



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

VÝVOJ SYSTÉMŮ ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ S POUŽITÍM V ZÁPLAVOVÝCH OBLASTECH

DEVELOPMENT OF MASONRY SYSTEMS WITH UTILIZATION IN FLOOD AREAS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Aneta Fabiánková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Zach, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Aneta Fabiánková
Název	Vývoj systémů zděných konstrukcí s použitím v záplavových oblastech
Vedoucí diplomové práce	Ing. Jiří Zach, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2016
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení
- [2] ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení stanovení
- [3] ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení
- [4] Michael Balík, Vysušování zdiva I, Třetí, upravené vydání, Praha 2002
- [5] Michael Balík, Odvlhčování staveb, Grada Publishing, a.s., 2005
- [6] de Vries, J. – Polder, R. B.: Hydrophobic Treatment of Concrete, Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen 2, 145, 1996
- [7] WTA Merkblatt 1-84 3-2, 84, Hydrofobizační přípravky přírodního kamene

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce bude komplexní návrh systému zdiva pro záplavové oblasti. Bude se jednat především o praktický návrh hydrofobizace keramických zdicích prvků zabezpečující zatopení prvků minimálně po dobu 168 hodin bez výrazného zvýšení vlhkostního obsahu (s nasákavostí do 5%). Dále o způsob pigmentace tvarovek pro případy, kdy nebude hydrofobizovaný celý zdicí prvek. V rámci diplomové práce bude proveden návrh způsobu zdění (včetně aplikace vhodné povrchové úpravy), aby byla zajištěna celková vodonepropustnost a omezená nasákavost celého zdiva. V praktické části práce budou provedeny stanovení kapilární nasákavosti hydrofobizovaných prvků, dále zkoušky vodonepropustnosti navržených spojů zdicích prvků a v závěru práce pak ověřovací zátopová zkouška na modelové konstrukci z hydrofobizovaných zdicích prvků. Součástí práce bude i ekonomické zhodnocení.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

Ing. Jiří Zach, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se věnuje systému zděných konstrukcí s použitím v záplavových územích. Náplní práce je provedení literární rešerše v oblasti záplav, zmapování zatížení zdiva při povodních, vysoušení po průchodu povodňové vlny a řešení vodonepropustnosti konstrukce tak, aby nedošlo k její degradaci a destrukci. Stěžejní částí práce je návrh systému zdiva, s čímž souvisí hydrofobizace jednotlivých prvků, technologie výstavby tak, aby byla zajištěna odolnost při povodni. Součástí práce je praktické ověření funkčnosti komplexního návrhu pro zajištění co nejmenší nasákavosti konstrukce.

Abstract

Thesis describes the system of masonry structures in floodareas. It is based on literature review of floods, mapping masonry load during floods, drying after the passage of the flood wave solutions and water impermeability construction to prevent degradation and destruction. The main part is the design of the wall, which connects hydrophobic individual elements of construction to provide resistance during floods. The diploma thesis includes practical verification of the functionality of a complete proposal to ensure the smallest possible water absorption capacity of the structure.

Klíčová slova

ZÁPLAVOVÉ OBLASTI, ZDĚNÉ STAVBY, ZÁPLAVY, HYDROFOBIZACE, VODONEPROPUSTNOST, PIGMENTACE, ZATÍŽENÍ ZDIVA VODOU, VYSUŠOVÁNÍ, ZÁTOPOVÁ ZKOUŠKA, KAPILÁRNÍ NASÁKAVOST

Keywords

FLOODPLAINS, BRICK BUILDINGS, FLOODING, HYDROPHOBIZATION, WATER IMPERMEABILITY, PIGMENTATION, LOADING WATER WALLS, DRY, FLOOD TEST, CAPILLARITY

Bibliografická citace

Bc. Aneta Fabiánková *Vývoj systémů zděných konstrukcí s použitím v záplavových oblastech*. Brno, 2017. 106 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Jiří Zach, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 12. 1. 2017

.....

podpis autora
Bc. Aneta Fabiánková

Poděkování

Ráda bych vyjádřila své poděkování vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Zachovi Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky, které mi pomohly při jejím vypracování. Dále bych ráda poděkovala Ing. Vítězslavu Novákovi za fyzickou výpomoc při práci na praktické části diplomové práce a poskytování hodnotných rad. Tato diplomová práce byla zpracována s využitím infrastruktury Centra AdMs.

OBSAH

Úvod	14
I. Teoretická část	17
1 Záplava	17
1.1 Záplavová území.....	20
1.2 Omezení v záplavových oblastech	20
1.2.1 Území určená k ochraně.....	21
1.2.2 Území neprůtočná.....	21
1.2.3 Území průtočná	22
1.2.4 Aktivní zóna	22
1.3 Povodňové plány.....	23
1.4 Vlastníci pozemků v záplavovém území.....	23
2 Zděné stavby v záplavovém území	24
2.1 Úprava objektů.....	24
2.1.1 Vnitřní dispozice.....	24
2.1.2 Úprava vnitřních rozvodů.....	25
2.1.3 Nosný systém	26
2.1.4 Zajištění proti tlakové vodě.....	26
2.1.5 Ostatní opatření	27
2.2 Zatížení při průchodu povodňové vlny.....	27
2.2.1 Nerovnoměrné sedání základů následkem povodňové vlny	28
2.2.2 Svislý vztlak.....	29
2.2.3 Hydrostatický tlak vodního sloupce	30
2.2.4 Dynamický tlak vody z povodňové vlny	31
2.2.5 Dynamický tlak plovoucího předmětu unášeného povodňovou vlnou	33
3 Vysušování zděné stavby	34
3.1 Po opadnutí vody	34
3.2 Posouzení vlhkosti v objektu.....	34
3.2.1 Hydrogeologický průzkum.....	35
3.2.2 Stavebně-technický průzkum	35
3.2.3 Vlhkostní průzkum.....	36
3.3 Vysušování zdiva	36
3.3.1 Průběh sušícího procesu	37
3.3.2 Druhy vysušování	39

4	Materiály pro návrh konstrukce.....	42
4.1	Zdivo z keramických zdicích prvků	42
4.2	Hydrofobizační přípravky	43
4.2.1	Oleochemikálie.....	44
4.2.2	Silikony	46
4.2.3	Dávkování.....	46
4.3	Pigmenty	46
4.3.1	Organické pigmenty	47
4.3.2	Anorganické pigmenty	47
4.4	Malty a pojiva.....	48
4.4.1	Malty pro zdění	48
4.4.2	Polyuretanová pěna	49
4.4.3	Lepidlo.....	49
4.5	Omítky	50
4.5.1	Sanační omítka	50
4.6	Způsob zdění	51
4.6.1	Zdění na tenkou spáru.....	52
4.6.2	Zdění na celoplošnou spáru	53
4.6.3	Zdění na pěnu Dryfix	54
II.	Praktická část	55
5	Cíl práce.....	55
6	Metodika práce.....	56
7	Zkušební vzorky	58
8	Zkušební metody.....	61
8.1	Hydrofobizace zdicích prvků	61
8.1.1	Volba hydrofobizačního přípravku	61
8.1.2	Zjištění vhodné koncentrace	64
8.1.3	Zjištění vlivu pigmentů	64
8.2	Příprava zkušebních těles a doplňkové zkoušení omítek.....	65
8.3	Stanovení koeficientu kapilární absorpce omítek.....	67
8.4	Zátopová zkouška a vodonepropustnost spoje.....	69
9	Vyhodnocení.....	76
9.1	Volba hydrofobizačního přípravku	76
9.2	Zjištění vhodné koncentrace	78
9.3	Zjištění vlivu pigmentů	80

9.4	Doplňkové zkoušení omítek	82
9.5	Stanovení koeficientu kapilární absorpce omítek.....	87
9.6	Zátopová zkouška a vodonepropustnost spoje.....	90
10	Komplexní návrh systému zdiva.....	93
11	Ekonomické zhodnocení	95
12	Diskuze výsledků	96
Závěr.....		99

Seznam ilustrací

Obr. 1 Průběh přívalové povodně [4].....	18
Obr. 2 Průběh dešťové povodně [4].....	18
Obr. 3 Průběh povodně z tání ledu [4].....	19
Obr. 4 Průběh ledové povodně [4].....	19
Obr. 5 Výpočet zatížení hydrostatickým tlakem [43].....	31
Obr. 6 Rozklad vektorů rychlosti [11].....	32
Obr. 7 Působení kolmé a rovnoběžné složky rychlosti [11]	32
Obr. 8 Mikrovlnné vysušování [30]	40
Obr. 9 Mezifázové povrchové napětí	43
Obr. 10 Nanášení vyrovnávací malty [56]	51
Obr. 11 Zakládání první vrstvy [57]	52
Obr. 12 Nanášení malty pomocí nanášecího válce [58].....	53
Obr. 13 Zdění na celoplošnou spáru [60].....	54
Obr. 14 Zdění na PUR pěnu [61].....	54
Obr. 15 Hydrofobizační přípravek EVONIC.....	62
Obr. 16 Tvarovky připravené na hydrofobizaci.....	63
Obr. 17 Tvarovky zatopené vodou	63
Obr. 18 Hydrofobizační přípravek v kombinaci s pigmentem.....	64
Obr. 19 Tvarovka opatřená hydrofobizérem v kombinaci s pigmentem	64
Obr. 20 Vzorokly uložené v laboratoři	66
Obr. 21 Vzorokly vytažené ze sušárny.....	68
Obr. 22 Vzorokly natřené těsnícím přípravkem	68
Obr. 23 Rozlomené vzorokly omítek	69
Obr. 24 Tvarovky přichystané na hydrofobizace pro zátopovou zkoušku	70
Obr. 25 Tvarovka namáčená v hydrofobizéru	71
Obr. 26 Bazén na zátopovou zkoušku	71
Obr. 27 První vrstva založená na střešním tmelu.....	71
Obr. 28 Zdění druhé vrstvy pomocí PUR pěny	72
Obr. 29 Nedoléhající strana vyplněna zdicí pěnou.....	72
Obr. 30 Spáry vyplněné butylenovým tmelem	72
Obr. 31 Stěna opatřená ochrannými lištami	73
Obr. 32 Zajištění lišt rozepřemi	73
Obr. 33 Zaplavená část konstrukce	74
Obr. 34 Pohled na zaplavenou (vpravo) a nezaplavenou (vlevo) část konstrukce.....	74

Obr. 35 Tvarovky zvolené pro zkoušení	74
Obr. 36 Odebírání vzorků z tvarovky.....	75

Seznam tabulek

Tab. 1 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření	58
Tab. 2 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření	58
Tab. 3 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření	58
Tab. 4 Složení směsí pro zkoušení koeficientu kapilární absorpce	59
Tab. 5 Vzorky odebrané z tvarovky A v první vrstvě	59
Tab. 6 Vzorky odebrané z tvarovky B v první vrstvě	60
Tab. 7 Vzorky odebrané z tvarovky C v druhé vrstvě	60
Tab. 8 Průměrná nasákavost vzorků v [%] v jednotlivých časových intervalech	76
Tab. 9 Hodnoty nasákavosti z první části hydrofobizace	78
Tab. 10 Hodnoty nasákavosti z nově zvolených koncentrací	78
Tab. 11 Vypočítané nasákavosti	80
Tab. 12 Naměřené hodnoty při zkoušení konzistence	83
Tab. 13 Naměřené a vypočítané hodnoty objemové hmotnosti v čerstvém stavu	84
Tab. 14 Naměřené a vypočítané hodnoty objemové hmotnosti v zatvrdlém stavu.....	85
Tab. 15 Vypočítané hodnoty kapilární absorpce.....	88
Tab. 16 Hodnoty naměřené u výšky vzlínání.....	89
Tab. 17 Hodnoty nasákavosti u tvarovky A v první vrstvě	90
Tab. 18 Hodnoty nasákavosti u tvarovky B v první vrstvě	91
Tab. 19 Hodnoty nasákavosti u tvarovky C ve druhé vrstvě	91
Tab. 20 Ceny na metr čtvereční	95

Seznam grafů

Graf 1 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 670	77
Graf 2 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 405	77
Graf 3 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 600	77
Graf 4 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] ve zvolených koncentracích WS 405	79
Graf 5 Nasákavosti [%] jednotlivých vzorků po 168 hodinách	79
Graf 6 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] EVONIC WS 405 s pigmenty	81
Graf 7 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] IMESTA IW 550 s pigmenty	81
Graf 8 Rozlití omítky [cm] u zkoušených druhů omítek	83
Graf 9 Objemové hmotnosti v čerstvém stavu [kg/m^3] u zkoušených druhů omítek	84
Graf 10 Objemové hmotnosti v zatvrdlém stavu [kg/m^3] u zkoušených druhů omítek	86
Graf 11 Koeficient kapilární absorpce pro obyčejné omítky [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$]	88
Graf 12 Koeficientu kapilární absorpce pro sanační omítky [kg/m^2]	88
Graf 13 Výška vzlínání [mm] zkoušených druhů omítek	89
Graf 14 Průměrná vlhkost [%] ve výšce konstrukce	92
Graf 15 Vlhkostní profil v šířce tvarovky	92

Úvod

Povodně jsou v České republice nejvýznamnějším přírodním extrémem, jiné přírodní katastrofy (ničivá zemětřesení, silné větrné bouře, četné sopečné erupce, rozsáhlé lesní požáry) se zde prakticky nevyskytují.

Kromě ztrát na lidských životech, které jsou samozřejmě nejcitelnější, způsobují povodně závažné materiální škody na zaplavených pozemcích, dopravní a technické infrastruktury, veřejných, průmyslových, hospodářských, ale také obytných budovách. Z konce minulého století je namísto připomenout katastrofální povodeň z července roku 1997 se škodami ve výši 62,6 miliard Kč, z počátku tohoto století pak zejména povodňovou pohromu v srpnu roku 2002 (73 miliard Kč), povodně na jaře roku 2006 (5,6 mld. Kč) a v létě roku 2009 (téměř 8,6 mld. korun). Značné materiální škody rovněž v řádu desítek miliard korun způsobila na území ČR také ničivá katastrofa v květnu a červnu roku 2013.

Ochrana staveb v záplavových oblastech je složitým problémem, a přesto jí dosud není věnována patřičná pozornost. V této souvislosti je podstatným zjištěním, že řada staveb a konstrukcí, zničených nebo nevratně poškozených povodněmi, by dnes mohla stát, pokud by byly postaveny technologicky správně.

Proto je vhodné zamyslet se nad potenciálními problémy zděných konstrukcí v záplavových oblastech a navrhnout opatření směřující ke snížení případných následků přírodní katastrofy. Přispět skromným dílem k minimalizaci škod na stavbách v územích postižených záplavami a ke snížení materiálních ztrát je záměrem i této diplomové práce.

Jejím cílem je představení komplexního návrhu systému zdiva pro záplavové oblasti, který odolá účinku vody po dobu minimálně 168 hodin. Jedná se především o hydrofobizaci keramických zdicích tvarovek, která zajistí ochranu konstrukce před povodňovou vlnou omezením jejich nasákavosti a dále opatření, zvyšující vodoodpudivé vlastnosti hydrofobizací povrchových úprav a ochrany spár zdiva. Stanovená lhůta vychází z odhadu doby, po které voda opadne a přestane

na stavbu působit svými statickými účinky. Opadnutí vody ale v žádném případě neznamená prostý návrat k podmínkám původního stavu.

Z hlediska struktury je práce rozdělena na teoretickou a praktickou část, každá o několika kapitolách.

Při řešení vývoje systémů zděných konstrukcí pro použití v záplavových oblastech, je třeba se nejprve seznámit s problematikou záplav. Obecná charakteristika, zákonná opatření a omezení výstavby v administrativně určených územích jsou připomenuta v první kapitole práce, která přináší i přehled druhů záplav, vyskytujících se v českých podmínkách.

Úpravě objektů v záplavovém území a zatížení konstrukce tlakovou vodou je věnována druhá kapitola. Zabývá se nejen vodonepropustností staveb, ale také nezbytnými úpravami vnějších i vnitřních dispozic v souvislosti se statickým i dynamickým zatížením konstrukce při průchodu povodňové vlny. Informuje nás o ničivých silách živelní pohromy, jimž mohou být stavby vystaveny.

Třetí kapitola se již zabývá situací po opadnutí vody a zaměřuje se na způsoby vysušování. Pro vhodnou volbu vysoušecího procesu je nutné provést řadu průzkumů poškozeného zdiva, podloží a jejího blízkého okolí. Sušící proces nikdy není jednoduchou záležitostí. Nesprávná volba nezřídka vede k dalšímu poškození konstrukce.

Těžiště teoretické části spočívá ve čtvrté kapitole, věnované doporučením, důležitým pro návrh zdiva s minimální nasákavostí. Zohledňuje výhody a nevýhody jednotlivých stavebních materiálů, informuje o přínosu hydrofobizace jako ochraně před vlhkostí a poučuje o způsobu zdění. Některé teoretické závěry této kapitoly se stanou předmětem prověřování v navazující praktické části diplomové práce.

Ta osvědčuje teoretické hypotézy o vhodnosti modifikace konstrukce s ohledem na snížení nasákavosti a zvýšení ochrany před případnou povodní. Důležitý je výběr vhodného hydrofobizačního přípravku, který je použit při provedení zátopové zkoušky. Samotná zátopová zkouška, která ověří vodonepropustnost navrženého zdiva, je stěžejní částí práce. Prověřována bude odolnost konstrukce s ohledem na nasákavost ošetřených tvarovek, ale také z hlediska ochrany

svislých a ložných spár. Provedeny budou i doplňkové zkoušky kapilární nasákavosti omítek.

Z informací získaných v teoretické části a výsledků zjištěných provedenými experimenty budou vyvozeny závěry a představen komplexní návrh systému zdiva pro konstrukce v záplavových oblastech. Při rozhodování o způsobu zabezpečení konstrukce je nutné přihlídnout rovněž k ekonomickému zhodnocení náročnosti stavby. Některá opatření mohou rozpočet nové stavby nebo úpravy stavby stávající výrazně navýšit, případně majitele od jejich realizace úplně odradit.

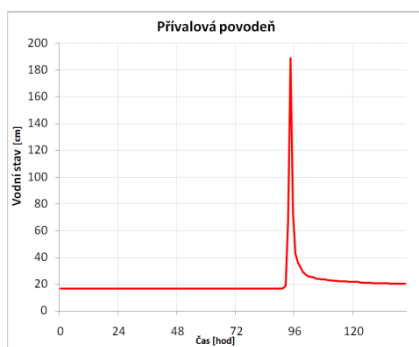
I. Teoretická část

1 Záplava

Pojmy záplava a povodeň mají ve vodním hospodářství stejný význam, kterým se označuje přírodní katastrofa. Záplava je definována jako zřetelné zvýšení hladiny vodního toku nebo jiné povrchové vody. Tato voda se dostává mimo koryto a rozlévá se po zemském povrchu. V mnoha případech může způsobit značné škody, protože není schopna odtékat přirozeným způsobem nebo je její odtok nedostačující. Záplava je většinou způsobena přírodními jevy, a to především dlouhodobým a intenzivním deštěm, táním nebo chodem ledu. V jiném případě může být způsobena závadou na vodním díle, která by mohla vést až k havárii nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle. [1]

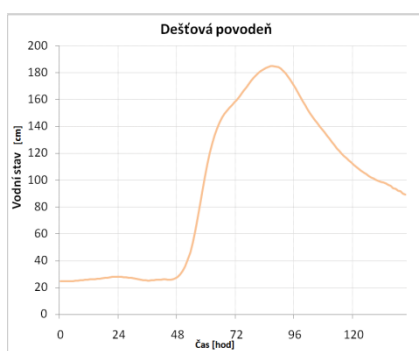
Záplavy dělíme podle jejich charakteristiky na jednoduché, složité, přívalové, sezonní a zvláštní. Pokud má záplava pouze jedno maximum, jedná se o záplavu jednoduchou. Je způsobena krátkými vydatnými dešti s několika sty milimetrů srážek za několik dní. Oproti tomu záplavy složité mají maxim více a trvají i několik týdnů. V průběhu trvání se mění intenzita srážek. [2]

Přívalové záplavy vznikají většinou po intenzivních dešťových přívalech, které jsou typické pro malá povodí. Voda nemá čas se vsáknout a odtéká ihned ze svahů normálně suchými úžlabinami nebo vodními toky, které se vylévají z břehů. Nejčastěji vzniká na horních tocích malých říček a potoků. Příliš neovlivňuje dolní a střední toky velkých řek. Většinou dojde jen k vyplavení několika domů pod svahem. Jsou ale zaznamenány případy, kdy dochází k destrukcím, způsobeným dynamickými účinky proudící vody. Rychlost je charakteristickým znakem pro tento typ povodně, protože dokáže udeřit v řádu několika minut, maximálně několika málo hodin po dešti. Je skoro nemožné určit, kdy a kde dojde k přívalové srážce a tím pádem i k povodni. Faktor, který nejvíce ovlivňuje její průběh a velikost, je stav krajiny a charakter vodních toků. [3]



Obr. 1 Průběh přivalové povodně [4]

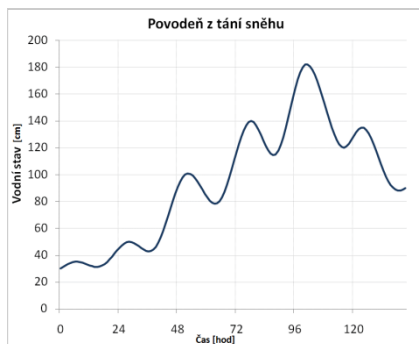
Pokud jsou záplavy spojeny s pravidelnými změnami meteorologických podmínek, tak se jedná o záplavy sezonní. Vznikají vlivem silného deště, který má dlouhodobé trvání. Srážky mnohou trvat až několik dní a jsou velmi intenzivní. V tomto případě je jimi nasycena půda, která již není schopná zadržovat vodu a dochází k výraznému odtoku vody z krajiny. Horší případ nastává, jestliže bylo vlhké období již před vlastní povodní a půda byla nasycena vodou. V českých podmínkách se tento druh záplavy vyskytuje nejčastěji. Objevuje se na středně velkých a velkých řekách, kde dochází k rozlivům zaplavujícím rozsáhlé oblasti v okolí řek. [4]



Obr. 2 Průběh dešťové povodně [4]

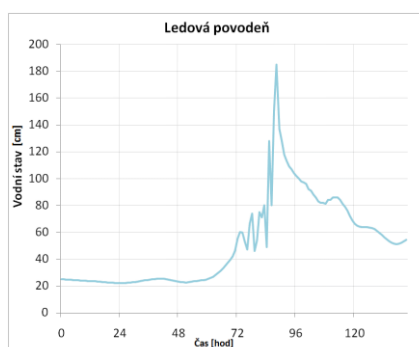
Dalším typem záplav vznikajících vlivem meteorologických podmínek jsou záplavy z tání sněhu. Vyskytují se v jarním a zimním období, konkrétně od prosince do dubna. Riskantními faktory pro vznik takovéto záplavy je značné množství sněhu zvláště v nižších a středních nadmořských výškách, promrzlá půda pod sněhovou pokrývkou, zima bez přítomnosti dílčích tání, celodenní oteplení s teplotou vzduchu vyšší jak bod mrazu, silný vítr a hlavně vzdušná vlhkost. Pokud

je tání sněhu doprovázeno intenzivním deštěm, můžeme mluvit o povodni smíšené. [3]



Obr. 3 Průběh povodně z tání ledu [4]

Dále jsou známé povodně vzniklé vlivem ucpávání řeky ledovými krami. Objevují se při oteplení po období krutých mrazů, kdy byla vytvořena ledová pokrývka na vodních tocích. Při rychlém zvýšení teploty nestihne led roztát, pouze se naláme na ledové kry a začne se pohybovat v korytě řeky. Jedná se o takzvaný chod ledu. Problém nastává, pokud se koryto řeky začne zužovat nebo se snižuje jeho hloubka. Na takových místech se kry hromadí, vytvářejí ledové bariéry a začíná vznikat nebezpečí povodně. Nebezpečná místa jsou však na tocích známá a uvedena v protipovodňových plánech. Dnes už nejsou tyto záplavy tak časté, díky výstavbě přehradních nádrží. Ze dna nádrží je odpouštěna teplá voda a díky ní jsou oteplované určité úseky vodního toku. [4]



Obr. 4 Průběh ledové povodně [4]

Posledním druhem povodně jsou povodně zvláštní. Bývají způsobeny poruchou, havárií na vodním díle nebo nouzovým řešením nebezpečné situace. Zvláštní povodně můžeme rozdělit do tří typů, podle charakteru situace, která může

při stavbě nebo provozu vodního díla nastat. Zvláštní povodeň prvního typu je protržení hráze vodního díla, druhým typem je porucha hradící konstrukce bezpečnostních nebo výpustných zařízení vodního díla a nakonec třetím typem je nouzové řešení kritické situace ohrožující bezpečnost vodního díla prostřednictvím nezbytného mimořádného vypouštění vody. [5]

1.1 Záplavová území

Záplavová území jsou administrativně určená území, která mohou být při vzniku povodně zaplavena vodou. Rozsah těchto území je povinen stanovit vodoprávní úřad. Na návrh správce vodního toku určí úřad aktivní zónu záplavového území na zastavěných plochách. Návrh se zpracovává podle územně plánovací dokumentace, případně dle potřeby a jeho rozsah a způsob zpracování je dán vyhláškou Ministerstva životního prostředí. Jednu kopii této dokumentace, kde je stanoveno záplavové území, předá vodoprávní úřad Ministerstvu životního prostředí a dále zabezpečí její zpřístupnění. [1]

Toto území je vymezeno záplavovou čarou, která odpovídá průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Jsou zde vymezeny průtoky, které se v dané oblasti vyskytují při povodni s periodou 5, 20 a 100 let. V aktivní zóně s periodou 100 let. Stavět v takových oblastech se nedoporučuje, protože je zde riziko zatopení, které je spojeno s mnoha komplikacemi, jak finančními, tak problémy s opravami nebo neochotou pojišťoven při pojišťování takové nemovitosti. Pokud se ale rozhodneme na takových místech stavět nebo nemovitost v záplavovém území leží, je potřeba provést značné úpravy a podstoupit jisté kroky, které vedou ke zmírnění problémů vznikajících při záplavách. [6] [7]

1.2 Omezení v záplavových oblastech

V záplavových oblastech je řada omezení, které se týkají výstavby nejrůznějších stavebních děl, budov apod., které by mohly zhoršovat situace při vzniku záplavy. Tyto komplikace by mohly mít významný dopad na průběh povodně a stav, který nastane po jejím doznění. Záplavová území lze podle možnosti jejich zastavění rozdělit do několika kategorií.

1.2.1 Území určená k ochraně

V území určeném k ochraně je možné umisťovat všechny stavby, které jsou v souladu se schváleným plánem. Mohou se zde stavět, ale až po realizaci trvalých protipovodňových opatření. Tato opatření jsou stanovena vodoprávním úřadem. Je důležité, aby byla zajištěna i mobilní protipovodňová opatření proti průtokům ve vodním toku a zařízení proti zaplavení odpadními a srážkovými vodami. Přípustná je i realizace stavby, která je určena k ochraně souběžně s ucelenou částí protipovodňové ochrany. Její rozsah určí opět vodoprávní úřad. Podmínkou je, aby ucelená část protipovodňové ochrany byla součástí povolované stavby. [8]

1.2.2 Území neprůtočná

V tomto případě je přípustná pouze dostavba stavebních mezer v souladu se schváleným plánem, pokud tedy splňují omezení a dále potřebné doplňkové stavby nutné pro provoz sportovišť, rekreačních ploch a zoologických zahrad. Nesmí se zde provádět terénní úpravy, které by mohly zhoršit odtok vody. Dále je zakázáno stavět budovy pro bydlení, ubytování, školská zařízení, stavby se zdravotní a sociální péčí pro zaměstnávání osob s těžkým zdravotním postižením. Omezené jsou stavby pro městskou i státní správu, budovy archivů, depozitářů uměleckých děl, knihoven, civilní ochrany. Nepřípustné jsou i skládky odpadu nebo jiného materiálu, stavby pro uskladnění látek ohrožujících životní prostředí, pracující s jaderným materiálem, pro živočišnou výrobu. Také stavby dočasné (výjimku tvoří staveniště) a časově omezené jejich dobou výstavby a plochy pro skladování potravin. Nesmí se zde umisťovat čerpací stanice na pohonné hmoty, stanice a nadzemní objekty metra, společné podzemní garáže, čistírny odpadních vod, nemocnice, stavby pro výrobu, při níž vznikají nebo se používají látky znečišťující životní prostředí, zařízení k likvidaci odpadu, dále sběrné dvory, sklady a skládky rozpustných a snadno roztavitelných materiálů, hřbitovy a plochy pro pohřbívání zvířat. [8]

1.2.3 Území průtočná

V průtočném území se nesmí umisťovat stavby s výjimkou staveb, které slouží k opravě vodních ploch nebo k provozním účelům správce vodních toků a ploch. Povoleny jsou stavby objektů a zařízení, kde je provoz vázán na vodní plochy, například jezy, vodní elektrárny, plavební komory, odběrné objekty apod. Je možné zde stavět stavby protipovodňové ochrany. V omezených případech je zde možné umístit stavby přístavů, zařízení sloužících vodní dopravě, komunikace, inženýrské sítě a dále doplňkové stavby, které jsou důležité pro zajištění provozu sportovišť, rekreačních ploch a zoologických zahrad. Nesmí se zde provádět úpravy terénu a výsadby rostlin, které by mohly zhoršit odtok povrchových vod, těžit zeminu a nerosty způsobem zhoršujícím odtok podpovrchových vod. Je zde zakázáno skladovat rozpustný a rozplavitelný materiál, nebezpečné látky ohrožující životní prostředí. Nevhodné je zde také zřizovat tábory, kempy a jiná dočasná zařízení, stavby a plochy pro skladování potravin. [9]

1.2.4 Aktivní zóna

V této zóně záplavového území jsou požadavky na umisťování staveb stanoveny zvláštními právními předpisy. Je zde zakázáno umisťovat, povolovat a provádět stavby s výjimkou vodních děl, která upravují vodní tok, převádějí povodňové průtoky, vytvářejí opatření na ochranu před povodněmi nebo stavby, které jinak souvisejí s vodním tokem nebo díky kterým se zlepšují odtokové poměry. Dále stavby pro jímání vod, odvádění odpadních vod a odvádění srážkových vod a také nezbytné stavby dopravní a technické infrastruktury. Je možné zde zřizovat konstrukce chmelnic, jsou-li v katastrálních územích vymezených podle zákona č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele, ve znění pozdějších předpisů. Podmínkou však je, že současně budou provedena taková opatření, aby byl minimalizován vliv na povodňové průtoky. V aktivní zóně se také nesmí těžit nerosty a zemina tak, aby zhoršovala odtok podpovrchových vod a provádět terénní úpravy, které zhoršují odtok povrchových vod. Je zde zakázáno skladovat odplavitelný materiál, látky a předměty, dále zřizovat ohrady, živé oplocení a další podobné překážky. Nesmí se zde stavět tábory, kempy a jiná dočasná ubytovací zařízení. [1]

1.3 Povodňové plány

Povodňový plán je důležitý dokument ochrany před povodněmi. Slouží především k souladu činností v daném území v době povodňové situace. Jedná se o souhrn organizačních a technických opatření, důležitých k odvrácení nebo zmírnění škod na životech, majetku občanů, společnosti a na životním prostředí při povodních. Díky němu je řešena ochrana daného území, nemovitosti a realizace stavby. Stanovuje také tři stupně povodňové aktivity, a to stav bdělosti, pohotovosti a ohrožení. Při vypracování takového plánu, je nutné získat podklady technické, kde nalezneme například mapy, seznamy nemovitosti, profil toku, demografické údaje apod., dále pak podklady organizační, ve kterých jsou zahrnuty související povodňové plány, plán vyrozumění odpovědných orgánů a varování obyvatelstva a související havarijní a krizové plány. Povodňové plány menších celků jsou vždy v souladu s povodňovými plány vyššího stupně. Jsou to povodňové plány obcí, správních obvodů, obcí s rozšířenou působností, krajů a plány České republiky. [10] [42]

1.4 Vlastníci pozemků v záplavovém území

Pokud se na pozemku nachází koryto vodního toku, je vlastník tohoto pozemku povinný strpět na svém pozemku přirozené koryto vodního toku, břehové porosty a obecné nakládání s vodami ve vodním toku. Dále je povinen udržovat břehy koryta vodního toku v takovém stavu, aby byl zajištěn potřebný odtok vody, musí odstraňovat překážky a cizí předměty v toku. Výjimku tvoří nánosy, pro které je potřeba vynaložení zvláštních nákladů, zvláštní odborné způsobilosti nebo použití speciální techniky. Je nutné nahlašovat správci vodního toku závady, které se objeví v korytě vodního toku a strpět na svém pozemku vybavení k pozorování stavu povrchových a podzemních vod a ekologických funkcí vodního toku. Je důležité umožnit potřebným institucím (vodoprávní úřad, Česká inspekce životního prostředí a správce toku) výkon jejich oprávnění. Také musí dovolit průchod osob podél vodního toku. [1]

2 Zděné stavby v záplavovém území

U staveb v záplavovém území je nutné počítat se vznikem povodně a konstrukci jí přizpůsobit. Je nutné zajistit objekt tak, aby byla zachována jeho spolehlivost v době průchodu povodňové vlny. Zajištění je dobré mít technicky jednoduché a ekonomické. Je však závislé na několika parametrech. Především na hloubce povodňové vlny a její rychlosti. Tyto charakteristiky slouží ke stanovení účinků povodňové vlny na konstrukci, k výpočtu zatížení konstrukce a k získání dalších požadavků na zajištění konstrukce. Dalším parametrem je druh stavebního objektu. Díky různým konstrukčním řešením je rozdílná i odolnost objektu proti povodňové vlně. Rozdíl je ve stavbě domu, železnice nebo kanalizace. Důležitý faktor je také podloží, jeho vlastnosti a složení, protože je zde riziko vzniku sesuvů. Záleží také na způsobu založení stavby, materiálovém řešení a dimenzaci jednotlivých prvků. Dále na dosavadním způsobu, kvalitě a rozsahu zajištění objektu proti povodňové vlně. Je možné ho provádět předem u novostaveb anebo dodatečně, u stávajících objektů. Nakonec je dobré zohlednit stáří objektu. [11]

2.1 Úprava objektů

Jedná-li se o objekty jak stávající, tak i novostavby, kde je pravděpodobnost působení povodňové vlny, je možné provést některá opatření. Použití všech opatření je navrženo a provedeno takovým způsobem, aby byla zajištěna odolnost konstrukce proti povodni. [11]

2.1.1 Vnitřní dispozice

Prvním opatřením je úprava vnitřní dispozice, kdy není vhodné situovat do míst pod úrovní hladiny předpokládané povodňové vlny tyto místnosti [11]:

- Místnosti pro výrobu a rozvody elektrické energie
- Kotelny na pevná, plynná a kapalná paliva
- Strojovny vzduchotechniky
- Sklady a zásobníky ropovodných produktů, plynovodů, jedovatých, radioaktivních a výbušných látek, infekčního materiálu a chemikálií
- Dílny se strojním nebo technologickým zařízením
- Prostory pro chov zvířat

Dle jistých zkušeností je dobré situovat tyto prostory do míst, která se nacházejí minimálně 300 mm nad výškou hladiny povodně. Tato výška je nevyšší výška od země, do které může povodeň vystoupat. Výšku můžeme zjistit u správců příslušných toků nebo u příslušného vodoprávního úřadu. Pokud tyto prostory nejsou takto situovány, je nutné jejich využití změnit, mohou se zde vyskytovat pouze místnosti, které při zaplavení způsobí minimální škody. Je však možné některé z nich ponechat, pokud je jejich stěhování finančně náročné. V tomto případě je důležité posuzování hydrostatického tlaku a výšky povodňové vlny. Potom jsou tyto prostory izolovány proti tlakové vodě a jsou zde vyměněny dveře za vodotěsné s otvíráním dovnitř, kvůli evakuaci osob. [11] [44]

2.1.2 Úprava vnitřních rozvodů

V místech pod úrovní hladiny povodňové vlny by se měly vnitřní rozvody navrhovat jen v omezené míře. Důležité je zabezpečit vodovodní trubky situované pod hladinou povodňové vlny. Zabezpečí se tak, aby bylo zabráněno zpětnému nasátí vody. Aby nevnikala voda do objektu přes kanalizační přípojky, je nutné všechny opatřit zpětnými klapkami. Nad úroveň 300 mm nad hladinou povodně je vhodné umístit plynoměr, uzávěr plynu a regulátor tlaku. Tuto úroveň musí splňovat i uzávěry od vodovodu, plynovodu, ústředního vytápění a vzduchotechniky, jejíž rozvody vedou právě pod touto hladinou. Také vypínače a elektrické rozvody je potřeba umístit minimálně do této výšky. Domovní skříň rozvodů elektrické energie, jističe a rozvaděče se umísťují do podlaží, do kterého nezasahuje povodeň. Vypínače vzduchotechniky, která je napojena na elektrický rozvod strojovny, jsou také umístěny 300 mm nad úrovní povodně. A nakonec rozvody vzduchotechniky musí být opatřeny čidlem, které snímá hladinu vody. Dobrou volbou je rozdělení elektrických okruhů na okruh nad hladinou povodňové vlny a okruh pod hladinou povodňové vlny. Díky tomuto opatření se zamezí případným opravám všech elektrických rozvodů. [11]

2.1.3 Nosný systém

Z dřívějších povodní bylo zjištěno, že došlo k destrukci mnoha objektů jen kvůli tomu, že nebyly dobře postaveny. V případě těchto staveb nebyly dodrženy konstrukční zásady. Při svědomitější stavbě tyto objekty mohly ještě stát. Je nutné tyto zásady dodržovat právě v oblastech výskytu povodní a předejít tak nepříjemným situacím. Pro zajištění statiky budov je třeba dodržet tato konstrukční opatření [11]:

- Zajištění stability podloží
- Rozšíření nebo zesílení základů
- Výměna nepáleného zdiva za zdivo pálené
- Prostorové ztužení objektu
- Statické zajištění konstrukcí
- Zamezení tuhosti stropní konstrukce ve vodorovné rovině
- Spojení překladu oken a dveří s věncem
- Minimalizace otvorových výplní
- Vložení ztužujících stěn
- Betonová, ŽB nebo ocelová schodiště
- Sanace zděných sloupů nebo pilířů
- Zvýšení tuhosti netuhých stropů
- Úpravy dilatačních spár

2.1.4 Zajištění proti tlakové vodě

Zajištění proti tlakové vodě je opravdu nepostradatelné. Jedná se o opatření, které je navrženo z nepropustného konstrukčního materiálu nebo častěji z materiálu propustného, ale chráněného hydroizolačními povlaky. Tato ochrana musí obklopovat celou konstrukci a spojitě ji chránit. Je důležité, aby byla celistvá a odolná proti tlaku vody a aby zajišťovala dlouhodobou vodotěsnost. Pro zajištění ochrany se umísťují tyto izolace mezi působící vodní prostředí a chráněnou konstrukci. Na tuto ochranu jsou vhodné asfaltové nebo polymerní hmoty. Při použití svíslé izolace, musí výškově přesahovat úroveň hladiny povodně. [65] [66]

2.1.5 Ostatní opatření

Jedná-li se o stávající budovy, které jsou umístěny v oblastech s výškou povodňové vlny nad 1,5 metru, zhotoví se na střeše shromaždiště evakuovaných osob a místo pro přistání vrtulníku. Takové opatření se provede, pokud je to tedy technicky a ekonomicky možné. Střechy šikmé musí být nahrazeny plochou střechou a je třeba vytáhnout schodiště na střechu a opatřit ho zastřešením. Je vhodné mít i evakuační plán. [11]

V případě novostaveb, které jsou přistavovány k objektům stávajícím, je třeba provést dilataci v minimální šířce 50 mm. Je samozřejmostí, že nově stavěný objekt musí dodržovat stejné požadavky, které byly vypsány u stávajících budov. [11]

2.2 Zatížení při průchodu povodňové vlny

Na stavební objekt v záplavovém území působí vlivem povodňové vlny zatížení jejím vodním proudem. Může působit na stavbu anebo na její jednotlivé části. Tato zatížení představuje nerovnoměrné sedání základů, svislý vztlak povodňové vlny, hydrostatický tlak vodního sloupce, dynamický tlak vody z povodňové vlny a dynamický tlak plovoucího předmětu. Díky těmto statickým a dynamickým zatížením může dojít k opravdu vážným statickým poruchám v konstrukcích nebo dokonce ke zhroucení celého systému. Zatížení z povodňové vlny je považováno za zatížení mimořádné, a tudíž se vyskytne během předpokládané životnosti konstrukce jen výjimečně. [11]

U novostaveb je dobré provést vyvýšení obytného podlaží nad úroveň hladiny povodňové vlny. Pokud ale tato varianta není proveditelná, je nutné zabezpečit a navrhnout konstrukce tak, aby mohly přenášet výše zmíněná zatížení. Jedná se především o konstrukce obvodového zdiva, které jsou pod úrovní povodňové vlny. Hloubka povodňové vlny je určena dle průzkumů, které nařídí vypracovat správce toku. [11]

Pokud se budeme zabývat stávajícími objekty, které se nacházejí v povodňovém území, je nutné uskutečnit posouzení odolnosti z hlediska příslušných statických i dynamických zatížení. Jedná-li se o stavby, které nevyhovují, je potřeba navrhnout podpůrná technická opatření, která prodlouží životnost konstrukce. Tato

opatření jsou dvojího charakteru. Jde o protipovodňové bariéry, které mají za úkol zabránit anebo omezit vliv zatížení z povodňové vlny. Druhým opatřením je zesílení příslušné konstrukce tak, aby byla splněna požadovaná odolnost. [11]

2.2.1 Nerovnoměrné sedání základů následkem povodňové vlny

V záplavovém území dochází při zvyšování povodňové hladiny k zamokření podloží objektu a ke změně geotechnických vlastností základové půdy. Voda vymílá podloží a tyto vlastnosti zhoršuje. Výjimkou nejsou ani porušené skalní horniny. Jedná se například o snížení smykových vlastností, únosnost základové půdy a změnu úhlu vnitřního tření. To pak souvisí s nerovnoměrným sedáním, vznikem trhlin a poruchami. Sedání objektu je dlouhodobý proces a nemusí se projevit při první záplavě. Pokud se ale stavba nachází v záplavové oblasti, je možné za dobu její životnosti čekat povodní několik. Proto je vhodné navrhnout plošný základ stabilní a počítat se staticky účinnou hloubkou. [11] [12]

Při navrhování novostavby je proto vhodné navrhnout základy do hloubky únosné vrstvy, aby kvůli zamokření nedocházelo k vymílacím procesům a nebyla ohrožena statika konstrukce. Jestliže se v podzákladí nachází vrstva únosné zeminy, která má uspokojující mocnosti a hloubka založení není velká, je výhodnější plošný základ. Pokud se ale jedná o zeminu neúnosnou, je nutné se zaměřit na objemové nestálosti. Mezi takové zeminy patří například jíly, které mají celkový obsah velmi jemných pórů vysoký, a proto jsou schopny nasáknout vodu, která je v jemných pórech vázána kapilárními silami. Může tak docházet k smrštitelnosti, bobtnání zemin a následnému sedání základů. [12]

Jestliže není možné navrhnout základy plošné, je zde východisko v podobě návrhu základů hlubinných, které se provádějí v podobě opěrných nebo vetknutých pilot až do únosné vrstvy, kde nedochází k vymílacím procesům. Jsou také výhodnější v méně příznivých podmínkách, kde se únosná zemina či hornina nachází ve větších hloubkách. V některých případech mohou výrazně snížit celkový objem prací a stavebních nákladů. Nevýhodou jsou ale skalní horniny, které sice vyhovují svou únosností a prakticky nejsou stlačitelné, ale jejich obtížná rozpojitelnost může navýšit finanční rozpočet stavby. [12]

Pokud se jedná o stavbu stávající, v první řadě je nutné provést posouzení základové konstrukce z hlediska povodňové vlny. Jestliže budou výsledky negativní, je třeba navrhnout patřičná technická opatření. Je možné například rozšířit stávající základy, kdy zesílení základů změní stávajících zatížení, dále provést jejich vzájemné spřažení, která spočívá ve výrobě ploché desky z železobetonu nebo desky s kazetami, popřípadě železobetonové klenbové skořepiny apod. Ta je poté zakotvena do původních základů. Je možné také změnit kvalitu základové půdy. Tento způsob umožňuje zlepšení vlastností zeminy, která dobře přenáší zatížení v základové půdě. Mezi tyto metody patří například zhutňování zeminy, výměna základové půdy, injektování zeminy, vyztužování zeminy nebo její stabilizace. Poslední možností je stažení objektu ocelovými předpjatými lany, a to jak v úrovni stropní konstrukce, tak v úrovni základů. Osadí se kotevní desky, na které se připevní přepínací lano, které se ve dvou nebo třech fázích napne na požadované hodnoty. Lana dobře spolupůsobí s budovou po celou dobu její životnosti. Všechna tato opatření jsou bohužel velice komplikovaná, pracná a opravdu finančně náročná, proto je potřeba si dostatečně rozmyslet, jestli se nejeví jako jednodušší a levnější varianta odstraňování škod po povodni. [13] [14] [15] [16] [38]

2.2.2 Svislý vztlak

Veškeré novostavby, které jsou umístěny pod hladinou povodňové vlny, je nutné zohledňovat na svislý vztlak. Posouzení se samozřejmě provádí i u stávajících objektů, V případě nevyhovujících výsledků mohou být použita stejná opatření, jako v případě nerovnoměrného sedání základů. Vztlaková síla působí vždy opačným směrem, než síla tíhová a směřuje tedy vzhůru. Při posuzování konstrukce je potřeba, aby byla splněna podmínka [11]:

$$G > 1,3 F_{vztlak}$$

GTíha celkové posuzované konstrukce [N]

F_{vztlak} Vztlaková síla [N]

Tato vztlaková síla se dá spočítat pomocí vzorce:

$$F_{vztlak} = g \cdot V_{pon.}$$

gTíhové zrychlení [m/s^2]

$V_{pon.}$Objem ponořené konstrukce [m^3]

2.2.3 Hydrostatický tlak vodního sloupce

Jedná se o tlak vodního sloupce v kapalinách, který lineárně s hloubkou narůstá, vždy působí kolmo na povrch a zatěžuje ho. Vodorovný hydrostatický tlak poškozují zejména lehké výplně otvorů, což může vyvolat další škody. Představuje nebezpečí pro dlouhé volně stojící zdi a ploty, a to zejména při jednostranném zaplavení. Ničící účinek je obvykle ještě zesílen dynamickou složkou proudu záplavy. U objektů, kde se nachází sklepy, zvyšuje tlak okolní zeminy na podzemní zdi a při nesterénné výšce hladiny ve sklepech a v okolním terénu může dojít k prolomení stěn. Tento tlak způsobuje gravitační síla země a počítá se podle vzorce [22] [37]:

$$p_{st} = H \cdot \rho \cdot g$$

p_{st} Hydrostatický tlak [Pa]

H Hloubka pod hladinou vody [m]

ρ Hustota kapaliny [kg/m^3]

Někdy by mohl nastat problém s určením výšky H , která se vypočítá ze součtu hloubky hladiny povodňové vlny a hloubky vymílání. Hodnota vymílání je však dohledatelná v geologickém průzkumu nebo v archivních záznamech o dřívějších povodních, patřících správci příslušného toku [11]:

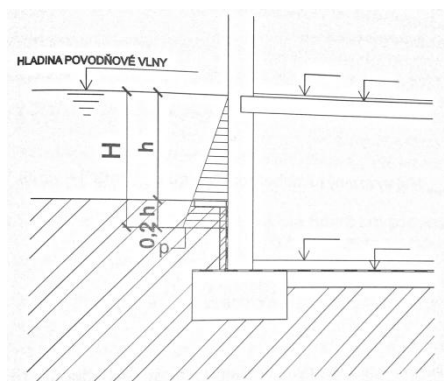
$$H = h + h_v$$

h Hloubka hladiny povodňové vlny [m]

h_v Hloubka vymílání [m]

Pokud nebude hloubka vymílání dohledatelná, je možné ji zvětšit o 20% hladiny povodňové vlny. Toto pravidlo lze uplatnit pouze v případech, že se jedná o pozemní stavby vystavené hladině povodňové vlny do 2 m a rychlosti vlny do 2 m/s [11]:

$$H = h + 0,2h$$



Obr. 5 Výpočet zatížení hydrostatickým tlakem [43]

2.2.4 Dynamický tlak vody z povodňové vlny

Ničivá povodňová vlna vzniká zejména v sevřených údolích vodních toků při tzv. bleskových povodních nebo protržení hrází a bariér. Účinky takové vlny jsou obvykle zcela destruktivní, části domů jsou zničeny nebo celé domy přemístěny. Také jsou ničeny malé mosty na malých tocích. Tento tlak, který je vyvolaný tlakovou vodou z povodňové vlny se podle úhlu nárazu dělí na několik případů zatížení. Jedná se o tlak na stěnu orientovanou kolmo k povodňové vlně a je ho možné vypočítat podle vzorce [11] [37]:

$$p_{dv,kolmý} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2}$$

$p_{dv,kolmý}$ Hydrodynamický tlak kolmý ke směru povodňové vlny [Pa]

v Rychlost povodňové vlny [m/s]

Pokud jde o tlak na stěnu orientovanou šikmo pod určitým úhlem α [°], je nutné ho rozložit na dvě složky, kde jedna je kolmá a druhá rovnoběžná. Nejprve je potřeba si spočítat rychlosti povodňové vlny podle vzorců [11]:

$$v_{rov.} = v \cdot \cos \alpha$$

$$v_{kolm.} = v \cdot \sin \alpha$$

$v_{rov.}$ Rychlost povodňové vlny v rovnoběžném směru[m/s]

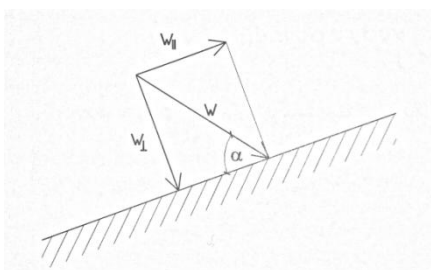
$v_{kolm.}$ Rychlost povodňové vlny v kolmém směru [m/s]

Nakonec jsou dopočítány hydrodynamické tlaky podle vzorců [11]:

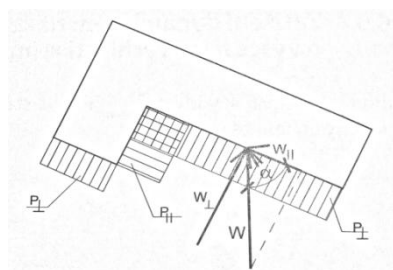
$$p_{dv,kolm.} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$p_{dv,rov.} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \cdot \cos^2 \alpha$$

$p_{dv,rov.}$ Hydrodynamický tlak rovnoběžný se směrem povodňové vlny [Pa]



Obr. 6 Rozklad vektorů rychlosti [11]



Obr. 7 Působení kolmé a rovnoběžné složky rychlosti [11]

U novostaveb je proveden návrh obvodových stěn na celkové tlakové zatížení, které se spočítá jako součet dynamického a statického tlaku podle vzorce [11]:

$$p_c = p_{st} + p_{dv}$$

p_c Hydrostatický tlak celkový [Pa]

V případě stávajících staveb je provedena kontrola celkového tlaku vypočteného z tlaku statického a dynamického (viz výše). Pokud konstrukce nevyhovuje, je

možné navrhnout a provést úpravy obvodových stěn. Úpravy mají za úkol zlepšit odolnost a pevnost obvodových konstrukcí a řeší se přizděním sloupů nebo pilířů k obvodovým stěnám, které se váží v místech návaznosti stropní konstrukce. Přizděné stropy a pilíře se umísťují v místech, která jsou pod hladinou povodňové vlny. Druhé řešení je dodatečné vložení ztužujících stěn. Také je umísťujeme do míst pod hladinou povodňové vlny. Stěny mají za úkol zvýšit celkovou prostorovou tuhost daného podlaží. Poslední možností je kombinace těchto dvou způsobů. [11]

2.2.5 Dynamický tlak plovoucího předmětu unášeného povodňovou vlnou

Na rozdíl od ostatních zatížení, je možné, že se toto zatížení u některých objektů nemusí vůbec vyskytovat. Závisí na zástavbě či vegetaci. Náraz břemene, které je unášeno záplavou, je simulován na dřevěném kmene o délce 10 m, objemové hmotnosti 700 kg/m^2 a rychlostí odpovídající rychlosti povodňové vlny. Je nutné si nejdříve zjistit průměr kmene d [m], který vypočítáme ze vzorečku [11]:

$$d = 2(h - 0,2)$$

Při nárazu na konstrukci nedojde k deformaci kmene ani konstrukce, proto se jedná o pružný ráz. Síla, která při nárazu vzniká, se vypočítá pomocí vzorce [11]:

$$F = m \cdot \frac{v}{t}$$

F Síla vyvozená nárazem dřeva [N]

m Hmotnost kmene [m]

t Doba trvání nárazu [s]

Bohužel je složité zjistit délku trvání nárazu z důvodu dosahování různých hodnot. Pokud ale použijeme hodnoty v rozmezí 0,1-0,5 s neměli bychom se příliš mýlit a výpočet by měl být spolehlivý. Řešením tohoto problému je například oplocení z drátěného pletiva nebo vystavění jiné zábrany, která je orientována šikmo ke směru proudu povodňové vlny. Tak jako u všech opatření je dobré zvážit, zda dané opatření nepřesáhne náklady na opravy po povodni. [11]

3 Vysušování zděné stavby

Po opadnutí povodně je nutné se zamyslet nad vysušením poškozeného objektu. Tato fáze není vždy jednoduchá a podle způsobených škod může být i finančně náročná. Záleží na způsobu ochrany, která byla na budovu aplikována už před povodní. Veškeré úpravy, opravy, odstraňování vlhkosti mohou trvat delší dobu. Je důležitý okamžitý zásah ze strany odborníků, kteří mohou pomoci uvést konstrukci do původního stavu.

3.1 Po opadnutí vody

Mezi první kroky, které je třeba učinit po opadnutí vody, patří odčerpání zbylé vody v objektu. Jedná se například o prostory sklepů nebo suterénů. Nezbytné je provést tuto akci v co nejkratším možném termínu. Jestliže je spodní stavba náchylná nebo není dostatečně připravená na tlak způsobený podzemní vodou, která se nachází nad úrovní vody v budově, nelze odčerpávání provádět. Je proto nutné přivolat k rozhodnutí statika, který posoudí, zda je možné zásah provést. Nedodržení této zásady může snadno způsobit destrukci objektu. Poté je dobré odstranit nánosy bahna, a usazenin, které se dostaly dovnitř objektu společně s vodou. Vhodné je nečistoty odstranit i z vnější strany objektu. Dále vystěhovat veškerý nábytek ze zaplavených prostor a umístit ho do míst, kde voda nezpůsobila škody. Pokud to není možné, je dobré ho aspoň odstavit od zdí a také podložit, aby bylo zajištěno jeho sušení. Odstraňuje se i podlahová krytina, která brání odpaření vody. Jsou to především koberce a podlahy z PVC. A nakonec odstranění omítek, tapet a maleb, protože jsou to materiály, které mají v sobě živiny pro růst plísní. Vnější omítky, fasádu není ve většině případů nutné opravovat, je jen dobré zajistit její vyčištění. [17] [18] [19] [20]

3.2 Posouzení vlhkosti v objektu

Dalším krokem je posouzení vlhkosti konstrukce a horninového okolí stavby. Jedná se o řadu posouzení, která nám určí množství vlhkosti ve stavebních konstrukcích a okolí. Posuzované jsou tzv. nesilové účinky, kdy je konstrukce vystavena nejen vlivům vlhkosti, ale také chemickým a biologickým vlivům. Tyto průzkumy provádějí odborníci a na jejich základě navrhnou způsob odstranění

vlhkosti. Průzkumy je možné provádět v plném rozsahu a o jejich potřebě rozhoduje projektant na základě konkrétního objektu a závažnosti problému. Jestliže je průzkum proveden nedbale, dojde i k nesprávně zvolenému způsobu sanace a tím pádem v krátké době i k opětovnému zvýšení vlhkosti či dokonce ke vzniku nových poruch. Mezi nejdůležitější podklady řadíme vlhkostní průzkum, hydrogeologický průzkum a stavebně-technický průzkum. Je možné provádět i stavebně-historický průzkum, který je nezbytný pro rekonstrukci historických objektů. V průzkumu se sledují fáze úprav a přestaveb, složení materiálu a účel využívání místností či celé budovy. A nakonec mykologický průzkum prováděný u dřevěných prvků, u kterých je naměřena zvýšená vlhkost. Zjišťuje se jím existence a příčina vzniku dřevokazných škůdců. [17] [21] [41]

3.2.1 Hydrogeologický průzkum

Tento průzkum určí inženýrsko-geologický a hydrogeologický stav poměrů stavby, horninového okolí a jejího blízkého okolí. Jedná se o technický stav základového zdiva, podemletí základů, které mohou způsobit nerovnoměrné sedání stavby. Pokud jsou navrženy kvalitní základy, není vždy nutné provádět tento průzkum po povodni, avšak rozhodnutí je vhodné nechat na statikovi. Průzkum přináší i údaje o výskytu podzemní vody, její nejvyšší možné hladiny a také součinitel propustnosti jednotlivých zemin. Zjišťuje, zda povrchová a technologická voda neobsahuje chemické látky, které by mohly mít nepříznivý vliv na hydroizolace objektu. Podle zjištění namáhání a negativních vlivů se určí způsob sanace. Jestliže jsou tato namáhání, zejména u spodní stavby pod úrovní terénu, určena chybně, je špatně určen i způsob sanace. Následné opravy jsou komplikované, pracné a finančně náročné. [17] [21]

3.2.2 Stavebně-technický průzkum

Tento průzkum se zaměřuje hlavně na konstrukční řešení budovy, kvalitu, složení a stav materiálu v konstrukci, dále poruchy konstrukce a její příčiny, okrajové podmínky vně i uvnitř stavby, stav a funkci současného hydroizolačního systému a způsob užívání budovy. Po povodni se posuzuje hlavně statická stabilita budovy a její části. Zjišťují se zejména poruchy konstrukcí, trhliny ve zdivu a technický stav nosných prvků, aby nedošlo ke zřícení. Nevynechává se ani technický stav

instalace vodovodu a odpadů vody uvnitř stavby a stavu kanalizace a přípojek mimo objekt, jestliže nejsou opatřeny zpětnými klapkami. Posuzuje se i rozsah a stupně poškození podlah, stropů a bytového zařízení interiérů místností a prostor stavby, která se nachází pod i nad hladinou povodňové vlny. [17] [21]

3.2.3 Vlhkostní průzkum

Součástí stavebně-technického průzkumu je průzkum vlhkostní. Pomocí něj zjistíme rozsah a stupně zamokření, zavlhčení, zaplísnění, zasolení a další kontaminace dříve zaplaveného podzemního nebo nadzemního zdiva a vnějších i vnitřních omítek. Pokud nebyla konstrukce dostatečně ošetřena, je jasné, že po opadnutí vody je celá promáčená. Dobré je zjistit, do jaké výšky je zdivo touto vlhkostí zasaženo, protože vlivem kapilárních sil samozřejmě voda stoupá nad hladinu povodňové vlny. To je možné zjistit destruktivním i nedestruktivním způsobem.

Při destruktivním způsobu se v různých místech, výškách a hloubkách zdiva odebírají vzorky. Je vhodné je provádět tam, kde jsou patrné projevy vlhkosti a tam, kde jsou typická místa vlhkostního namáhání. Těmito vzorky jsou cihly, přírodní kámen, zdicí malty apod. Na nich se poté zjišťuje vlhkost v laboratořích a to pomocí hmotnostní metody. Vzorky jsou zváženy po odebrání z konstrukce a po vysušení v sušárně. Nedestruktivní průzkum zdiva se provádí především u omítek, betonových mazanin a potěrů. Pro tato měření se používají většinou elektrické přístroje, které pracují na principu měření odporu nebo elektrické kapacity a jejich změny v případě zvyšování vlhkosti. V tomto případě nejsou výsledky ovlivněny elektrolyty ve zdivu. Nezkoumá se pouze vlhkost, ale i množství obsahu chloridů, síranů a dusičnanů a zjištění hodnoty pH. [23] [24] [40]

3.3 Vysušování zdiva

U zavlhlého nebo mokrého zdiva je potřebné zajistit statiku objektu, a proto je nutné začít zdivo vysušovat. Vlhkostní sanace konstrukcí se provádí až po odeznění záplavových účinků. To je v době, kdy dojde k trvalému poklesu hladiny záplavové vody do podzákladí nebo alespoň pod úroveň podlah. Vysoušení není vůbec jednoduché, protože různé stavební materiály mají svoje specifické vlastnosti. Při vysoušení je podstatné převádění vody na vodní páru. Ta musí být

potom z prostoru odvedena mimo objekt. Jedná se o takzvané předsušení, které se provádí pomocí vysoušečů. Poté je dobré v těchto místnostech a prostorách zajistit průběžné větrání a vytápění. [17] [25]

Při sušení stavebních materiálů je nutné dodržení určitých podmínek, které se týkají rychlosti sušení a teploty povrchu sušeného materiálu. Je nutné je dodržovat, aby nedošlo k jeho smršťování. To má za následek vznik napětí, která mohou způsobit deformaci i trhliny. Vše se odvíjí od rozdílu koncentrací vody ve stavebním materiálu, který je tím větší, čím větší je rychlost sušení a citlivost při sušení. Záleží také na tloušťce stavebních materiálů, kde vznikají při stejné rychlosti sušení různě veliká napětí. Napětí jsou tím větší, čím složitější je tvar. Proto se maximální rychlost sušení určuje v závislosti na tloušťce stavebních materiálů, citlivosti suroviny při sušení a také tvaru stavebního dílu. [26]

3.3.1 Průběh sušicího procesu

Nepřetržité vypařování vlhkosti se uskutečňuje pomocí difúzí páry z povrchu do obklopujícího prostředí např. do vzduchu. Transport páry je vyvoláván rozdílem parciálního tlaku vodní páry v sušicím prostředí a parciálního tlaku vodní páry na povrchu. Nejdůležitější je obsah vody a způsob její vazby na materiál. Obsah vody vyjadřujeme pomocí měrné vlhkosti [kg vody/kg sušiny] a relativní vlhkosti [kg vody/kg vlhkého materiálu]. Sušicí proces u stavebních materiálů lze rozdělit do tří etap. Jedná se o etapu ohřevu, stále rychlosti sušení a klesající rychlosti. [26] [58]

Úsek ohřevu

Při styku stavebního materiálu se sušicím vzduchem o vyšší teplotě a relativní vlhkosti nižší než 100 % začíná jeho zahřívání a současně narůstá rychlost sušení až k maximální hodnotě. Na konci tohoto úseku je teplota povrchu stabilizovaná. Dochází k tepelné rovnováze mezi množstvím tepla přijímaného materiálu a spotřebou tepla k odpařování vody. Poté dochází k úseku stálé rychlosti sušení. [26]

Úsek stálé rychlosti sušení

Rychlost sušení se nemění a je rovna rychlosti odpařování vody z volného povrchu kapaliny. V této fázi se vypařuje volná voda na povrchu materiálu, povrch ale zůstává vlhký, protože se odpařovaná voda nahrazuje vodou přicházející zevnitř. Na povrchu stavebního dílu se mění teplota, která se přibližně rovná teplotě mokrého teploměru. Tlak par nad povrchem materiálu je roven parciálnímu tlaku nasycených vodních par při teplotě povrchu. V tomto případě na vlhkosti sušeného materiálu nezáleží. Tento úsek je při sušení nejdůležitější a nejnebezpečnější, jelikož je doprovázen smrštěním materiálu a tím i vznikem napětí. Navíc zdívo není jednolitá plocha. Je to složenina několika materiálů, které mají jiné dilatace. Je tedy důležité dobře určit, jak rychle se jaký materiál při určité tloušťce může vysušovat. Při porušení rovnováhy mezi množstvím odpařované vody z povrchu a množstvím vody dopravené k povrchu materiálu dochází k přesoušení. Tím se vytváří velký rozdíl v koncentracích vlhkosti a nastává porušování a praskání stavebního materiálu. Pokud ale tato rovnováha zůstane zachována, rychlost se mění, jestliže obsah vody ve stavební hmotě neklesne na kritickou vlhkost a na povrchu výrobku nedosáhne hygroskopické vlhkosti. V tomto okamžiku nastává pokles rychlosti sušení. [26]

Úsek klesající rychlosti sušení

V této části dochází s klesající vlhkostí stavebního materiálu k poklesu rychlosti sušení. Vzhledem k tomu, že již není dostatek vlhkosti převáděné z vnitřku sušeného materiálu, respektive zdíva, povrch sušeného materiálu nepředstavuje volný povrch kapaliny a tlak par nad povrchem materiálu klesá. Impuls sušení ubývá a rychlost sušení klesá až na nulu. Zapříčiňuje to rozdíl tlaků mezi povrchem sušeného materiálu a sušícím vzduchem. Tento stav nastane při dosažení vlhkosti rovnovážné, při které je tlak par nad povrchem sušeného materiálu roven parciálnímu tlaku par v sušičce vzduchu. [26]

3.3.2 Druhy vysušování

Zdivo, které je nasycené vodou, produkuje velké množství vlhkosti. Vzduch je schopen tuto vlhkost přijímat v závislosti na teplotě. Proto platí, že čím vyšší teplota, tím méně vlhkosti. Snažíme se tedy zahřívat jak vzduch v místnosti, tak i samotnou konstrukci. Při sušení zdiva se v dnešní době používají účinné vysoušeče, které zvyšují teplotu a lze s nimi dosáhnout výrazného a trvalého snížení obsahu vlhkosti ve dřívě zaplavených a zamokřených konstrukcích. Tyto vysoušeče je možné používat i na stavbách, ve skladech a všude, kde jsou potřebné. Mají odolnou konstrukci, vysoký odvlhčovací výkon a také se vyznačují výrazným vzduchovým výkonem, který významně urychluje proces vysoušení. [25] [27] [39]

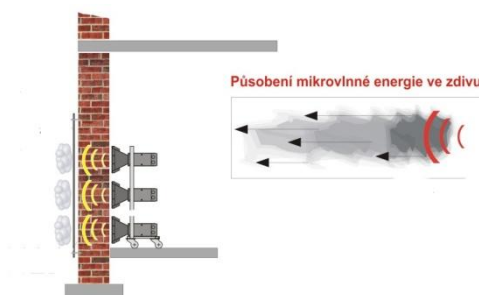
Vysoušení pomocí větrání

Větrat můžeme dvěma způsoby. Jedná se o větrání přirozené nebo nucené. Přirozený způsob je finančně nenáročný. Jde o prosté otevření oken a vytvoření cirkulace vzduchu v sušené místnosti. Bohužel má své nevýhody. Je to proces opravdu pomalý. Takové vysušování může trvat několik týdnů. Spíše se vysušování přirozeným větráním nedoporučuje, protože v jistých problematických místech, jako jsou třeba rohy místností, je nedostačující. Problematická je také vlhkost vnějšího prostředí například v podzimních měsících. V tomto období je tak vysoká, že je vysušování pomocí přirozeného větrání bezpředmětné. Větrání nucené je možné realizovat v objektech, kde bylo předem instalováno. Jedná se o přívod vzduch šterbinami přes obytné místnosti a odvod vzduchu pomocí odsávací mřížky, nacházející se většinou v koupelnách a kuchyních. Pro potřebu vysoušení je možné zvýšení výkonu těchto jednotek. Nevýhodou je zvýšení nákladů na jejich provoz. [28] [29]

Mikrovlonné vysušování

Mikrovlny jsou součástí odvětví elektromagnetických vlnění a zahrnují rovněž oblast viditelného světla. Tyto mikrovlny (elektromagnetické vlny) mají vlnovou délku od jednoho milimetru až do deseti centimetrů, což odpovídá frekvenci tří až tří set gigahertz. Možnosti ohřevu stavebních materiálů pomocí tohoto záření jsou

známy již několik desetiletí. Molekuly vody pohlcují mikrovlnnou energii, poté se rozkmitají a způsobují její zahřátí. Podle množství vody, které běžné stavební materiály obsahují, jsou mikrovlny absorbovány. Mikrovlnné vysoušeče jsou neprodejné a nacházejí se pod správou specializovaných firem na odvlhčování, které zajišťují veškerý odborný dohled a obsluhu. Pro případ vysoušení po povodních jsou bohužel nevhodné. [29] [36]



Obr. 8 Mikrovlnné vysušování [30]

Teplovzdušný ohřev

Proudem teplého, až horkého vzduchu dochází k ohřevu celé vysoušené konstrukce. Tedy stavebního materiálu i vody, která se nachází uvnitř i v okolí. Zde je teplonosnou látkou vzduch. Tento ohřev probíhá od povrchu ke středu. Povrchová vrstva se ohřívá a následně i vysušuje dostatečně rychle, ale k prohřátí celého masivu dochází pomalu. Finanční náklady se zvyšují společně s příkonem zařízení. Příkon však bývá opravdu vysoký. Po celou dobu je důležité udržovat vhodnou provozní teplotu v místnosti. Postupuje se od rohů místnosti, protože nejhůře vysychají. V tomto případě je možné použít i několik agregátů zároveň. Bezpečnou vzdáleností od konstrukce je asi 1,2-1,5 metru. Tato vzdálenost je závislá od výkonu vysoušeče. [29] [31] [36]

Sálavý ohřev

Při sálavém ohřevu se používají sálavé panely, které k přenosu energie využívají infračervené záření. Vzduch není ohříván, ale záření dopadá na konstrukci a ohřívá její povrch. Čím je větší povrchová teplota panelu, tím je více tepla předáno sáláním. Jestliže dopadne záření na povrch konstrukce, tak se mění v teplo. Tyto panely ohřívají vlhké zdivo ze vzdálenosti šesti až dvanácti centimetrů. Vysoušené předměty je nutné přímo vystavit infrazáření, protože každá

překážka v cestě (nábytek) absorbuje nebo odráží infračervené záření. Za několik hodin až dní se ve zdivu vytvoří teplotní spád. V průběhu sušení postupuje vlhkost ze zdiva na povrch, který je teplejší. Vzniklé vodní páry, které se objeví mezi konstrukcí a panelem jsou poté odváděny do prostoru. Rychlost je především závislá na vzniklém teplotním spádu uvnitř zdiva, ale i na relativní vlhkosti těsně u povrchu zdiva. Toto vysušování je dobré kombinovat i s přirozeným odvětráváním místnosti. Místnost tedy nemusí být uzavřená, protože panel vysušuje místo, které ohřívá. [32] [33] [36]

Kondenzační vysušování

Kondenzační vysoušeče pracují na principu výrazného snížení teploty vzduchu v sušeném prostoru, čímž dojde ke kondenzaci vlhkosti. Tento postup je vhodný při vysoušení u konstrukcí, kde došlo k promočení povrchu. Vlhký vzduch z místnosti je nasáván, poté se ochladí a tím dojde k vysrážení vody. Ochlazený vzduch slouží dále k chlazení kondenzátoru, kde se ohřívá a vhání se jako suchý vzduch zpátky do místnosti. Vysrážená voda stéká do sběrače a poté se vylévá nebo odčerpává čerpadlem. Druh odčerpávání je závislý na stupni vlhkosti vzduchu. Při tomto vysoušení je důležité zabránit přístupu vzduchu z jiných místností nebo z venku a proto se utěsňují všechny otvory ve vysoušené místnosti. Nesmí se větrat a do místnosti se chodí jen za účelem vylévání zkondenzované vody. Vysoušeč by měl pracovat 24 hodin denně a doba vysoušení činí asi čtyři dny. [34] [35] [36]

4 Materiály pro návrh konstrukce

Pro záplavové oblasti je nutné zabezpečit konstrukci tak, aby byla zajištěna minimální nasákavost jejích zatopených částí. Proto je vhodné vybrat správné hydrofobizační přípravky, kterými je nutné ošetřit jak tvarovky, tak i omítky a v neposlední řadě nalézt spárovací hmoty, která zajistí vodonepropustnost spáry. Správný návrh a jeho přesná realizace výrazně ovlivňuje životnost konstrukce.

4.1 Zdivo z keramických zdicích prvků

Cihelné zdivo je v dnešní době opravdu oblíbené, má řadu výborných vlastností přispívajících k pohodě bydlení a vytvoření zdravého vnitřního prostředí. Má výbornou schopnost akumulace, která zabraňuje rychlým změnám vnitřní teploty a tím prochlazení či naopak přehřívání místností v závislosti na změnách vnější teploty. Cihelné zdivo je schopno přijímat a uvolňovat vlhkost, takže bezproblémově zvládá kolísání vlhkosti vzduchu v obytné místnosti, snižuje nebezpečí vzniku plísní a zabraňuje vzniku poruch konstrukce vlivem kondenzace vodních par uvnitř konstrukce. Tvarovky jsou výborný tlumič hluku a stěny ze speciálních akustických cihel splňují i zvýšené požadavky na ochranu proti hluku. Jedná se o materiál nehořlavý, při jehož výrobě se nepoužívají chemické přísady a z hotového výrobku se neuvolňují žádné chemické látky škodlivé pro zdraví člověka. Zdivo z cihel má téměř neomezenou životnost, nehnije a nenapadají ho škůdci. [53]

V posledních letech se do popředí dostávají broušené cihly. Jedná se o vyspělou technologii v oboru cihlářství. Broušené cihly se od klasických cihelných bloků liší finální fází výroby. Jsou vyrobeny vyšší a jejich ložné plochy se po vypálení zabrousí do roviny pomocí brusných kotoučů. Výška těchto bloků je 249 mm. Díky vysoké přesnosti vodorovné ložné plochy je jejich zdění prováděno na speciální maltu pro tenké zdění, polyuretanovou pěnu nebo lepidlo. Výška maltového lože je pouhý jeden milimetr, a proto je zachován výškový modul zdění 250 mm. Tepelně-izolační vlastnosti se tak zlepšují, protože největší únik tepla je právě přes klasickou zdicí maltu. Ve zdivu z broušených cihel se výrazně eliminuje vznik tepelných mostů, taktéž způsobených spárou. Tyto tvarovky působí i estetickým

dojmem. Mezi další výhody patří i vliv na jednoduchost provádění omítek a fasády, nemluvě o snížení technologické vlhkosti ve zdivu a úsporách při vybavování staveniště, mezi které patří síta, míchačky, dopravníky apod. Díky všem těmto vynikajícím vlastnostem byly vybrány jako zdicí prvek, který bude zkoušen v praktické části práce a chráněn hydrofobizačním opatřením. [53]

4.2 Hydrofobizační přípravky

Jednou z metod používaných k omezení nasákavosti stavebních materiálů je hydrofobizace. Příliš mnoho vlhkosti má negativní vliv na zdraví lidí a může vést k vývoji biologické a chemické koroze. Životnost konstrukce je značně závislá na vodotěsné ochraně, kterou je nutné provádět řádným způsobem. Jedním z řešení je použití impregnace, tím se změní zeď z vysoce absorpčního na vodoodpudivý povrch. Hydrofobizace je nejlepší způsob, jak chránit budovu před vlivem vody a povodně. Jedná se o chemické přísady, které mění charakter fázového rozhraní. V případě hydrofobizace se jedná o změnu na styku tří fází, které se dají popsat Youngovou rovnicí [45] [46]:

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos\theta$$

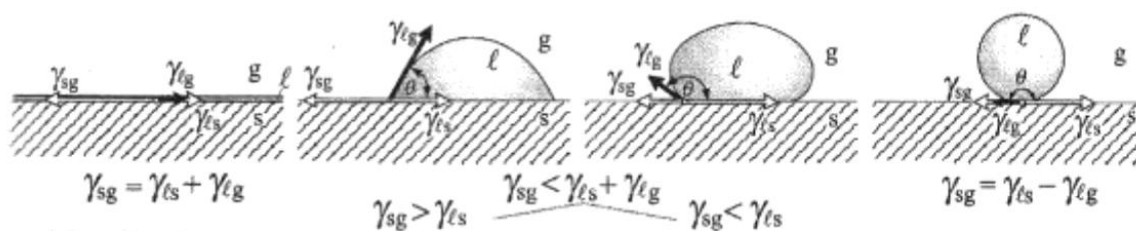
γ_{sg} mezifázové povrchové napětí pevná látka, plyn

γ_{sl} mezifázové povrchové napětí pevná látka, kapalina

γ_{lg}mezifázové povrchové napětí kapalina, plyn

$\cos\theta$smáčecí úhel

Hydrofobizace je spojena se zvýšením mezifázového povrchového napětí mezi vodou a materiálem, snížením mezifázového povrchového napětí mezi plynem a materiálem a měnícím se napětím mezi vodou a plynem.



Obr. 9 Mezifázové povrchové napětí

Na obrázku je vidět úhel, který svírá tečna k povrchu kapky vody s materiálem. Na jeho základě jsou pak povrchy rozděleny do čtyř kategorií. [7] [45]

- 0-90° hydrofilní
- 90-120° hydrofobní
- 120-150° super hydrofobní
- <150° ultra hydrofobní

4.2.1 Oleochemikálie

Jsou to soli odvozené od mastných kyselin, které mají opravdu vysoký hydrofobní účinek při malých dávkách (0,1 – 0,6%). Řadí se mezi velmi silná hydrofobní činidla. Často jsou v literatuře označovány jako kovová mýdla. Jestliže mluvíme o kovových mýdlech, jedná se obecně o soli mastných kyselin jakéhokoliv kovu. Chemické a fyzikální chování těchto kovových mýdel je v praxi velice odlišné. Soly kovů alkalických zemin a přechodných kovů jsou ve vodě nerozpustné a mají hydrofobní účinek. Naproti tomu, soli alkalických kovů jsou ve vodě rozpustné a jejich chování na povrchu je aktivní. V dnešní době můžeme dělit oleochemikálie do třech následujících skupin. [47]

Mýdla alkalických zemin a přechodných kovů

Mezi mýdla alkalických zemin a přechodných kovů patří především soli odvozené od kyseliny stearové neboli stearáty. Tyto stearáty se prokazují jako velmi silná hydrofobní činidla. Jejich nedostatkem je bohužel obtížné smáčení čerstvé malty a nízké dispersní vlastnosti. Jako hydrofobizační látky jsou nejčastěji využívány stearáty zinku, vápníku a magnézia. Nejdůležitější faktor, který ovlivňuje jejich kvalitu, je způsob výroby. Takovou vhodnou metodou je metoda srážecí, kdy vyrobené stearáty jsou specifické vysokým měrným povrchem a nízkou objemovou hmotností. Čím je vyšší měrný povrch, tím je vyšší hydrofobní výkon, protože lze takto pokrýt větší plochu stavebního materiálu hydrofobní substancí. Stearáty je možné vyrábět také pomocí přímých procesů, ale ty pro svůj nízký měrný povrch nejsou preferovány pro ochranu stavebních konstrukcí. [47]

Mýdla alkalických kovů

Mezi mýdla alkalických kovů patří především soli odvozené od kyseliny olejové – oleáty. Samy o sobě nejsou tyto soli hydrofobní. Jejich hydrofobní účinek se projevuje opožděně poté, co reagují s volným CaO a převedou se na hydrofobní soli alkalických zemin. Proto jsou také označovány za reaktivní mýdla. Oproti mýdlům alkalických zemin vynikají dispersními vlastnostmi a jsou ve výsledných účincích nejvýkonnějšími hydrofobizéry, především pak oleát sodný. Kovová mýdla se ukazují jako ideální hydrofobizér pro minerální omítky. Nevýhodou použití je opět obtížné smáčení suché malty. Tento problém byl však vyřešen pomocí vytvoření vodou rozpustných mýdel. Jedná se o mýdla nenasycených mastných kyselin, která jsou pohotově rozpustná ve vodě. Fungují stejně jako povrchově aktivní látky a vykazují dobré dispersní vlastnosti. Díky jejich vysoké příbuznosti s vápenatými ionty se v omítce přetvářejí na hydrofobní kovová mýdla, což je důležité k získání hydrofobního efektu. Namísto cementu může sloužit jako zdroj vápníku vápenný hydrát. Při použití těchto reaktivních činidel je nutné, z důvodů uskutečnění reakcí, při návrhu materiálu počítat s postačující zásobou vápenných iontů. [47]

Kombinované produkty

Jsou to směsné produkty oleátů a stearátů, které kombinují výhody obou dvou skupin. Jedná se především o okamžitý silný hydrofobní efekt stearátů a schopnost smáčení a dispersní vlastnosti oleátů. V dnešní době jsou k dispozici produkty s širokým spektrem poměrů a jsou připravené přímo na míru. Mýdlová část v produktu zastupuje roli dispersního činidla a zajišťuje optimální rozmístění kovových mýdel, což snižuje vliv míchání na obsah vzduchu. Na rozdíl od běžných dispersních činidel, oleáty se vznikem příslušných kovových solí ztrácejí svoje povrchově aktivní vlastnosti. Další výhodou těchto kombinovaných produktů je opravdu rychlý nástup vodoodpudivých vlastností, proto jsou kombinované produkty charakteristické všestranností a použitelností. [47]

4.2.2 Silikony

Skupina silikonů je svým chemickým složením a vlastnostmi velmi široká. Jedná se především o látky s nízkou povrchovou energií, vykazující nízké povrchové napětí. Mezi jejich dobré vlastnosti patří nehořlavost, odolnost vůči UV záření, oxidaci a chemikáliím. Vynikají dispersními vlastnostmi a imunitou proti povětrnosti a alkalitě. Dále jsou tepelně stabilní, protože jejich viskozita do velké míry není závislá na teplotě a odolávají jak velmi nízkým, tak i poměrně vysokým teplotám. Předností je hydrofobní povaha, kterou zapříčiňuje zvýšení smáčecího úhlu pro kapaliny, s čímž souvisí i předpoklad rovnoměrného pokrytí povrchu při tvorbě filmů a paropropustnost. Přestože propouští vodní páru oběma směry, nehromadí vodu pod vrstvou silikonu. Voda je vlivem tepla měněna na vodní páru a v této formě se z vrstev uvolňuje. Silikonové nátěry prokazují redukci výkvětů, odolávají i mořské vodě. Konzistence silikonů může jít od pastovité až po tekuté formy. Pro hydrofobizaci se nejvíce využívají siloxany, které je jeví jako nejvhodnější hydrofobizér pro ochranu zdicích tvarovek i jako přísada na zvýšení vodonepropustnosti omítek pro záplavové oblasti. Siloxany jsou opravdu reaktivní, protože vynikají velikostí částic, která je pouhý jeden nanometr. V poslední době byl objeven potenciál silanů. Silany pak pronikají do špatně dostupných skulin a kapilárního systému. [48]

4.2.3 Dávkování

Dávkování hydrofobizérů je především uváděno v hmotnostním procentu ze sumy hmotností suchých složek receptury. Vhodné je dávkování významně pod jedno procento, protože již takto malá část zabezpečuje výrazný hydrofobní účinek. Účinek je spojen se silným poklesem nasákavosti. Další zvyšování hydrofobního účinku vyžaduje daleko větší dávku hydrofobizéru. V tomto případě se hydrofobizér stává neefektivním. [47]

4.3 Pigmenty

Pigment je materiál, který mění barvu odráženého světla, což je způsobeno absorpcí určitých vlnových délek. Výsledná barva je dána spektrem vlnových délek světla, které se odrazí. Pigmenty mohou být děleny na anorganické i organické anebo na přírodní a syntetické. Pigment je velmi jemnozrnná hmota

s velikostí částic od 0,2 do 10 μm . Používají se pro výrobu nátěrových barev nebo případně barvení. Je požadováno, aby byl pigment nerozpustný nebo co nejméně rozpustný a to i za vyšších teplot, protože i částečná rozpustnost může v systému způsobit rekrystalizaci pigmentu a tím i změnu jeho fyzikálních vlastností. [49] [50]

Při hydrofobizaci tvarovek do záplavových oblastí je možné pigment míchat s daným hydrofobizérem, který je aplikován při ochraně nebo je možné ho ředit s vodou a aplikovat na tvarovku před namáčením v hydrofobizéru, případně až poté. Postup je závislý na druhu hydrofobizační přísady, protože v některých případech může snižovat hydrofobní účinek. Snížení je zaznamenáno v bakalářské práci, na kterou tato práce navazuje, hlavně při zvyšujícím se množství pigmentu. Pigment se užívá z důvodů toho, aby bylo jasné, do jaké výšky byl hydrofobizér použit, tedy do jaké výšky je zdivo chráněno. [7]

4.3.1 Organické pigmenty

Organické pigmenty jsou pouze syntetického charakteru. Pokud je budeme srovnávat s pigmenty anorganickými, můžeme říct, že mají nižší hustotu, jsou transparentnější, mají větší měrný povrch, větší barvicí sílu z důvodu vyššího absorpčního koeficientu a nakonec jsou dražší. Některé druhy jsou méně stálé na světle, mají horší odolnost proti chemikáliím a často se stává, že materiál krvácí v organických rozpouštědlech. [49]

4.3.2 Anorganické pigmenty

Anorganické pigmenty mohou být přírodní a syntetické. Jedná se především o oxidy a sulfidy kovů, sloučeniny kadmia a rtuti a uhlíkové černě. Prokazují se daleko lepší tepelnou a světelnou stabilitou než organické pigmenty. Celá skupina anorganických pigmentů je nerozpustná v obvyklých rozpouštědlech a plastických materiálech. Pokud jsou dávkovány ve vysokých koncentracích, poskytují brilantní odstíny. Při nízkých koncentracích nejsou tak dobré jako organické pigmenty. I přes jejich krycí schopnost a dobré reologické vlastnosti mají menší barvicí sílu a chudou škálu odstínů, která je v jistých případech i kalná. [49]

4.4 Malty a pojiva

V posledních letech můžeme nalézt mnoho zdicích prostředků. Dříve bylo běžné stavět pomocí zdicí malty. Tato technologie se samozřejmě využívá i dodnes, bohužel s sebou nese různá úskalí, jako je například vysoká spotřeba a vysoký součinitel prostupu tepla a tloušťka spáry. V dnešní době se hojně rozmáhá zdění pomocí jiných zdicích prostředků, kterými jsou například malty pro tenkovrstvé zdění, zdicí pěny a lepidla. Tyto způsoby odstraňují nedostatky klasických maltových směsí a pomáhají při zdění zvýšit rychlost. Jejich velikou výhodou spára, která je vysoká kolem jednoho milimetru, což má příznivý vliv na omezení nasákavosti konstrukce.

4.4.1 Malty pro zdění

Malta pro zdění, používaná pro ukládání, spojování a spárování zdiva představuje směs pojiv, kameniva, vody, příměsí a přísad. Pojivem se rozumí fyzikálně-chemicky aktivní součást malty, spojující pevné součásti malty v kompaktní celek. Množství, druh a vlastnosti pojiva do malty se řídí druhem a požadovanými kvalitativními parametry. Přísada je materiál, přidávaný v malém množství v poměru k hmotnosti pojiva obsaženého v maltě za účelem zlepšování vlastností. Mezi příměsí se řadí jemně zrnitý anorganický materiál přidávaný k maltě také za účelem zlepšování speciálních vlastností. Kamenivo je materiál, nepodílející se na reakcích vedoucích k tvrdnutí malty. Může být přírodní, jako například hutné kamenivo, dále průmyslové, jako strusky, popílky, škváry anebo uměle vyráběné, mezi něž patří perlit a keramzit. [54]

Mezi nejpoužívanější malty dnešní doby, patří zdicí malta pro tenkovrstvé zdění, která je určena pro výstavbu z broušených cihel na tenkou spáru. Malta má univerzální použití a je možné ji nanášet pomocí vozíku na celou plochu ložné spáry nebo pouze na žebra cihel. Pro každý způsob se používá jiné množství záměsové vody. Malta je aplikována na všechny tloušťky zdiva. Mezi její výhody patří vysoká pevnost, zvýšený tepelný odpor zdiva, jednoduché a velmi rychlé zdění, úspora pracovního času, nízká spotřeba, zásadní snížení technologické vlhkosti ve zdivu a vyšší pevnost zdiva než při použití klasické malty. Maximální frakce kameniva nesmí být větší než 1/3 minimálního rozměru spár. Zdicí malty se

využívají ke scelování konstrukce, složené z jednotlivých částí. Na stabilitu díla má velký vliv správné a pevné spojení zdicích prvků. [54] [55]

4.4.2 Polyuretanová pěna

Jedná se o tvrdou pěnu, která je nazývána PUR pěna. Výhodou technologie zdění je především rychlost výstavby, absence mokrých procesů a také možnost zdění při nízkých teplotách, především v zimě a to do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento typ zdění je vhodný pro broušené tvarovky, které musí být očištěny od prachu a nečistot. Pěna je aplikována pomocí pistole na tvarovky navlhčené vodou. První vrstva je založena na klasické zdící maltě, kvůli vyrovnání nerovností a další vrstvy na samotnou pěnu. [7]

Polyuretanová pěna je vyráběna polyadici polyizokianátů s vícemocnými alkoholy. Polyuretany se napěňují v důsledku uvolněného CO_2 , který je vyvolán přidavkem vody. Výroba polyuretanu může být jednostupňová nebo dvoustupňová. Nejčastěji se používá výroba jednostupňová, kdy dojde ke smíchání polyizokianátu, alkoholu a vody. Při dvoustupňovém způsobu výroby se smíchá polyizokianát a alkohol a po částečné polymeraci je přidána voda, kvůli vylehčení a vytvrzení. PUR pěny dosahují objemové hmotnosti až 100 kg/m^3 , součinitel tepelné vodivosti $0,03\text{ W/(m}^1\text{K}^1)$, pevnost v tlaku okolo 3 MPa a faktor difúzního odporu 100. [51]

4.4.3 Lepidlo

Lepidla jsou v dnešní době používána na tenkovrstvé zdění. Jejich výhoda spočívá ve spotřebě, která může být až 10x nižší. Lepidla jsou určena na zdění cihelných bloků. Stejně jako u zdící pěny, tak i u lepidel se zjednodušuje zdění a zvyšuje rychlost výstavby. Je možné je nanášet pomocí aplikační pistole, štětcem nebo válcem. Mezi výhody zdění na lepidlo patří nepochybně úspora práce, extrémně silná lepivost a zpracovatelnost od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Některá lepidla mohou obsahovat difenylmetandiizokyanát, proto je dobré je používat v dobře větraných prostorách. Povrchy tvarovek musí být při zdění zbaveny volných částí, separačních prostředků jako prachu, mastnoty a poté dobře navlhčeny. Doba vytvrzení lepidla je silně závislá hlavně na teplotě, vlhkosti prostředí a také na tloušťce nanesené vrstvy. První vrstva se zakládá na klasickou

zdicí maltu, aby byla výškově vyrovnaná. Další vrstvy tvarovek se spojují pomocí lepidla. [52]

4.5 Omítky

Omítky jsou materiály, které slouží k vyrovnání nerovností zdí, ochraně zdiva, dále jako finální úprava nebo jako podklad pro konečnou úpravu povrchů. Jedná se o jednovrstvou nebo vícevrstvou úpravu, která musí splňovat fyzikálně-chemické požadavky stavby. Omítky můžeme rozdělit podle mnoha kritérií. Je to třídění podle vzhledu, charakteru, složení, skladby a technologie. Pro nás je však nejdůležitější dělení podle speciálního využití, které zahrnuje omítky tepelně-izolační, akustické, protipožární a nejdůležitější sanační omítky. [62] [63]

4.5.1 Sanační omítka

Tyto omítky jsou schopny díky své porézní struktuře a hydrofobitě eliminovat vliv vody ve zdivu. Sanační omítky jsou suché maltové směsi stávající se po provedení vrstvami s vysokým obsahem vzduchových pórů a odolné proti vlhkosti. Odolnost proti vodě lze omezit zvětšením poloměrů pórů nebo zvětšením smáčeného úhlu. Sanační omítky využívají obě z těchto možností. Pokud je vhodně zvolená granulometrie spolu s vhodným pěnidlem, vytvoří se omítka s vysokým obsahem pórů o velkém průměru, jimiž je přerušena síť jemných pórů a omezeno vztlínání. Pomocí hydrofobizační přísady je změněn smáčecí úhel, povrch se stává nesmáčivým a voda poté neproniká do omítky. [62] [63] [64]

Sanační omítka je vlastně sanační omítkový systém, který se skládá ze tří vrstev. První vrstva je podhoz, který vytváří kotvící a spojovací vrstvu. Nanáší se síťově, tak aby pokryl maximálně 50 % zdiva. V některých případech se používá nanášení celoplošné, které většinou doporučuje výrobce. Druhá vrstva je pórovitá omítka, která slouží k vyrovnání hrubých nerovností povrchu a jako uložisko krystalizujících solí. Musí být částečně nasákavá, aby do ní mohla voda s rozpuštěnými solemi proniknout. Nanáší se v tloušťce jeden až dva centimetry. Poslední, třetí vrstvou je samotná sanační omítka, která díky své hydrofobitě zabraňuje pronikání kapalné vody a solí. Tato vrstva se nanáší v tloušťce jednoho a půl centimetru. [62]

Sanační systém může být použit jak v exteriéru, tak i v interiéru. Ve vnitřních prostorech může být upraven vzhled pomocí štuky, který musí svými vlastnostmi odpovídat předchozím vrstvám. Jedná se především o difúzní odpor, hydrofobitu a kapilární nasákavost. Z venkovní části je pak povolena fasádní úprava. Fasádní nátěr by měl mít co největší paropropustnost. Proto jsou doporučeny silikonové a silikátové barvy. [62]

4.6 Způsob zdění

Největší pozornost je nutné věnovat založení první vrstvy cihel. Založení se provádí po natavení hydroizolačních pásů v místech stěn. Pásky musí být o cca 15 – 20 cm širší než šířka zdiva. Při nivelaci se určuje nejvyšší bod základů, ze kterého se potom vychází při zakládání první vrstvy cihel. První vrstvu je možno zakládat pomocí speciální malty. Vrstva malty nesmí být nanášena v pruzích a je důležité, aby byla dokonale vodorovná, souvislá a nesmí se stát, že by byla tenčí než 10 mm. Maltu nanášíme, urovnáváme a tento postup opakujeme, dokud není hotový jeden souvislý úsek maltového lože v délce jedné stěny. [53]



Obr. 10 Nanášení vyrovnávací malty [56]

Při zdění obvodových stěn začneme v rozích osazením rohových cihel. Mezi rohové cihly je z vnější strany natažena zednická šňůra. Díky ní jsou cihly první vrstvy kladeny a následně urovnávány pomocí gumové paličky a vodováhy. První vrstva tvarovek je ukládána přímo do maltového lože nebo asfaltový tmel. Je důležité, aby při osazování první vrstvy nepřesahovaly výškové rozdíly mezi jednotlivými cihlami jeden milimetr. [53]



Obr. 11 Zakládání první vrstvy [57]

Při zakládání první vrstvy na maltu je místem nejčastějších tepelných ztrát přechod zdiva a betonového základu. Tento problém je možné řešit vysypáním první vrstvy zdiva tepelně izolačním materiálem. Jedná se o hydrofobizovaný expandovaný perlit nebo drcený polystyren. [53]

Pro další vrstvy cihel můžeme využít různé druhy zdění. Liší se především spojovacím materiálem a také způsobem nanášení. Jedná se o zdění na tenkou spáru, zdění na celoplošnou spáru, zdění na pěnu Dryfix nebo na lepidlo. Při zdění a pokládání jednotlivých tvarovek je třeba využívat spojení pero+drážka. Spodní okraj ukládané cihly je opřen o vrch cihly již uložené a je spuštěn po drážkách dolů na spodní vrstvu. Tvarovky se nesmí do konečné polohy posouvat po ložné ploše, aby nebyla malta setřena. U zdění je také důležitá vazba a to ze statického hlediska. Zdicí prvky musí být dobře provázány tak, aby konstrukce tvořila jeden prvek. Převaz svislých spár mezi dvěma sousedními vrstvami by měl mít délku minimálně 125 mm, konkrétně u tvarovky s výškou 250 mm. [53]

4.6.1 Zdění na tenkou spáru

V tomto případě se zdí na suchou maltovou směs, kdy se malta připraví podle návodu na obalu, smícháním s vodou. Při míchání se používá například vrtačka s míchadlem. Před nanášením první vrstvy malty je dobré cihly navlhčit. Zabraňuje to rychlému odsátí vody z malty při zdění při vyšších teplotách. Zdění na tenkou spáru lze provést dvěma způsoby. Jednak nanášením malty pomocí nanášecího válce anebo namáčením cihel do malty. [53]

Nanášení malty pomocí nanášecího válce

Nanášecí válec dokáže nanést maltu v optimální dávce a dobrém rozprostření. Šířka válce je zvolena podle šířky stěny. Malta je dávkována do zásobníku nanášecího válce, odkud je při rovnoměrném pohybu válce nanášena na ložnou plochu broušených cihel. Do takto uložené tenké vrstvy malty, která ulpívá pouze na žebrech cihly, je pokládána nová vrstva cihel. Před nanesením malty je vhodné očistit ložné spáry od zbytků malty nebo úlomků cihel. Tento způsob zdění je jedním z levnějších, i když značnou nevýhodou je nutnost nanášecího válce. [53]



Obr. 12 Nanášení malty pomocí nanášecího válce [58]

Namáčení cihel do malty

Tenkovrstvé zdění je také možno provádět namáčením cihel. Při tomto způsobu se tvarovka uchopí shora a spodní ložnou plochu ponoří rovnoměrně do malty na tenké spáry. Noří se do hloubky maximálně pěti milimetrů. Na cihle tak zůstane správné množství směsi, kdy jsou pokryta jen žebra cihel. Namočená broušená tvarovka se usadí na své místo ve zdivu. Opět není dovoleno s cihlou posouvat. Tento způsob zabezpečuje pevné spojení jednotlivých cihel do požadované vazby. Nevýhodou je bohužel dvoj- až trojnásobná spotřeba malty, v porovnání s nanášením pomocí nanášecího válce. [53]

4.6.2 Zdění na celoplošnou spáru

Tvarovky lze také pokládat na celoplošnou zdicí maltu. Suchá směs se v kbelíku smíchá s požadovaným množstvím vody. Tvarovky je nutné předem omést od prachu a nečistot a při vyšších teplotách navlhčit vodou. Dobře namíchaná hmota se klade na povrch cihelných bloků pomocí speciálního nanášecího válce. Malta je dávkována do zásobníku a odtud je při rovnoměrném pohybu válce nanášena na ložnou plochu tvarovek. Válec nanese asi tři milimetry tenkou vrstvou

malty, která vytváří celoplošný koberec nepropadající do dutin tvarovky. Do této vrstvy se pokládá nová vrstva cihel. Po uložení cihly je, z důvodů stlačení tíhou tvarovky, konečná tloušťka malty asi jeden milimetr. Výhodou tohoto způsobu pokládky je, že se tvarovky dají dodatečně vodorovně upravit, konstrukce je prostorově tužší, otvory v tvarovkách nejsou průběžné pro celou výšku podlaží, čímž se zvýší tepelný odpor konstrukce. Nevýhodou je vyšší spotřeba malty. [53]



Obr. 13 Zdění na celoplošnou spáru [60]

4.6.3 Zdění na pěnu Dryfix

Jedná se o zdění na polyuretanovou pěnu. Pěna je dodávána ve speciální dóze, kterou stačí řádně protřepat a našroubovat na adaptér nanášecí pistole. Dávkování je regulováno pomocí spoušti pistole a regulačním šroubkem. Pěna je nanášena na vyrovnanou vrstvu tvarovek tak, že do šířky zdiva 140 mm je dávkován jeden pruh a pro širší zdivo dva a více pruhů pěny o průměru třech centimetrů ve vzdálenosti pět centimetrů od okrajů cihel. Broušené cihly jsou ukládány před zavadnutím povrchu zdicí pěny. Položená cihla se nesmí ani zvedat a ani posouvat. Mezi velké výhody patří, že na stavbě je omezen mokrá proces a příprava pojiva nám zabere minimální čas. Jedná se o jeden z nejrychlejších způsobů zdění a lze ho použít i při nižších teplotách. [53]



Obr. 14 Zdění na PUR pěnu [61]

II. Praktická část

5 Cíl práce

Cílem praktické části diplomové práce je předložení využitelného návrhu hydrofobizace keramických zdicích prvků zabezpečující zatopení minimálně po dobu 168 hodin bez výrazného zvýšení vlhkostního obsahu (s nasákavostí do 5%) a způsobu pigmentace tvarovek pro případy, kdy není hydrofobizovaný celý zdicí prvek. Práce navrhuje způsob zdění (včetně aplikace vhodné povrchové úpravy) tak, aby byla zajištěna celková vodonepropustnost a omezená nasákavost celého zdiva.

Praktická část je zaměřena na provedení a vyhodnocení zkoušek hydrofobizace, kapilární nasákavosti hydrofobizovaných prvků, vodonepropustnosti navržených spojů a konečně provedení ověřovací zátopové zkoušky na modelové konstrukci z hydrofobizovaných zdicích prvků

6 Metodika práce

Praktická část je rozdělena na několik experimentů. Jedná se o ověření a návrh hydrofobizace, pro kterou byly vybrány keramické tvarovky POROTHERM 30 Profi vzhledem k lichému počtu řad dutiny. Tvarovky byly vysušeny v sušárně a poté na ně byly aplikovány vybrané hydrofobizační přípravky (EVONIC WS 405, EVONIC WS 670, EVONIC WS 600). V této části experimentu byly vybrány přípravky, které se všechny nanášely pomocí máčení a při různých koncentracích. V některých případech byly hydrofobizéry kombinovány i s pigmentem. Hydrofobizované tvarovky byly ponořeny do vodní lázně a po určitých časových intervalech byly váženy. Naměřené hodnoty byly zaznamenávány, kvůli vypočítání procentní nasákavosti pomocí normy ČSN 71 260.

V další části byla vytvářena tělesa pro zkoušení kapilární nasákavosti omítek a byla zjišťována jejich konzistence. Pro tento experiment byly vybrány tři druhy štukových omítek (Cemix, Weber, KNAUF). Z těchto omítek bylo navrženo 12 různých směsí s odlišnými přísadami hydrofobizační přísady. Na těchto směsích byla zkoušena konzistence v čerstvém stavu pomocí střešního stolku dle normy ČSN EN 1015-3 a vypočet objemové hmotnosti v čerstvém stavu podle normy ČSN EN 1015-6.

Po vytvrnutí byla u omítky zjišťována i objemová hmotnost v zatvrdlém stavu dle normy ČSN EN 1015-10 a stanovoval se koeficient kapilární absorpce omítek podle normy ČSN EN 1015-18. Z vypočtených hodnot byla vybrána nejvhodnější směs.

Poslední část praktické části se týkala zátopové zkoušky, kdy byla na tvarovky POROTHERM 30 Profi, předem vysušené v sušárně, aplikována hydrofobizační ochrana, která se nejvíce osvědčila právě v první části experimentu. EVONIC WS 405 byl použitý v koncentraci 1:40 při době máčení deseti vteřin. Z těchto připravených tvarovek byla v plastovém bazénu vystavěna zídka. Výstavba probíhala podle navržené technologie. První vrstva byla založena na střešním tmelu, který se nanášel na dno ve čtyřech rovinách. Další vrstva se zdíla pomocí PUR pěny, které se nanášela jak na ložné, tak i na svislé spáry ve třech rovinách. Spáry byly dodatečně chráněny pomocí butylenového tmelu. Kraje

a spodní část příčky byly opatřeny plastovými lištami lepenými pomocí střešního tmelu a jejich spoje opět chráněny butylenovým tmelem. Po vytvrnutí byla konstrukce z jedné části zaplavena. Za měsíc byla konstrukce vizuálně zkontrolována a bylo vypočteno množství vody, které se protéklo na druhou stranu. Nakonec byla zídka rozebrána a z vybraných tvarovek bylo odsekáno několik střepeů pro zjištění vlhkostního profilu konstrukce.

7 Zkušební vzorky

Na základě literární rešerše byly vybrány materiály vhodné do záplavových oblastí, na nichž byly prováděny zkoušky z důvodu ověření jejich vhodnosti.

V části hydrofobizace byly vybrány ochranné přípravky EVONIC WS 405, 600 a 670, ze kterých bylo vytvořeno devět hydrofobizačních opatření.

Tab. 1 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření

Vzorek	Druh hydrofobizéru	Hydrofobizační opatření	Doba namáčení [s]
Ref	-	-	-
V1	EVONIC WS 670	1:50	10
V2	EVONIC WS 670	1:30	10
V3	EVONIC WS 670	1:20	10
V4	EVONIC WS 405	1:50	10
V5	EVONIC WS 405	1:30	10
V6	EVONIC WS 405	1:20	10
V7	EVONIC WS 600	1:50	10
V8	EVONIC WS 600	1:30	10
V9	EVONIC WS 600	1:20	10

Poté následoval výběr vhodné koncentrace EVONIC WS 405, jelikož tento přípravek dosahoval neoptimálnějších vlastností. K již dříve zkušným koncentracím 1:20, 1:30 a 1:50 byly přidány nové koncentrace 1:40 a 1:60.

Tab. 2 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření

Vzorek	Druh hydrofobizéru	Hydrofobizační opatření	Doba namáčení [s]
V4	EVONIC WS 405	1:50	10
V5	EVONIC WS 405	1:30	10
V6	EVONIC WS 405	1:20	10
V10	EVONICWS 405	1:40	10
V11	EVONICWS 405	1:60	10

Nakonec se ověřovala kompatibilitnost hydrofobizačního přípravku s pigmentem, kde byla přidána další dvě opatření.

Tab. 3 Popis jednotlivých hydrofobizačních opatření

Vzorek	Druh hydrofobizéru	Hydrofobizační opatření	Doba namáčení [s]
V5	EVONICWS 405	1:30	10
V10	EVONICWS 405	1:40	10
V12	EVONICWS 405	1:30 + pigment	10
V13	EVONICWS 405	1:40 + pigment	10

Při zkoušení povrchové ochrany zdiva byly vybrány tři štukové omítky. CZ 320 od firmy Weber, 023 j od firmy LB Cemix a MV 2 od firmy KNAUF. Omítky byly v různém množství chráněny hydrofobizační přísadou IMESTA IW 290.

Tab. 4 Složení směsí pro zkoušení koeficientu kapilární absorpce

Směs	Druh hydrofobizéru	Množství hydrofobizéru z hmotnosti omítky	Omítky	Množství omítky [kg]	Množství vody [kg]
S1	-	0,00%	Weber	4	0,96
S2	IMESTA IW 290	0,25%	Weber	4	0,96
S3	IMESTA IW 290	0,50%	Weber	4	0,96
S4	IMESTA IW 290	0,75%	Weber	4	0,96
S5	-	0,00%	Cemix	4	1,08
S6	IMESTA IW 290	0,25%	Cemix	4	1,08
S7	IMESTA IW 290	0,50%	Cemix	4	1,08
S8	IMESTA IW 290	0,75%	Cemix	4	1,08
S9	-	0,00%	KNAUF	4	1,08
S10	IMESTA IW 290	0,25%	KNAUF	4	1,08
S11	IMESTA IW 290	0,50%	KNAUF	4	1,08
S12	IMESTA IW 290	0,75%	KNAUF	4	1,08

Po ukončení zátopové zkoušky bylo z vybraných tvarovek A, B a C chráněných přípravkem EVONIC WS 405 v koncentraci 1:40 odebráno několik střepeů z důvodu zjištění vlhkostního profilu.

Tab. 5 Vzorky odebrané z tvarovky A v první vrstvě

Vzorek	*Vzdálenost [mm]	Poloha střepeu
A1	0	horní podstava
A2	50	horní podstava
A3	150	horní podstava
A4	300	horní podstava
A5	0	spodní podstava
A6	50	spodní podstava
A7	150	spodní podstava
A8	300	spodní podstava
A9	150	střed

*Vzdálenost polohy střepeu od zatopené strany konstrukce

Tab. 6 Vzorky odebrané z tvarovky B v první vrstvě

Vzorek	*Vzdálenost [mm]	Poloha střepu
B1	0	horní podstava
B2	50	horní podstava
B3	150	horní podstava
B4	300	horní podstava
B5	0	spodní podstava
B6	50	spodní podstava
B7	150	spodní podstava
B8	300	spodní podstava

**Vzdálenost polohy střepu od zatopené strany konstrukce*

Tab. 7 Vzorky odebrané z tvarovky C v druhé vrstvě

Vzorek	*Vzdálenost [mm]	Poloha střepu
C1	0	spodní podstava
C2	50	spodní podstava
C3	150	spodní podstava
C4	300	spodní podstava

**Vzdálenost polohy střepu od zatopené strany konstrukce*

8 Zkušební metody

8.1 Hydrofobizace zdicích prvků

Provedení zkoušky hydrofobizace je v této práci důležité, z důvodu vybrání neúčinnějšího hydrofobizačního přípravku a správné koncentrace tak, aby byla zajištěna co nejlepší ochrana konstrukce. Je jasné, že druh a koncentrace zásadním způsobem ovlivňuje nasákavost prvku. Proto byla zvolena různá opatření, která se v některých případech kombinovala i s pigmenty.

8.1.1 Volba hydrofobizačního přípravku

První část byla provedena z důvodů zjištění nejvhodnějšího druhu hydrofobizačního prostředku. Byly vybrány tři přípravky, u kterých se zjišťovala jejich účinnost. Hydrofobizér, který prokazoval dostatečné vlastnosti, byl důkladněji zkoumán za účelem zjištění nejlepší možné ochrany.

Použité pomůcky a suroviny

Při hydrofobizaci byly použity tyto pomůcky:

- plastové nádoby na máčení tvarovek v hydrofobizéru a pigmentu (30 l)
- plastové nádoby pro vodní uložení (90 l)
- odměrný válec o objemu 2 l
- váhy s přesností $\pm 0,1$ g a s váživostí 35 kg
- horkovzdušná sušárna
- stolní pila
- ocelové pravítko délky 50 cm
- stopky
- černý lihový fix
- tkanina

Pro experiment byly vybrány následující hydrofobizační prostředky na silikonové bázi:

- EVONIC WS 405
- EVONIC WS 670
- EVONIC WS 600



Obr. 15 Hydrofobizační přípravek EVONIC

Pro zkoušení byly vybrány keramické tvarovky:

- POROTHERM 30 Profi od firmy Wienerberger cihlářský průmysl, a.s.

Postup

Keramické tvarovky POROTHERM 30 Profi byly upraveny rozřezáním na čtvrtiny, z důvodu jejich vysoké hmotnosti. Bylo tak vytvořeno 18 zkušebních, později hydrofobizovaných vzorků a dva referenční. Vždy dva vzorky tvořily jednu zkušební sadu. Byly uloženy do horkovzdušné sušárny a vysušeny do konstantní hmotnosti při teplotě asi 105°C.

Následně byly označeny a zváženy. Bylo navrženo devět různých hydrofobizačních opatření, která se od sebe lišila druhem hydrofobizéru a koncentrací. Ve spodní části vzorků byly narýsovány dvě rysky. První ve výšce 50 mm a druhá ve výšce 70 mm od spodní hrany tvarovky.



Obr. 16 Tvarovky připravené na hydrofobizaci

Připravené tvarovky byly máčeny v daných hydrofobizačních přípravcích o zvolených koncentracích. Namáčeny byly po dobu deseti sekund, až po horní rysku ve výšce 70 mm. Po dobu sedmi dnů byly ponechány v laboratorních podmínkách. Dále byly vzorky umístěny na dřevěný rošt v plastové nádobě o objemu 90 l a zatopeny vodou po spodní rysku ve výšce 50 mm. Poté probíhalo vážení, první den každou hodinu a následně dle možností.



Obr. 17 Tvarovky zatopené vodou

Při každém měření byly vzorky vytaženy z vodní lázně, osušeny pomocí tkaniny a zváženy. Po zvážení byly vráceny zpět. V průběhu měření byla také kontrolována výška vodní hladiny, aby neustále dosahovala do 50 mm. Po ukončení měření byla vypočítána nasákavost dle normy ČSN 71 260 u jednotlivých tvarovek a zpracované výsledky vyneseny do grafů.

8.1.2 Zjištění vhodné koncentrace

Dále byl zkoumán přípravek EVONIC WS 405, který dosáhl nejlepších výsledků. Tato část byla zaměřena na hledání vhodné koncentrace. V experimentu byly doplněny další varianty z důvodů zjištění nejlepší možné ochrany. Byly použity stejné pomůcky a suroviny jako v první části. Postup hydrofobizace byl zachován tak, jako v předchozí části. Připravené tvarovky byly máčeny v daných hydrofobizačních přípravcích o zvolených koncentracích. Tři dříve již zkoušené koncentrace 1:20, 1:30 a 1:50 byly doplněny o další dvě koncentrace 1:40 a 1:60. Porovnávalo se tedy celkově pět ochranných opatření.

8.1.3 Zjištění vlivu pigmentů

Tato část byla zaměřena na pigmentaci. Bylo zjišťováno, jak působí pigment na chráněnou tvarovku a zda jeho použití nezhoršuje ochranné vlastnosti. Pro tento experiment byly zvoleny koncentrace 1:40 a 1:30. Byly použity stejné pomůcky a suroviny jako v první části. Navíc byl použit modrý pigment.



Obr. 18 Hydrofobizační přípravek v kombinaci s pigmentem

Postup práce probíhal stejným způsobem jako v první části. Výjimku tvořila hydrofobizační přísada, která se kombinovala s pigmenty. Připravené tvarovky byly máčeny v daných hydrofobizačních přípravcích o zvolených koncentracích, do kterých byly přimíchány pigmenty. Byla vytvořena dvě nová ochranná opatření.



Obr. 19 Tvarovka opatřená hydrofobizérem v kombinaci s pigmentem

8.2 Příprava zkušebních těles a doplňkové zkoušení omítek

V další části experimentu byla vyrobena tělesa pro stanovení kapilární absorpce. Byly vybrány tři druhy omítek, ze kterých bylo vyrobeno několik těles s různými přísadami hydrofobizačních přípravků. Při přípravě byla také stanovována konzistence omítek dle normy ČSN EN 1015-3 a objemová hmotnost v čerstvém stavu ČSN EN 1015-6 a zatvrdlém stavu ČSN EN 1015-10. Zjišťovalo se, jaký vliv má hydrofobizér na připravenou omítku. Stanovení konzistence omítek je vhodné pro zpracovatelnost.

Použité pomůcky a suroviny

Při zkoušce byly použity tyto pomůcky:

- plastové nádoby na míchání omítek (90 l)
- ruční míchadlo
- trojformy (40 x 40 x 160)
- váhy s přesností $\pm 0,1$ g a s váživostí 35 kg
- odbedňovací přípravek
- kovový střešovací stolek
- komolý kovový kužel vysoký 60 mm s vnitřním průměrem 100/70 mm s nástavcem
- dusadlo o průměru 40 mm
- ocelové pravítko délky 50 cm
- posuvné měřítko
- tkanina
- špachtle

Pro experiment byly vybrány následující omítky:

- štuková omítka CZ 320 od firmy Weber, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. (25 kg)
- vnější štuk jemný 023 j od firmy LB Cemix, s.r.o. (30 kg)
- univerzální štuková omítka MV 2 od firmy KNAUF Praha s.r.o. (30 kg)

Při přípravě byl použit hydrofobizační přípravek na bázi oligomerních siloxanů:

- IMESTA IW 290 od firmy Imesta, spol. s r.o.

Postup

Zvolené suroviny byly naváženy a vloženy do plastové nádoby. Množství vody bylo voleno dle výrobce. Poté byly zamíchány pomocí ruční míchačky. Tímto způsobem bylo namícháno 12 směrů.

Na každé směsi byla stanovena konzistence. Před každou zkouškou se ovlhčila a očistila deska střešacího stolku a kovový kužel s nástavcem. Kovový kužel s nástavcem byl umístěn do středu desky střešacího stolku a naplněn maltou ve dvou vrstvách. Každá vrstva se hutnila 10 lehkými údery dusadla tak, aby byl kužel rovnoměrně naplněn. Po odstranění nástavce byla přebývající malta setřena pomocí špachtle a volná plocha desky pečlivě otřena, aby byla čistá. Asi po 15 vteřinách byl kovový kužel opatrně zvednut. Ihned poté byla malta rozlita 15 rovnoměrnými zdvihy střešacího stolku (do výše 10 mm) po dobu 15 sekund. Průměr vzniklého koláče byl změřen ve dvou navzájem kolmých směrech s přesností jednoho milimetru. Získané hodnoty byly zaznamenány a byl vypočítán aritmetický průměr. Po dokončení této zkoušky byly plněny trojformy. Tyto formy byly předem zváženy a byl na ně aplikován odbedňovací přípravek. Plnění probíhalo vždy ve dvou vrstvách, kdy byla každá vrstva hutněna 15 zdvihy. Přebytečná vrstva malty byla setřena pilovitým pohybem pomocí špachtle. Poté byly formy opět zváženy, kvůli zjištění objemové hmotnosti v čerstvém stavu a uloženy v laboratoři.



Obr. 20 Vzorok uložené v laboratoři

Od každé směsi byly naplněny dvě trojformy, což znamená, že bylo vytvořeno vždy šest zkušebních vzorků. Vzorky první trojformy byly použity pro zkoušku kapilární nasákavosti a trámce z druhé trojformy byly vytvořeny kvůli zjišťování objemové hmotnosti. Po třech dnech byly trámce doformovány, změřeny rozměry, zváženy, kvůli objemové hmotnosti v zatvrdlém stavu a připraveny na další zkoušení.

8.3 Stanovení koeficientu kapilární absorpce omítek

Tato zkouška byla prováděna na zatvrdlých omítkách dle normy ČSN EN 1015-18. Koeficient kapilární absorpce popisuje schopnost stavebního materiálu absorbovat kapalnou vlhkost v závislosti na čase. Používá se především při hodnocení vnějších povrchových úprav a povrchů obecně. U stanovení součinitele kapilární absorpce je nutné zjistit časovou závislost kapilární nasákavosti zkušebního vzorku při kontaktu s kapalinou. Měření je prováděno u vysušeného stavu zkušebního vzorku, až do jeho nasáknutí.

Použité pomůcky a suroviny

Při stanovení koeficientu kapilární absorpce byly použity tyto pomůcky:

- miska s hloubkou nejméně 20 mm
- podnožky nebo rošt pod zkušební tělesa
- stopky s možností odečtu v sekundách
- váhy s přesností $\pm 0,1$ g a s váživostí 35 kg
- sušárna
- tkanina
- mikrometrické posuvné měřidlo
- štětec

Pro experiment byly použity připravené vzorky z předchozí části experimentu.

Na zkoušené vzorky byl aplikován těsnící syntetický přípravek Izoban.

Postup

Po uplynutí 21 dní od přípravy vzorku byla prováděna zkouška stanovení koeficientu kapilární nasákavosti. Nejprve byla tělesa rozlomena na poloviny a označena.



Obr. 21 Vzorky vytažené ze sušárny

Poté byla uložena v sušárně a vysušena do konstantní hmotnosti při 105 °C. Ze čtyř nejdelších stran byla potřena těsnícím přípravkem, aby v průběhu zkoušky nabírala vodu pouze z lomové hrany a ne bočními stranami.



Obr. 22 Vzorky natřené těsnícím přípravkem

Takto připravená zkušební tělesa byla zvážena a následně umístěna do misky s vody s výškou hladiny 5 až 10 mm. Vzorky byly postaveny na aktivní zkušební plochu, tzn. na lomovou plochu 40 x 40 mm. Mezi dno a zkušební tělesa byla umístěna distanční rohož. Hladina byla po celou dobu udržována v předepsané výši. Pro zajištění dokonalého styku zkušebních vzorků s vodou bylo nutné odstranit vzduchové bublinky tak, že tělesa byla nořena do vody v šikmé poloze. Po ponoření do vody byly spuštěny stopky a provedena kontrola hladiny. Zkušební tělesa byla vyjmuta po 10 minutách, otřena a zvážena. Poté byla znovu umístěna do misky s vodou. Vážení probíhalo i po 90 minutách

a 24 hodinách. Nakonec byla tato tělesa po délce rozlomena na poloviny a byla zjišťována výška vzlínání. Pokud byl vzorek nasáklý po celé výšce, výška vzlínání byla stanovena dle normy jako výška zkušebního tělesa (80 mm). V případě, kdy byla vidět hranice promočení, byla tato výška uprostřed tělesa změřena s přesností na jeden milimetr.



Obr. 23 Rozlomené vzorky omítek

8.4 Zátopová zkouška a vodonepropustnost spoje

Zátopová zkouška byla prováděna pro komplexní návrh zdiva. Byla zde zjišťována pevnost navrženého zdiva, výdrž hydrofobizačního přípravku, který byl aplikován na tvarovky, množství prošlé vody a vodonepropustnost spoje. Zdivo by mělo zaručit minimální nasákavost a maximální ochranu před případnou povodní.

Použité pomůcky a suroviny

Při hydrofobizaci byly použity tyto pomůcky:

- plastový bazén
- plastové nádoby na máčení tvarovek v hydrofobizéru (90 l)
- odměrný válec o objemu 2 l
- váhy s přesností $\pm 0,1$ g a s váživostí 35 kg
- horkovzdušná sušárna
- ocelové pravítko délky 50 cm
- stopky
- černý lihový fix

Pro experiment byl vybrán následující hydrofobizační prostředek na silikonové bázi:

- EVONIC WS 405

Pro zkoušení byly zvoleny keramické tvarovky:

- POROTHERM 30 Profi od firmy Wienerberger cihlářský průmysl, a.s.

Zdění bylo prováděno pomocí:

- Porotherm PUR pěny pro zdicí systém Dryfix od společnosti Wienerberger a.s.

První vrstva tvarovek byla založena na tmelu na bázi bitumenu:

- Střešní tmel Silver Line od firmy Den Braven Czech and Slovak a.s.

Při zkoušce byly spáry vyplněny tmelem na bázi polybutylenové pryskyřice:

- Stavbařský butylenový tmel od firmy Den Braven Czech and Slovak a.s.

Postup

Keramické tvarovky POROTHERM 30 Profi byly uloženy do horkovzdušné sušárny, kde byly vysušeny do konstantní hmotnosti při teplotě asi 105°C. Poté byly označeny a zváženy.



Obr. 24 Tvarovky přichystané na hydrofobizace pro zátopovou zkoušku

Takto připravené tvarovky byly máčeny v hydrofobizačním přípravku EVONIC WS 405, který byl použitý v koncentraci 1:40. Celé tvarovky byly namáčeny po dobu deseti sekund v nádobě o objemu 90 l. Následně byly umístěny na dřevěný rošt v laboratorních podmínkách.



Obr. 25 Tvarovka namáčená v hydrofobizéru

O měsíc později probíhala další část experimentu. Do bazénu, který byl opatřen rozpěrami, byla příčně zhotovena malá zídka. Pro potřeby naší zkoušky bylo třeba vystavět dvě vrstvy tvarovek.



Obr. 26 Bazén na zátopovou zkoušku

Pro založení první vrstvy byl vybrán střešní tmel Silver Line, jelikož nebylo nutné vyrovnání podkladu. Ten byl nanášen na dno bazénu ve čtyřech rovinách pomocí aplikační pistole. Na něj byla postupně ukládána první vrstva hydrofobizovaných tvarovek. Na styčné spáry první vrstvy byla nanášena PUR pěna. Nanesení proběhlo ve třech rovinách, ve vzdálenosti 50, 100 a 200 mm od hrany tvarovky, která byla později vystavena tlaku vody.



Obr. 27 První vrstva založená na střešním tmelu

Poté byla vystavena druhá vrstva, jež byla celá stavěna na zdicí PUR pěně. Opět byla použita ve třech rovinách jak v ložných, tak i ve styčných spárách.



Obr. 28 Zdění druhé vrstvy pomocí PUR pěny

Protože bazén neměl vhodné rozměry, byla nedoléhající strana po celé výšce vyplněna zdicí pěnou.



Obr. 29 Nedoléhající strana vyplněna zdicí pěnou

Aby byl dostatečně chráněná spára, byla vyplněna stavbařským butylenovým tmelem. Tmel byl nanášen pomocí aplikační pistole jak ve svislých tak i ložných spárách.



Obr. 30 Spáry vyplněné butylenovým tmelem

Dále bylo potřeba zajistit kraje a spodní část příčky. Na tato místa byl nanesen střešní tmel, pomocí kterého byly přilepeny ochranné plastové lišty. Vzniklé spoje byly opět ošetřeny butylenovým tmelem.



Obr. 31 Stěna opatřená ochrannými lištami

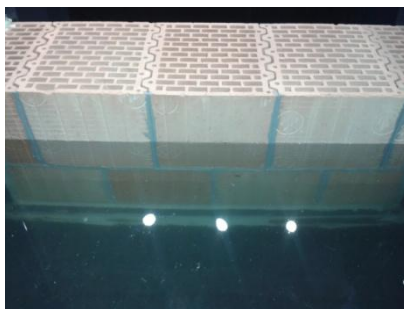
Lišty byly zajištěny pomocí rozepří a butylenovým tmelem ještě jednou zatmeleny všechny spoje a spáry.



Obr. 32 Zajištění lišt rozepřími

System se od klasického způsobu liší hlavně použitím hydrofobizačního opatření tvarovek. Dále způsobem založení, pro který se většinou používá speciální zakládací malta nanesená z důvodu vyrovnání podkladu, což v našem případě nebylo nutné. A nakonec ochranou spáry v podobě tmelu.

Po vytvrdnutí, které trvalo tři dny, bylo provedeno zaplavení. Z jedné části zídky byla konstrukce zatopena až do poloviny výšky druhé vrstvy tvarovek (375 mm).

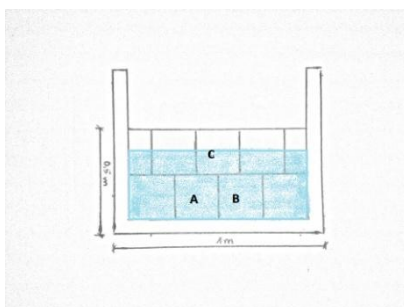


Obr. 33 Zaplavená část konstrukce



Obr. 34 Pohled na zaplavenou (vpravo) a nezaplavenou (vlevo) část konstrukce

Po měsíci byla konstrukce vizuálně zkontrolována a změřena výška vody v zaplavené části a výška vody na druhé straně. Poté byla voda z bazénu vypuštěna, zeď rozebrána a z vybraných tří tvarovek bylo odebráno několik střepeů.



Obr. 35 Tvarovky zvolené pro zkoušení

Odsekané střepey byly vždy z míst, které se nacházely pod hladinou vody (375 mm). U první vrstvy (tvarovka A a B) to byla místa spodní i horní plochy tvarovky a u druhé vrstvy (tvarovka C) pouze spodní plochy. Z každé plochy, jak z horní, tak i z dolní, byly odebrány vždy čtyři střepey. První z kraje tvarovky (0 mm), která byla v kontaktu s vodou, dále 50 a 150 mm od okraje a poslední na druhém konci (300 mm).



Obr. 36 Odebírání vzorků z tvarovky

Poté bylo zjišťováno množství vody, které jednotlivé střešky nasákly. Nejprve byly zváženy, dále vysušeny v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti a opět zváženy. Nakonec byla vypočtena vlhkost a výsledky vyneseny do grafů.

9 Vyhodnocení

9.1 Volba hydrofobizačního přípravku

Vzorky na které byl aplikován hydrofobizační přípravek a které byly po dobu 318 hodin ve vodním uložení, postupem času zvyšovaly svoji hmotnost. V této době byly v daných časových intervalech váženy a po ukončení experimentu byla vypočítána nasákavost dle vzorce z normy ČSN 71 260:

$$NV = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100$$

NV..... Nasákavost [%]

m_n Hmotnost vzorku nasáklého vodou [g]

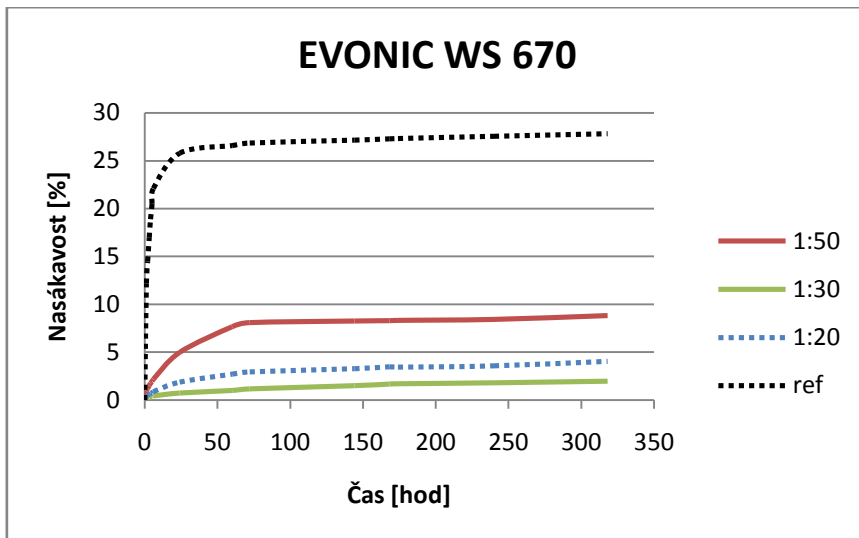
m_s Hmotnost vzorku suchého [g].

Poté byly výsledky zaznamenány a vyneseny do grafů. Jednalo se o závislost nasákavosti [%] na čase [h]. Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že nejlepšími vlastnostmi dosáhl hydrofobizační přípravek EVONIC WS 405, který měl ve všech zvolených koncentracích nasákavost do pěti procent. Proto byl vybrán pro další zkoušení.

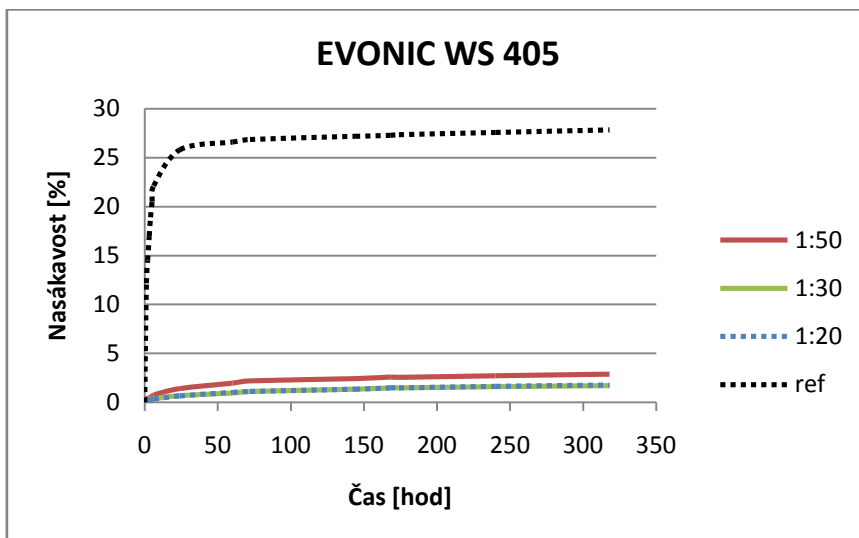
Tab. 8 Průměrná nasákavost vzorků v [%] v jednotlivých časových intervalech

Hydro. přísada	Konc.	0 hod	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	5 hod	6 hod	24 hod	57 hod	80 hod	147 hod	168 hod	174 hod	248 hod	318 hod
-	Ref.	0,0	12,2	14,5	17,0	18,9	20,5	22,1	25,8	26,6	26,9	27,2	27,3	27,3	27,6	27,8
WS 670	1:50	0,0	1,0	1,2	1,5	1,8	1,9	2,2	5,0	7,7	8,1	8,3	8,3	8,3	8,4	8,8
WS 670	1:30	0,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	1,7	1,8	2,0
WS 670	1:20	0,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,9	2,7	2,9	3,3	3,5	3,5	3,6	4,1
WS 405	1:50	0,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1,4	2,0	2,2	2,4	2,6	2,6	2,7	2,9
WS 405	1:30	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	1,0	1,1	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
WS 405	1:20	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	1,0	1,1	1,3	1,5	1,5	1,7	1,8
WS 600	1:50	0,0	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	3,6	5,2	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6	5,9
WS 600	1:30	0,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	1,1	1,9	2,1	2,1	2,3	2,3	2,5	3,2
WS 600	1:20	0,0	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	4,3	4,9	5,4	5,7	6,0	6,0	5,9	6,1

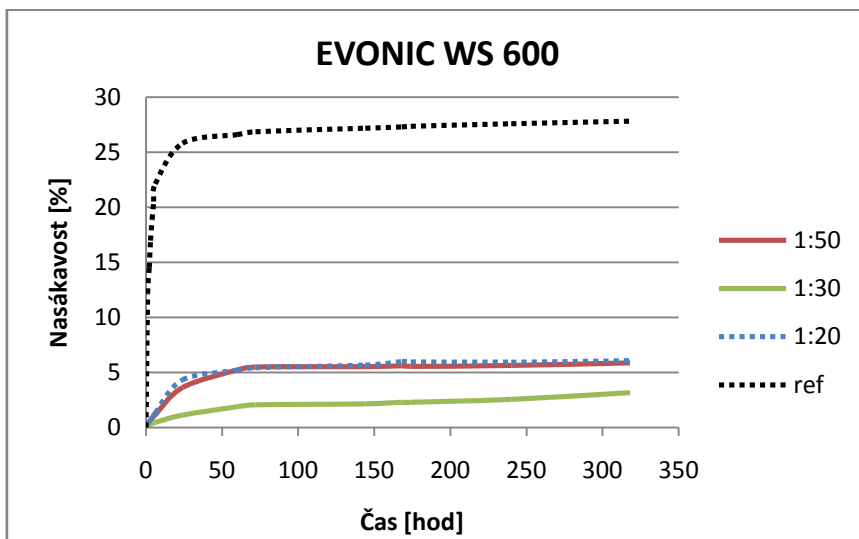
Graf 1 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 670



Graf 2 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 405



Graf 3 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] WS 600



9.2 Zjištění vhodné koncentrace

Byla zjišťována nejvhodnější koncentrace u přípravku EVONIC WS 405. Na tvarovky byly aplikovány dvě nově zvolené koncentrace a vzorky byly po dobu 672 hodin ve vodním uložení. Nové koncentrace 1:40 a 1:60 byly porovnávány s koncentracemi z první části hydrofobizace 1:20, 1:30 a 1:50. Všechny z uvedených nasákavostí vyhověly maximálnímu požadavku 5 %. Jelikož jsme porovnávali dvě hydrofobizace, které nebyly prováděny současně, a tudíž se liší i časy, ve kterých byla počítána nasákavost, bylo nutné získat alespoň jeden společný čas pro porovnání. Proto byla ve všech koncentracích vypočtena nasákavost v čase 168 hodin pomocí interpolace. Jako nejvhodnější opatření byl následně vybrán EVONIC WS 405 v koncentraci 1:40.

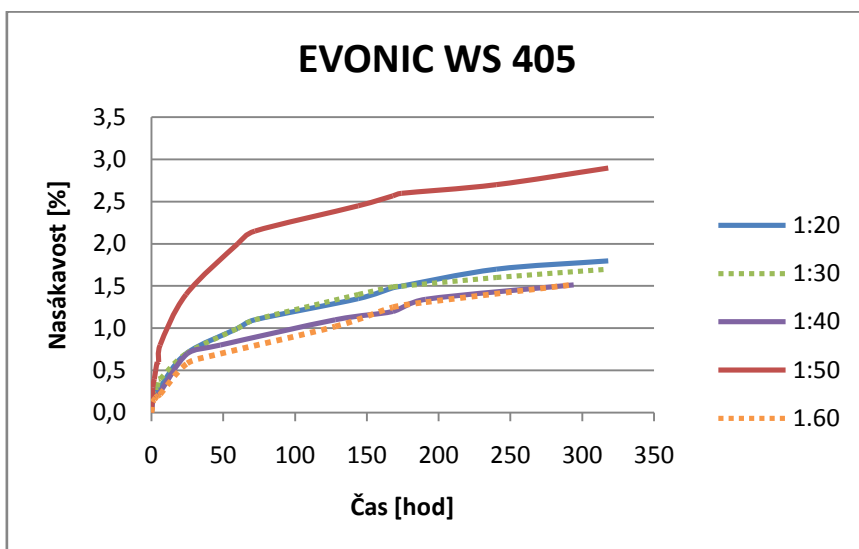
Tab. 9 Hodnoty nasákavosti z první části hydrofobizace

Konc.	0 hod	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	5 hod	6 hod	24 hod	60 hod	72 hod	144 hod	168 hod	174 hod	240 hod	318 hod
Ref.	0,0	12,2	14,5	17,0	18,9	20,5	22,1	25,8	26,6	26,9	27,2	27,3	27,3	27,6	27,8
1:50	0,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1,4	2,0	2,2	2,5	2,6	2,6	2,7	2,9
1:30	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	1,0	1,1	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
1:20	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	1,0	1,1	1,3	1,5	1,5	1,7	1,8

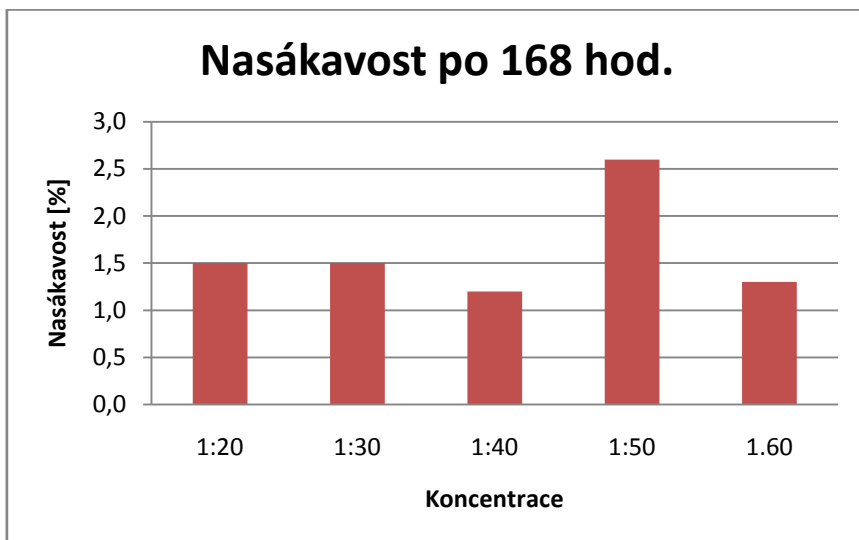
Tab. 10 Hodnoty nasákavosti z nově zvolených koncentrací

Konc.	0 hod	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	5 hod	6 hod	25 hod	48 hod	128 hod	168 hod	191 hod	294 hod	437 hod	672 hod
1:60	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,7	1,0	1,3	1,3	1,5	1,6	1,8
1:40	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,8	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

Graf 4 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] ve zvolených koncentracích WS 405



Graf 5 Nasákavosti [%] jednotlivých vzorků po 168 hodinách



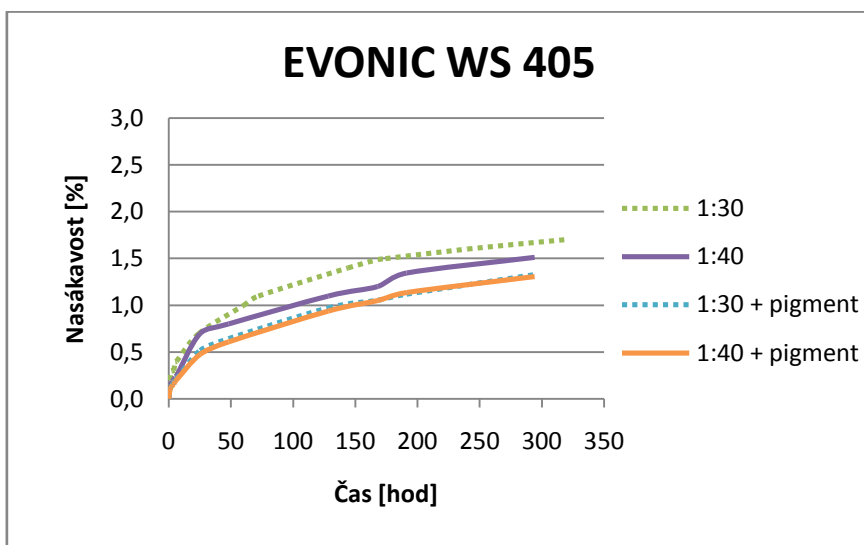
9.3 Zjištění vlivu pigmentů

Z výsledků v tabulce i v grafech je názorně vidět, že přimíchání pigmentu k hydrofobizační přísadě ovlivňuje nasákavost. Ve vybraných zkoušených koncentracích s pigmentem, bylo dosaženo hodnot 1,1 % po 168 hodinách. Překvapivým zjištěním bylo, že přípravek EVONIC WS 405 v kombinaci s pigmentem zajistil snížení nasákavosti, oproti tvarovkám bez pigmentace. V porovnání s bakalářskou prací, na kterou tato práce navazuje, pigment zhoršoval ochranu tvarovek ve většině opatření. V těchto případech byl použití hydrofobizér IMESTA IW 550. Pro znázornění, byly výsledky vyneseny do grafu a pro porovnání byl připojen i graf hydrofobizéru IMESTA IW 550.

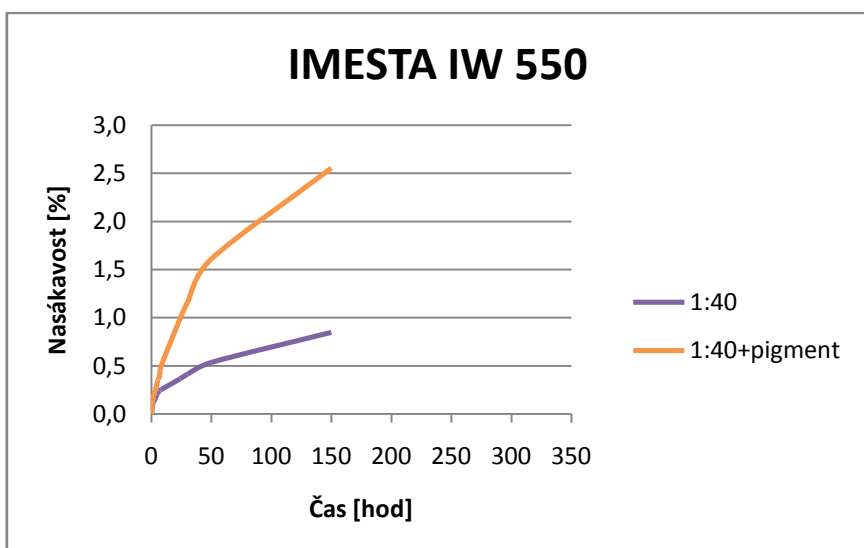
Tab. 11 Vypočítané nasákavosti

Konc.	0 hod	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	5 hod	6 hod	25 hod	48 hod	128 hod	168 hod	191 hod	294 hod
1:30	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,9	1,3	1,5	1,5	1,7
1:40	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,8	1,1	1,2	1,3	1,5
1:30 + pigment	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,6	1,0	1,1	1,1	1,3
1:40 + pigment	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5	0,6	0,9	1,1	1,1	1,3

Graf 6 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] EVONIC WS 405 s pigmenty



Graf 7 Závislost nasákavosti [%] na čase [h] IMESTA IW 550 s pigmenty



9.4 Doplnkové zkoušení omítek

U směsí, které byly vytvořeny, byla zjišťována konzistence dle normy ČSN EN 1015-3 a objemová hmotnost v čerstvém stavu pomocí normy ČSN EN 1015-6 i zatvrdlém stavu ČSN EN 1015-10. Pro výpočet byly použity následující vzorce:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

dPrůměr dvou naměřených hodnot [cm]

d_1Rozlité koláče [cm]

d_2Rozlité koláče [cm]

ρ Objemová hmotnost [kg/m³]

mHmotnost vzorku [kg]

V Objem vzorku [m³]

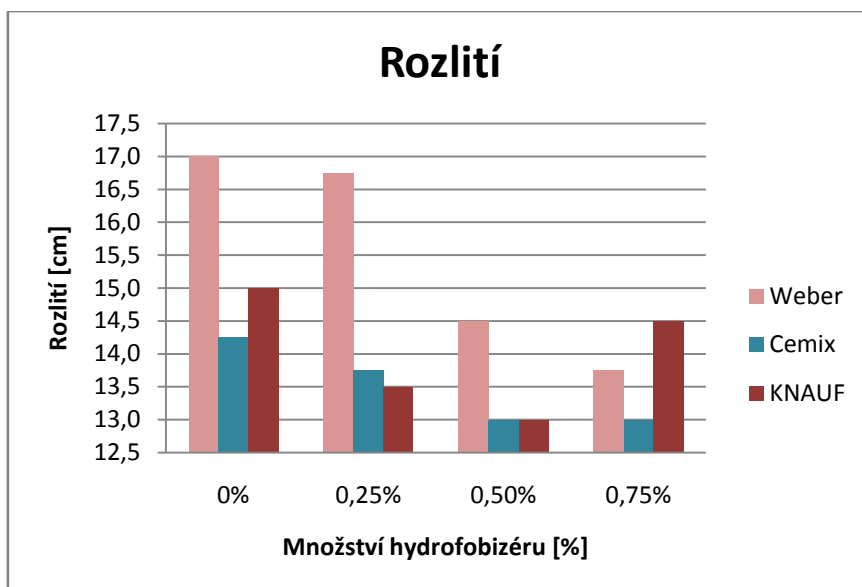
Hodnoty byly zaznamenány a vyneseny do grafů. Z výsledků je patrné, že při zvyšující se dávce hydrofobizační přísady konzistence houstla. Změna konzistence byla pocítěna i při manipulaci s materiálem, kdy se zhoršovala její zpracovatelnost.

Dle hodnot vnesených do grafů nelze jasně určit, jaký vliv má hydrofobizační přísada na objemové hmotnosti v čerstvém i zatvrdlém stavu. Předpokládalo se, že vlivem přídatku bude objemová hmotnost úměrně klesat nebo stoupat, výsledky jsou bohužel rozporuplné a nejasné. Pro další sadu zkoušek lze pro hutnění směsi (namísto zdvihů formy) doporučit použití vibračního stolku.

Tab. 12 Naměřené hodnoty při zkoušení konzistence

Směs	Omítka	Množství hydrofobizační přísady	d ₁ [cm]	d ₂ [cm]	d [cm]
S1	Weber	0,00 %	17,0	17,0	17,0
S2	Weber	0,25 %	16,5	17,0	16,8
S3	Weber	0,50 %	14,0	15,0	14,5
S4	Weber	0,75 %	13,5	14,0	13,8
S5	Cemix	0,00 %	14,0	14,5	14,3
S6	Cemix	0,25 %	13,5	14,0	13,8
S7	Cemix	0,50 %	13,0	13,0	13,0
S8	Cemix	0,75 %	13,0	13,0	13,0
S9	KNAUF	0,00 %	15,0	15,0	15,0
S10	KNAUF	0,25 %	13,0	14,0	13,5
S11	KNAUF	0,50 %	13,0	13,0	13,0
S12	KNAUF	0,75 %	14,0	15,0	14,5

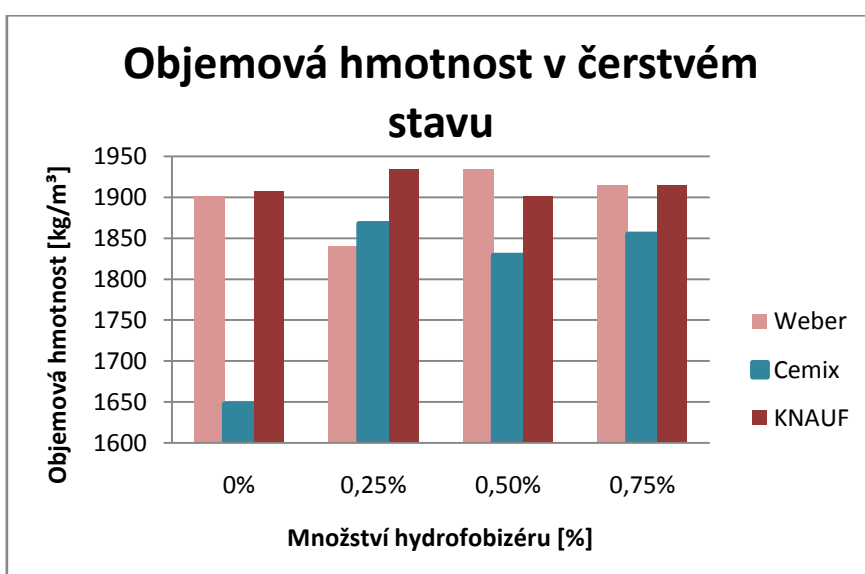
Graf 8 Rozlití omítky [cm] u zkoušených druhů omítek



Tab. 13 Naměřené a vypočítané hodnoty objemové hmotnosti v čerstvém stavu

Směs/ Trojforma	Omitka	Množství hydrofobizační přísady	m ₁ [kg]	m ₂ [kg]	m [kg]	V [m ³]	ρ [kg/m ³]	∅ρ [kg/m ³]
S1/T1	Weber	0,00 %	10,49	11,94	1,45	0,000256	1888	1901
S1/T2			10,40	11,87	1,47	0,000256	1914	
S2/T1	Weber	0,25 %	11,32	12,82	1,50	0,000256	1953	1940
S2/T2			11,70	13,18	1,48	0,000256	1927	
S3/T1	Weber	0,50 %	7,52	9,01	1,49	0,000256	1940	1934
S3/T2			10,72	12,20	1,48	0,000256	1927	
S4/T1	Weber	0,75 %	9,01	10,47	1,46	0,000256	1901	1914
S4/T2			10,57	12,05	1,48	0,000256	1927	
S5/T1	Cemix	0,00 %	11,05	12,46	1,41	0,000256	1836	1647
S5/T2			10,00	11,12	1,12	0,000256	1458	
S6/T1	Cemix	0,25 %	10,55	12,00	1,45	0,000256	1888	1868
S6/T2			11,87	13,29	1,42	0,000256	1849	
S7/T1	Cemix	0,50 %	10,46	11,86	1,40	0,000256	1823	1829
S7/T2			10,10	11,51	1,41	0,000256	1836	
S8/T1	Cemix	0,75 %	8,12	9,55	1,43	0,000256	1862	1855
S8/T2			10,93	12,35	1,42	0,000256	1849	
S9/T1	KNAUF	0,00 %	10,33	11,80	1,47	0,000256	1914	1908
S9/T2			10,37	11,83	1,46	0,000256	1901	
S10/T1	KNAUF	0,25 %	10,70	12,16	1,46	0,000256	1901	1934
S10/T2			11,66	13,17	1,51	0,000256	1966	
S11/T1	KNAUF	0,50 %	10,46	11,90	1,44	0,000256	1875	1901
S11/T2			13,07	14,55	1,48	0,000256	1927	
S12/T1	KNAUF	0,75 %	10,77	12,15	1,38	0,000256	1797	1914
S12/T2			10,67	12,23	1,56	0,000256	2031	

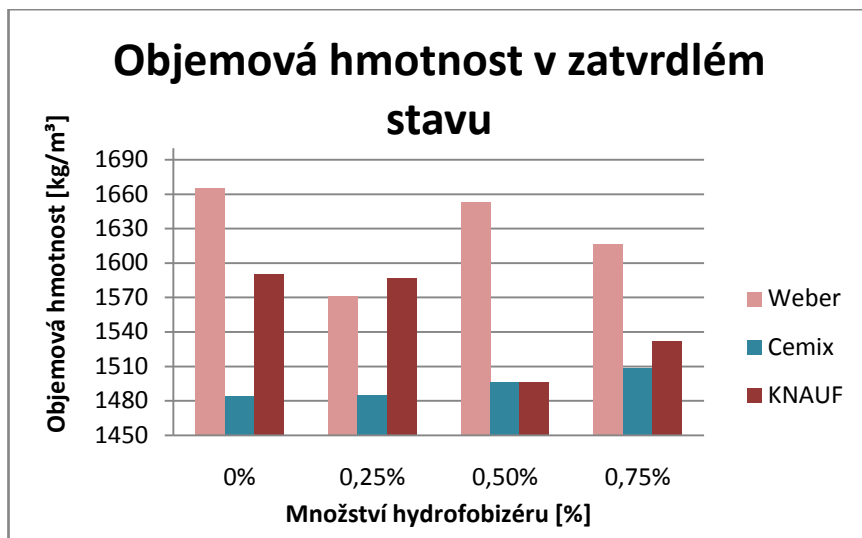
Graf 9 Objemové hmotnosti v čerstvém stavu [kg/m³] u zkoušených druhů omítek



Tab. 14 Naměřené a vypočítané hodnoty objemové hmotnosti v zatvrdlém stavu

Směs/Trojforma/ Vzorek	Omítka	Množství hydrofobizační přísady	m [g]	l [mm]	b [mm]	h [mm]	ρ [kg/m ³]	$\emptyset \rho$ [kg/m ³]
S1/T1/V1	Weber	0,00 %	421,69	160,28	39,90	39,54	1668	1665
S1/T1/V2			424,44	160,15	39,84	39,58	1681	
S1/T1/V3			415,62	160,20	39,90	39,47	1647	
S2/T2/V1	Webe	0,25 %	416,82	160,39	39,88	41,49	1571	1571
S2/T2/V2			430,48	161,37	40,31	42,08	1573	
S2/T2/V3			433,91	162,37	40,31	42,24	1569	
S3/T1/V1	Webe	0,50 %	428,96	161,42	40,18	40,38	1638	1653
S3/T1/V2			438,49	161,40	39,97	40,50	1678	
S3/T1/V3			422,28	160,45	40,28	39,77	1643	
S4/T1/V1	Webe	0,75 %	422,93	164,10	39,21	41,09	1600	1616
S4/T1/V2			421,34	163,81	39,03	40,82	1614	
S4/T1/V3			428,98	163,95	39,05	41,04	1633	
S5/T1/V1	Cemix	0,00 %	399,90	161,55	40,21	41,14	1496	1484
S5/T1/V2			403,33	162,06	39,90	40,19	1552	
S5/T1/V3			398,04	160,48	40,45	43,67	1404	
S6/T2/V1	Cemix	0,25 %	387,58	159,35	40,17	41,22	1469	1485
S6/T2/V2			391,39	158,49	40,35	41,12	1488	
S6/T2/V3			389,21	157,92	40,59	40,57	1497	
S7/T2/V1	Cemix	0,50 %	386,09	159,58	39,90	40,93	1481	1496
S7/T2/V2			390,65	159,23	39,84	39,96	1541	
S7/T2/V3			385,04	159,56	40,33	40,84	1465	
S8/T1/V1	Cemix	0,75 %	389,94	159,01	39,78	40,64	1517	1508
S8/T1/V2			393,69	159,75	39,74	39,69	1562	
S8/T2/V3			388,60	161,15	40,19	41,52	1445	
S9/T2/V1	KNAUF	0,00 %	413,96	160,09	40,15	40,60	1586	1590
S9/T2/V2			416,76	160,17	39,99	40,42	1610	
S9/T2/V3			415,81	159,89	40,09	41,20	1574	
S10/T1/V1	KNAUF	0,25 %	409,54	159,85	39,96	40,53	1582	1587
S10/T1/V2			418,91	160,09	40,39	40,53	1598	
S10/T1/V3			411,95	160,02	39,96	40,73	1582	
S11/T2/V1	KNAUF	0,50 %	401,59	164,82	39,30	41,77	1484	1496
S11/T2/V2			401,86	163,99	39,35	40,95	1521	
S11/T2/V3			399,88	164,84	39,12	41,78	1484	
S12/T1/V1	KNAUF	0,75 %	401,09	160,17	39,84	41,21	1525	1532
S12/T1/V2			408,16	160,91	40,04	41,20	1538	
S12/T1/V3			408,91	160,51	39,86	41,71	1532	

Graf 10 Objemové hmotnosti v zatvrdlém stavu [kg/m^3] u zkoušených druhů omítek



9.5 Stanovení koeficientu kapilární absorpce omítek

Vzorky, na kterých se zkoušel koeficient kapilární absorpce dle normy ČSN EN 1015-18, byly po dobu 24 hodin ve vodním uložení. Po tuto dobu zvyšovaly svoji hmotnost pomocí kapilárního systému. Kapilární nasákavost je schopnost stavebního materiálu absorbovat kapalnou vlhkost v závislosti na čase, která se vypočítá pomocí vzorců:

$$C_o = 0,1 (M2 - M1)$$

$$C_s = 0,625 (M3 - M0)$$

- C_o Koeficient kapilární absorpce pro omítky [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$]
 C_s Koeficient kapilární absorpce pro sanační omítky [kg/m^2]
 $M0$ Hmotnost vysušeného tělesa [g]
 $M1$ Hmotnost nasáklého tělesa po 10 minutách [g]
 $M2$ Hmotnost nasáklého tělesa po 90 minutách [g]
 $M3$ Hmotnost nasáklého tělesa po 24 hodinách [g]

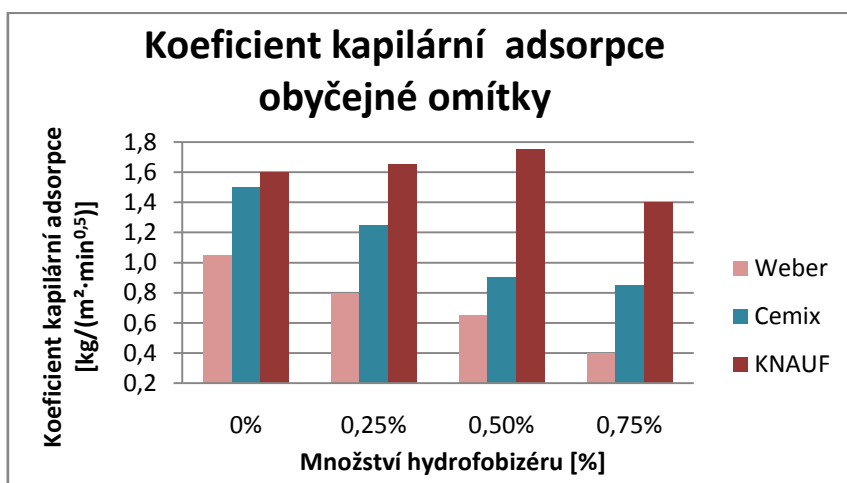
Výsledky byly zaznamenány a vyneseny do grafů. Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že nejlepšími vlastnostmi dosáhlo opatření, kdy byla použita štuková omítka CZ 320 od firmy Weber s přidavkem hydrofobizéru IMESTA IW 290 v množství 0,75 % z hmotnosti omítky. Tato směs vykazovala nejlepší vlastnosti při výpočtu kapilární absorpce pro obyčejné i sanační omítky.

Osvědčila se i při měření výšky vzlínání, kde dosáhla jednoho ze dvou nejnižších výsledků. Pokud byl vzorek nasáklý po celé výšce, výška vzlínání byla dle normy stanovena 80 mm (výška vzorku). Tento případ nastal u referenčních vzorků a všech směsí omítky KNAUF. Pokud byla vidět hranice promočení, byla uprostřed tělesa změřena s přesností na jeden milimetr.

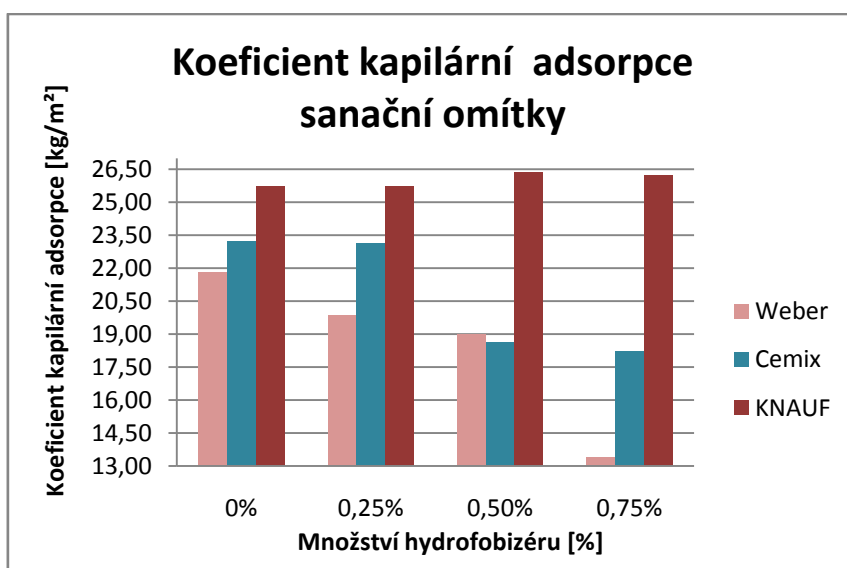
Tab. 15 Vypočítané hodnoty kapilární absorpce

Směs	Omítka	Množství hydrofobizační přísady	C_0 [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$]	C_s [kg/m^2]
S1	Weber	0,00 %	1,05	21,80
S2	Weber	0,25 %	0,80	19,85
S3	Weber	0,50 %	0,65	19,00
S4	Weber	0,75 %	0,40	13,40
S5	Cemix	0,00 %	1,50	23,20
S6	Cemix	0,25 %	1,25	23,13
S7	Cemix	0,50 %	0,90	18,60
S8	Cemix	0,75 %	0,85	18,20
S9	KNAUF	0,00 %	1,60	25,70
S10	KNAUF	0,25 %	1,65	25,70
S11	KNAUF	0,50 %	1,75	26,35
S12	KNAUF	0,75 %	1,40	26,20

Graf 11 Koeficient kapilární absorpce pro obyčejné omítky [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$]



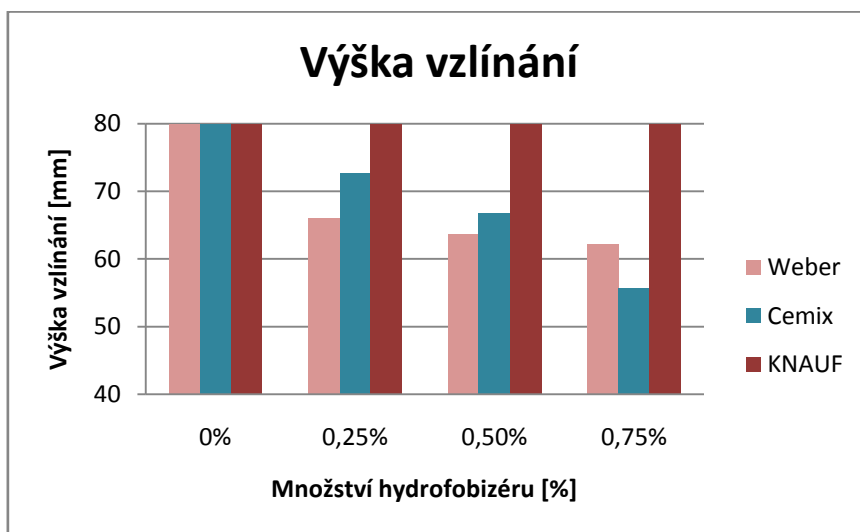
Graf 12 Koeficientu kapilární absorpce pro sanační omítky [kg/m^2]



Tab. 16 Hodnoty naměřené u výšky vzlínání

Směs	Omítka	Množství hydrofobizační přísady	Výška[mm]
S1	Weber	0,00 %	80
S2	Weber	0,25 %	66
S3	Weber	0,50 %	64
S4	Weber	0,75 %	62
S5	Cemix	0,00 %	80
S6	Cemix	0,25 %	73
S7	Cemix	0,50 %	67
S8	Cemix	0,75 %	56
S9	KNAUF	0,00 %	80
S10	KNAUF	0,25 %	80
S11	KNAUF	0,50 %	80
S12	KNAUF	0,75 %	80

Graf 13 Výška vzlínání [mm] zkoušených druhů omítek



9.6 Zátopová zkouška a vodonepropustnost spoje

Po vizuální kontrole bylo konstatováno, že zvolená technika zdění a vybrané zdicí prostředky zaručily dostatečnou pevnost zdiva, které odolalo tlaku vody, jemuž bylo vystaveno. Spoje byly neporušeny, tudíž zajistily vodonepropustnost konstrukce. Množství vody, které protéklo na druhou stranu, se stabilizovalo ve výšce 30 mm a ze zaplavené strany byla neměřena hodnota 330 mm.

Z výsledků nasákavosti střepů, odebraných z kraje tvarovky, která byla v kontaktu s vodou, dále 50 a 150 mm od okraje a poslední na druhém konci, byly vytvořeny vlhkostní profily konstrukce. Je důležité si uvědomit, že spoj v nejnižším bodě konstrukce (spodní podstava tvarovky A a B), kde byl vytvořen vlhkostní profil, byl namáhán vodou z obou stran (hladina vody 30 a 330 mm). Spára ve výšce 250 mm byla vystavena tlaku vody pouze ze zatopené strany a je u ní patrné, že vlhkost konstrukce klesala se zvětšující se vzdáleností od okraje tvarovky namáhané vodou. Ze vzorků odebíraných v úrovních spojů (0 mm a 250 mm) je jasně vidět, že se s výškou konstrukce vlhkost snižovala.

Tab. 17 Hodnoty nasákavosti u tvarovky A v první vrstvě

Vzorek	*Vzdálenost [mm]	Poloha střepu	m_n [g]	m_s [g]	W [%]
A1	0	horní podstava	693,1	633,1	9,5
A2	50	horní podstava	458,4	438,6	4,5
A3	150	horní podstava	410,0	397,3	3,2
A4	300	horní podstava	471,4	457,3	3,1
A5	0	spodní podstava	422,8	387,3	9,2
A6	50	spodní podstava	560,6	543,8	3,1
A7	150	spodní podstava	623,1	610,4	2,1
A8	300	spodní podstava	567,6	541,4	4,8
A9	150	střed	580,7	543,1	6,9

* Vzdálenost polohy střepu od zatopené strany konstrukce

Tab. 18 Hodnoty nasákavosti u tvarovky B v první vrstvě

Vzorek	*Vzdálenost [mm]	Poloha střepu	m_n [g]	m_s [g]	W [%]
B1	0	horní podstava	427,0	424,4	0,6
B2	50	horní podstava	336,8	336,5	0,1
B3	150	horní podstava	346,1	345,9	0,1
B4	300	horní podstava	398,4	398,0	0,1
B5	0	spodní podstava	394,2	384,2	2,6
B6	50	spodní podstava	210,9	208,3	1,2
B7	150	spodní podstava	273,0	269,8	1,2
B8	300	spodní podstava	251,2	248,2	1,2

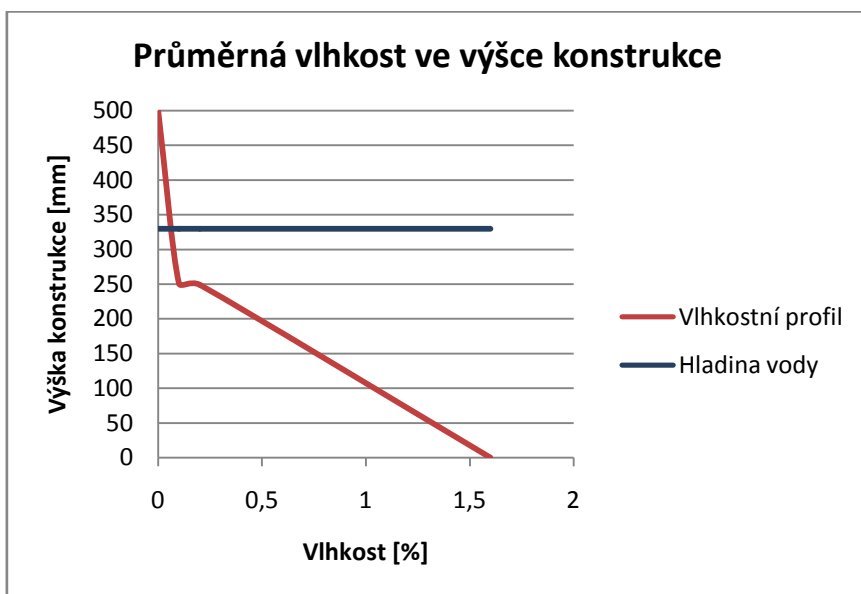
*Vzdálenost polohy střepu od zatopené strany konstrukce

Tab. 19 Hodnoty nasákavosti u tvarovky C ve druhé vrstvě

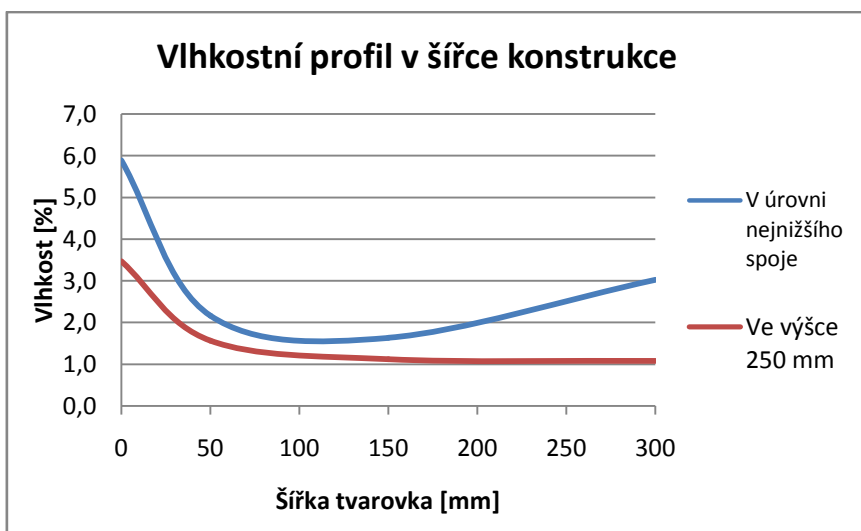
vzorek	*Vzdálenost [mm]	výšková poloha střepu	m_n [g]	m_s [g]	W [%]
C1	0	spodní podstava	418,1	416,8	0,3
C2	50	spodní podstava	384	383,6	0,1
C3	150	spodní podstava	368,8	368,4	0,1
C4	300	spodní podstava	333,1	332,9	0,1

*Vzdálenost polohy střepu od zatopené strany konstrukce

Graf 14 Průměrná vlhkost [%] ve výšce konstrukce



Graf 15 Vlhkostní profil v šířce tvarovky



10 Komplexní návrh systému zdiva

Stěžejní částí diplomové práce je komplexní návrh systému zdiva pro záplavové oblasti takovým způsobem, aby byla zajištěna ochrana konstrukce minimálně po dobu 168 hodin a s maximální nasákavostí do 5%. Tento návrh je vytvořen z poznatků, které byly získány jak v teoretické, tak i v praktické části práce a z práce bakalářské, na kterou tato práce navazuje.

Pro výstavbu konstrukce v záplavové oblasti byly zkoumány broušené cihly. Vybrány byly především proto, že jsou v dnešní době opravdu oblíbené a mají řadu výborných vlastností, kterými jsou například snižování vzniku plísní a zabránění vzniku poruch konstrukce vlivem kondenzace vodních par uvnitř konstrukce. Zdění se provádí na speciální maltu pro tenké zdění, lepidlo nebo na polyuretanovou pěnu. S tenkou ložnou spárou, která činí asi jeden milimetr, dochází ke zlepšení tepelně-izolačních vlastností, což souvisí s omezením tepelných mostů. Mezi kritická místa na konstrukci s ohledem na nasákavost, patří právě spára, která se v navrženém systému prakticky nevyskytuje a tím, se zlepšuje i voděodolnost. Proto se broušená tvarovka jeví, jako jedna z nejlepších možností pro cihelné zdivo.

Dalším důležitým krokem je hydrofobizace tvarovky. Jak bylo popsáno v teoretické části, mezi jedny z nejvhodnějších přípravků, zajišťující změnu smáčecího úhlu pro vodu jsou prostředky na silikonové bázi. Přestože propouštějí vodní páru oběma směry, nehromadí vodu a stávají se nejvhodnějším hydrofobizérem pro ochranu zdicích tvarovek i jako přísada na zvýšení vodonepropustnosti omítek. V praktické části byly právě takové prostředky zkoumány. Nejlepší dosažení vlastnosti prokazoval WS 405, v koncentraci 1:40 a dobou máčení 10 s.

Pokud není hydrofobizovaný celý zdicí prvek, je dobré zvolit takový postup, který zajistí rozpoznání hranice hydrofobizované a nehydrofobizované části. Jedná se především o případy soklového zdiva. Jako nejsnadnější řešení se jeví použití pigmentů. Je možné ošetřit tvarovku nejprve hydrofobizérem a poté pigmentem nebo nejprve pigmentem a poté hydrofobizérem. Posledním řešením, které se ověřovalo v této práci, je smíchání hydrofobizéru a pigmentu dohromady. Pigment zásadním způsobem negativně neovlivnil vodonepropustnost konstrukce, dokonce

nasákavost snížil. Je však dobré vybrat hydrofobizační přípravek, který je s pigmentem kompatibilní. Takovým je právě EVONIC WS 405 a proto je vhodný do zátopových oblastí. Při nesprávné volbě hydrofobizéru, může pigment naopak zvýšit nasákavost, jak se tomu stalo v bakalářské práci, u přípravku IMESTA IW 550. [7]

Způsob výstavby hraje také důležitou roli. Nejprve je vhodné zvolit správné založení. Založení první vrstvy probíhá na speciální vápenocementovou zakládací maltu. Jako dodatečné opatření je možné volit střešní tmel Silver Line, z důvodu kontaktu mezi hydroizolací a zdivem, je-li hydroizolace použita. Lze doporučit jeho nanesení ve čtyřech vrstvách. Jako pojivo pro použití v záplavové oblasti se osvědčila polyuretanová pěna, která na stavbě omezuje mokrý proces a její příprava zabere minimální čas. Zajišťuje jeden z nejrychlejších způsobů zdění, který lze provádět i při nižších teplotách. Pěna byla zkoumána již v bakalářské práci a při zátopové zkoušce své vlastnosti potvrdila. Se zvolenými tvarovkami vykazuje vysokou kompatibilitu a nízkou propustnost pro vodu. Nanesení pěny probíhá ve třech rovinách na ložných i styčných spárách. Pro zajištění dostatečné ochrany spoje je na ložné i styčné spáry nanášen stavbařský butylenový tmel, který zajišťuje další zvýšení vodoodpudivých vlastností.

Pro dosažení maximálního omezení nasákavosti pro konstrukce v záplavové oblasti je důležitou součástí i povrchová úprava. Jak bylo již popsáno, nejvhodnější přísada na zvýšení vodonepropustnosti omítek je na silikonové bázi. Taková omítka je schopna díky své porézní struktuře a hydrofobitě eliminovat vliv vody ve zdivu. Má vysoký obsah pórů o velkém průměru, díky kterému je přerušena síť kapilár a omezeno vzlínání, a vysoký smáčecí úhel, který zabrání pronikání vody do omítky. V praktické části bylo zkoušeno několik omítek s různým přídávkem hydrofobizační přísady. Nejlepších vlastností však dosáhla štuková omítka CZ 320 s 0,75 % hydrofobizační přísady z hmotnosti omítky. Dobré vlastnosti se projevily při zkoušení koeficientu kapilární absorpce i výšce vzlínání. Povrchová ochrana v podobě sanační omítky je nutná jak v exteriéru, tak i v interiéru.

11 Ekonomické zhodnocení

Konstrukce postavená podle ověřeného návrhu v praktické části, bude vykazovat vyšší náklady. Náklady jsou spojeny především s pořízením hydrofobizačních přípravků pro ochranu tvarovek a dále pak s ochranou nejnáchylnější částí konstrukce, spáry, která je opatřena stavbařským butylenovým tmelem.

Tvarovka POROTHERM 30 Profi je na trhu nabízena za cenu 44 Kč/ks s tím, že na výstavbu jednoho m² je potřeba 16 kusů. Cena PUR pěny Porotherm Dryfix byla zjištěna ve výši 407 Kč/ks. Výrobce udává spotřebu 10 m² ve dvou rovinách. Zdění v praktické části však probíhalo v rovinách třech a tudíž byla spotřeba vypočtena na 6,6 m². Butylenový tmel od firmy Den Braven stojí 61 Kč/ks. Postačí k ochraně až 34 m spáry (3x3 mm). Propočet byl proveden dle technického listu výrobku. Některé přípravky nejsou bohužel veřejně dostupné, proto nelze provést přesný propočet zvýšení nákladů. Tímto přípravkem byl hydrofobizační přípravek EVONIC WS 405. Pro znázornění jsou zjištěné ceny přepočteny na jeden m² zdiva.

Tab. 20 Ceny na metr čtvereční

Produkt	Cena za ks	cena/1m ²
Porotherm 30 Profi	44 Kč	704 Kč
Potother Dryfix	407 Kč	62 Kč
Butylenový tmel	61 Kč	18 Kč

Jak při klasickém způsobu zdění, tak i v navrženém systému, je možné použít stejné tvarovky, materiál pro založení první vrstvy i materiál pro zdění. Rozdíly v ceně jsou především z důvodu pořízení hydrofobizační přísady, jejíž cena není veřejně dostupná a ochranou spáry v podobě butylenového tmelu, jehož cena byla vypočtena na 18 Kč/m². V této souvislosti je vhodné zamyslet se nad potenciálními výdaji, spojenými s následnou opravou neošetřené konstrukce po záplavě. Ty by výdaje spojené z hydrofobizací (dle mého názoru) přesáhly hned několikrát.

12 Diskuze výsledků

Praktická část byla rozdělena na několik experimentů. První experiment se týkal hydrofobizace keramických broušených tvarovek. Byl rozdělen do tří částí. První část byla zaměřena na hledání nejvhodnějšího druhu hydrofobizéru. Byly porovnávány přípravky EVONIC WS 405, EVONIC WS 600 a EVONIC WS 670 vždy v koncentraci 1:20, 1:30 a 1:50. V této části dosahoval nejlepších výsledků WS 405, který měl v koncentraci 1:20 po 168 hodinách nasákavost 1,5 %, v koncentraci 1:30 také 1,5 % a nakonec 2,6 % v koncentraci 1:50. U přípravku WS 670 se většina výsledků pohybovala nad hranicí 4 % a u přípravku WS 600 dokonce nad 5 %.

Druhá část byla zacílena na hledání koncentrace, která by dosahovala co nejlepšího hydrofobního efektu u EVONIC WS 405. Z předchozí části byly použity hodnoty pro koncentraci 1:20, 1:30 a 1:50, které byly doplněny o koncentrace nové. Jednalo se o 1:40, kdy přípravek dosahoval po 168 hodinách nasákavost 1,2 % a koncentraci 1:60, která zajistila nasákavost 1,3 %.

Ve třetí části byl zkoumán vliv pigmentu na hydrofobizační přísadu WS 405. Jednalo se o vytvoření dvou nových hydrofobizačních opatření a to v koncentraci 1:30 kombinované s pigmentem, kdy výsledná hodnota nasákavosti po 168 hodinách byla 1,1 % a v koncentraci 1:40 s pigmentem 1,1 %. V porovnání se stejnými koncentracemi bez pigmentů po 168 hodinách, byly pigmentované tvarovky chráněny lépe.

Druhý experiment se zabýval zkoušením hydrofobizovaných omítek. Byly vybrány tři druhy omítek, štuková omítka CZ 320 od firmy Weber, vnější štuk jemný 023 j od firmy LB Cemix a univerzální štuková omítka MV 2 od firmy KNAUF. Z každého druhu byla vytvořena vždy jedna referenční hmota a tři hydrofobizované přípravkem IMESTA IW 290 v množství 0,25 %, 0,50 % a 0,75 % z hmotnosti omítky. V první části byla zkoušena konzistence. U všech druhů omítek byl zaznamenán pokles rozlití se zvyšujícím se přídatkem hydrofobizéru. Weber omítka dosahovala nejvyšších hodnot rozlití. U referenční omítky se jednalo o hodnotu 17 cm, u omítky s 0,25 % 16,8 cm, u 0,50 % bylo rozlití 14,3 cm a u 0,75 % dokonce 13,8 cm. Omítka Cemix vykazovala celkově nejnižší hodnoty

rozlití. U referenční to bylo 14,3 cm, dále pak 13,8 cm a nejnižších hodnot bylo dosaženo v kombinaci s 0,50 % a 0,75 %, kdy se směs rozlila pouhých 13 cm. Nakonec KNAUF omítka jako jediná nedosáhla trendu zhoršování konzistence. Od referenční hmoty (15 cm rozlití), přes 0,25 % 13,5 cm, až po přidavek 0,50 %, kde byla hodnota 13 cm, se rozlití snižovalo. Pouze při přidavku 0,75 % se hodnota zvýšila na 14,5 cm. Tento výkyv byl pravděpodobně spojen s lidským faktorem při zhotovování poslední směsi.

Ve druhé části probíhala tvorba trámců pro zkoušení kapilární nasákavosti a při té příležitosti byly zjištěny objemové hmotnosti v čerstvém i zatvrdlém stavu na daných omítkách. Po dlouhém zkoumání se nepodařilo najít spojitost mezi objemovými hmotnostmi a množstvím hydrofobizačního přípravku. Jednotlivé hodnoty jsou nejasné a nevypovídající.

Třetí experiment byl zaměřen na zjištění koeficientu kapilární absorpce. Byly vypočteny hodnoty pro obyčejné omítky i pro omítky sanační. U Weber omítky bylo zjištěno, že s přibývajícím množstvím hydrofobizační přísady se oba koeficienty snižují. Referenční omítka měla hodnotu pro obyčejné omítky $1,05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a pro sanační $21,80 \text{ kg}/\text{m}^2$. Dále bylo dosaženo hodnot $0,8 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $19,85 \text{ kg}/\text{m}^2$, poté $0,65 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $19,00 \text{ kg}/\text{m}^2$ a nakonec $0,4 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $13,40 \text{ kg}/\text{m}^2$. Klesání obou koeficientů se projevilo i u Cemix omítky, kde byly výsledky referenční $1,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $23,20 \text{ kg}/\text{m}^2$, u 0,25 % $1,25 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $23,13 \text{ kg}/\text{m}^2$, následně $0,9 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $18,60 \text{ kg}/\text{m}^2$ u 0,50 % a $0,85 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $18,20 \text{ kg}/\text{m}^2$ u 0,75 %. Rozdílných vlastností dosahovala KNAUF omítka, u které jako u jediné byl pozorován nárůst obou koeficientů. Jednalo se o hodnoty $1,6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $25,70 \text{ kg}/\text{m}^2$ u referenční omítky, dále pak $1,65 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $25,70 \text{ kg}/\text{m}^2$ a nakonec $1,75 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $26,35 \text{ kg}/\text{m}^2$. U poslední směsi s 0,75 % hydrofobizační přísady byl pozorován pokles na hodnoty $1,4 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5})$ a $26,20 \text{ kg}/\text{m}^2$. Opět je možné přisoudit výkyv lidskému faktoru.

V této části experimentu byla také měřena výška vzlínání vody kapilárním systémem. U omítky KNAUF tato hodnota nebyla měřena ani na jedné směsi a byla stanovena dle výšky vzorku 80 mm, jelikož voda prošla skrz každý vzorek. U omítky Weber, která nebyla chráněna hydrofobizačním přípravkem také nebylo

možno hodnotu naměřit, stejně jako u Cemix. Zbylé výšky vztlínání se zvyšujícím se množstvím hydrofobizační přísady klesaly. Weber omítka dosahovala hodnot 66 mm u 0,25 %, 64 mm u 0,50 % a 62 mm u 0,75 %. U omítky Cemix byly naměřeny hodnoty 73 mm, 67 mm, a 56 mm.

Poslední, čtvrtá část experimentu se věnovala zátopové zkoušce. Nejprve byla měřena výška vody, která protekla na druhou stranu konstrukce. Hladina se stabilizovala ve výšce 30 mm. Nakonec byl vyhodnocen vlhkostní profil konstrukce. Z tvarovky A, která byla založena v první vrstvě, byly odebrány čtyři vzorky ze spodní podstavy. Na okraji tvarovky, která byla v kontaktu s vodou byla naměřena vlhkost 9,5 %, ve vzdálenosti 50 mm od okraje 4,5%, ve vzdálenosti 150 mm 3,2 % a na opačném konci 3,1 %. Z této tvarovky byly odebrány i čtyři vzorky z horní podstavy, jejichž vlhkost na okraji byla 9,2 % a se zvyšující se hloubkou 3,1 %, 2,1 % a 4,8 %. Stejným způsobem se postupovalo u tvarovky B, která byla taktéž založena v první vrstvě. V horní podstavě byly vypočítány hodnoty 0,6 % na okraji, který byl ve styku s vodou, dále ve všech třech zbylých místech odběru 0,1 %. Ve spodní podstavě se jednalo o hodnoty 2,6 % a další tři vlhkosti dosahovaly opět stejných hodnot a to 1,2 %. Poslední tvarovka C, byl jako jediná založená ve druhé vrstvě, proto se z ní odebíraly vzorky pouze se spodní podstavy. Nevyšší vlhkost byla opět u okraje ve styku s vodou 0,3 %, zbylé hodnoty byly vypočteny ve výši 0,1 %.

Závěr

Diplomová práce byla věnována vývoji systému zděných konstrukcí s použitím v záplavových oblastech. Svým rozsahem, úrovní a hloubkou zpracování problematiky překračuje bakalářskou práci autorky.

Rozsáhlá rešerše uvedla do povědomí mnoho informací, týkajících se záplavových oblastí, úpravy objektů v povodňovém území, zatížení konstrukce tlakovou vodou a o postupech, které je vhodné po opadnutí vody dodržet. Součástí bylo i seznámení se s výhodami a nevýhodami stavebních materiálů, které byly následně vybrány pro praktickou část práce.

Praktická část práce se věnovala výhradně ověřování účinků vlhkostního zatížení staveb. Nejprve byla ověřována účinnost hydrofobizace tvarovek. Nejlepších výsledků zkoušek bylo dosaženo použitím přípravku WS 405, a to v koncentraci 1:40, kdy jeho nasákavost dosáhla hodnoty 1,2 %. Pigmentace se v bakalářské práci jevila jako problematičtější. V této práci se podařilo nalézt hydrofobizační přípravek kompatibilní s pigmentem, který nezhoršuje vlastnosti keramické tvarovky, naopak zvyšuje její vodonepropustnost.

Při provedených zkouškách hydrofobizovaných omítek nejlépe obstála štuková omítka CZ 320 od firmy Weber s množstvím 0,75 % přípravku IMESTA IW 290. Dosahovala nejlepších výsledků a proto je vhodná, jako povrchová úprava do záplavových oblastí. Jistým nedostatkem je její zpracovatelnost (rostoucí tuhost konzistence v závislosti na zvyšování množství přídavku hydrofobizéru).

Zátopová zkouška prokázala, že je navržený systém funkční, jelikož propustnost konstrukce dosahovala opravdu nízkých hodnot a nasákavost keramického střeptu, který byl navíc chráněn butylenovým tmel, se ještě snížila.

Stěžejní částí práce bylo navrhnout komplexní systém zdiva, který odolá záplavě po dobu 168 hodin s maximální nasákavostí do 5 %. K tomu bylo využito teoretických poznatků ověřených v praktické části práce. Předložený návrh možná není v českých podmínkách zcela první, ale je určitě ojedinělý, přínosný, v laboratorních podmínkách ověřený, na trhu dostupný, a tedy využitelný a užitečný.

Hydrofobizační opatření pro tvarovky a sanační omítky společně se správným založením a způsobem zdění dostatečně zvyšuje voděodolnost stavby a zabrání průchodu vlhkosti. PUR pěna Porotherm Dryfix vykazuje s broušenými tvarovkami POROTHERM 30 Profi vysokou kompatibilitu a nízkou vodopropustnost. Pro ochranu spoje je vhodný stavbařský butylenový tmel, nanesený na ložné i styčné spáry. Komplexnost systému zajišťuje povrchová úprava CZ 320 od firmy Weber s 0,75 % přípravku IMESTA IW 290.

Bylo by přinejmenším pošetilé domnívat se, že sebedokonalejší komplexní systém zdění odolá dynamickým účinkům povodňové vlny a jí unášených předmětů nezářídka vysoké hmotnosti. Stejně tak dosud (na současné úrovni poznání) neexistuje technologie, která by zajistila dlouhodobou ochranu a vodonepropustnost stavební konstrukce.

Závěry předložené práce ale přesvědčivě dokazují, že odolnost stavby lze správným postupem zdění, využitím vhodných pojiv, správným výběrem a vhodnou aplikací hydrofobizačních přípravků pro ochranu zděných konstrukcí v krátkodobém časovém horizontu významně zvýšit.

Použitá literatura

- [1] Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: 2001, ročník 2001, 254/2001 Sb.
- [2] Geology: katalog hazardu [online]. 2006 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/geohazardy/katalog/geohazard-29/>.
- [3] ING. ARCH. TOMÁŠEK, Aleš. *Žijeme v záplavovém území* [online]. 2015, 59 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <https://www.clovekvtisni.cz/uploads/file/1443612399-brozura%20zijeme%20v%20zaplavovem%20uzemi%20pro%20mail.pdf>
- [4] Hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ pro veřejnost [online]. 2008 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povoden_definice.html#priklad
- [5] Zvláštní povodně [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: https://www.pod.cz/povodnovy_plan/PP-A6/PP-A6-3.htm
- [6] Vyhláška Ministerstva životního prostředí o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území. In: 2002, 236/2002 Sb.
- [7] FABIÁNKOVÁ, Aneta. *Možnosti výstavby hydrofobizovaného zdiva pro konstrukce v záplavových oblastech*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Jiří Zach, Ph.D.
- [8] Záplavová území. *Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy* [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.iprpraha.cz/clanek/64/zaplavova-uzemi>
- [9] *OCHRANA PŘED POVODNĚMI PŘI UMISŤOVÁNÍ STAVEB* [online]. In: . s. 13 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.mmr.cz/getmedia/f9eca601-3b44-4267-93da-1d00101667bd/Ochrana-pred-povodnemi-v-ramci-umistovani-staveb-14-11-2013.pdf%20on%2010/11/2014>
- [10] *POVODŇOVÉ PLÁNY*. In: 2006, TNV 75 2931.
- [11] SOLAŘ, Jaroslav. *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 192 s. ISBN 978-80-247-2672-4.)

- [12] KRTEK, Jiří. *ZALOŽENÍ DÁLNIČNÍHO MOSTU*. Brno, 2012.
- [13] Technologie sprážení základových konstrukcí. *Porta culturae* [online]. 2014 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.portaculturae.eu/rejstrik-pamatkove-pece/technologie-sprazeni-zakladovych-konstrukci-93.html>
- [14] ING. NOVÁK, Emanuel. *ZESÍLENÍ ZÁKLADŮ PŘI PŘESTAVBĚ A NÁSTAVBĚ VÝŠKOVÉ BUDOVOY ZENTIVA a.s.* [online]. 9 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.statika.cz/files/beton-v-PZK-II.pdf>
- [15] TURČEK, P., HULLA, J., BARTÁK, J., VANÍČEK, I., MASOPUST, J., ROZSYPAL, A. *Zakládání staveb*. Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2005. 302s.
- [16] TP 94 Úprava zemin: Technické podmínky. In: MD-OPK č.j. 77/2013-120-TN/1. ARCADIS Geotechnika a.s., 24. 10. 2013
- [17] UŽITEČNÉ RADY CO DĚLAT PO POVODNI. *Sbor dobrovolných hasičů* [online]. 2015 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: http://hasici-bohusovice.cz/co_popovodni.html
- [18] *Vysoušení zdiva po povodni* [online]. 2012 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://loskutak.nova.cz/clanek/novinky/vysouseni-zdiva-po-povodni.html>
- [19] Rady k ošetření zaplavených domů ze systému Ytong. *Ytong* [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.ytong.cz/rady-k-osetreni-zaplavenych-domu.php>
- [20] Sanace po povodni. *Mibag* [online]. 2016 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.mibag.cz/sanace/sanace-po-povodni>
- [21] ČERVENKA, Martin. *TESTOVÁNÍ ÚČINNOSTI HYDROIZOLAČNÍCH INJEKTÁŽNÍCH CLON V ZÁVISLOSTI NA VLASTNOSTECH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ*. Brno, 2014.
- [22] HYDROSTATICKÝ TLAK. *Fyziky* [online]. 2011 [cit. 2016-10-21]. Dostupné z: <http://zs-fyzika.webnode.cz/products/hydrostaticky-tlak/>
- [23] ČSN P 73 0610 *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. ČSN P 73 0610. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [24] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva*. 1. Praha: Grada Publishing, 1995. ISBN 80-7169-184-4.
- [25] VYSOUŠENÍ STAVEB PO POVODNI. *Dům a zahrada* [online]. 2016 [cit. 2016-10-21]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/stavba->

rekonstrukce/rekonstrukce/20566-vysouseni-staveb-po-povodni/#.WAoSWfmLSHt

- [26] ING. VIKTORIN, CSC., Zbyněk. *Vysoušení bytů a staveb postižených povodněmi* [online]. 1 [cit. 2016-10-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1071-vysouseni-bytu-a-staveb-postizenych-povodnemi>
- [27] PROFESIONÁLNÍ vysoušeče. *Vzdušín* [online]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://www.vzdusin.cz/odvlhcovace-vzduchu/profesionalni-vysousece>
- [28] VYSOUŠENÍ VLHÝCH STAVEB ODVLHČOVAČI. *VYSOUŠENÍ STAVEB, PRONÁJEM ODVLHČOVAČŮ VZDUCHU* [online]. 2016 [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://odvlhcovace-pujcovna.cz/vysouseni-staveb/>
- [29] SOBOTKA, Jindřich, Zdeněk JIROUŠEK a Karel ŠUHAJDA. *VYSUŠOVÁNÍ ZDIVA, STERILIZACE BIOTICKÝCH ČINITELŮ POMOCÍ MIKROVLNNÉ TECHNOLOGIE* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/52625/444-452_sobotka.pdf?sequence=1
- [30] MIKROVLNNÁ TECHNOLOGIE PRO VYSUŠOVÁNÍ ZDIVA. *Mikrovlnné vysušování zdiva a ošetření dřeva* [online]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://www.vysusovani-zdiva.cz/>
- [31] KOUTNÍK, M. Návrh teplovzdušného vytápění a větrání nízkoenergetického domku. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 79 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Košner, Ph.D.
- [32] ŽÁKOVÁ, Kateřina. *Stanovení elektrických a tepelných parametrů nových skleněných sálavých panelů*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce.
- [33] VYSOUŠENÍ ZDIVA. *PRINS* [online]. 2010 [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://www.sanace-zdiva.cz/vysouseni-zdiva.html>
- [34] Technické vysoušení vlhkosti. *Emzet* [online]. 2013 [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: http://vysouseni.com/o_nas/technicke-vysouseni/
- [35] *Obnova bytových domů po záplavách* [online]. 17 [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: <http://www.starapaka.cz/aktuality/2013/17informace040613.pdf>

- [36] VALÍČEK, J. a J. STANĚK. *Odstraňování následků povodní*. Praha: Člověk v tísni o. p. s, 2011. ISBN 978-80-87456-15-6.
- [37] DRDÁČKÝ, Miloš. *Analýza poruch a ochrana památek před účinky povodní* [online]. In: . s. 19 [cit. 2016-11-03]. Dostupné z: <http://www.itam.cas.cz/publications/10.21495/49-9/49-9.130-148.pdf>
- [38] VLČEK, Milan. *Oprava rodinného domu*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-1950-4.
- [39] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva III. 1*. Praha: Grada Publishing a.s., 1999. ISBN 80-7169-737-0.
- [40] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva. 1*. Praha: Grada Publishing a.s., 1995. ISBN 80-7169-184-4.
- [41] ČERVENKA, Leoš. *Obvodové konstrukce panelových budov: Poruchy staveb. 1*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. ISBN 978-80-247-1762-3.
- [42] ING. MILERSKI, CSC., Rudolf, Jan DOC. ING. MIČÍN CSC. a Jaroslav DOC. ING. VESELÝ CSC. *Vodohospodářské stavby*. Brno: Cerm, s.r.o., 2004. ISBN 80-214-2896-1.
- [43] STUDENÁ, Sandra. *Vliv vlhkosti ve stavbě – příčiny, důsledek a možné řešení*. České Budějovice, 2014. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta Zemědělská. Vedoucí práce Ing. Jan Závitkovský.
- [44] E-mailová korespondence s Karlem Březinou [online], 4. 11. 2016, Karel.Brezina@pvl.cz
- [45] BARNAT-HUNEKA, Danuta a Piotr SMARZEWSKI. *Increased water repellence of ceramic buildings by hydrophobisation using high concentration of organic solvents*. 2015. Lublin University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction.
- [46] SVOBODA, J. *Studie vlivu povrchové energie různých druhů kapalin a povrchů - experiment*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Simona Fialová, Ph.D.
- [47] NOVÁČEK, Jaroslav. *Ověření účinnosti hydrofobizačních přísad určených ke strukturální hydrofobizaci silikátových maltových směsí*. Brno, 2008. Studentská vědecká a odborná činnost. Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. RNDr. ing. Stanislav Šťastník, CSc.

- [48] ANDRIOT M., DEGROOT J.V., MEEKS JR. AND R.: *Silicones in Industrial Applications*. 2008
- [49] *Pigmenty* [online]. In: . Perduvice, s. 14 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.upce.cz/fcht/uocht/spektrum/ktol-pigmenty.pdf>
- [50] MINERÁLNÍ PIGMENTY A BARVIVA. *INSTITUT GEOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ* [online]. Ostrava [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/Loziska/suroviny/pigmenty_barviva.html
- [51] Bc. Vítězslav Novák Vývoj pokročilých zdicích prvků pro novodobé obvodové konstrukce. Brno, 2013. 84 s., 21 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Jiří Zach, Ph.D..
- [52] *Porotherm Dryfix.extra: Lepidlo pro zdění vnitřních a vnějších stěn* [online]. In: . s. 2 [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://wienerberger.cz/produkty/lepidlo-porotherm-dryfix.extra-750-ml?wb_condition=ProductType:1366321808292
- [53] JIROUT, Jiří. *Metodika zdění z broušených cihel* [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://www.souch.sedlcany.cz/attachments/article/102/Metodika%20Zd%C4%9Bn%C3%AD%20brou%C5%A1en%C3%BDch%20cihel.pdf>
- [54] ING. JIROUŠKOVÁ, Kateřina. *Vlastnosti zdicích cementových malt a zdicích polyuretanových pěn* [online]. Praha [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://www.svsoms.cz/files/Cementove_malty.pdf
- [55] *POROTHERM Profi: Malta pro tenké spáry* [online]. In: . s. 2 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: file:///C:/Users/Anetka%20a%20Sabinka/Downloads/TL_malta%20Profi.pdf
- [56] Vyrovnávací souprava. *Wienerberger* [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://wienerberger.cz/fakta/vyrovnc3%A1vac%20AD-souprava>
- [57] Proškolení ze založení / zdění. *Wienerberger* [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://wienerberger.cz/proskoleni-ze-zalozeni-zdeni>
- [58] ŽITNÝ, Rudolf. *Tepelná zařízení: Sušení* [online]. In: . Praha, 2010 [cit. 2016-12-30].

- [59] POROTHERM Profi DBM (Dünnbettmörtel). *Wienerberger* [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z:
<http://wienerberger.cz/sluzby/tisk/porotherm-profi-dbm-d%C3%BCnnbettm%C3%B6rtel>
- [60] Broušené cihly SUPERTHERM STI SB pro nové technologie zdění. *Stavebnictvi3000* [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z:
<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/brousene-cihly-supertherm-sti-sb-pro-nove-technolo/>
- [61] *Příčky* [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z:
<http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2011-2012/1.SC%20-%202011,2012/1.PS%20-%20PRICKY.pdf>
- [62] KOTLÍK, Petr. *Stavební materiály historických objektů - materiály, koroze, sanace*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999, 112 s. ISBN 80-708-0347-9.
- [63] BLAHA, Martin. *Omítky*. Praha: Grada, 2004. Profi. ISBN 80-247-0898-1.
- [64] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva II*. Praha: Grada, 1997. Profi. ISBN 80-716-9440-1.
- [65] *ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb - Základní ustanovení*. ČSN P 73 0600. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [66] *ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové izolace - Základní ustanovení*. ČSN P 73 0606. Praha: Český normalizační institut, 2000.