pevnost zdiva v tahu a ve smyku. Vlivem nižších pevností pak vznikají smykové trhliny. Další degradace zdicích malt vede k následnému vypadávání kamenů, které může vést až k úplné destrukci. Rychlost destrukce závisí na uspořádání, kvalitě, stabilitě a tuhosti objektu [6]. Další voda, se kterou přichází materiál do kontaktu, je voda vztlínající z půdy. To vede k provlhčení zdiva a zhoršování mechanických vlastností zdiva. Reakce vlhkého materiálu s kyselými plyny vede ke vzniku kyselin, které pak snadno poškozují nejen malty, ale i vlastní konstrukční materiál. Nejnebezpečnější účinky vody jsou mrazová poškození, kdy dochází k poškozování pórovitého materiálu vlivem krystalizačních tlaků ledu (až 200 MPa). Voda také může podporovat existenci živých organismů (bakterie, řasy, houby, lišejníky).

5.1.2 Vliv teplotních změn

Při změnách teploty dochází k objemovým změnám stavebního materiálu. Jednotlivé složky zdiva mají určitou tepelnou jímavost, která mj. souvisí s jejich zbarvením (tmavší povrch je schopen pohltit více tepla než světlejší). Objemové změny jsou závislé na koeficientu teplotní roztažnosti jednotlivých materiálů. Zahřívání je nejčastěji způsobeno slunečním zářením nebo požárem. Teplo se v materiálu šíří postupně od povrchu do hmoty a při tom vzniká teplotní gradient. Vlivem objemových změn vznikají v materiálu napětí, která vedou ke zvyšování pórovitosti, což vede ke snižování pevností a někdy až k destrukci materiálu [6].

5.1.3 Vliv ovzduší (povětrnostní vlivy)

Vzduch, kromě základních složek (kyslík, dusík, atd.), obsahuje také kyselé oxidy SO_2 , CO_2 a NO_x , které reakcí s vodou vytvářejí kyseliny schopné reagovat se

složkami malt, ale i se samotným zdicím materiálem. Na korozi materiálů se podílejí také pevné částice ve vzduchu (mohou být anorganické i organické).

Nejvíce náchylné ke korozi kyselinami jsou uhličitany v přírodních vápencích, dolomitech, mramorech, opukách, a v pojivu vápenných a modifikovaných vápenných malt. Působením oxidu uhličitého se uhličitánvápenatý rozpouští podle rovnice: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Vlivem zvýšení teploty dochází k vratné reakci. Reakce uhličitanu s oxidy síry nebo dusíku jsou nevratné, dochází k trvalým změnám vlastností materiálu.

Korozi může způsobovat také vítr, který mete malé částičky prachu a kapky vody proti stavebnímu materiálu a způsobuje tím jejich zvětrávání, zvláště na návětrné straně. K tomu jsou náchylné zejména měkké vápence, opuka a některé druhy pískovců. Samostatně stojící zeď se při vodorovném působení větru ohýbá v celé výšce jako konzola. Napětí, které při tomto působení vzniká je malé, avšak dlouhodobé. Stabilita těchto volně stojících stěn je výrazně snížena [2, 6].

5.1.4 Vliv rozpustných solí

Ve vodě rozpustné soli jsou transportovány různými mechanismy v pórovém systému stavebních materiálů. Jejich původ může být v podzákladí, kdy při absenci horizontální izolace dochází ke kapilárnímu vztlínání roztoků solí, mohou však být součástí stavebního materiálu, např. u cihel (ze suroviny), nebo vznikají reakcí složek zdiva s kyselými plyny z okolí. Nejčastější soli ve stavbách jsou sírany, dusičnany a chloridy. Chování solí v pórech závisí především na množství vody v pórech a na relativní vlhkosti prostředí. Za vhodných vlhkostních a teplotních podmínek mohou vykrystalizovat, některé soli jsou naopak hygroskopické a k jejich krystalizaci běžně nedochází, ale váží na sebe molekuly vody a jsou příčinou trvalé vlhkosti zdiva. Některé soli vyvinou v pórech stavebního materiálu krystalizační tlak vyšší, než je jeho pevnost, a to může vést až k jeho destrukci [2, 6].

5.1.5 Vliv živých organismů

Živé organismy, které jsou schopny přežívat na stavebním materiálu, představují hrozící nebezpečí jeho destrukce. Pro své působení potřebují určité podmínky, jako je vlhkost, teplo, světlo nebo živiny, mnohé jsou schopny přežít i za nepříznivých podmínek [6].

Mezi nejznámější organismy způsobující korozi stavebních materiálů patří:

5.1.5.1 Bakterie

Z chemického hlediska představují pro stavební materiály největší nebezpečí. Pro svůj růst potřebují zdroj živin (uhlík, dusík, minerální prvky) a zdroj energie. Produkty jejich životních pochodů mohou být i silné kyseliny (nitrifikační a sulfurikační bakterie), které poškozují stavební materiál.

5.1.5.2 Houby

Houby potřebují pro svou existenci organické látky, které vytvářejí vhodné prostředí bohaté na uhlík, vhodnou teplotu prostředí a vyšší obsah vlhkosti. Hyfy hub mohou prorůstat dřevem, ale i zděnou konstrukcí. Houby produkují slabé organické kyseliny (šťavelová, vinná, octová, atd.), které narušují svými reakcemi stavební materiál.

5.1.5.3 Řasy

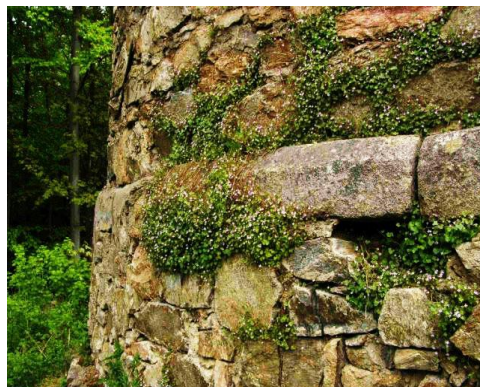
Pro svůj růst potřebují především světlo, minerální látky a vzdušnou vlhkost. Vytvářejí souvislé barevné povlaky (zelené, hnědé až černé) o různých tloušťkách. Řasy produkují rovněž slabé organické kyseliny, které reagují s uhličitany. Mohou svými kořeny prorůstat do materiálu, kde se množí a zvětšují svůj objem, tím vznikají tlaky, které působí negativně a narušují materiál. Nejnápadnější jsou estetické škody, protože na sebe zachytávají prach a vytváří tak špinavé mokvající skvrny.

5.1.5.4 Plísně

Pro svou existenci potřebují vysoký obsah vlhkosti, optimálně nad 90% a organický uhlík z odumřelých buněk, řas a bakterií. Jejich působením dochází ke zvětvávání kamene.

5.1.5.5 Lišejníky

Lišejníky podobně jako řasy produkují organické kyseliny, které jsou schopny přeměnit řadu minerálů do vodou rozpustných komplexů. Při střídání vlhkostí se suchem, dochází k odlupování lišejníku i s kusem stavebního materiálu, ke kterému je pevně přichycen.



Obr. 25 Porost na Rychlebském hradě

5.1.5.6 Mechy

Často je nalézáme ve stinném prostředí. Pro jejich růst jsou velmi příznivé vápenné malty a omítky, jsou dobře propustné pro vlhkost a soli, které maltu obohacují o živiny.

5.1.5.7 Vyšší rostliny

Náletové byliny a dřeviny, obr. 26, 27, působí na stavbu především tlaky kořenového systému, který může dosahovat až 2,5 MPa. Většinou pronikají do zdiva spárami a trhlinami. Se zvětšujícím se průměrem kořenů se zvětšuje také průměr spáry, což může vést k destrukcím. Svými kořeny zvyšují vlhkost ve zdivu a urychlují tak jeho chátrání [6].



Obr. 26 a 27 Působení rostlin na zdivo zříceniny hradu Templštýn

5.1.5.8 Živočichové

Mezi nejvíce nebezpečné živočichy kromě člověka patří ptáci. Ptactvo způsobuje mechanické poškození stavebních materiálů, hlavně vybíráním křemenných zrn a látek obsahujících vápník. Ptačí trus obsahuje amoniakální látky, které nitrifikační bakterie přeměňují na dusičnany, resp. kyselinu dusičnou, která je agresivní k vápenné maltě, ale i k některým druhům stavebního kamene. Vzniklé rozpustné dusičnany jsou z malty a kamene vyplavovány, dochází k ochuzení malty o pojivo, následné snižování pojivých vlastností, a to může vést až k její destrukci [6].

6. Obnova zřícenin hradů

Problematika obnovy zřícenin spočívá především v zabezpečení stability konstrukce a zvýšení odolnosti stavebního materiálu před korozí, to je však neustálý, nikdy nekončící proces. K postupným krokům prvotní „záchrany“ zřícenin patří :

- 1) odstranění náletové zeleně a regulace dalšího růstu vegetace,
- 2) odsun sutiny z vypadnutých částí stavebních konstrukcí od vnitřních pat stěn, což vede ke snížení vlhkosti a tlaku násypu na zdi,
- 3) přebrání a uskladnění použitelného stavebního materiálu,
- 4) zajištění stability, zpevnění narušeného a nejvíce namáhaného zdiva,
- 5) ochrana koruny zdiva při zachování podoby zříceniny,
- 6) hloubkové spárování oslabených částí,
- 7) ochrana povrchů zdiva, omítek, architektonických detailů, dřeva, atd.,
- 8) odvodnění objektu i všech jeho částí,
- 9) v odůvodněných, statikem vytipovaných a metodicky schválených případech (existence podzemních částí původních stěn) – dozdní příčných stěn k osamělým „pahýlům“ pro zvýšení jejich prostorové tuhosti [4].

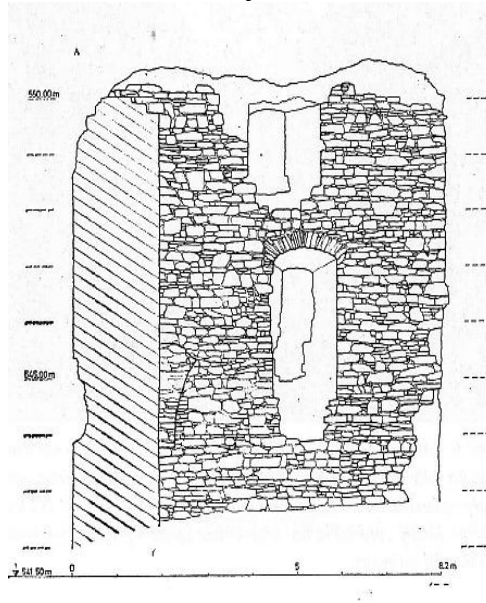


Obr. 28 Zřícenina bez provedení prvotních kroků záchrany

6.1 Zahájení obnovy

Postup projektové přípravy a samotné realizace musí být v souladu se zákonem č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších změn. Musí být proveden tak, aby nedošlo k ohrožení nebo dokonce k poškození samotného objektu. Je nutné provádět dokumentaci o stavu památek před zahájením jejich

oprav, protože později tato dokumentace může posloužit jako historický pramen a zjednodušit tak další postupy rekonstrukcí v budoucnosti. Ve většině případů je tato dokumentace nedostatečná, jelikož je tvořena pouze slovním popisem památky. V dnešní době se začíná hojně využívat fotogrammetrie, která zachycuje nejen vzhled, tvar, ale také velikosti otvorů nebo jednotlivé stavební kameny stavby.



Obr. 29 Fotogrammetrie [1]

Před zahájením rekonstrukcí nebo konzervací je nutné vypracovat základní záměr a celkový orientační návrh na obnovu historické památky. Nutno vycházet z památkových hodnot stavby, stavebně - technického stavu a z požadavků vlastníka objektu. Při památkové obnově je třeba se seznámit s historickou, ale také se současnou dokumentací [1, 4].

Prvním krokem je vždy zaměřování stavby, které se skládá z obhlídky stavby, zhotovení náčrtů a vlastního měření. Dále se provádí jednotlivé výzkumy:

- Památkový výzkum zahrnuje výzkum architektonicko-historický, který zahrnuje materiálovou skladbu zříceniny, technologie výstavby, architektonické detaily a konstrukční řešení stavby.
- Archeologický výzkum vyhledává, identifikuje, dokumentuje, evnt. zachraňuje archeologické nálezy. Tento výzkum musí předcházet jakékoliv stavební činnosti, která má být provedena při obnově.

- Stavebně technický průzkum analyzuje současný stav objektu a možnosti řešení poruch.
- Inženýrsko-geologický průzkum se zaměřuje na identifikaci podloží, které může být příčinou porušení stavby a na diagnózu příčin všech poruch stavby.
- Specializované průzkumy (průzkum omítek a malt, průzkum vlhnutí stavby, průzkum větrné eroze, průzkum organických škůdců). Průzkumy omítek a spárovacích malt přinášejí užitečné informace o dějinách zříceniny, ale v první řadě jsou potřebné pro návrh složení maltové či omítkové směsi na obnovu stavby. Rozborem historických malt nebo omítek lze zjistit jejich chemické a mineralogické složení, obsah organických látek, granulometrii kameniva, zasolení, vlhkost a porozitu [4].



Obr. 30 Archeologický průzkum – Cimburk Obr. 31 Archeologický průzkum - Lietava

6.2 Jednotlivé postupy při zahájení obnovy

Zpevňování lícového zdiva

Jedním z prvních kroků obnovy bývá zpevňování lícového zdiva, tím lze dosáhnout prodloužení životnosti původní konstrukce památky. Působením povětrnostních vlivů jsou nejčastěji poškozeny malty spojující kamenivo, ale také samotný povrch kamenů. Při obnově se musí dbát na to, aby byly ponechány všechny původní otvory po oknech, dveřích, ochozech, nebo dochované zbytky dřevních nosných trámů. V líci zdiva se vytvářejí hluboké a otevřené spáry, které je potřeba vyplnit novou maltou. U větších spár je vhodné používat i malé úlomky kamene, aby se malta

nenanášela v tlustých vrstvách. Při obnovách závažnějších poruch je někdy nezbytné vyplnit trhliny ve zdivu injektáží, ale nezbytnou součástí tohoto postupu je kontrola těsnosti zdiva, aby nedocházelo k potřísnění nebo vytečení malty na okolní zdivo. Největší pozornost by měla být věnována maltám, jejich složení by se mělo co nejvíce podobat složení původních malt. Mnozí odborníci doporučují malty zhotovovat z uleželého vápna páleného tradičním způsobem, případně z vápenného hydrátu, dále z říčního písku pro dosažení požadované barvy. Zásadně by se pro obnovu historických staveb neměl používat cement. Malty zhotovené z cementu mají velkou tvrdost a neprodyšnost. Po čase tato malta odpadne i s povrchovou vrstvou kamene, a to zdivo poškodí ještě více, než kdyby cementová malta použita nebyla vůbec, viz obr. 24 b. Použité malty pro obnovu zdiva musí mít shodný odstín s maltou původní, a velmi podobnou zrnitost. Pokud se nepodaří napodobit barvou pouze výběrem písku a pojiva, malta se opatrně přibarvuje stálým pigmentem, aby nepůsobila rušivým dojmem [1].

Přezdívání a dozdivání

Pokud není možné pouze vyplnit trhliny a otevřené spáry maltou, je třeba nesoudržné části zdiva přezdíť. Poškozená část se šetrně rozebere po jednotlivých kamenech a okolní zdivo se předem zpevní výše uvedeným způsobem. Před rozebráním zdiva je nutné pořídit dokumentaci původního zdiva, a až poté se může zahájit přezdívání. Aby výsledná práce nepůsobila rušivým dojmem, je třeba zachovat autentický tvar původního rozebraného zdiva, se všemi nerovnostmi a nepravidelnostmi. Pokud nejsou kameny z rozebraného zdiva příliš zvětralé, je nutné je opět použít pro obnovu. Dozdívání zdiva by mělo být prováděno jen v nutných případech, například dozdění prohlubní ve zdivu, aby zde nedocházelo k hromadění vody, nebo doplnění kamene pro zlepšení stability zdiva. Pro takové doplňování je nejvhodnější použít kámen z již dříve sesunutého zdiva přímo na místě, pokud to nelze udělat, nutno volit stejný druh kamene podobné barvy [4].

Povrchová úprava zdiva

Nejčastěji využívaným a méně pracným způsobem povrchové úpravy zdiva je rozetření malty do úrovně líce větších kamenů. Širší spáry, vyplněné úlomky kameniva, jsou zcela zatřené maltou a zůstávají vidět pouze čela větších kamenů. Povrch zdiva je lépe chráněn před povětrnostními vlivy a zvyšuje se životnost zdiva.

Zajištění stability

Zajištění stability představuje jeden z největších problémů obnovy, neboť se musí dbát na zachování autenticity stavby. U převislých konstrukcí nebo u zdí oslabených v patě je postačující pouze dozdění vypadlého zdiva, je však důležité zachovat původní tvar zdiva. Budování opěrných pilířů nebo vzpěr pro zajištění stability například vykloněné zdi, je velkým zásahem do vzhledu památky, proto se tento krok dělá jen v nevyhnutelném případě. Většina hradů byla vybudována na šikmém povrchu skály, a proto se řeší zajištění stability základů vysekáním vodorovného lůžka do skály, nebo je možné nahrazení porušené skály zdivem (případně betonem). A následně je nutné vybudovat odvodnění základové spáry drenážními trubkami, aby nedocházelo k dalšímu navlhnutí zdiva. Při zajištění stability klenby se postupuje individuálně. Pokud z klenby zůstaly pouze patky, následuje jejich odvodnění a zakonzervování (ochrana proti povětrnostním vlivům). U klenby, která je pouze částečně propadlá, je ze statického hlediska nejlepší klenbu opět dozdit a důkladně vyspárovat, obr. 32 a 33 [1, 4].



Obr. 32 a 33 Ukázka dozděných kleneb zříceniny hradu Zubštejn

Ochrana před účinky dešťové vody

Jedním z nejefektivnějších způsobů by bylo zříceninu zastřešit, ale tato úprava by výrazně ovlivnila vzhled a podobu zříceniny. Jedná se však o nejšetrnější metodu ke zdivu i ke všem detailům stavby. Dobrá ochrana nezastřešeného zdiva může být

vysoká drnová koruna, s porostem suchomilných rostlin. Drnová koruna zachycuje poměrně velké množství vody, která by jinak stékala po zdivu a vymílala tak maltu ze spár a prohlubovala by již vzniklé trhliny. Drnovou korunu je potřeba udržovat a občas odstranit náletové dřeviny, aby nedocházelo k poškozování zdiva jejich kořeny. Umělé vytvoření drnového porostu patří k nejšetrnějším metodám [1].



Obr. 34 Drnový porost na Pustém hradě



Obr. 35 Drnová koruna hradu Zubštejn

7. Vybrané příklady stavu zřícenin

7.1 Zřícenina hradu Lietava

Lietavský hrad se nachází na Slovensku, nedaleko města Žilina. Je umístěn na konci vápencového hřebene v nadmořské výšce 635 m.n.m, na rozloze 1,5 hektaru. Zřícenina patří mezi jeden z největších hradů na Slovensku.



Obr. 36 Pohled na zříceninu hradu Lietava [15]

Historie hradu

Podle dochovaných zdrojů je známo, že byl hrad vystavěn v průběhu druhé poloviny 13. století a patřil mezi soustavu Považských hradů, které sloužily pro obranu severní části království. V začátku stavebního období byla Lietava pouze malým, málo

významným hrádkem. Prvotní výstavbou je kamenná obytná věž hranolovitého tvaru, obr. 37, stojící na nejvyšším výběžku hradního areálu. Věž byla vystavena hlavně z obranných účelů, měla chránit hrad z jihu, ze strany možného útoku. Věž stála na skalním pilíři a tyčila se vysoko nad zbytek hradu. Podle dochovaných zdrojů měla tři poschodí a nahoře ještě terasu s cimbuřím. Za věží se rozprostíralo nepravidelné nádvoří a původní palác. Do hradu se přijíždělo z jižní strany po zvedacím dřevěném mostu, který vedl přes hradní příkop až do hradní brány [20].

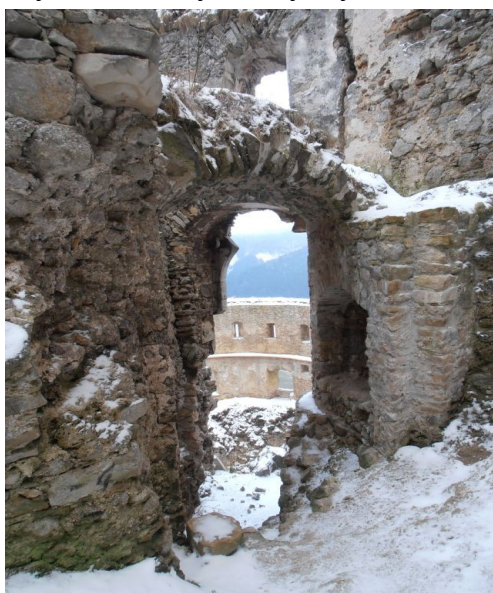


Obr. 37 Pohled na obytnou věž



Obr. 38 Pohled z vnitřního nádvoří

V letech 1360 se stal hrad majetkem Štefana Bebeka a jeho syna. Důsledkem jejich stavebních aktivit vznikla obytná stavba na východním výběžku propojená s původním hradem. Dále za jejich vlastnictví vznikl třípodlažní palác, obr. 40 s novou vstupní bránou, obr. 42, do horního hradu s průjezdem na nádvoří a kaplička s úzkými střílnovými okýnky, obr. 39.



Obr. 39 Pohled z okýnka kapličky na nádvoří



Obr. 40 Třípodlažní palác

Lietava byla postavená mimo hlavní cesty, kterými se ubírala husitská vojska na Slovensko, proto nebyl důvod, aby byl hrad dále opevňován. Hrad se proto stal podřadnějším, neuplatňoval se ani politicky ani vojensky.

Dalším významným majitelem ze stavebního hlediska byl od roku 1474 Pavel Kiniži. Jeho výstavba byla vrcholem středověkého vývoje hradu. V tomto období bylo vystavěno nové vnější opevnění, nový hradní palác na jižní straně, velká podkovovitá věž, obr. 44, kterou se nový hradební okruh připojil k severní části starého hradu. Velká podkovovitá věž je jednou z nejzajímavějších částí hradu, protože je poměrně hodně zachovalá. Vedle věže byla vystavěná nárožní bašta, která byla vybavena klíčovými střílnami, obr. 41. Dále byla vystavěna hranolovitá věž se samostatným přistavěným schodištěm a arkýřem, obr. 43. Byl vybudován opět nový vstup do hradu, a to přes věžovou bránu. Mezi nové vymoženosti hradu patřila hluboká cisterna, vykopaná ve skalnatém podloží nádvoří. Dnes jsou vidět pouze dvě sedimentační nádrže, do kterých stékala už čistá voda [17].



Obr. 41 Zachovalá klíčová střelna



Obr. 42 Nová vstupní brána

Dějiny hradu v průběhu první poloviny 16. století nelze jednoznačně určit, neboť dochované prameny, z kterých by to bylo možno určit, jsou velmi nepřesné a navzájem se vylučují.



Obr.43 Dodnes dochované arkýře



Obr. 44 Podkovovitá věž

Od druhé poloviny 16. století do 17. století vládli na Lietavě Thurzovci, kteří pozvali italské mistry, aby provedli přestavbu hradu na výstavný palác v renesančním slohu. Palác byl pod střechou ukončen atikou s obloukovou římsou. Za vlády Thurzovců bylo vybudováno také nové a silnější vnější opevnění, obr. 46, a nová vstupní brána do hradu ze západní strany, obr. 45. Vývoj hradu je ukončen výstavbou masivního polygonálního bastionu.



Obr. 45 Nová vstupní brána do hradu



Obr. 46 Rozšíření vnějšího opevnění

Po tomto období hrad již žádné stavební úpravy neměl, jelikož se celé panství rozdělilo na čtyři části mezi pozůstalé. Dalšími dědictvími se jednotlivé podíly rozpadávaly, hrad mezitím chátral a pustl. Na sklonku 17. století sloužil už jen jako sklad obilí. Na začátku 18. století už byl hrad opuštěný a stával se zříceninou. Hrad koupila Akciová společnost pro zužitkování dřeva v Čadci. Od té doby nebyl nijak konzervovaný ani opravovaný [5, 17].

Konzervační práce probíhající na zřícenině v současnosti

Od roku 2003 byly zahájeny práce na obnově zříceniny, které trvají dodnes. Prvním krokem konzervačního procesu bylo odstranění náletové vegetace. Poté následovala stabilizace a zajištění stability velké klenby páté brány. Dalším rozsáhlým krokem bylo dozdivání kavern a menších ohrožených kleneb. Tímto krokem bylo zabráněno možnému zborcení. V roce 2005 bylo vybudováno nadstřešení nad prvním podlažím věže staré brány. Nyní probíhají konzervační práce na celém objektu. Cílem těchto prací je zachovat Lietavský hrad v dnešní podobě, aby bylo možné a bezpečné jej využívat jako turistickou atrakci.

7.2 Zřícenina hradu Cimburk u Koryčan

Zřícenina Cimburk se nachází na jižní Moravě několik kilometrů od Koryčan, obr. 47. Původně gotický hrad s výraznými francouzskými prvky se tyčí nad Koryčanskou vodní nádrží. Nyní je hrad podrobován obnově.



Obr.47 Pohled na zříceninu od příjezdové cesty na hrad

Historie hradu

Hrad se skládal z lichoběžníkového jádra a z předhradí. V obvodové hradbě byla okrouhlá samostatně stojící věž, která sloužila hlavně pro obranné účely. V zadní části lichoběžníkového jádra stál hradní palác ve tvaru zalomeného písmene L. Předhradí bylo na západní straně uzavřeno druhou okrouhlou věží, ta střežila původní první hradní bránu.

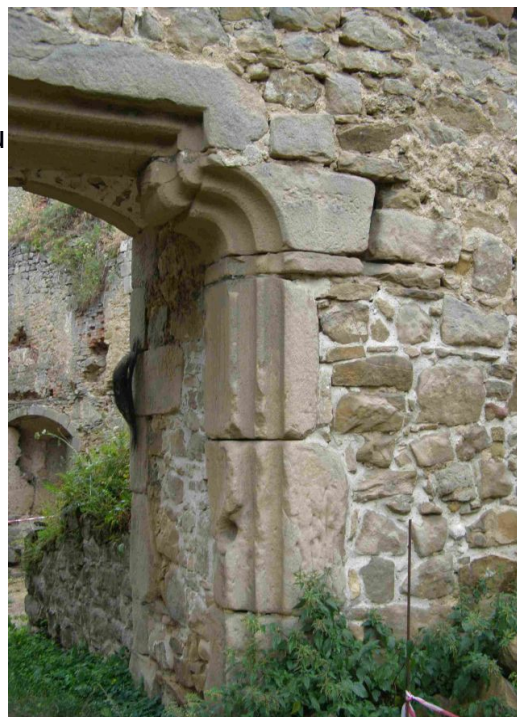
Okolo roku 1330 hrad získal do svého vlastnictví Bernart z Cimburka, a ten na tom samém místě vybudoval nový hrad zvaný „Nový Cimburk“. První písemná zmínka o hradu je z roku 1358, kdy byl hrad prodán Bernartovým vnukem Ctiradem markraběti Janu Jindřichovi. Markrabě začlenil hrad mezi významnější hrady na Moravě. Po jeho smrti se na hradě vystřídali ještě další 3 panovníci, mezi které patřil například Zikmund z Letovic. V roce 1406 byl hrad přepaden a hrubou silou se ho zmocnil Vok z Holštejna. Vok byl odpůrce církve a jejího majetku, a proto se přidal k husitům, tudíž hrad byl jedním z husitských sídel. Po smrti Václava IV se přiklonil na stranu Zikmunda a padl v bitvě u Vyšehradu v roce 1420. Poté hrad zdědil jeho syn Vok V, který jej později přenechal vzdálenému příbuznému Štěpánu z Vartnova. Štěpán byl ale bohužel na katolické straně, a proto se stal hrad cílem husitských útoků. Podle zástavního práva byl hrad okolo roku 1460 z důvodů velkých dluhů obsazen královskými vojsky. Byl proto opět vystaven útokům, tentokrát však od Uherských vojsk, která ho roku 1468 dobyla. Po této porážce byly na hradě provedeny stavební úpravy, došlo k obnovení a vybudování nové hradby, která vedla okolo celého hradu, pokračovala až na konec výběžku, kde byla ukončena polookrouhlou baštou. Obranu dále posílila nová vstupní brána, posílená další polookrouhlou baštou a polygonální baštou, obr.48. Na pahorku před hradem přibýlo také nové předsunuté opevnění.



Obr. 48 Fotografie polookrouhlé polygonální bašty

V letech 1476 – 1523 se na hradě vystřídalo mnoho majitelů, probíhala složitá jednání mezi zástavními držiteli a dědici hradu. Po složitých zvratech hrad v roce 1523 získal definitivně Vilém z Víckova. Ten se pustil do rozsáhlé přestavby a zušlechťování hradu. Skupoval přilehlé obce, a tím zvětšoval celé panství, věnoval se také hospodářskému podnikání.

Během 16. století se několik dalších vlastníků o panství příliš nestaralo, a žádné stavební úpravy se nekonaly. Samotné panství se pak dostalo do rukou Rakousko uherských obchodníků, kteří vnímali hrad spíše jako dobrou investici. Jelikož se tento rod brzy zadlužil, panství a samotný hrad pomalu chátral a v průběhu 18. století už byl vnímán spíše jako zřícenina. Od 20. století se hrad pouze zmenšoval rozpadem zdí, a chátral každým rokem víc a víc. Záchranou pro něj byla skupina příznivců hradu, občanského sdružení Polypeje. Po roce 1994 byla zahájena rozsáhlá obnova hradu, ale pro některé části je již pozdě a budou ponechány svému osudu [19].



Obr. 49 Dochovaná část dveřního orámování

Z níže uvedených fotografií lze vidět, že zde probíhá rozsáhlá obnova, obr. 50 a 51. Hlavním cílem konzervace je zajištění stability hradních zdí, a jejich zpevňování. Dalším závažným problémem byl velký výskyt trhlin a prasklin ve zdivu. Z bezpečnostního hlediska bylo na zřícenině vybudováno zábradlí, které můžeme vidět například na obrázku polookrouhlé polygonální bašty, obr. 48. Dalším významným krokem bylo dostavění a nadstřešení malé části hradu, která nyní slouží pro provozní účely, jako je prodej vstupenek nebo občerstvení.



Obr. 50 a obr. 51 Fotografie z rekonstrukce hradu

8. Experimentální část

Důležitou součástí průzkumu historických objektů je analýza historických malt, tyto informace mohou dále posloužit jako podklad pro zpracování projektu konzervace zříceniny. Malta, která má být použita pro obnovu se musí co nejvíce přiblížit maltě historické, a to pojivem, vzhledem, barevností, granulometrií a poměrem mísení.

Na zřícenině hradu Lietava byly v prosinci 2013 odebrány vzorky historických malt, celkem jich bylo 15. Malty byly odebrány z různých částí hradu, které byly postaveny v různých časových obdobích. Na místě byla provedena fotodokumentace míst odběru vzorků.

Na zřícenině hradu Cimburk byly vzhledem k jeho velikosti odebrány pouze 2 vzorky historických malt. Odběr byl proveden v červenci 2013. Odebrané vzorky byly vloženy do uzavíratelného PE sáčku a dopraveny do laboratoře.

Cílem chemické analýzy je popsat současný stav malty, stanovit její složení a granulometrii kameniva. Lze však stanovit i další vlastnosti, jako je vlhkost, pórovitost nebo pevnost. Ze zjištěného složení historické malty, lze následně navrhnout složení nové malty vhodné pro obnovu objektu. Chemickou analýzu je vhodné kombinovat s mikroskopickým pozorováním nábrusů, ze kterých se dá určit přibližné zastoupení minerálů kameniva a druh pojiva. Termická analýza ukazuje svým tepelným rozkladem na druh pojiva v maltě.

8.1 Odběr vzorků

Při odběru vzorků je nutné dodržovat určitá pravidla. Vzorek musí být odebrán citelně z vhodného místa. Odběr je vhodné provádět na více místech, zejména pokud byl objekt stavěn v několika fázích. Před provedením odběru je nutné připravit si půdorys objektu, do něhož se značí počet odebraných vzorků a místa odkud byl odběr proveden. Nástroje používané při odběru vzorků jsou většinou kladívko a dlátko. Dále je nutné každý odebraný vzorek zvlášť uložit do nepropustného obalu, což může být dobře těsnící skleněná či plastová nádoba, nebo v případě, že nechceme stanovit vlhkost vzorku, je možno použít uzavíratelný PE-sáček (tato varianta byla zvolena i pro odběr vzorků z hradů Lietava a Cimburk). Množství odebraného vzorku se určí podle druhu a počtu prováděných analýz. Odběr vzorků musí probíhat tak, aby nedošlo k poškození objektu a k ovlivnění vlastností posuzovaného vzorku.

8.2 Analýzy vzorků

Odebrané vzorky je nutné před prováděním chemické analýzy vysušit v sušárně na teplotu 80 °C do konstantní hmotnosti.

8.2.1 Stanovení granulometrie kameniva

Stanovení granulometrie slouží ke zjištění zastoupení jednotlivých velikostí zrn kameniva. Navážka 80 g malty se umístí do kádinky a přelije se 100 ml roztoku HCl zředěné 1+4. Po úplném rozkladu pojiva se nerozpuštěný podíl odfiltruje a řádně promyje destilovanou vodou až do vymizení reakce na chloridy (odebere se kapka filtrátu a přidá se roztok AgNO₃, v přítomnosti chloridových iontů vznikne bílý zákal). Po vysušení kameniva se provede analýza na soustavě sít s oky od 0,045 až 4,0 mm.

8.2.2 Chemická analýza

Pro chemickou analýzu vzorků malt se používá klasická silikátová analýza. Nejprve se stanoví nerozpustný podíl v kyselině chlorovodíkové. Ve filtrátu se stanoví obsah SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ a SO₃. Obsah CO₂ se stanovuje plynoměrou metodou ze samostatné navážky.

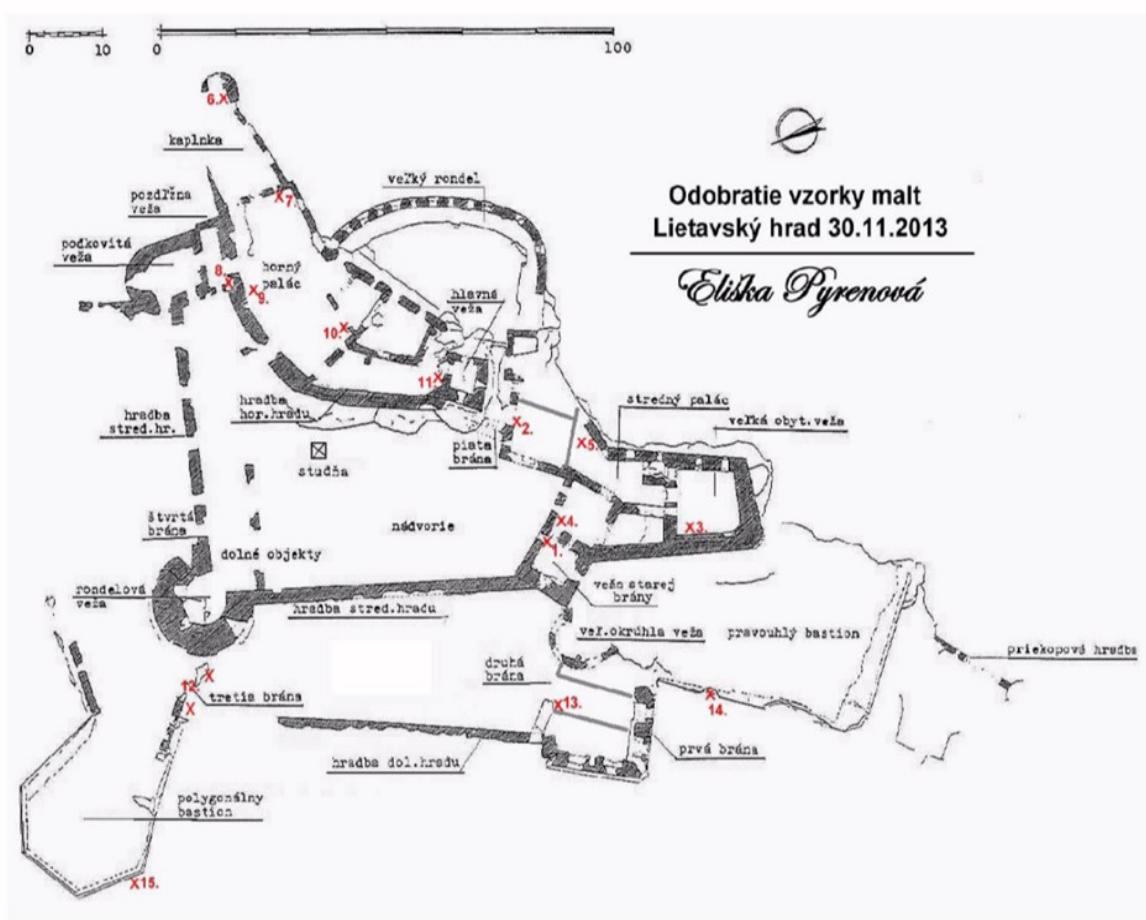
Pro účely této práce byla provedena analýza vzorků z hradu Cimburk v akreditované laboratoři LabTech v Brně. Vzorky z hradu Lietava byly analyzovány v laboratořích Ústavu chemie FAST VUT v Brně.

8.2.5 Diferenční termická analýza

Tato analýza spočívá v měření rozdílu teplot mezi měřeným a referenčním vzorkem v závislosti na teplotě. Pro analýzu je nutno vzorek velmi jemně rozemlít, aby byla zaručena homogenita měřeného množství. Výsledkem analýzy jsou TG a DTA křivky, které informují o složení malt.

8.3 Analýza vzorků odebraných ze zříceniny Lietava

Na zřícenině hradu Lietava byl proveden, vzhledem k jeho velikosti, odběr 15 vzorků historických malt. Tyto vzorky se liší svým stářím, dle doby výstavby jednotlivých částí hradu. Stáří malt se pohybuje od 14. do 17. století, odebrány byly i novodobé malty, použité při současné obnově hradu. Místa odběru vzorků jsou zaznamenána na půdorysu hradu, obr. 52, popis je uveden v Tab. 1.

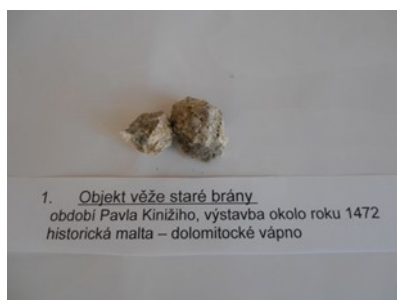


Obr. 52 Půdorys zříceniny hradu Lietava s vyznačenými místy odběru vzorků malt

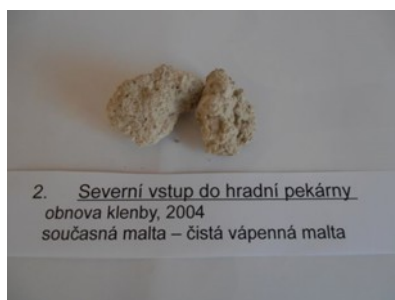
Tab. 1 Popis odebraných vzorků na hradě Lietava

Číslo vzorku	Místo odběru	Historické období	Výstavba okolo roku
1	Objekt staré brány	Období Pavla Kinižiho	1472
2	Severní vstup do hradní pekárny	-	2004 obnova klenby
3	Velká obytná věž	Období Pavla Kinižiho	1472
4	Kostkova přístavba	Období Mikuláše Kostky	1512
5	Jižní vstup do hradní pekárny	Období Pavla Kinižiho	1472
6	Kaplička	Období Zápořanských	1500
7	Starý palác	Období Zápořanských	1500
8	Vstup do hradu – část klenby		14. století
9	Horní palác – SZ stěna	-	VMK - 2013
10	Interiérová příčka horního paláce	Období Turzovců	1472 - 1560
11	Hlavní věž	Nejstarší objekt hradu	1318
12	Třetí brána dolního hradu	-	1560
13	Pravoúhlý bastion	-	VMK postřik - 2013
14	Pravoúhlý bastion	-	VMK postřik - 2013
15	Polygonální bastion – JV stěna	-	Začátek 17. století

O odebraných vzorcích byla pořízena fotodokumentace, která je prezentována na obr. 53 až 67, v tabulce 2 je uveden popis vzhledu odebraných vzorků.



Obr. 53



Obr. 54



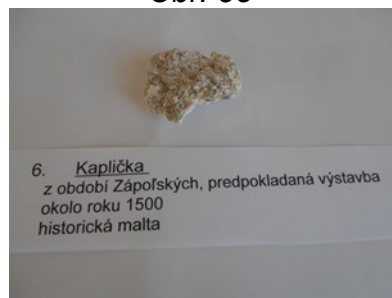
Obr. 55



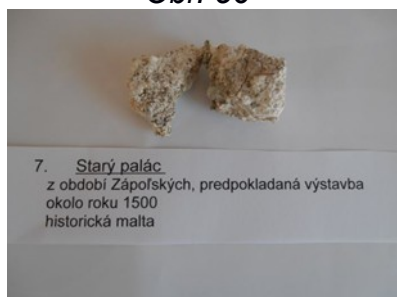
Obr. 56



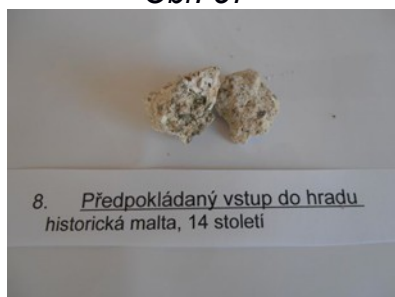
Obr. 57



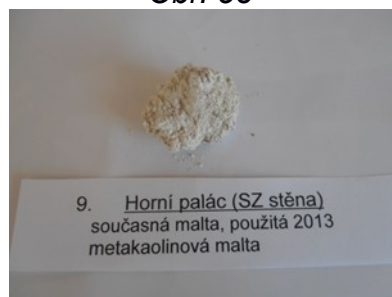
Obr. 58



Obr. 59



Obr. 60



Obr. 61



Obr. 62



Obr. 63



Obr. 64



Obr. 65



Obr. 66



Obr. 67

Obr. 53 – 67 Fotografie odebraných vzorků s popisky míst odběrů

Tab. 2 Popis vzhledu vzorků

Číslo vzorku	Popis vzhledu vzorku
1	Malta světle béžové barvy, na povrchu tmavě šedá od depozitu nečistot, kamenivo do velikosti 8 mm, soudržná, pevná
2	Malta světle béžové barvy, málo pevná, lze rozdrtit v ruce, kamenivo do velikosti 4 mm
3	Malta béžová, s vysokým podílem kameniva, převážně do velikosti 2 mm, asi 10 % kameniva tvoří zrna velikosti 10 mm
4	Malta světle okrové barvy, velmi dobře soudržná, nelze ji rozdrtit rukou, velikost zrn kameniva do 6 mm, kamenivo různého zbarvení, v maltě se vyskytují i pecky nerozmíchaného vápna
5	Malta světle okrové barvy, velmi dobře soudržná, nelze ji rozdrtit rukou, velikost zrn kameniva do 6 mm, kamenivo různého zbarvení, v maltě se vyskytují i pecky nerozmíchaného vápna
6	Malta bílá, soudržná, málo pevná, lze rozdrtit v ruce, velikost kameniva do 6 mm
7	Malta bílá, soudržná, pevnější, lze rozdrtit v ruce s větší námahou, velikost kameniva do 8 mm
8	Malta světle béžové barvy, pevná, rukou nelze rozdrtit, kamenivo do 4 mm
9	Malta bílá, pevná, nelze rozdrtit rukou, velikost kameniva do 4 mm
10	Malta béžové barvy, velmi pevná, velikost kameniva do 4 mm
11	Malta tmavě béžové barvy, velmi pevná, velikost kameniva do 4 mm
12	Malta světle béžové barvy, velmi pevná, kamenivo do 10 mm
13	Malta béžové barvy, málo pevná, snadno se rozdrtil v ruce, kamenivo do 4 mm
14	Malta bílé barvy, lze drtit v ruce, velikost kameniva do 2 mm
15	Malta tmavě béžové barvy, nízká pevnost, lze rozdrtit v ruce, kamenivo do 6 mm

8.3.1 Granulometrická analýza

Ke stanovení granulometrické křivky bylo naváženo 50 g vzorku malty. Vzorek byl lehkým poklepem rozdrčen na menší kousky a v kádince přelit zředěnou kyselinou chlorovodíkovou.

U všech vzorků malt došlo k téměř úplnému rozpuštění vzorku, na filtru zbylo minimální množství nerozpustného podílu. To svědčí o tom, že kamenivo je uhličitanové, tedy vápencové nebo dolomitické. Z podrobnějšího průzkumu geologických map vyplývá, že zřícenina hradu se nachází na dolomitickém podloží.

Je předpoklad, že tyto malty obsahují dolomitické kamenivo, které je rozpustné v kyselině chlorovodíkové. Proto u těchto vzorků není možné stanovit granulometrii na sadě sít, a vypočítat pak procentuální zastoupení velikosti zrn. Nepatrný nerozpustný zbytek po rozpuštění vzorku v HCl představoval velmi jemné částičky, pravděpodobně křemene. Ukázka nerozpuštěných zbytků je na obr. 68.



Obr. 68 Zbytek nerozpustný v kyselině chlorovodíkové

8.3.2 Chemická analýza

Po zjištění skutečnosti, že kamenivo v omítkách je rozpustné v kyselině chlorovodíkové, bylo upuštěno od provedení kvantitativní analýzy, protože by se stanovil celkový obsah CaO a MgO jako suma, obsažená v pojivu i kamenivu. Proto byl pouze proveden důkaz přítomnosti hořčíku, a to vybarvením hydroxidu hořečnatého titanovou žlutí. Důkazem hořčíku je červené zbarvení sraženiny, obr. 69. Ve vzorku byl dále dokázán vápník reakcí se šťavelanem amonným, nebyla dokázána přítomnost síranů.



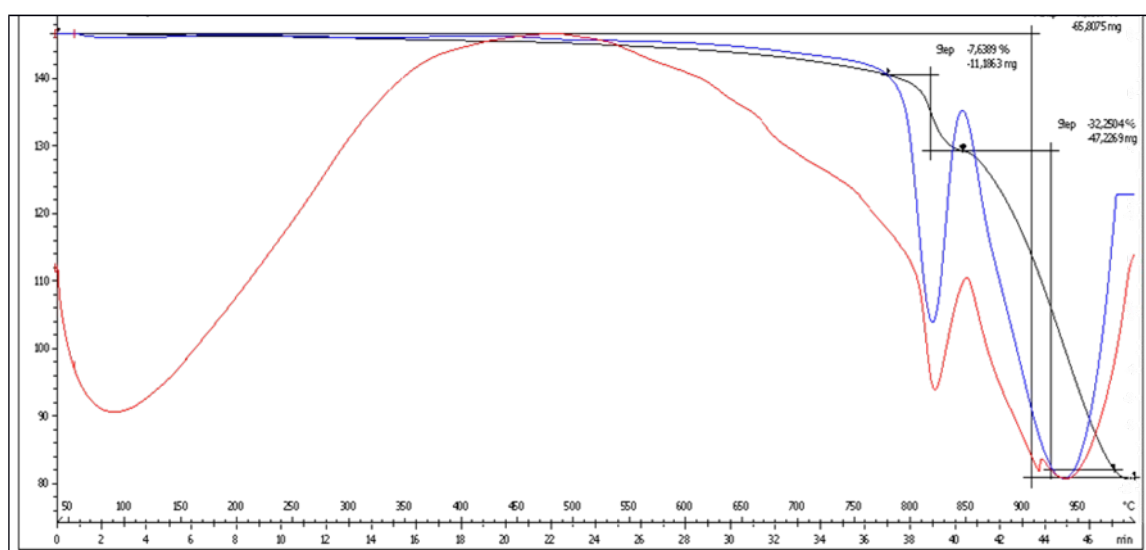
Obr. 69 Červeně zabarvený roztok po přidání titanové žlutí

8.3.3 Termická analýza

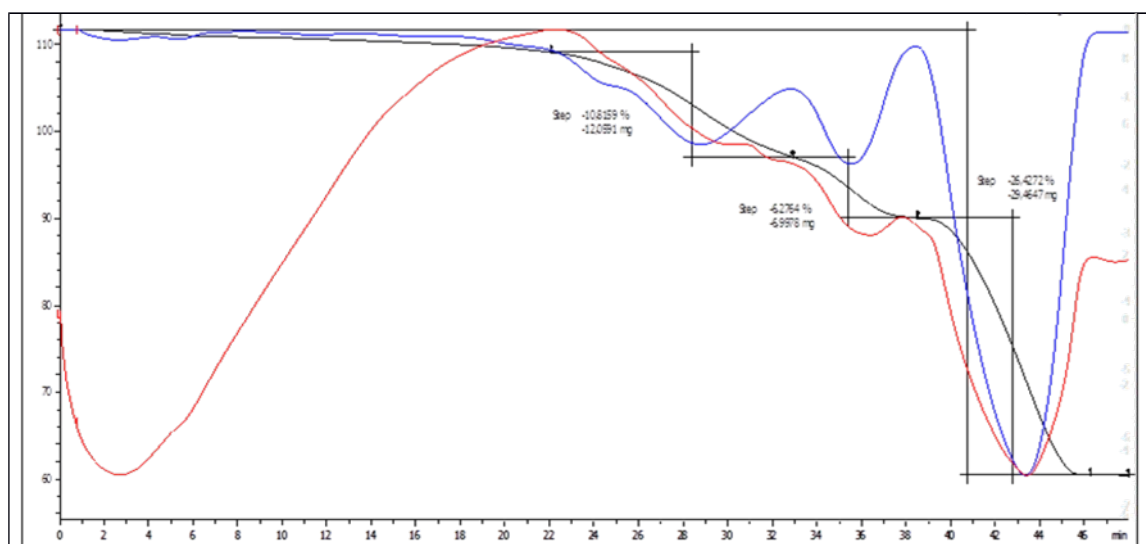
Termická analýza byla provedena u 4 vybraných vzorků malt, a to na vzorcích 3, 7, 11 a 12. Záznamy termické analýzy jsou uvedeny na obr. 70 až 73, vyhodnocení je uvedeno v tab. 3.

Tab. 3 Vyhodnocení termické analýzy [%]

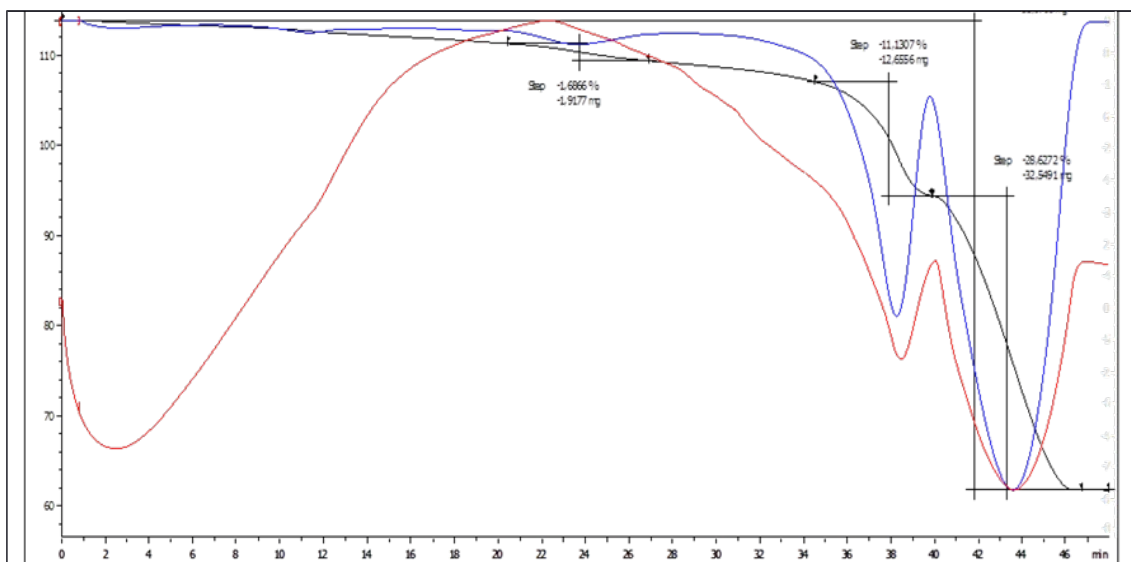
Vzorek č.	Ztr. ž.	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	MgCO_3	CaCO_3
3	44,94	-	14,64	73,29
7	45,88	27,70	12,03	60,07
11	45,71	-	21,33	65,07
12	43,44	-	23,17	55,80



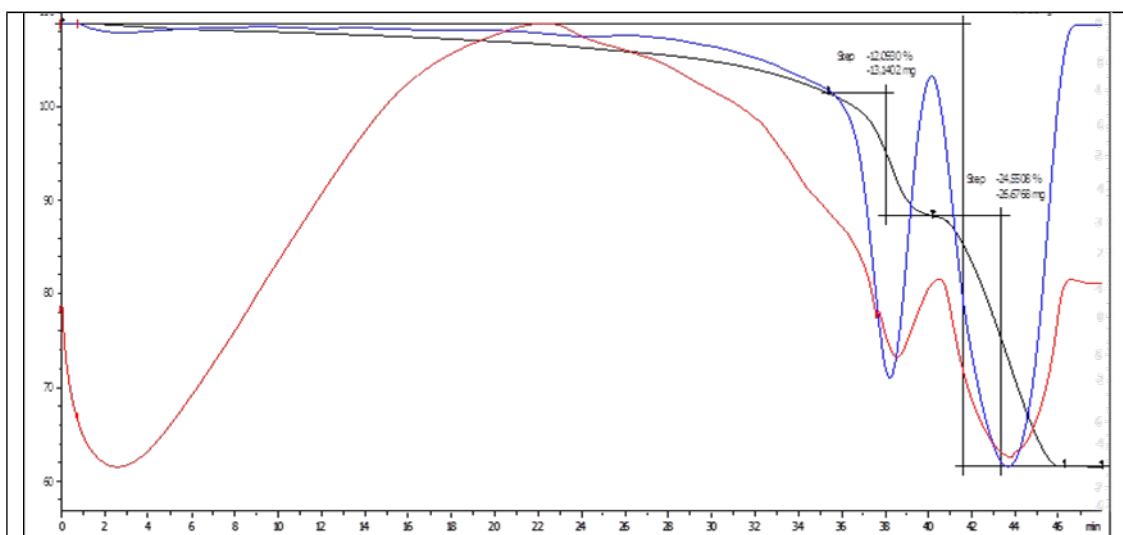
Obr. 70 Záznam termické analýzy vzorku č. 3



Obr. 71 Záznam termické analýzy vzorku č. 7



Obr. 72 Záznam termické analýzy vzorku č. 11



Obr. 73 Záznam termické analýzy vzorku č. 12

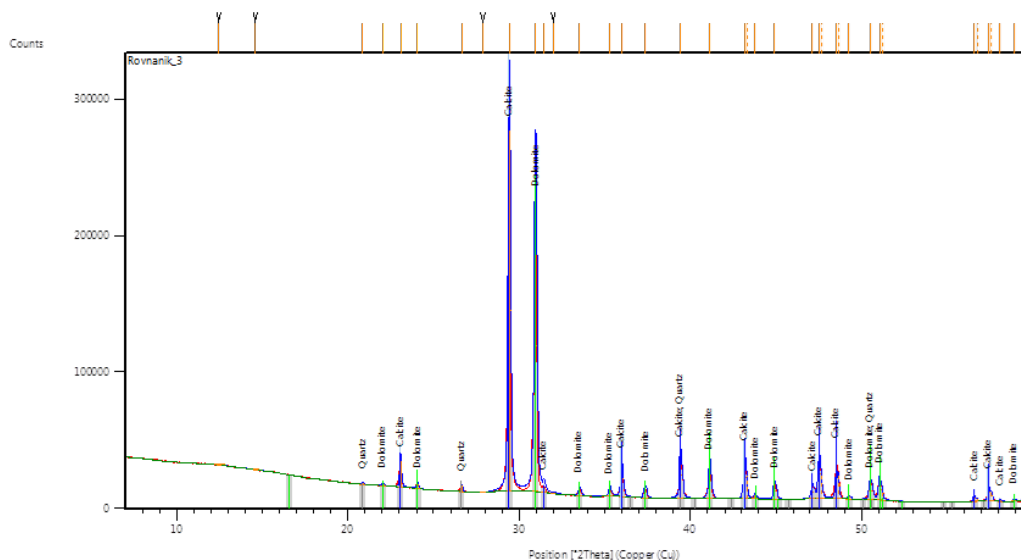
Ve všech vzorcích úbytky hmotnosti na TG křivkách odpovídají rozkladu MgCO_3 a CaCO_3 . Vzorky 3, 11 a 12 měly velmi podobný tvar TG křivky. Vzorek č. 3 obsahoval méně MgCO_3 a více CaCO_3 , než bylo nalezeno u vzorků 11 a 12. Průběh tepelného rozkladu vzorku 7 byl odlišný, při 600 °C je další úbytek hmotnosti, který odpovídá rozkladu hydromagnezitu ($\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Hydromagnezit je jeden z produktů tvrdnutí dolomitického vápna. Vzorky 3 a 7 měly srovnatelný úbytek hmotnosti, odpovídající rozkladu MgCO_3 , jiný srovnatelný úbytek hmotnosti měly vzorky 11 a 12.

8.3.4 Rentgenová difrakční analýza

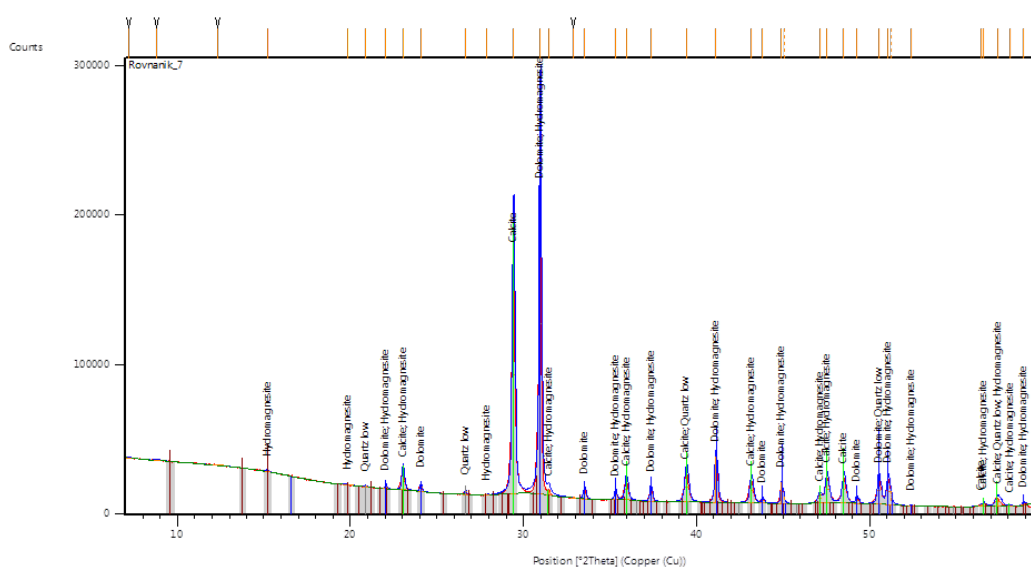
Vzorky č. 3, 7, 11 a 12 byly podrobeny rentgenové difrakční analýze. Záznamy jsou uvedeny na obr. 74 až 77. Výsledky stanovení mineralogického složení jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab.4 Mineralogické složení

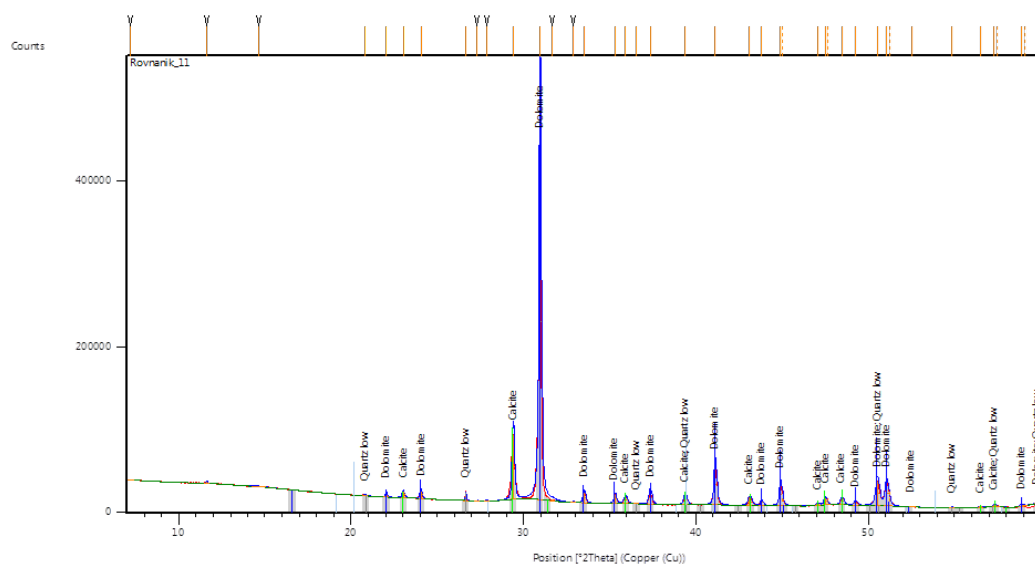
Vzorek č.	
3	Křemen, dolomit, kalcit
7	Křemen, hydromagnezit, dolomit, kalcit
11	Křemen, dolomit, kalcit
12	Křemen, dolomit, kalcit



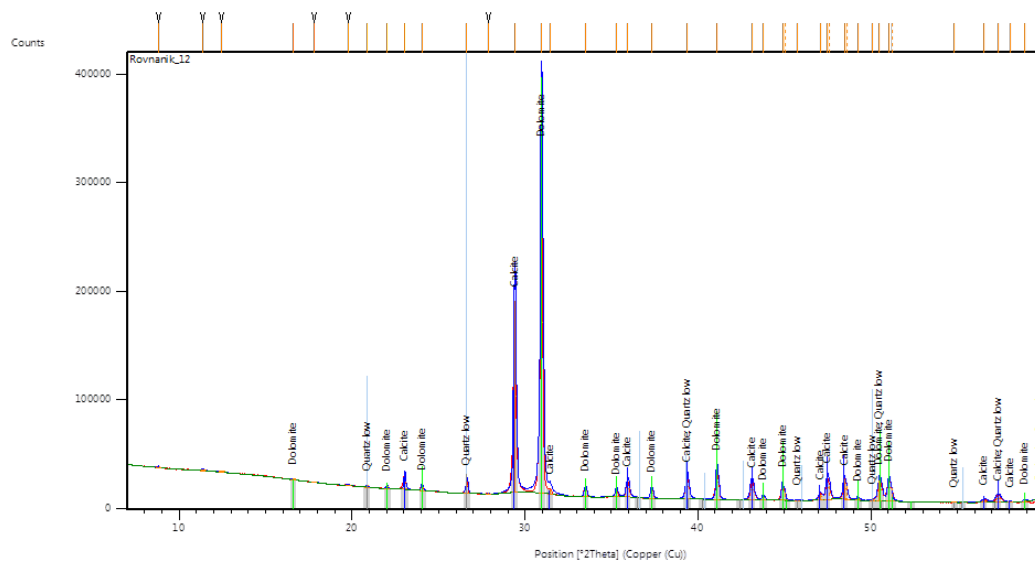
Obr. 74 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 3



Obr. 75 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 7



Obr. 76 Rentgenová difrakční analýza vzorku č.11



Obr. 77 Rentgenová difrakční analýza vzorku č.12

Ve všech zkoumaných vzorcích byla zjištěna přítomnost křemene, dolomitu a kalcitu. U vzorku 7 byl navíc identifikován hydromagnezit, který byl potvrzen také tepelným rozkladem vzorku při teplotě 600 °C.

8.3.5 Závěry k rozboru malt z hradu Lietava

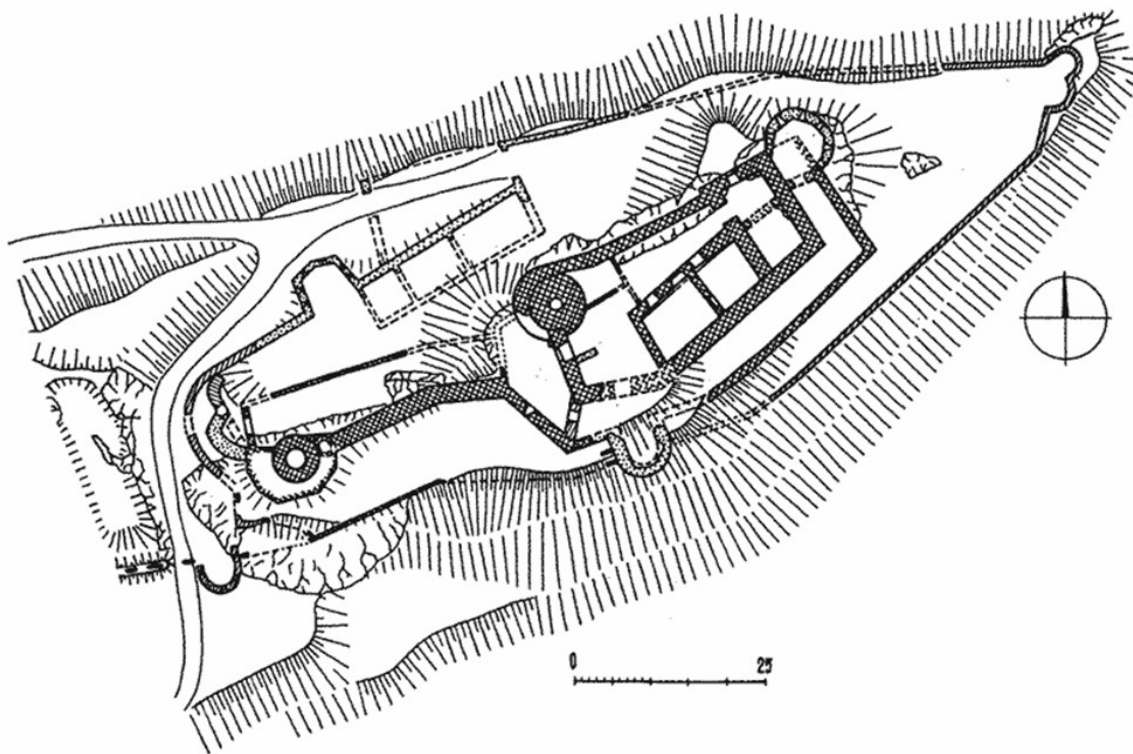
Na hradě Lietava bylo odebráno celkem 15 vzorků. Bylo plánováno, že bude provedeno stanovení rozpustného a nerozpustného podílu v kyselině chlorovodíkové a bude stanovena granulometrie použitého kameniva. Dále, ze vzorků budou vybrány 4, které budou podrobeny chemické, termické rentgenové difrakční analýze. Při rozpouštění vzorků v kyselině chlorovodíkové bylo zjištěno, že se rozpouští celý vzorek, tzn., že malty jsou tvořeny rozpustným kamenivem na uhličitanové bázi. Nebylo tedy možné stanovit granulometrii kameniva tvořícího malty, ani poměr rozpustného a nerozpustného podílu, ze kterého by se dal přibližně stanovit poměr pojiva a kameniva v maltě.

Termická analýza u 4 vybraných vzorků ukázala, že bylo použito dolomitické kamenivo nebo spíše kamenivo z dolomitických vápenců, které se nacházejí v okolí hradu. U vzorku 7 bylo zjištěno pojivo na bázi dolomitického vápna. Dolomitické vápno při karbonataci vytváří hydromagnezit $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, který je hlavní složkou ztvrdlého pojiva. Při tepelném rozkladu se projevuje ztrátou hmotnosti, odpovídající uvolnění vázané vody při teplotě cca 600 °C, další rozklad pak probíhá jako u MgCO_3 .

Přítomnost hydromagnezitu u vzorku 7 byla potvrzena rentgenovou difrakční analýzou. Ostatní zjištěné minerály, tj. křemen, dolomit a kalcit byly nalezeny u všech zkoumaných vzorků historických malt.

8.4 Analýza vzorků odebraných ze zříceniny hradu Cymburk

Na zřícenině hradu Cymburk u Koryčan byl proveden odběr vzorků malt v létě, v roce 2013. Byly odebrány dva vzorky, které byly podrobeny granulometrické, chemické a termické analýze. Místo odběru vzorků je zaznamenáno na půdorysu hradu, obr. 61, popis je uveden v tabulce 5.



Obr. 78 Půdorys hradu Cymburk – místo odběru vzorků [22]

Tab. 5 Místa odběru vzorků

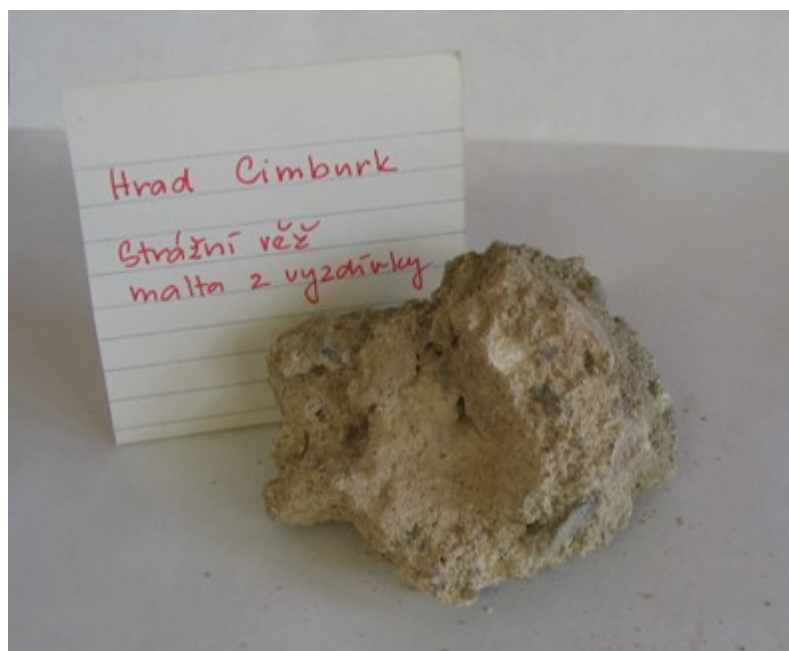
Číslo vzorku	Popis místa odběru
1	Strážní věž – malta z vyzdívky
2	Strážní věž – omítka – vnější plášť v polovině věže - JZ

Na vzorcích byla po rozkladu kyselinou chlorovodíkovou stanovena granulometrie kameniva, dále byl proveden chemický rozbor malty a termická analýza.

8.4.1 Vzorek 1 – malta z vyzdívky

Vzorek malty má okrovou barvu, je soudržný, lze jej rozdrtit rukou s větší námahou. Obsahuje kamenivo do 10 mm. Vzhled je dokumentován na obr. 79.

Vzorek byl vysušen do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Pro stanovení granulometrie kameniva byla navážka vzorku rozpuštěna ve zředěné HCl (1+1), nerozpuštěný podíl byl odfiltrován a promyt vodou do vymizení chloridových iontů. To bylo kontrolováno reakcí s roztokem AgNO₃, který dává s chloridovými ionty bílou sraženinu. Kamenivo bylo vysušeno a zváženo a z výsledků byl vypočítán poměr rozpustného a nerozpustného podílu v kyselině chlorovodíkové. Po vysušení bylo kamenivo rozsítováno sadou sít a stanoveno zastoupení jednotlivých velikostí částic. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6 a v grafu na obr. 80.

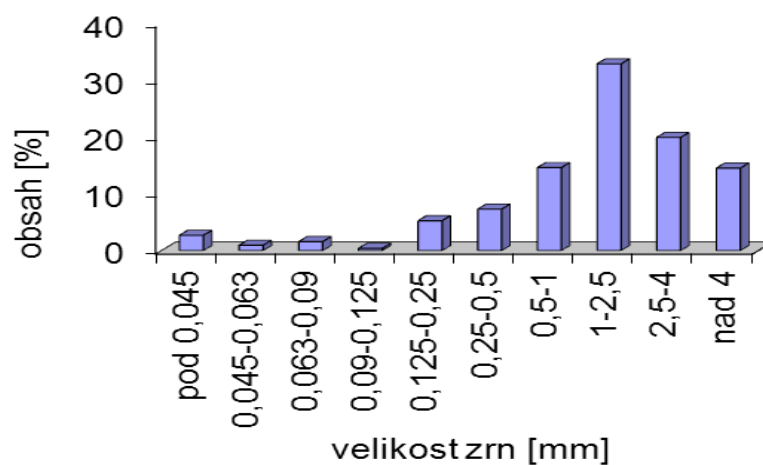


Obr. 79 Vzhled vzorku 1

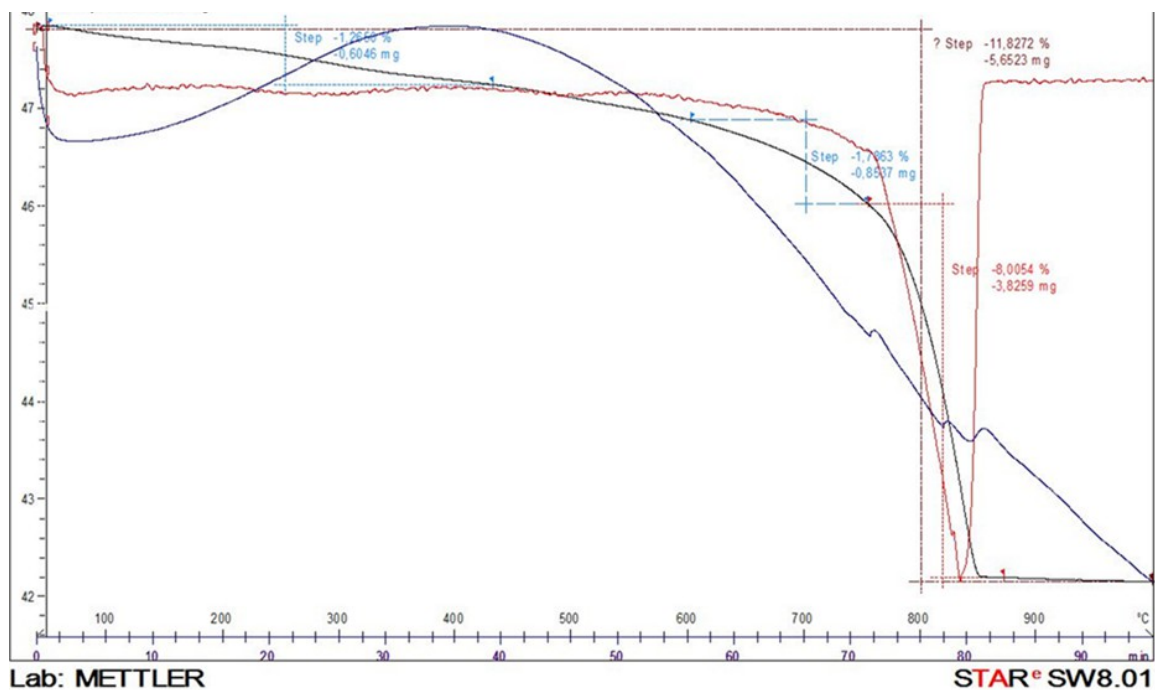
Vzorek byl podroben chemické analýze v akreditované laboratoři LabTech, v Brně. Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 7. Analýza byla provedena po rozkladu v kyselině chlorovodíkové, byl stanoven nerozpustný podíl a v rozpustném podílu byly stanoveny základní složky – CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃. Obsah CO₂ se stanovuje ze samostatné navážky plynoměrnou metodou. Dále byla provedena termická analýza, záznam je uveden na obr. 81, vyhodnocení je v tabulce 8.

Tab. 6 Granulometrie kameniva

Velikost zrn [mm]	Obsah [%]
pod 0,045	2,69
0,045-0,063	0,94
0,063-0,090	1,59
0,090-0,125	0,39
0,125-0,250	5,26
0,250-0,500	7,29
0,500-1,000	14,60
1,000-2,500	32,83
2,500-4,000	19,90
nad 4,000	14,51



Obr. 80 Zastoupení velikosti zrn kameniva



Obr.81 Záznam termické analýzy

Tab. 7 Chemické složení malty

	Ztr.ž.	n. p.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CO ₂
Analýza vzorku	10,88	74,44	0,23	0,71	0,88	12,42	0,19	0,02	9,29
Přepočet na pojivo	-	-	1,59	4,91	6,09	85,95	1,31	0,14	-

Tab. 8 Vyhodnocení termické analýzy

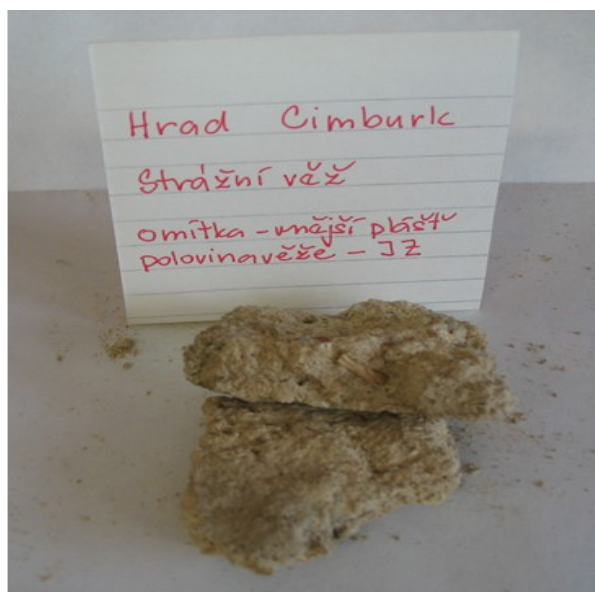
Ztr. ž. [%]	CaCO ₃ [%]	Organika [%]	Hydratované křemičitany vápenaté [%]
11,83	18,2	0	1,26

Vyhodnocení složení malty

Z granulometrického rozboru vyplývá, že převážná část zrn je v rozmezí 0,5 až 4 mm, malta obsahuje také významný podíl zrn nad 4 mm. Z chemického rozboru a termické analýzy vyplývá, že malta je tvořena vápenným pojivem s nízkým obsahem hydraulických složek, které pocházejí z nečistot v surovině, resp. z popela. Malta neobsahuje žádné organické spalitelné přísady.

8.4.2 Vzorek 2 - omítka – vnější plášť v polovině věže – JZ

Vzorek 2 je okrové barvy, malta je soudržná podobně jako vzorek 1. Vzhled je na obr. 82.

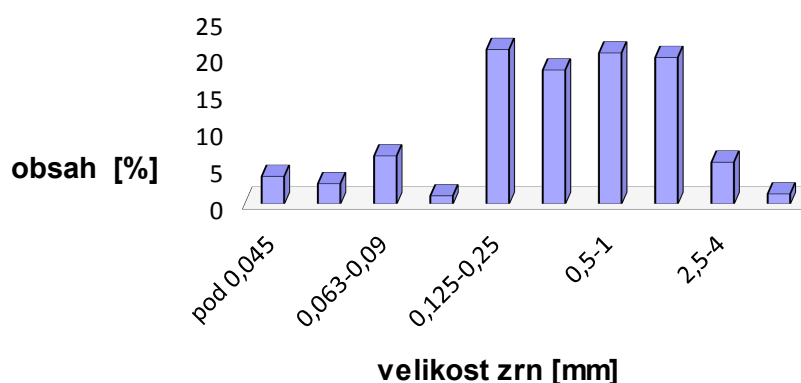


Obr.82 Vzhled vzorku 2

U vzorku byla provedena granulometrická analýza, jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulce 9 a na obr. 83, dále chemická analýza, výsledky jsou v tabulce 10. A termická analýza, jejíž záznam je uveden na obr. 84 a výsledky v tabulce 11.

Tab. 9 Granulometrie kameniva

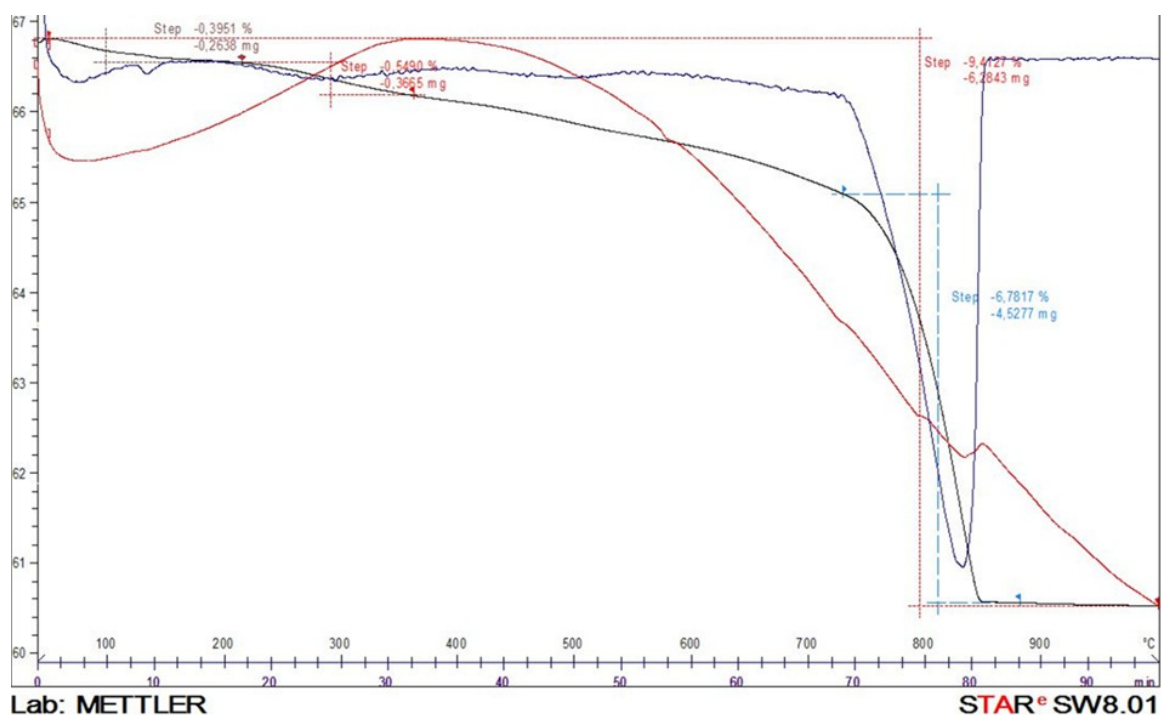
Velikost zrn [mm]	Obsah [%]
pod 0,045	3,69
0,045-0,063	2,70
0,063-0,090	6,46
0,090-0,125	1,05
0,125-0,250	20,88
0,250-0,500	18,10
0,500-1,000	20,41
1,000-2,500	19,79
2,500-4,000	5,61
nad 4,000	1,31



Obr. 83 Zastoupení velikosti zrn kameniva

Tab. 10 Chemické složení malty

	Ztr.ž.	n. p.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CO ₂
Analýza vzorku	9,39	77,67	0,19	0,57	0,99	10,43	0,18	0,05	6,74
Přepočet na pojivo	-	-	1,53	4,59	7,98	84,04	1,45	1,53	-



Obr.84 Záznam termické analýzy

Tab. 11 Vyhodnocení termické analýzy

Ztr. ž. [%]	CaCO ₃ [%]	Organika [%]	Hydratované křemičitany vápenaté [%]
9,41	15,42	0	2,63

Vyhodnocení složení malty

Z granulometrického rozboru vyplývá, že malta je jemnozrná, největší podíl zrn má velikost 0,125 až 2,5 mm. Pojivem malty je vzdušné vápno s malým podílem hydraulických složek, které pocházely z nečistot v surovině, resp. z popela. Malta neobsahuje žádné organické spalitelné přísady.

8. Diskuze

V České a Slovenské republice se v hojné míře nacházejí hradní zříceniny, avšak v různém technickém stavu. Péče o ně je proto individuální. Názory na obnovu torzální architektury jsou různé, ale převažuje názor, že by měla být torzální architektura konzervována a zabezpečena tak, aby nedocházelo k ohrožení návštěvníků. Rozhodně se nedoporučuje jejich dostavba či celková rekonstrukce.

Zříceniny hradů jsou jak v soukromém vlastnictví, tak ve vlastnictví státu nebo obcí. O mnohé hrady se dnes starají také občanská sdružení, která byla založená za účelem jejich zachování a konzervace. Příkladem takových zřícenin jsou právě hrady Cimburk u Koryčan a Lietava na Slovensku. Obě tyto zříceniny hradů mají poměrně zachovalé stěny, ašak v některých případech je nutné zpevnit jejich narušené části, aby nedošlo ke zborcení. Z toho důvodu je nutno provést analýzy historických malt, aby bylo možno koncipovat složení malt pro jejich obnovu.

Lietavský hrad, pochází ze 13. století, jedná se o velmi rozsáhlý soubor torzálních stavebních objektů. Práce na jeho záchranu probíhají již několik let, je snaha především o konzervaci objektu. O obnovu hradu se stará Sdružení na záchranu Lietavského hradu. Hrad byl stavěn, přestavován, rozšiřován a opravován v průběhu 500 let, použité malty mají odlišné složení, podle období, kdy byly vyrobeny. Na hradě byly nalezeny malty, které měly velmi vysoké pevnosti, což se projevilo nesnadností odběru vzorků.

Malty z hradu Lietava obsahují v kyselině rozpustné dolomitické kamenivo, z tohoto důvodu lze vyhodnotit jejich složení pouze kvalitativně. Termická analýza ukázala na přítomnost dolomitu a kalcitu, v jednom vzorku byl nalezen hydromagnezit. Ten je základní složkou produktů karbonatace hořečnaté složky dolomitu. Rentgenovou difrakční analýzou byly zjištěny stejné minerály (dolomit, kalcit), ve vzorku 7 byla zjištěna přítomnost hydromagnezitu. Vápencová část dolomitických vápenců a produkt karbonatace vápna, které vznikne při výpalu dolomitických vápenců, tvoří kalcit, který je identifikován stejně, bez ohledu na původ.

Jedna z možností, kterou by bylo možno použít k získání bližších informací o složení malt je petrografický rozbor, provedený z nábrusu, nebo z výbrusu. Následnou analýzou obrazu by bylo možno přibližně určit poměr pojiva a kameniva, odhadnout rozsah velikosti částic kameniva, event. jeho distribuci.

Z historických pramenů je známo, že na hrad byli v minulosti pozváni italští mistři, aby pomohli s jeho stavbou. Je pravděpodobné, že právě oni prosadili použití dolomitického vápna, neboť v Itálii měli s tímto pojivem již v minulosti bohaté zkušenosti, protože v Itálii je častější výskyt dolomitů. Hrad Lietava stojí na podloží, které je tvořeno vápenci, ale také dolomitem, proto mohlo být použito dolomitické kamenivo bez zbytečných nákladů za dovoz, a moho být také z místních zdrojů vyrobeno dolomitické vápno.

Hrad Cimburk byl vybudován v 1. polovině 14. století, svým rozsahem je daleko menší než hrad Lietava. Obnova zříceniny probíhá pod dozorem občanského sdružení Polypeje, které vzniklo před 20 lety právě z důvodu záchrany a statického zajištění hradu Cimburku. Hrad byl stavěn, přestavován a opravován v průběhu 400 let, proti i zde jsou malty různého složení, podle toho, ve kterém období byly vyrobeny. Odběr malt z hradu Cimburk byl snažší, protože historické malty mají nižší pevnosti než malty z hradu Lietava. Analýzou bylo zjištěno, že malty jsou tvořeny vápenným pojivem s nízkým podílem hydraulických oxidů, kamenivo je nerozpustné, převážně křemenné.

9. Závěr

Existence zřícenin klade otázky, jak k nim přistupovat, do jaké míry provádět obnovu, konzervaci, či rekonstrukci. Zříceniny jsou jedny z mála míst, které na nás dýchají svým historickým původem, a nekladou nám žádné překážky v představivosti o jejich vzniku, tvaru a funkci.

Pro obnovu zřícenin je velmi důležitý individuální přístup, nikoli postup dle učebnicových metod. Nejdůležitějším krokem je vhodný výběr stavebních materiálů. Volba materiálů pro přípravu malty je úzce spjata s podrobným průzkumem stavby, zahrnujícím stavebně historický, technologický i archeologický průzkum. Dále je důležité provést rozbor historických malt, případně omítek, aby nedošlo k nevhodně zvoleným typům pojiv či plniv, což by mohlo mít za následek poškození objektu. Malta, která má doplnit či nahradit chybějící části poškozené a odpadnuté malty nebo omítky, by se měla svým složením co nejvíce přiblížit maltě historické. Z pojiv je nejvhodnější vzdušné mokřým způsobem hašené odležené vápno, ve spojení s pucolánovými příměsmi (např. typu trasu) nebo s příměsí pálených jíílů (keramický střep). Příprava malty má probíhat tradičním způsobem, tj. s minimálním množstvím záměsové vody. Je důležité, aby se používaly tradiční materiály. Z tohoto důvodu nelze používat novodobé druhy pojiv, jako je cement. Vlastnosti cementu se od historických pojiv velmi liší, hlavně z hlediska pevnosti, což by mohlo vést k pozdějším destrukcím okolních materiálů. Důležitá je také porozita malty, u cementových malt se vytvářejí póry o menším průměru, než u malt vápenných, které mají nižší difúzní odpor. Novodobé vápno se liší teplotou výpalu, chemickým složením a jeho čistotou. Historická vápna totiž obsahovala často nedopal, hydraulické příměsi a různé nečistoty, které se podílely na zvýšení pevností ztvrdlých malt. Do napodobenin historických malt mohou být přidávány přírodní organické látky, které ovlivňují především technologické vlastnosti malt. Historické malty na bázi vápna mají dlouhou trvanlivost. Důkazem toho jsou například historické malty z hradní zříceniny Lietava, které jsou od roku 1500 do dnešního dne velmi pevné.

10. Seznamy

10.1 Použitá literatura

- [1] *Zříceniny historických staveb a jejich památková ochrana*, Příloha časopisu Zprávy památkové péče, Praha: Státní ústav památkové péče, roč. 58, 1998, 104 stran, ISSN 1210-5538, ISBN 80-86234-02-9.
- [2] MAXOVÁ, I., PACÁKOVÁ, M. *Péče o architektonické dědictví*. Vybrané kapitoly k tématu péče o stavební památky a umělecké památky. Praha: Idea servis konsorcium, 2008, 179 stran. ISBN 978-85970-62-3.
- [3] *Oprava historických kamenných konstrukcí*. Sborník semináře Společnosti pro technologie ochrany památek, Praha: STOP, 2008, 81 stran
- [4] BÓNA, M., FABIAN, P., HOFEREK, A., HRČKA, M., KOHÚT, V., MAKÝŠ, O., ŠIMKOVIČ, M., VLČKO, J., ZÁVACKÝ, J. *Ochrana zrúcanín v kultúrnej krajine*, Lietava: Združenie na záchranu Lietavského hradu, 2006, 146 stran, ISBN 80-969477-0-2.
- [5] ŠIMKOVIČ, M., HOFEREK, A., MATEJKA, M., HRČKA, M., CHOBOT, L. *Spoznajme problémy zrúcanín 2008*, Lietava: Združenie na záchranu Lietavského hradu, 2009, 169 stran. ISBN 978-80-970125-9-5.
- [6] *Stavební materiály historických objektů* [online]. [cit. 1. 5. 2014]. Dostupný z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-347-9/pages-img/obsah.html
- [7] BLÁHA, J., DOUBRAVOVÁ, K., HEIDINGSFELD, V., ROVNANÍKOVÁ, P., VANĚČEK, I., KOTLÍK, P. *Vápn*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2001, 76 stran. ISBN 80-902668-8-6.
- [8] MICHOLINOVÁ, D. *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*. 1. vyd. Praha: Informační centrum České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, 2006, 76 s. ISBN 80-867-6981-X.
- [9] *Lomový kámen – výpenec* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://www.aaapoptavka.cz/dodavatele/10-prumysl-hutnictvi-a-tezba/508-tezba-suroviny-lomy/233030-anna-trebulakova/2344-lomovy-kamen-bily-krystalicky-vapenec.html>
- [10] *Pískovec* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://chciferdu.webnode.cz/products/piskovec-fr-mix-netrideny-1340-660/>

- [11] *Opuka* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://zahrada.hyperinzerce.cz/ornice-hlina-zemina/inzerat/8315319-opuka-nabidka-rakovnik/#.UyWJsah5PiQ>
- [12] *Dolomit* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://www.marbleport.com/dogal-kaynaklar/39/dolomit>
- [13] *Soklový kámen – žula* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://stavba.hyperinzerce.cz/kamenne-zdivo/inzerat/333267-soklovy-kamen-zula-nabidka-ustecky-kraj/#.UyWclKh5PiQ>
- [14] *Přehled minerálů a hornin* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: http://is.muni.cz/elportal/estud/pedf/js07/mineraly/materialy/mineraly/nitraty_dolomit.html
- [15] *Hrad Lietava* [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupný z: <http://www.e-slovensko.cz/atrakce/1228-hrad-lietava/>
- [16]] ROVNANÍKOVÁ, P. *Omítky. Chemické a technologické vlastnosti*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002, 90 stran. ISBN 80-86657-00-0.
- [17] MENCLOVÁ, D. *Hrad Lietava*. Bratislava: ASA – Slovenská hradovedná spoločnosť, 2007, 78 stran. ISBN 978-80-969699-9-9
- [18] ČSN EN 15 898. *Ochrana kulturního dědictví – Základní obecné termíny a definice*. Platnost od Srpen 2012.
- [19] *Historie zříceniny hradu Cimbura* [online]. [cit. 20. 5. 2014]. Dostupný z: <http://cimbura.cz/historie/>
- [20] *Hrad Cimbura u Koryčan* [online]. [cit. 18. 5. 2014]. Dostupný z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Cimbura_\(hrad_u_Kory%C4%8Dan\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cimbura_(hrad_u_Kory%C4%8Dan))
- [21] *Dolomit (hornina)* [online]. [cit. 11. 5. 2014]. Dostupný z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Dolomit_\(hornina\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Dolomit_(hornina))
- [22] *Půdorys zříceniny hradu Cimbura* [online]. [cit. 22. 5. 2014]. Dostupný z: <http://www.zriceniny.eu/index.php?pg=detail&article=373>

10.2 Seznam obrázků

Obr. 1 Zřícenina hradu Templštejn

Obr. 2 Původní stav objektu [1]

Obr. 3 Postup chátrání opuštěného objektu po 10 až 20 letech [1]

Obr. 4 Pokračující devastace, stav po 100 letech [1]

Obr. 5 Současný stav zříceniny [1]

Obr. 6 Stav objektu po provedení záchranných prací [1]

Obr. 7 Těžený vápenec [9]

Obr. 8 Těžený pískovec [10]

Obr. 9 Opuka [11]

Obr. 10 Těžený dolomit [12]

Obr. 11 Těžená žula [13]

Obr. 12 Zachovaný kus trámu

Obr. 13 Historická malta z hradu Cimburk

Obr. 14 Novodobá malta z hradu Cimburk

Obr. 15 Dolomitický písek [14]

Obr. 16 Dolomitická malta s příměsí dolomitického kameniva – Hrad Lietava

Obr. 17 Komplexně opravený Oravský hrad (SK)

Obr. 18 Ukázka dostavby místnosti v horní části hradu Uhrovec (SK)

Obr. 19 a 20 Zřícenina Turnianského hradu

Obr. 21 Ukázka dokonalé symbiózy přírody a ruiny – Rychlebský hrad

Obr. 22 Fotografie zříceniny hradu Tematín před zahájením obnovy

Obr. 23 Dostavěný dřevěný most zříceniny hradu Zubštejn

Obr. 24 a Nevkusně zvolené kombinace materiálů použitých při obnově zdiva

Obr. 24 b Nevhodná malta (cementová) pro spárování kamenného zdiva

Obr. 25 Porost na Rychlebském hradě

Obr. 26 a 27 Působení rostlin na zdivo zříceniny hradu Templštýn

Obr. 28 Zřícenina bez provedení prvotních kroků záchrany

Obr. 29 Fotogrammetrie [1]

Obr. 30 Archeologický průzkum – Cimburk

Obr. 31 Archeologický průzkum – Lietava

Obr. 32 a 33 Ukázka dozděných kleneb zříceniny hradu Zubštejn

Obr. 34 Drnový porost na Pustém hradě

Obr. 35 Drnová koruna hradu Zubštejn

Obr. 36 Pohled na zříceninu hradu Lietava [15]
Obr. 37 Pohled na obytnou věž
Obr. 38 Pohled z vnitřního nádvoří
Obr. 39 Pohled z okýnka kapličky na nádvoří
Obr. 40 Třípodlažní palác
Obr. 41 Zachovalá klíčová střílna
Obr. 42 Nová vstupní brána
Obr. 43 Dodnes dochované arkýře
Obr. 44 Podkovovitá věž
Obr. 45 Nová vstupní brána do hradu
Obr. 46 Rozšíření vnějšího opevnění
Obr. 47 Pohled na zříceninu od příjezdové cesty na hrad
Obr. 48 Fotografie polookrouhlé polygonální bašty
Obr. 49 Dochovaná část dveřního orámování
Obr. 50 a obr. 51 Fotografie z rekonstrukce hradu
Obr. 52 Půdorys zříceniny hradu Lietava s vyznačenými místy odběru vzorků malt
Obr. 53 – 67 Fotografie odebraných vzorků s popisky míst odběrů
Obr. 68 Zbytek nerozpustný v kyselině chlorovodíkové
Obr. 69 Červeně zabarvený roztok po přidání titanové žlutí
Obr. 70 Záznam termické analýzy vzorku č. 3
Obr. 71 Záznam termické analýzy vzorku č. 7
Obr. 72 Záznam termické analýzy vzorku č. 11
Obr. 73 Záznam termické analýzy vzorku č. 12
Obr. 74 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 3
Obr. 75 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 7
Obr. 76 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 11
Obr. 77 Rentgenová difrakční analýza vzorku č. 12
Obr. 78 Půdorys hradu Cimburk – místo odběru vzorků [22]
Obr. 79 Vzhled vzorku 1
Obr. 80 Zastoupení velikosti zrn kameniva
Obr. 81 Záznam termické analýzy
Obr. 82 Vzhled vzorku 2
Obr. 83 Zastoupení velikosti zrn kameniva
Obr. 84 Záznam termické analýzy

10.3 Seznam tabulek

Tab. 1 Popis odebraných vzorků na hradě Lietava

Tab. 2 Popis vzhledu vzorků

Tab. 3 Vyhodnocení termické analýzy [%]

Tab. 4 Mineralogické složení

Tab. 5 Místa odběru vzorků

Tab. 6 Granulometrie kameniva

Tab. 7 Chemické složení malty

Tab. 8 Vyhodnocení termické analýzy

Tab. 9 Granulometrie kameniva

Tab. 10 Chemické složení malty

Tab. 11 Vyhodnocení termické analýzy