

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

**STAVEBNĚ TECHNOLOGICKÝ PROJEKT
REKONSTRUKCE KLÁŠTERA V PLASÍCH**

**TECHNOLOGICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU
PROVEDENÍ SANACE VLHKOSTÍ A
SALINITY ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

2022

**DARIA
ZHUIKOVA**

**VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE:
ING. KAREL POLÁK, PHD.**

OBSAH

1. Úvod	3
2. Cíl	3
3. Teoretická část	3
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	3
3.2 PŘÍČINY VZNIKU VLHKÉHO ZDIVA	5
3.3 METODY K ZASTAVENÍ VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI	5
3.3.1 Metody mechanické	6
3.3.2 Chemické metody	7
3.3.3 Plošné hydroizolace konstrukcí	9
3.3.4. Elektrofyzikální metody	9
3.3.5 Nepřímé metody	10
3.3.6 Přímé metody doplňkové	10
3.3.7 Nepřímé metody doplňkové	11
4. Praktická část – Aplikace metod sanace na modelové případy objektů	11
4.1 SEZNÁMENÍ S OBJEKTEM	12
4.2 VLHKOSTNÍ PRŮZKUM	14
4.3 KONCEPCE NÁVRHU ŘEŠENÍ	14
4.3.1 Sanační metoda – Varianta 1	14
4.3.2 Sanační metoda — Varianta 2	15
4.4 POSOUZENÍ VARIANT	16
4.4.1 Technologická náročnost	17
4.4.2 Časová náročnost	18
4.4.3 Finanční náročnost	19
4.4.4 Životnost	19
4.4.5 Vliv na okolí	20
4.4.6 Účinnost sanačního opatření	20
4.4.7 Vyhodnocení variant	20
5.Závěr	21
Seznam obrázků	22
Seznam tabulek	22
Použitá literatura	22
Příloha č.1- Rozpočet Var.1	24
Příloha č.2- Rozpočet Var.2	25

1. Úvod

Voda je pro stavební konstrukci destruktivní. Při dlouhodobém působení dokáže jakoukoli stavbu zničit. Vlhkost ve stavebních konstrukcích vede teplo, způsobuje však jeho únik do chladnějšího prostředí a tím snižuje tepelněizolační vlastnosti použitých materiálů. Vlhké zdivo se typicky vyskytuje u starších objektů, které nemají dodatečnou izolační vrstvu, a tak jsou mnohem náchylnější na tyto okolní vlivy a je potřeba oprava vlhkého zdiva. Sanace vlhkého zdiva zahrnuje systém opatření, jejichž cílem je dosažení trvalého snížení obsahu vlhkosti ve zdivu a tím i dosažení požadovaných tepelněizolačních vlastností konstrukcí.

2. Cíl

Předmětem této seminární části diplomové práce je seznámení s variantami řešení sanace a salinity zděných konstrukcí a navržení konkrétních sanačních opatření pro zvolený objekt s ohledem na jeho historickou hodnotu.

Účelem teoretické části je podat přehled o problematice vlhkého zdiva, o možnostech jeho sanace a sanačních metodách.

V praktické části je představen vybraný objekt a návrh řešení sanace vlhkého zdiva, který byl použit během rekonstrukce. Následně teoretické poznatky o sanaci vlhkého zdiva aplikují na konkrétním případě objektu a budou vyhodnoceny obě varianty řešení z hlediska technologie a provádění sanace, nákladů na provedení sanace, vlivu na provoz v budově a vlivu na okolí stavby.

3. Teoretická část

3.1 Základní pojmy

Vlhkost zdiva je množství vody obsažené v pórovitém prostředí materiálu a je vždy nenulový. Určité množství vody obsahuje každá pórovitá látka. Jedna se o tzv. sorpční vlhkost.

Hmotnostní vlhkost W_m se vypočte ze vztahu:

$$W_m = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} * 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

Kde: m_w - je hmotnost materiálu ve vlhkém stavu [kg]

m_d je hmotnost materiálu v suchém stavu [kg]

Objemovou vlhkost W_v vypočteme ze vztahu:

$$W_v = \frac{V_w}{V} * 100 [\%] \quad (1)$$

Kde: W_v objemová vlhkost materiálu (%)

V_w objem vody obsažené v materiálu (m³)

V celkový objem materiálu (m³)

Rovnovážná (sorpční) vlhkost je maximální vlhkost, při níž materiál nevykazuje v čase žádný přírůstek ani úbytek vlhkosti. Hodnota rovnovážné vlhkosti je odlišná pro různé druhy materiálů. Hygroskopické soli (chlorid, síran, dusičan) mají významný vliv na hodnoty rovnovážné vlhkosti, pokud se jedná o vlhké zdivo. Tyto soli vážou na sebe vodu obsaženou v okolním vzduchu a zadržují ji. (1) Tím dochází ke zvyšování hodnoty rovnovážné vlhkosti materiálu a vznikají solní výkvěty.

Kritická vlhkost je maximální přípustná vlhkost materiálu zabudovaného do konstrukce. Při jejím překročení mění materiály do té míry své vlastnosti (pevnost, objem, tepelnou vodivost, chemické vlastnosti apod.), že jejich další použití je nevhodné a nebezpečné. (1) Návrhovou hodnotu kritického obsahu vody ve stavebním materiálu se stanoví podle ČSN 73 0540-3. (2)

Normová hmotnostní vlhkost materiálu je vlhkost, která nemá být při zabudování daného materiálu do stavební konstrukce a v průběhu jejího užívání překročena. (3) Její hodnota se stanoví podle ČSN 73 0540-3. (2)

Sanace vlhkého zdiva zahrnuje systém hydroizolačních, vysušovacích a stavebních opatření. V ČSN P 73 0610 (4) je definována jako dodatečné hydroizolační zásahy do konstrukcí spodní a přízemní části stavby okolního horninového prostředí, vedoucí k výraznému a trvalému snížení vlhkosti v podzemním a nadzemním zdivu staveb a v souvisejících konstrukcích a v případě potřeby i ke snížení vlhkosti vnitřního vzduchu v budovách. (4). Norma stanoví zásady pro navrhování, provádění, průzkum, kontrolu a údržbu sanačních systémů ve vlhkém cihelném, smíšeném a kamenném zdivu.

3.2 Příčiny vzniku vlhkého zdiva

Příčiny vzniku vlhkého zdiva jsou různé. Obvykle je vlhkost důsledkem chybějící nebo vadné hydroizolace spodní stavby, popřípadě střešních pláštů. Další možnosti jsou:

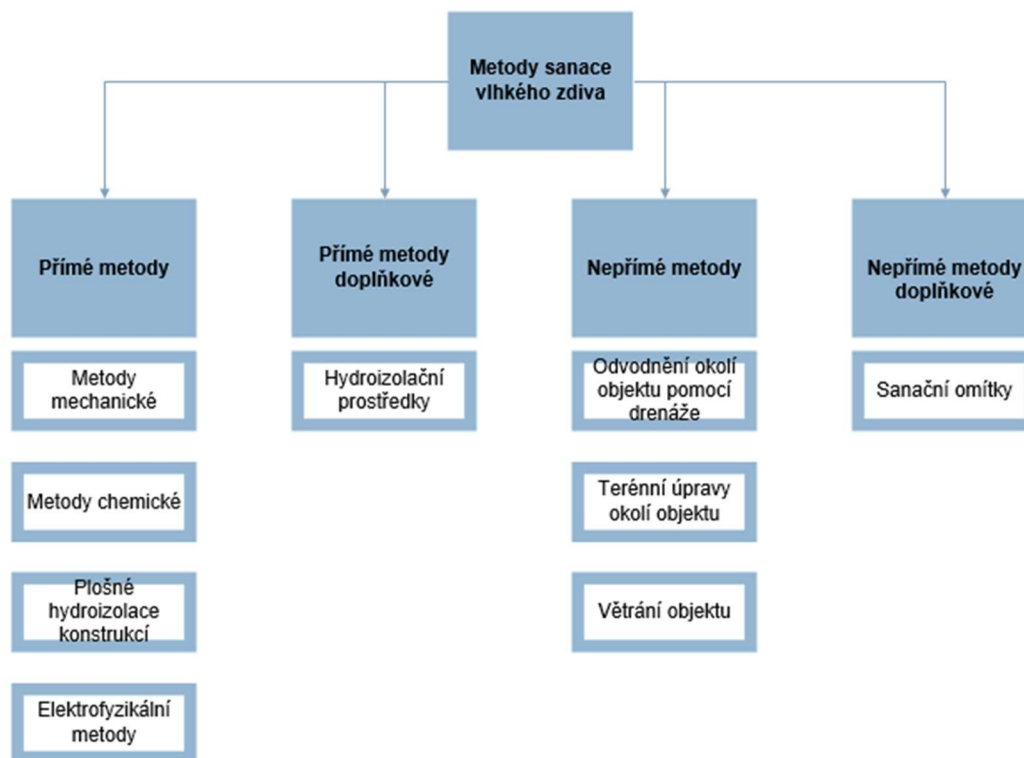
- odstříkující voda nad funkční horizontální bariérou
- chyba při vytváření projektové dokumentace: nerespektování terénních podmínek, zvolení nevhodného opatření proti vlhkosti
- poruchy kanalizace, vodovodu (vnitřní i vnější), poruchy dešťových svodů
- zatékání do konstrukcí
- nekvalitní provedení izolace, nedodržení technologických postupů

Průzkum vlhkosti a salinity pomůže odhalit příčinu zvýšené vlhkosti i salinity a nakolik je velká odchylka vlhkosti a salinity od normálního stavu. (5) Na základě průzkumu lze navrhnout kvalifikované řešení opravy vody a související výkon a komplikace.

3.3 Metody k zastavení vzlínající vlhkosti

Metody sanací proti zemní vlhkosti, srážkové vodě prosakující do zeminy a dalším typům namáhání dělí norma ČSN P 73 0610 (4) takto:

- Přímé metody
- Nepřímé metody
- Přímé metody doplňkové
- Nepřímé metody doplňkové



Obrázek 1 Metody sanace vlhkého zdiva [vlastní tvorba]

Sanace vlhkého zdiva se zpravidla provádí kombinací několika sanačních metod. Návrh vhodného sanačního systému vychází z technických vlastností použitých materiálů a konstrukcí a míry jejich vlhkosti, obsahu solí i stupni degradace atd.

3.3.1 Metody mechanické

Principem mechanických metod je vytvoření nové hydroizolační clony ve zdivu. Navrhují se v případech, kdy je příčinou nadměrné vlhkosti zdiva vztlínající voda z přilehlé zeminy nebo z podloží. Vždy se jedná o radikální, nevratné zásahy do zdiva, proto není možno mechanické metody aplikovat u historických a památkově chráněných objektů. (3)

1. Dodatečně vkládané a zarážené hydroizolace ve zdivu:

Jedná se o hydroizolace vložené do ručně nebo strojně proříznutého, probouraného zdiva (desky z tuhého plastu, fólie, sklolaminát, asfaltové pásy s vložkou ze skleněné tkaniny nebo polyesterové rohože, popř. s kovovou nebo plastovou vložkou), nebo zarážené (zatlučené) profilované desky z korozi-vzdorné oceli do ložné spáry ve zdivu; po vložení hydroizolace se proříznutá spára zabezpečí

proti sednutí zdiva klíny a zainjektuje cementovou maltou, popř. dozdí plnými cihlami.
(5)

2. Probourání zdiva

Provádí se buď pomocí elektrických nebo pneumatických kladiv, nebo ručně. Je to pracný, zdoluhavý způsob, který ještě před třiceti lety byl běžně používán.

Ve zdivu se vysekají otvory na výšku alespoň dvou vrstev cihel. Po očištění a úpravě podkladu (tj. spodní plocha otvoru) bude položen hydroizolační pás. Následně se provádí dozdění otvoru.

3. Ruční podřezávání zdiva

Tento způsob je levnější než strojní podřezávání. Ruční podřezávání zdiva možno aplikovat pouze u zdiva s vodorovnou ložnou spárou. K řezání se používá pila, tzv. břichatka, jejíž délka musí být min. o 400-500 mm větší, než tloušťka podřezávané zdi. (3)

Podřezávání provádějí dvě osoby pomocí pily tzv. břichatky, a to postupně po úsecích 0,8 – 1,2 m. Po proříznutí a vyčištění spáry se vloží hydroizolace, která by měla být pevná a tuhá, tak by šla dobře zasouvat do proříznuté spáry (sklolaminát, LEHD, PEHD). Hydroizolaci vkládáme s přesahem přes jednotlivé pásy, ale také s přesahem přes líc zdi tak, abychom mohli provést napojení na hydroizolaci podlahy. Dalším krokem je vyklínování spáry pomocí plastových klínů a vyplnění cementovou maltou. (3)

V současné době se tato metoda téměř nepoužívá především z důvodu zrychlení a zjednodušení práce pomocí řetězových pil. Přesto si uchovává svou výhodu v nižší ceně. (3)

4. Strojní podřezávání zdiva

Princip těchto metod je stejný jako u předešlé metody, avšak z důvodu ulehčení a urychlení práce se používají pily s elektrickým motorem.

3.3.2 Chemické metody

Princip chemické metody (injektáž) spočívá ve vpravení určité chemické látky do předem vyvrtaných otvorů ve zdivu. (3) Vrty do zdiva se provádějí podle možnosti stavby z jedné nebo z obou stran konstrukce; v praxi se jen z jednoho líce dělají do

tloušťek zdí maximálně 1 m, při tloušťkách větších se doporučuje provádět je proti sobě z obou stran. (5). Tím se následně po proniknutí injektážní látky do pórů zdiva vytvoří vodorovná, případně i svislá zábrana proti vztlínající vodě. Na rozdíl od hydroizolačních materiálů používaných u mechanických metod mají chemické přípravky vyšší propustnost. (3)

Účinnost chemické metody závisí na konkrétním chemickém přípravku a dalších okrajových podmínkách, které je z technického a technologického hlediska při infuzním i tlakovém způsobu napouštění zdiva vždy třeba respektovat, jsou:

- Druhy infuzních a injektážních materiálů ve vztahu k jejich složení, k možnostem aplikace a k vlastnostem z nich vytvořené příčné hydroizolace ve zdivu.
- Geometrie vrtů ve zdivu, tj. počet a vzdálenost vrtů vedle sebe.
- Stabilita, účinnost a životnost chemické clony ve zdivu ve vztahu k intenzitě a ke způsobu vlhkostního namáhání.
- Chemické složení prostředků ve vztahu ke korozi stavebních materiálů a malt (5)

Základní Metody chemických injektáží

• Tlakové injektáže

Hlavním opodstatněním použití tlakové injektáže je silně zavlhlá konstrukce. Z předpokládaných minimálních hloubek pronikání injektážního prostředku ve zdivu se stanoví osově rozteče vrtů. Tyto rozteče bývají zpravidla 100 až 300 mm o průměrech vrtu 10 až 12 mm. Proti beztlakové injektáži se tedy podstatně zvětší rozteče a zmenší průměry vrtů. Vrty je možné situovat i do víceřadého uspořádání, při dvouřadém by měla být svislá vzdálenost řad do 80 mm. Obecně však postupujeme podle technologického postupu výrobce. (3)

Do vrtů osazených injektážními ventily se vhání pomocí vysokotlaké pumpy injektážní prostředek. Využívá se tlaku do 1000 kPa. Hodnota tlaku se kontroluje pomocí manometru, který je součástí tlakového vedení. V případě nedosažení potřebného tlaku nejspíše dochází k úniku injektážního prostředku trhlinami nebo dutinami ve zdivu. Tomu musíme zamezit a vadná místa opravit (vyplnit dutiny). Injektování provádíme tak dlouho, dokud se nevytvoří souvislá vodorovná clona. V

průběhu provádění dokumentujeme injektážní tlak a spotřebu materiálu. (3)

- **Beztlakové injektáže**

Beztlaké injektáže jsou nepoužívanější metodu. Injektážní prostředek se dostává do zdiva výhradně účinkem kapilárních sil, případně malým hydrostatickým tlakem způsobeným převýšením mezi injektovaným místem a zásobníkem s kapalinou. Osová vzdálenosti vrtů jsou závislé na nasákavosti a typu použitého materiálu, nejčastěji ale 100 až 125 mm. Průměry vrtů závisí na injektážním prostředku a použité technologii, obvykle se pohybují od 20 do 38 mm a vrtají se pod úhlem 15° do 45°. Důležité je dodržení zásady, že vrty musí procházet dvěma ložnými spárami, u tenčích zdí postačí jednou ložnou spárou. Jednostranné navrtávání se provádí do tloušťky zdiva 800 až 900 mm, tlustší zdivo je třeba navrtat oboustranně. Vrty se neprovádí skrz celou konstrukci, ale končí asi 50-100 před protějším lícem, v případě oboustranného navrtávání z každé strany do 2/3 tloušťky zdiva. Po vyvrtání se otvory vyčistí stlačeným vzduchem pomocí kompresoru. Vlastní injektáž se provádí aplikačními nádobami, které udržují stálou výšku hladiny, nebo přepravními čerpadly či speciálními nádobkami. (3)

3.3.3 Plošné hydroizolace konstrukcí

Plošné hydroizolace jsou velmi používanou metodou odstranění příčiny vlhkosti. Patří mezi ně bitumenové (asfaltové) hydroizolace, silikátové hydroizolace či krystalizační pojezdové hydroizolace. Slouží k izolaci podlah i svislých ploch.

3.3.4. Elektrofyzikální metody

Princip elektrofyzikálních metod odstraňování vlhkosti zdiva spočívá v tom, že se za pomoci elektrického proudu snažíme obrátit (přesměrovat) směr toku molekul vody z vlhkého zdiva mimo budovu. Vytvoříme anodu ve zdivu a katodu umístíme někde mimo objekt. (6)

1. Pasivní elektroosmóza

Princip spočívá v tom, že do zdiva se natloukly ocelové tyče, které se propojí el. drátem se zemničem (tyč, desky) a přesměruje se tak směr toku molekul vody od tyčí k zemniči. (6)

2. Aktivní elektroosmóza

Tato metoda je v současnosti z elektrofyzikálních metod nejpoužívanější.

Jedná se o metodu citlivou na parametry sanovaného zdiva, tedy obsah hygroskopických solí a kyselost. Použití není možné u zdiva o $\text{pH} < 6$, které se často vyskytuje právě ve starších či historických budovách. Nezabráňuje působení tlakové vody a difuzi vodní páry a účinnost negativně ovlivňují i ocelové výztuže ve zdivu nebo bludné proudy. (7)

Kladné elektrody tedy anody se umísťují pod omítku zdiva, katody do zemního tělesa. Zařízení aktivní elektroosmózy pracuje pod napětím do 6 V. Napětí je do systému pouštěno z vnitřního rozvodu elektřiny přes transformátor. Hlavní podmínkou životnosti je zvolený materiál anody a závisí na jeho elektrochemické odolnosti. Běžně se používají elektrody uhlíkové, případně odolnější titanové. (3)

3.3.5 Nepřímé metody

Nepřímými metodami lze dosáhnout obrovských úspor stavebních nákladů při prováděných sanačních opatřeních. Tyto metody sanace se používají především v kombinaci s metodami přímými, a to za podmínek zjištěných průzkumnými pracemi; jsou ale možné i jejich aplikace samostatné.

1. Odvodnění okolí objektu pomocí drenáže

Drenáž je konstrukční opatření, které zajistí trvale funkční odvodnění z těsné blízkostí objektu. Drenáž se uplatní především v případech, kdy je budova založena nad úrovní hladiny podzemní vody v nepropustném podloží nebo je založena ve svahu.

2. Terénní úpravy okolí objektu

Jedná se o vyspádování přilehlého terénu směrem od budovy, snížení jeho výškové úrovně v místě kontaktu s obvodovým zdivem za účelem oddělení vlhké zeminy od obvodového zdiva nebo provedení okapních chodníků. (3)

3. Větrání objektu

Regulaci vlhkosti v budově lze zajistit větráním přirozeným nebo nuceným a tím možno upravit parametry vnitřního vzduchu na požadované hodnoty.

3.3.6 Přímé metody doplňkové

3.3.6.1. Hydroizolační prostředky

Podle složení a vlastností se hydroizolační prostředky dle ČSN P 73 0610 (4) dělí na:

- a) vodotěsné malty
- b) silikátové materiály a krystalizační účinky (4)

Aplikace se provádí ze strany působení vody, z vnějšího líce stěny nebo na vnitřním líci stěny, tedy na straně tzv. negativního tlaku vody. (4)

3.3.7 Nepřímé metody doplňkové

3.3.7.1. Sanační omítkový systém

V podmínkách vlhkostně silně namáhaných konstrukcí staveb se používají v kombinaci s příčnými hydroizolacemi, chemickými clonami ve zdivu, s elektroosmotickými instalacemi, se vzduchoizolačními systémy a s některými nepřímými způsoby sanace vlhkého zdiva. Sanační omítky, jako doplňkové sanační opatření, samy o sobě zdroje vlhnutí neodstraňují a zdivo nevysušují. Povrch sanované stavby vhodně upravují jen dočasně. (5)

Sanační malty se připravují se zřetelem na technickou vhodnost jejich použití na stavbách pro jednotlivé vrstvy sanačního omítkového systému jako vápenné, vápenocementové a cementové; často obsahují ještě příměsi expandovaných vylehčujících látek (perlit, pemza, polystyren atd.). Ze sanačních malt provedené omítkové systémy jsou technicky vhodné pro vlhké zdivo, neboť jejich strukturou viditelně nevzlíná voda a na jejich povrchu nedochází po určitou dobu k tvorbě výkvětů solí. (5)

Požadavky na sanační omítky jsou formulovány ve směrnici WTA CZ 2-9-04 (8) a ČSN EN 998-1. (9)

4. Praktická část – Aplikace metod sanace na modelové případy objektů

Tato část diplomové práce se zabývá technologickým posouzením návrhů provedení sanace a salinity zděných konstrukcí na konkrétním objektu. Cílem je vyhodnocení použitelnosti jednotlivých metod z hlediska technologie a provádění

sanace, nákladů na provedení sanace, vlivu na provoz v budově a z hlediska vlivu na okolí stavby.

4.1 Seznámení s objektem

Objekt, který jsem si vybrala pro svoji diplomovou práci, se nachází v městečku Plasy v okrese Plzeň-sever. (viz Obrázek 2: Katastrální snímek).

Objekt, který jsem si vybrala pro svoji diplomovou práci, se nachází v městečku Plasy v okrese Plzeň-sever. (viz obrázek 2: katastrální snímek).

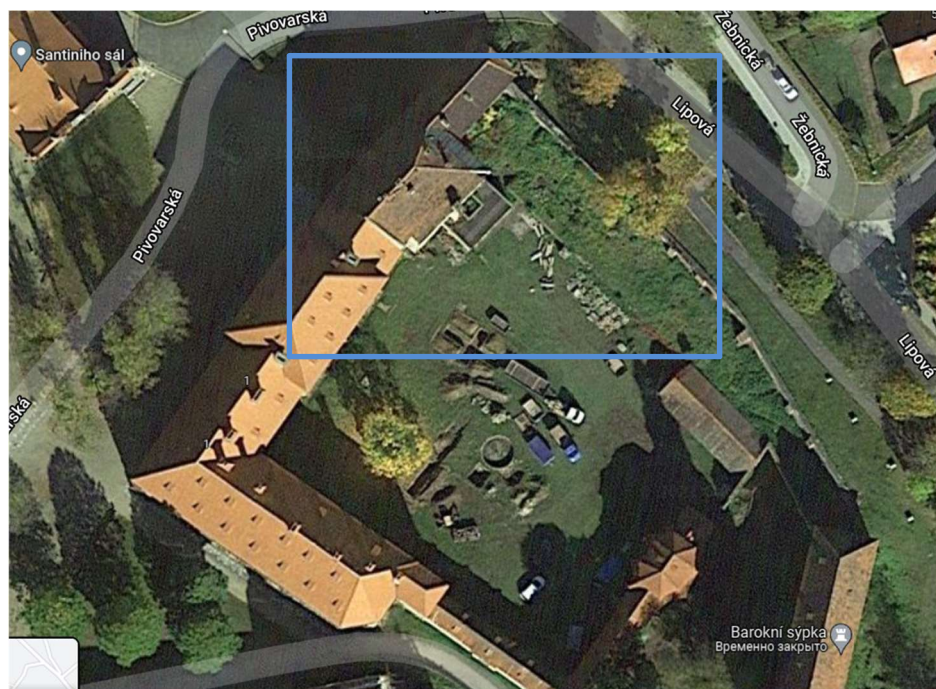
Jedná se o klášter, který byl založen roku 1144. Areál kláštera tvoří kostel Nanebevzetí Panny Marie a klášterní a hospodářské budovy, ke kterým patří sýpka s gotickou královskou kaplí a staré opatství. Roku 1995 byl bývalý klášter prohlášen za národní kulturní památku a dnes jej spravuje Národní památkový ústav. (11)

Předmětem této seminární práce je budova bývalého opatství (viz obrázky 3, 4) a sanace jeho fasády v rozsahu 1. NP, celková plocha činí 138 m².

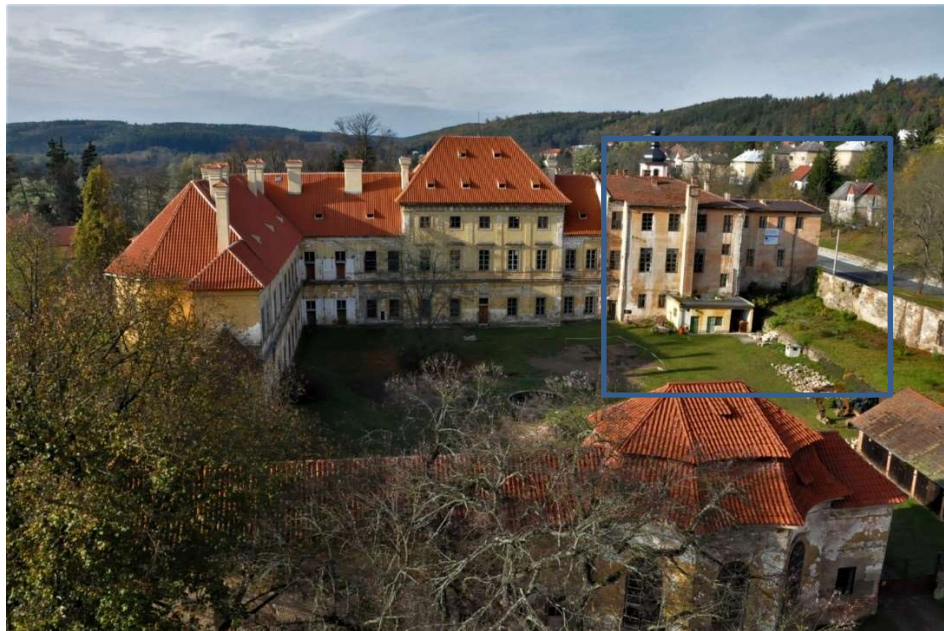
Opatský dům, který dispozicí a architektonickou podobou připomíná nevýznamnou budovu občanské vybavenosti sklonku 19. století, ve svých zdech dokumentuje složité stavební dějiny kláštera od poloviny 13. století. Objekt bude využíván jako hlavní vstupní hala pro návštěvníky a nástupní prostor na prohlídkové trasy, pokladna a WC pro návštěvníky. V patře bude zázemí zaměstnanců. (12)



Obrázek 2 Snímek-katastrální mapa



Obrázek 3 Letecký snímek budovy-opatství označeno modrou barvou



Obrázek 4 Snímek-Opatství označeno modrou barvou

4.2 Vlhkostní průzkum

Budova má poškozenou krytinu, okapové svody a srážková voda zatéká na omítku fasád i na terén k objektu. (12)

Z těchto důvodů dochází k degradaci, ke vzniku solných výkvětů a postupnému opadávání omítky v objektu. Příčiny vlhkosti v tomto objektu a poškození fasády se vyřeší stavebními úpravami a doplňkovými metodami.

Vybraný historický objekt je památkově chráněný, proto byly pro měření vlhkosti zvoleny nedestruktivní způsoby.

Měření bylo provedeno přístrojem GREISINGER GMK100 v povrchové vrstvě do hloubky cca 25–50 mm. Na fasádě i v interiéru objektu byly identifikovány vysoké obsahy chloridů i velmi vysoké obsahy dusičnanů a naměřeny nadlimitní (zvýšené, až vysoké) hodnoty vlhkosti zdiva. (13)

4.3 Koncepce návrhu řešení

4.3.1 Sanační metoda – Varianta 1

Zhotovitelem rekonstrukce objektu na základě průzkumu a návrhu řešení, nabízeného odbornou firmou, byla zvolena metoda odsolování stěn pomocí tzv. obětovaných omítek.

Obětované omítky se využívají ke snížení množství solí ve zdivu před aplikací sanačních omítek v případě velmi vysokého zasolení zdiva. Jedná se o vápennou

malty (písek + vápno 4:1). Po aplikaci se zajistí postupné a pozvolné vysychání obětované omítky, aby došlo k snížení obsahu solí ve zdivu. Po několika týdnech se obětovaná omítka oklepe i s proškrábnutím spár do hloubky 20 mm. Výsledným efektem je snížení obsahu solí ve zdivu před aplikací sanačních omítek a omezení rizik poškození sanačního omítkové souvrství vysokou koncentrací solí ve vlhkém zdivu. (14)

V průběhu výstavby bude provedena provzdušená vápenná omítka ve třech cyklech do výšky římsy nad 1. NP po bouracích pracích. Technologická pauza mezi cykly je 15–30 dní, doba na vyschnutí malty je 30–45 dní. (13) Čtvrtý cyklus eliminace a snížení koncentrace vodorozpustných stavebně škodlivých solí bude proveden metodou čištění povrchu propařováním zdiva, parním čištěním ve dvou fázích včetně odsávání kontaminované vody a stavebním vysavačem. (13)

4.3.2 Sanační metoda — Varianta 2

V rámci diplomové práce bude řešena další možnost sanace vlhkého zdiva na objektu.

Podklady pro odvlhčovací návrh

V celém rozsahu nosných zdí jsou hodnoty hmotnostní vlhkosti velmi vysoké. Jedním z velkých problémů této budovy a jejího zdiva je i vysoká salinita v oblasti chloridů a dusičnanů. Tato skutečnost byla hlavním důvodem pro volbu odvlhčovací metody.

Návrh odvlhčovacího opatření

Budova je památkově chráněná, a navíc situovaná ve významné památkové zóně, proto byla vyloučena všechna destruktivní opatření.

Nevhodnými úpravami tedy jsou:

- podřezávání zdiva;
- aplikace chemických clon, které jsou v tomto případě charakterizovány jako destruktivní;
- podmíněně aplikace sanačních omítek, nevylučují se však vápenné omítky vnitřně hydrofobizované. (15)

Pro účinné odvlhčení zdiva byla zvolena kombinace:

- 1) Instalace prvků metody mírné elektroosmózy – Opatření nutná pro sanaci

vzlínající vlhkosti.

Technologie funguje na principu ovlivnění pohybu mineralizované vody ve zdivu vlivem účinku stejnosměrného elektrického proudu, který je do okruhu dodáván řídicí jednotkou. Jednotlivé komponenty systému jsou elektrody uložené ve zdivu a v zemi (kladné a záporné elektrody k obrácení polarity elektrického potenciálu ve zdivu), které jsou napájeny elektrickým proudem s malým napětím. Jedná se o metodu přímé sanace vlhkého zdiva určenou pro všechny druhy materiálů s pórovitou strukturou, ve kterých dochází ke kapilárnímu vzlínání vody. Je vhodná k ekologickému vysoušení budov, zdivo v první fázi vysuší a dále ho nepřetržitým provozem udržuje v suchém stavu. Zařízení zůstává pevnou součástí stavby a pracuje v bezúdržbovém a nepřetržitém provozu po několik desetiletí. Suchým zdivem je ušetřeno až 65 % energie vynaložené na topení. (16)

2) Provedením elektroosmózy zdivo začne postupně vysychat. S tímto procesem je spojena migrace solí, které jsou ve vodě rozpuštěny, k povrchu zdiva. Voda se odpařuje a soli zůstávají usazené na povrchu. (16)

Pokud na takovémto zdivu provedeme klasickou omítku, aniž bychom předtím zdivo odsolili, dojde k jejímu zasolení a omítky se tím znehodnotí, proto navržená úprava bude doplněna použitím vnitřně hydrofobizovaných omítek, čistě vápenných. Sanační vnitřně hydrofobizované omítky se zpravidla na vysoce zasoleném zdivu skládají ze čtyř vrstev: sanačního podhuzu, podkladní omítky, jádrové omítky a sanačního štku. Technologická přestávka pro vyžránání sanačního podhuzu je min. 24 hodin, podkladní omítky vyžaduje technologickou přestávku o délce 14 dní, doba zrání jádrové omítky je závislá na tloušťce omítky – 1 mm omítky schne přibližně 1 den, sanační štuk schne minimálně 3 dny.

Z vlhkého podkladu pod sanační omítkou proniká do podkladní vrstvy omítky vlhkost s rozpuštěnými solemi. Tato vlhkost se pak přímo ve struktuře podkladní omítky odpařuje a přes jádrovou vrstvu omítky se odpařuje do prostoru. Takovéto souvrství zabezpečí pohodlný odvod zbytkové vlhkosti po provedení nových hydroizolací ze zdiva a zajistí dostatečný prostor k uložení i nadměrného množství solí. (14)

4.4 Posouzení variant

Při výběru nejvhodnější varianty sanace nebudeme brát v úvahu statické

porušení v důsledku provádění sanační metody.

Pro vyhodnocení z hlediska nákladů bude proveden položkový rozpočet v softwaru pro tvorbu rozpočtů euroCALC.

Při vyhodnocování navržených variant metod sanace budeme používat kritéria s určitou důležitostí. Tyto váhy stanovíme pomocí bodovací metody.

Tato metoda požaduje od zadavatele, aby každému kritériu přiřadil nějaký počet bodů podle toho, jak moc toto kritérium preferuje (čím více bodů, tím silnější preference). Potom se opět sečte počet přidělených bodů a váhy získáme podělením přidělených bodů jejich součtem. (17)

Bodovací stupnice bude mít rozsah od 1 do 10 bodů.

Tabulka 1 Přiřazení bodů a výpočet vah jednotlivých kritérií [vlastní tvorba]

Kritérium	Počet bodů	Váha
Technologická náročnost	3	0,1
Časová náročnost	5	0,17
Finanční náročnost	10	0,33
Životnost	5	0,17
Vliv na okolí	2	0,06
Účinnost sanačního opatření	5	0,17
Σ	30	1,00

Dále každá varianta bude ohodnocena čísly od 1,...m, kde m je počet variant. Nejlepší varianta tak získá nejmenší součet tohoto hodnocení. V případě, že jsou jednotlivá kritéria ohodnocena váhami, vypočítá se vážené pořadí variant. (17)

4.4.1 Technologická náročnost

Všechny z uvedených sanačních metod zahrnují otlučení původních omítek a provedení omítek nových u vnitřních i vnějších povrchů.

Obětované neboli odsolovací omítky se aplikují jako dočasné opatření. Jakmile ustane přijímání solí z podkladu, obětována omítka se musí odstranit. Následně se celý postup opakuje resp. je možno aplikovat systém sanačních omítek.

K výhodám elektroosmotických metod patří poměrně jednoduchá montáž a žádné zásahy do zdiva. (3)

Proto z hlediska technologie je nejsnazším řešením elektroosmóza v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami.

Tabulka 2 Pořadí variant z hlediska technologické náročnosti [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	2	1

4.4.2 Časová náročnost

Z hlediska doby trvání je na tom nejlépe metoda elektroosmózy v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami.

Omítky mají dlouhé technologické přestávky mezi nanášením jednotlivých vrstev, a proto se dostáváme na celkový čas 231 dní.

Tabulka 3 Časová náročnost metody odsolování stěn pomocí obětovaných omítek [vlastní tvorba]

Metoda odsolování stěn pomocí obětovaných omítek			
NÁZEV ČINNOSTI	MJ	MNOŽSTVÍ	DOBA TRVÁNÍ
Otlučení omítek vápenných nebo vápenocementových vnějších s vyškrábáním spár, s očištěním zdiva	m2	138	1,00
Technologická pauza			25,00
Omítky vnější stěn vápenné	m2	138	3,00
Technologická pauza			35,00
Celkem - 1 cyklus			64,00
Celkem- 3 cyklu			192,00
čištění povrchu propařováním zdiva, parním čištěním ve dvou fázích		138	2,00
Omítka vápenná vč.technologických přestávek	m2	138	37,00

Celkem dnů	231,00
-------------------	---------------

Tabulka 4 Časová náročnost metody elektroosmózy v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami [vlastní tvorba]

Metoda elektroosmózy v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami

NÁZEV ČINNOSTI	MJ	MNOŽSTVÍ	DOBA TRVÁNÍ
Otlučení omítek vápenných nebo vápenocementových vnějších s vyškrabáním spár, s očištěním zdiva	m2	138	1,00
Elektroosmóza- D+M	m2	138	4,00
Omítka sanační vč.technologických přestávek	m2	138	37,00

Celkem dnů	42,00
-------------------	--------------

Tabulka 5 Pořadí variant z hlediska časové náročnosti [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	2	1

4.4.3 Finanční náročnost

Nejvýhodnější metodou z pohledu investice je metoda obětovaných omítek. Tato metoda vychází na 135 796 Kč, viz Příloha č. 1 – Rozpočet Var. 1. Náklady na elektroosmózu v kombinaci se sanačními omítkami činí celkem 323 943 Kč s DPH, viz Příloha č. 2 – Rozpočet Var. 2.

Tabulka 6 Pořadí variant z hlediska finanční náročnosti [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	1	2

4.4.4 Životnost

Nejkratší životnost mají vápenné omítky, tato životnost bývá v ideálním případě kolem 10 let. Elektroosmóza má životnost až 90 let.

Všechny metody mají stejné podmínky pro opravy vnitřních a vnějších povrchů. Vnější omítka u sanace sanační omítkou bude opravována vždy po 10 letech spolu se sanační omítkou. (18)

Tabulka 7 Pořadí variant z hlediska životnosti [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	2	1

4.4.5 Vliv na okolí

Obě metody nemají vliv na okolí.

Tabulka 8 Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	1,5	1,5

4.4.6 Účinnost sanačního opatření

Nejúčinnějším řešením by měla být varianta 2, jelikož elektroosmóza v kombinaci se sanačními omítkami vyřeší problém s vlhkostí a salinitou zdiva na objektu, zatímco metoda obětovaných omítek řeší jenom salinitu.

Tabulka 9 Pořadí variant z hlediska účinnosti sanačního opatření [vlastní tvorba]

	Varianta 1	Varianta 2
Pořadí	2	1

4.4.7 Vyhodnocení variant

Tabulka 10 Vyhodnocení variant [vlastní tvorba]

	Technologická náročnost	Časová náročnost	Finanční náročnost	Životnost	Vliv na okolí	Účinnost sanačního opatření	Vyhodnocení
Varianta 1	2	2	1	2	1,5	2	0,27333333
Varianta 2	1	1	2	1	1,5	1	0,22666667
Váha	0,1	0,17	0,33	0,17	0,06	0,17	

Jako nejlepší varianta metod sanace vlhkého zdiva v případě objektu se jeví varianta 2, která i přes vyšší cenu disponuje výbornou účinností a životností, ale je nezbytně nutné všechna sanační opatření konzultovat s NPÚ a podřídit jeho rozhodnutí.

5.Závěr

V prvních kapitolách teoretické části této diplomové práce jsem se zabývala problematikou vlhkostí staveb. V několika kapitolách jsem postupně představila metody sanace vlhkého zdiva. U všech metod byla provedena základní rešerše odborné literatury.

V praktické části práce jsem představila řešený objekt této diplomové práce. Byly vybrány dvě metody redukující vlhkost a salinitu konstrukcí – metoda obětovaných omítek a metoda elektroosmózy v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami. Každá z metod byla aplikována na řešený objekt. V rámci jednotlivých řešení byl zpracován časový plán a položkový rozpočet pro danou metodu.

Jednotlivé varianty byly porovnány pomocí bodovací metody s ohledem na technologickou náročnost, finanční náklady a časovou náročnost.

Poznatky při vypracování této práce pro mě byly velkým přínosem. Získala jsem nové znalosti týkající se příčin vlhnutí a poruch zdiva, možností odstranění vlhkosti ze zdiva a jejich výhod či nevýhod v různých situacích.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Metody sanace vlhkého zdiva [vlastní tvorba].....	6
Obrázek 2 Snímek-katastrální mapa	13
Obrázek 3 Letecký snímek budovy-opatství označeno modrou barvou.....	13
Obrázek 4 Snímek-Opatství označeno modrou barvou.....	14

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přiřazení bodů a výpočet vah jednotlivých kritérií [vlastní tvorba].....	17
Tabulka 2 Pořadí variant z hlediska technologické náročnosti [vlastní tvorba].....	18
Tabulka 3 Časová náročnost metody odsolování stěn pomocí obětovaných omítek [vlastní tvorba]	18
Tabulka 4 Časová náročnost metody elektroosmózy v kombinaci s hydrofobizovanými omítkami [vlastní tvorba]	19
Tabulka 5 Pořadí variant z hlediska časové náročnosti [vlastní tvorba]	19
Tabulka 6 Pořadí variant z hlediska finanční náročnosti [vlastní tvorba]	19
Tabulka 7 Pořadí variant z hlediska životnosti [vlastní tvorba].....	19
Tabulka 8 Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí [vlastní tvorba]	20
Tabulka 9 Pořadí variant z hlediska účinnosti sanačního opatření [vlastní tvorba].....	20
Tabulka 10 Vyhodnocení variant [vlastní tvorba].....	20

Použitá literatura

1. kolektiv, Luboš Svoboda a. STAVEBNÍ HMOTY. Praha : autor neznámý, 2018.
2. ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov. Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování. 2005.
3. Solař, Jaroslav. *Odstaňování vlhkosti*. místo neznámé : Grada.
4. ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení. 2000.
5. vlhkost a salinita zdiva. *stepro*. [Online]
<http://www.stepro.eu/vlhkosti#:~:text=Pr%C5%AFzkum%20vlhkosti%20a%20salinity%20pom%C5%AF%C5%BEE,n%C3%AD%20spojen%C3%BDch%20projev%C5%AF%20a%20komplikac%C3%AD..>
6. SANA. Sanace vlhkého zdiva. [Online]
http://www.stado.cz/files/katalogy/Katalog_Sanace_vlhkeho_zdiva_2017.pdf.
7. Sanace vlhkosti zdiva IV: Elektrofyzikální metody. *VýrobkyProStavbu.cz*. [Online]
<https://www.vyrobkyprostavbu.cz/sanace-vlhkosti-zdiva-iv-elektrofyzikalni-metody/>.
8. Michael, Balík. *Odvlhčování staveb*. Praha : Grada, 2008.
9. POSLÁNÍ WTA CZ. *POSLÁNÍ WTA CZ*. [Online] <https://www.wta-international.org/de/nationale-gruppen/wta-cesko/>.
10. ČSN EN 998-1 (722401). *Technické normy ČSN*. [Online] <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-998-1-722401-219310.html>.
11. Klášter Plasy. *Wikipedie*. [Online]
https://cs.wikipedia.org/wiki/Kl%C3%A1ter_Plasy.
12. Ing. arch. Tomáš Šantavý, Ing. arch. Svatoslav Hladník, Ing. arch. Zdeněk

Chudárek, NPÚ GnŘ. Technická zpráva- NKP klášter Plasy – Obnova opatské rezidence.

13. s.r.o., SAREP PROJEKTY. Klášter Plasy – obnova opatské rezidence. *Stavebně technický průzkum z hlediska vlhkostní problematiky včetně návrhu řešení*. místo neznámé : SAREP PROJEKTY s.r.o., 2021.

14. sanační omítky a nátěry. *drymat.cz*. [Online]

<https://www.drymatsysteme.cz/sanacni-omitky-natery>.

15. Balík, Michael. *Vysušování zdiva v příkladech*. místo neznámé : Grada.

16. AKTIVNÍ ELEKTROOSMÓZA. *drymat.cz*. [Online]

<https://www.drymatsysteme.cz/aktivni-elektroosmoza>.

17. Klicnarová, Jana. [Online] 2010. http://www2.ef.jcu.cz/~janaklic/oa/VHV_II.pdf.

18. Blahýnková, Bc. Kateřina. Vícekriteriální návrh sanace zdiva. *Diplomová práce*. 2019.

Příloha č.1- Rozpočet Var.1

Poř.	Typ	Kód	Alter. kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena	Náklady
SO_01: Stavební objekt 01/ Varianta 1										135 796	
006: Úpravy povrchu										122 897	
2.	SP	622311301		Vápenná omítka hrubá jednovrstvá nezatřená vnějších stěn nanášená strojně	m2	138,0	–	138,0	180,39	24 894	
2.	SP	622311301		Vápenná omítka hrubá jednovrstvá nezatřená vnějších stěn nanášená strojně	m2	138,0	–	138,0	180,39	24 894	
2.	SP	622311301		Vápenná omítka hrubá jednovrstvá nezatřená vnějších stěn nanášená strojně	m2	138,0	–	138,0	180,39	24 894	
3.	SP	629995101		Parní čištění - propařování zdiva,první stupeň sanace,odsávání kontaminované vody	m2	138,0	–	138,0	57,68	7 959	
3.	SP	629995101		Parní čištění - propařování zdiva,první stupeň sanace,odsávání kontaminované vody	m2	138,0	–	138,0	57,68	7 959	
4.	SP	622311321		Vápenná omítka hladká jednovrstvá vnějších stěn nanášená strojně	m2	138,0	–	138,0	234,04	32 297	
009: Ostatní konstrukce a práce										12 898	
1.	SP	978015361		Otlučení (osekání) vnější vápenné nebo vápenocementové omítky stupně členitosti 1 a 2 rozsahu do 50%	m2	138,0	–	138,0	31,16	4 299	
1.	SP	978015361		Otlučení (osekání) vnější vápenné nebo vápenocementové omítky stupně členitosti 1 a 2 rozsahu do 50%	m2	138,0	–	138,0	31,16	4 299	
1.	SP	978015361		Otlučení (osekání) vnější vápenné nebo vápenocementové omítky stupně členitosti 1 a 2 rozsahu do 50%	m2	138,0	–	138,0	31,16	4 299	

Příloha č.2- Rozpočet Var.2

Typ	Kód	Alter. kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena
SO_01: Stavební objekt 01/ Varianta 2								323 943	
006: Úpravy povrchu								117 883	
SP	622821041		Vnější vyrovnávací sanační omítka prováděná strojně	m2	138,0	–	138,0	193,35	26 683
SP	622821022		Vnější sanační štuková omítka pro vlhké a zasolené zdivo prováděná strojně	m2	138,0	–	138,0	606,47	83 692
SP	622131300		Vápenný postřík vnějších stěn nanášený celoplošně strojně	m2	138,0	–	138,0	54,41	7 508
009: Ostatní konstrukce a práce								4 299	
SP	978015361		Otlučení (osekání) vnější vápenné nebo vápenocementové omítky stupně členitosti 1 a 2 rozsahu do 50%	m2	138,0	–	138,0	31,16	4 299
021:Silnoproud								201 760	
		Vlastní položka	Řídící jednotka EO+S podle E-NORM 3355-2	ks	1,0	–	1,0	87 500,00	87 500
		Vlastní položka	Vybudování pevné sítě měřičských bodů pro sledování vývoje a změn vlhkosti zdiva, při odvlhčování- systém mírné (dratové) elektroosmozy	hod	32,0	–	32,0	180,00	5 760
		Vlastní položka	D+M systému elektroosmózy - 2x odborný servisní technik, celková cena montáže	kpl	1,0	–	1,0	108 500,00	108 500