

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

SUBDODAVATEL:	Ing. Pavel. Zejda, Ph.D. Jezerůvky 525/7,621 00 Brno tel.: +420 776 812 238 E-mail: zejda@zejda-sanace.cz	ODPOVĚDNÝ PROJ., VYPRACOVAL Ing. Pavel Zejda, Ph.D. <i>Zejda</i>	zejda SANACE
---------------	--	---	------------------------

OBJEDNAVATEL:	Správa železnic, státní organizace, Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa východ (organizační jednotka)		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz
PROFESNÍ SKUPINA:	31 Pozemní stavby	VEDOUcí PROF. SKUPINY Ing. Stanislav Kašpárek	GENERÁLNÍ ŘEDITEL Ing. Kamil Chmela
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Stanislav Kašpárek	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Ing. Pavel Zejda, Ph.D.	NAVRHL, VYPRACOVAL Ing. PAvel Zejda, Ph.D.	KONTROLOVAL Ing. Michal Malý
KRAJ: Jihomoravský	POVĚŘENÝ OÚ: Brno	STUPEŇ:	DSP a DPS
BRNO, KOUNICOVA ADM - PD OPRAVA (IV. ETAPA) SO 05 Opravy hydroizolace spodní stavby Sanace vlhkého zdiva / hydroizolace		ZAK. ČÍSLO 21006-01-0422	ARCH. ČÍSLO
		MĚŘÍTKO 1:100	POČET FORMÁTŮ -
		DATUM:	09/21
TECHNICKÁ ZPRÁVA		ČÁST DOKUM. D.2.2.2.A	PŘÍLOHA 02

Brno Kounicova ADM – PD oprava (IV. etapa) **SO 05 OPRAVY HYDROIZOLACE SPODNÍ STAVBY**

02 Technická zpráva

SANACE VLHKÉHO ZDIVA / HYDROIZOLACE

září 2021

Základní údaje

Název akce: Brno Kounicova ADM – PD oprava (IV. etapa)

Objekt: SO 05 Opravy hydroizolace spodní stavby

Místo stavby: Kounicova 688/26, obec Brno [582786]
p. č. 1370, k. ú. Veverí [610372]

Objednatel: **SUDOP BRNO, spol s r.o.**
Kounicova 26, 611 36 Brno
IČO: 44 96 04 17 DIČ: CZ44960417

Zpracovatel části sanace vlhkého zdiva: **Ing. Pavel Zejda, Ph.D.**
Jezerůvky 525/7, 621 00 Brno
IČ: 73591670
tel.: 776 812 238, e-mail: zejda@zejda-sanace.cz

Zodpov. projektant: Ing. Pavel Zejda, Ph.D.
- autorizovaný inženýr v oboru pozemní stavby
osvědčení o autorizaci: 34037
číslo v seznamu ČKAIT: 1005529
- autorizace WTA CZ pro oblast sanace zděných staveb proti vlhkosti
číslo v seznamu WTA CZ: 00013

Předmět: **Technická zpráva - Sanace vlhkého zdiva / hydroizolace**

Stupeň: **Dokumentace pro provedení stavby (DPS)**

Obsah:

1. Podklady
2. Stavebně-technické řešení (sanace vlhkého zdiva / hydroizolace)
 - 2.1. Přímé metody sanace vlhkého zdiva (odstranění příčin vlhkosti)
 - 2.2. Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva
 - 2.3. Metody doplňkové (přímé) sanace vlhkého zdiva (odstranění příčin vlhkosti)
 - 2.4. Metody doplňkové (nepřímé) sanace vlhkého zdiva (odstranění důsledků vlhkosti)
3. Stanovení podmínek pro provozování a údržbu sanovaných prostor
4. Řízení jakosti a účinnosti provedených sanačních prací
5. Závěr

1. Podklady

- Projektová dokumentace pro provedení stavby, zpracovatel: SUDOP BRNO, spol s r.o., Kounicova 26, 611 36 Brno
- Návrh koncepce řešení sanace vlhkého zdiva a hydroizolací (předprojektová příprava), zpracovatel: Ing. Pavel Zejda, Ph.D., Jezerůvky 525/7, 621 00 Brno, červen 2021
- Normy:
 - ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb - Základní ustanovení
 - ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb - Povlakové hydroizolace - základní ustanovení
 - ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - základní ustanovení
 - Směrnice WTA 4-4-04, Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti
 - Směrnice WTA 4-6-98, Dodatečná izolace stavebních konstrukcí ve styku se zeminou
 - Směrnice WTA E-9-04, Sanační omítky

2. Stavebně-technické řešení (sanace vlhkého zdiva / hydroizolace)

K sanacím je nutné přistupovat takovým způsobem, aby kombinovaným použitím různých hydroizolačních a vysušovacích technologií a stavebních úprav podle podmínek objektu a jeho okolí byl na něm vytvořen komplexní sanační systém. Tento systém by měl přednostně odstraňovat příčiny a nikoliv jen důsledky vlhnutí stavby.

2.1. Přímé metody sanace vlhkého zdiva (odstranění příčin vlhkosti)

2.1.1. Metody chemické

Dodatečná horizontální, plošná a svislá „oddělující“ izolace svislých konstrukcí – technologie dodatečné izolace zdiva systémem nízkotlaké injektáže vodným roztokem na silikonové bázi proti vztlínající a boční vlhkosti

Jako hlavní sanační technologie pro zamezení pronikání vztlínající vlhkosti a vlhkosti pronikající do zdiva z boků bude provedena dodatečná horizontální izolace stávajících svislých konstrukcí v kombinaci s plošnou a svislou „oddělující“ dodatečnou hydroizolací (oddělení konstrukcí dodatečně izolovaných od konstrukcí neizolovaných a propojení různých výškových úrovní dodatečných izolací) dle ČSN 73 0610 – metody chemické. Provedení s vrty uspořádanými ve dvou řadách nad sebou, tzv. šachovnicově.

Chemické injektáže se používají pro sanaci vlhkého zdiva, k dodatečnému vytvoření horizontální izolace a odstranění příčiny vnikání vlhkosti do objektu.

Aplikují se nízkotlakou injektáží do předem vodorovně vyvrtaných otvorů v odstupu 10-12cm do ošetřované zdi (až do 5 cm před protější stranu zdi). Před samotnou aplikací je nutné odstranit prach vzniklý při vrtání. Nároží a silné zdi (s tloušťkou zdi vyšší než 0,8m) by se měly pokud možno vrtat z obou stran. Vrtá-li se z obou stran, vrty musí být uspořádány vystřídaně (šachovnicově), a hloubka vrtů přesahuje střed zdi o 5 cm. Vzhledem k tomu, že vrty budou uspořádány ve dvou řadách nad sebou, s roztečí vrtů 15cm vodorovně s přesahem 8cm (viz schéma), což je výhodné za složitých podmínek (vysoké zatížení účinky výkvětovitých solí, značná vlhkost, různorodost materiálu), musí se také vystřídaně vyvrtat.

Způsob provedení – horizontální izolace:

Provedení systémem nízkotlaké injektáže na silan siloxanové bázi s vrty uspořádanými ve dvou řadách nad sebou, tzv. šachovnicově. Tam, kde bude vrtání probíhat z obou stran (exteriéru a interiéru), vrty musí být uspořádány vystřídaně (šachovnicově) a hloubka vrtů přesahuje střed zdi o 5cm. Způsob provedení s umístěním vrtů – viz detaily.

Způsob provedení – plošná izolace:

Provede se vyvrtání otvorů o průměru 12mm šachovnicově v osové vzdálenosti (roztečích) dle schématu. Hloubka vrtů 300mm. Vyvrtání otvorů se provádí pod mírným sklonem pod úhlem cca 15° (přes dvě maltové spáry v CPP), případně je možné provádět horizontálně přímo v maltové spáře.

Geometrie vrtů a způsob realizace bude splňovat požadavky Směrnice WTA 4-4-04 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti.

Projektem je předepsáno použití přípravku na silikonové / siloxanové bázi **do velmi vysokého stupně zvlhčení (95% nasycení zdiva vodou)**. Přípravky na silikonové bázi jsou inertní vůči zdivu, nepodporují tvorbu solí a plísní, jsou bez těkavých organických látek, reagují také v neutrálním prostředí. Přípravky mají výbornou penetrační schopnost, hydrofobizují pórovou strukturu, čímž omezí kapilární vztlínání a jsou difúzně otevřené pro vodní páry.

Výhody:

- proniká i do velmi jemných pórů a kapilár;
- jednoduše ředitelný vodou bezprostředně před aplikací;
- dlouhodobá stabilita roztoku po naředění vodou;
- chemicky i fyzikálně slučitelný s ošetřovaným prostředím;
- vynikající stabilita a dlouhodobá účinnost vytvořené horizontální hydrofobní clony;

SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ VRTŮ – HORIZONTÁLNÍ INJEKTÁŽ

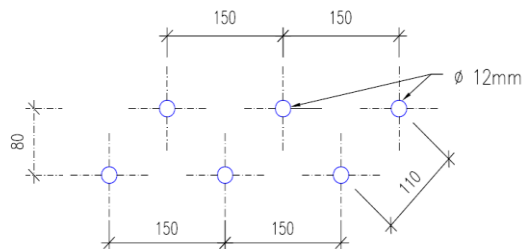
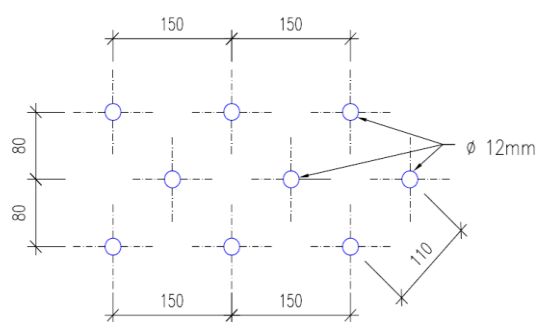


SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ VRTŮ – PLOŠNÁ INJEKTÁŽ



- zdivo je po injektáži dále propustné pro vodní páru.

Technické parametry materiálu (koncentrát pro vodný roztok):

- Bezrozpouštědlový koncentrát silikonové emulze (směs silanů a siloxanů), bez obsahu organických rozpouštědel (VOC).
- Hustota: cca 1 g/cm³
- Obsah účinných látek: min. 98%

Princip působení:

Po naředění pitnou vodou v předepsaném poměru vytvoří pravý vodný roztok silan siloxanu. Ten po injektáži do zdiva díky své výborné penetrační schopnosti a velmi malým částicím pronikne i do nejmenších pórů a kapilár. Ve zdivu postupně vzniká hydrofobní křemičitý gel, který není dále rozpustný a dispergovatelný ve vodě a vytvoří tak trvalou horizontální clonu. Transport vody v kapilárním systému zdiva je přerušen, čímž dochází k vysychání zdiva nad injektáží vytvořenou hydrofobní clonou. Materiál zdiva si zachová původní fyzikálně-mechanické parametry a je propustný pro vodní páru.

Zpracování:

Injektážní materiál je dodáván jako koncentrát, který je před aplikací třeba naředit pitnou vodou v objemovém poměru:

Stupeň zavlhčení zdiva vodou	Poměr ředění koncentrát : voda	Spotřeba koncentráту / m ² průřezu zdiva (2 řady)
95%	1:10	2,40 l
80%	1:12	2,00 l
60%	1:14	1,80 l

Spotřeba: cca 26 l / m² ve dvou řadách dle PD (naředěného roztoku)

Příslušné množství koncentráту se přilévá opatrně za stálého míchání do vody, nikdy naopak! Je-li ředění prováděno pitnou vodou, vzniklý roztok je stabilní po dobu 2 měsíců, v případě ředění demineralizovanou (destilovanou) vodou je stabilita roztoku až 12 měsíců.

Pracovní postup – horizontální injektáž

- Provedení soustavy vrtů Ø12mm ve dvou řadách nad sebou (tzv. šachovnicově) v osové vzdálenosti 150mm (výškově nad sebou 80mm). Hloubka vrtu odpovídá tloušťce zdiva minus 50mm.
- Před osazením injektážních pakrů vyvrtané otvory pročistíme kartáčkem od hrubých nečistot. Jemný prach vyfoukáme stlačeným vzduchem.
- Osazení pakrů se provede mechanicky tj. naražením do předvrtaného otvoru, pakr obsahuje kuličkový uzávěr. Volné pakry utěsníme a zafixujeme pevnostní maltou.
- Vlastní tlaková injektáž tlakovacím zařízením v jednom pracovním kroku pod tlakem < 10 barů. Zdivo v injektážní zóně musí být zcela nasyceno roztokem, aby byla následně vzniklá hydrofobní clona plně funkční. Injektážní hmoty se aplikují v jednom pracovním kroku v plném objemu.
- Případný výskyt kaveren se zjistí již při vrtání otvorů popř. při vlastní injektáži. Pokud bude toto zjištěno, provede se předinjektáž cementovým mlékem.
- Druhý den po injektáži se provede demontáž pakrů (pakry demontovatelné), případně se pakry axiálně narazí hlouběji do vrtů (pakry plastové) včetně zapravení ústí vrtů cementovou maltou s vodotěsnicí krystaliz. přísadou (vlastní vrtý nejsou již vyplňovány).

Poznámka:

- Je nezbytné dbát zvýšené opatrnosti při realizaci stavebních prací a prací spojených s dodatečnou hydroizolací zdiva (vrtý chemické injektáže), s ohledem na umístění rozvodných skříní a vedení k těmto skříním. Dále pak v místě vedení stávajících a nových technických sítí (voda, kanalizace, elektro apod.)

2.1.2. Metody elektroosmotické

Systém mírné (aktivní) elektroosmózy

Popis technologie (mírné - drátové) elektroosmózy

Obvodové a částečně vnitřní zdívo objektu pod úrovní terénu bude pro odstranění příčin vlhkosti řešeno technologií aktivní (mírné - drátové) elektroosmózy. **Technologie elektroosmózy musí splňovat požadavky ČSN P 730610 a ÖNORM B 3355-2. Technologie musí být jednoznačně definována kladným a záporným pólem se současným napojením na zdroj elektrického proudu. Vyloučeny jsou technologie na principu magnetokinetických a elektrokinetických systémů. Bude zajištěna instalace se zabudováním (+) pólů do zdíva a funkčním uzemněním (-) pólu v navrženém počtu dle výkresové dokumentace. Budou použity materiály s dlouhodobou životností a nízkým provozovaným napětím (do cca 6V).**

Pro instalaci pásových vodičů (+ pól) je uvažováno s jejich umístěním především do vnějších a částečně vnitřních degradovaných ploch. Pro instalaci tyčových elektrod (- pól) je uvažováno s jejich umístěním po obvodě nad úrovní navazujícího terénu (popř. ve výkopech pro rubovou izolaci) a do vnitřních prostor 1.PP v úrovni podlah. Součástí dodávky prací je měření elektrického potenciálu v kontrolních bodech elektroosmotického systému.

Elektroosmotický systém je považován za funkční, je-li na něm měřitelný potenciál a znatelný pokles jeho hodnot při vypnutí systému.

Pro instalaci technologie drátové (mírné) elektroosmózy provádějící firma předloží osvědčení pracovníků pro montáž v souladu s vyhl. ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb. „O odborné způsobilosti v elektrotechnice“ v platném znění.

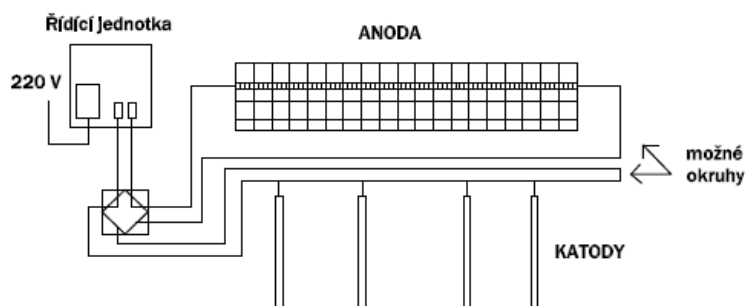
Popis technologie

Jedná se o ovlivnění pohybu tekuté fáze (mineralizované vody) pórovitou pevnou fází (materiálem) pod vlivem účinku stejnosměrného elektrického proudu. Systém předpokládá umístění elektrod ve zdech a v zemi, napájených elektrickým proudem s malým napětím. Původní běžně dostupné, avšak snadno korodovatelné materiály elektrod jsou v současnosti nahrazovány vysoce odolnými materiály. Elektrody se umísťují v předepsaných vzdálenostech do zdi a vzájemně se spolu vodivě propojují. Vzniklé elektrické pole brání kapilárnímu vztlínání vody. Vodiče jsou napojeny na řídicí systém, který reguluje množství elektrického proudu dle úrovně vlhkosti.

Elektroosmotický systém pro vybudování elektrického pole používá napětí max. 5 voltů (stejnosměrné napětí 2,8 V). Tímto nízkým napětím jsou dostatečně eliminovány nebezpečné reakce rozkladného účinku na malty a ocelové zabudované prvky ve zdívu.

Elektroosmotická technologie slouží pro odstranění příčin zemní vlhkosti a svým způsobem nahrazuje i svislou izolaci, a to především u stěn s větší šířkou. Elektroosmóza nepůsobí proti tlakové vodě ani proti lokálním poruchám (poškozené dešťové svody, průsaky do podlaží vlivem zatékání z přilehlých ploch aj). Při realizaci je nutno dbát na odizolování kovových (vodivých) prvků v rozsahu působnosti elektroosmózy.

Schéma elektroosmotického okruhu



Řídicí přístroj

Jedná se o digitální přístroj zobrazující měřené údaje (zejména o průtoku proudu v mA). Současně je zde zabudováno počítadlo provozních hodin, které kontroluje skutečné provozované hodiny (z důvodu výpadků v síti, popř. jiné poruchy či nezodpovědné odpojení od sítě). Pro řídicí jednotky je nutno zajistit dodávku el. energie – síťový rozvod 220 V/50 Hz ze samostatné jednofázové zásuvky (samostatné jištění z elektrorozvaděče) a výstupní revizní zprávu. Řídicí jednotky budou osazeny v prostorech na nepřístupném místě pro veřejnost (v místnostech 2.PP – viz výkresová část). Řídicí

jednotky budou osazeny v ochranných nerezových skříňkách. Napojení řídicí jednotky je součástí projektu rozvodů elektroinstalace.

Síťová elektroda (anoda + pól)

Kladná elektroda má tvar síťky výšky 250 mm s přiloženým zdrojovým kabelem (kontaktním vodičem) uchyceným prostřednictvím mechanických příchytů, přímo na připravený povrch zdiva. Síťové elektrody jsou vyrobeny z pletiva ze skleněných vláken potaženého elektricky vodivým lakem s grafitovou náplní.

Pro účinnost je vyžadována hustá soustava mřížek v rastru cca 25 a 100 ks na běžný metr vč. podélného zesílení pro zajištění účinnosti a bezproblémové přilnavosti ke zdivu.

Kontaktní vodič

Jedná se o třívlákno z titanu – stříbro v poměru 3:4 obaleného umělou hmotou se speciální tvrzenou barvou na povrchu, aby byla zajištěna neporušenost vodiče při manipulaci a instalaci. Kontaktní vodič se skládá ze tří žil, kdy každá žila obsahuje 4 vlákna stříbra a 3 vlákna titanu. Tato skladba je rozhodující pro zajištění standardního potenciálu a plné funkčnosti elektroosmotického systému. Plášť vodiče musí mít velmi nízký měrný odpor. S použitím vodiče ze samostatného vlákna titanu není uvažováno.

Kontaktní vodič je uložen v cca 1/3 výšky síťové elektrody. Je odolný vůči korozi a mechanickému poškození. Z vnější strany je opatřen drážkami zajišťující přídržnost po zaomítnutí ke kladné elektrodě. Všechny použité materiály splňují podmínky chemické, elektrochemické a biologické odolnosti.

Plášť vodiče je potažen elektricky vodivým lakem s grafitovou náplní a na síťovou elektrodu (v místě podélného zesílení) je přichycen umělohmotnými přípojkami.

Zemní elektroda (katoda – pól)

Funkcí záporné elektrody je vytvoření protipólu elektrody kladné, čímž dochází ke vzniku elektrického pole mezi oběma póly. Elektrody jsou dotovány stejnosměrným proudem z napáječe a budou instalovány šikmo pod nosnými zdmi. Katody jsou tyčové vyrobené z elektricky vodivého, grafitem plněného plastu. Jsou navzájem propojeny kabelem opatřeným dvojitým izolačním pláštěm. Průměry tyčí jsou cca 25 mm a jejich délka je cca 500 mm. Záporné elektrody budou rozmístěny po osových vzdálenostech 3500 mm (viz. dokumentace) a navzájem propojeny. Osová vzdálenost stanovená projektantem je závazná. Použití ocelových, popř. nerezových tyčí je vyloučeno.

Požadavky na zabudované komponenty mírné (drátové) elektroosmózy

Dlouhodobou funkčnost mírné (drátové) elektroosmózy podmiňuje kvalita použitých prvků zařízení a materiálů. Sledovaným faktorem je elektrochemická odolnost elektrod, zejména odolnost anody, na které může docházet k oxidaci a následnému „anodickému rozpuštění“. Proces anodické rozpustnosti se řídí Faradayovým zákonem. Elektrochemická odolnost zední (kladné) elektrody určuje životnost a dobu, po kterou bude zařízení fungovat. Funkce zařízení je závislá na elektrických odporových poměrech v okruhu zdroj – zední elektroda – zdivo – zemní elektroda – zdroj. K největším změnám dochází tedy na anodě, která se elektrochemicky rozpouští a její elektrický přechodový odpor roste v čase.

Zabudované komponenty kladné elektrody musí mít elektrochemický ekvivalent E_e nižší než $1 \cdot 10^{-6}$ kg/A*rok. Pro aktivní komponenty mírné (drátové) elektroosmózy je vyloučeno použití materiálu na bázi mědi, oceli, aj.

Elektrochemické ekvivalenty vybraných materiálů

Materiál	Přibližné hodnoty elektrochemického ekvivalentu E_e [kg/A*rok]
Měď (Cu)	20
Ocel (Fe)	10
Uhlík (C)	1

Ferosilicium (FeSi)	0,2
Platinovaný titan (Ti-Pt)	$1 \cdot 10^{-6}$
Titan s povlakem oxidů a vzácných kovů	$4 \cdot 10^{-7}$

Postup prací

- Před zahájením je nutno, aby byly provedeny veškeré instalace, popř. založeny chráničky v prostoru realizované technologie
- Očištění zdiva s odspárováním
- Vyrovnání nerovností na povrchu stěn (po odstranění omítek)
- Přichycení síťové elektrody a kontaktního vodiče
- Aplikace kontaktní (krycí) omítky
- Ochrana omítky před působením atmosférických vlivů nátěrem na bázi vápna bez obsahu cementu.
- Instalace zemních elektrod
- Dodávka a montáž řídicí jednotky s napojením na síťový rozvod
- Uvedení do provozu, měření elektrického potenciálu

Případná dodavatelská dokumentace bude zpracována dodavatelem sanačních prací (odbornou firmou v oblasti sanace vlhkého zdiva).

Ostatní

- Provozní náklady pro jednu řídicí jednotku jsou zanedbatelné – cca 12 kW/rok (s postupným vysoušením v následujících letech jsou náklady nižší).
- Navržený systém umožňuje rozšíření elektroosmotické technologie bez vícenákladů do realizovaného rozsahu uvažovaným projektem.

Přednosti technologie

- Vysoušení zdiva probíhá bez stavebních prací, proto nemůže dojít k narušení statiky odvlhč. objektu, jeho stavební podstaty, a tudíž nemohou vzniknout na budovách žádné škody.
- Pro proces odvlhčování nejsou překážkou jakékoli tloušťky zdí. Lze proto odstranit vlhkost i z jinak velmi problematických konstrukcí.
- Vysoušení a odsolování zdiva probíhá v celém profilu stavebních konstrukcí.
- Vhodný časový předstih instalace technologie před následnými sanačními pracemi může podstatně pozitivně ovlivnit podmínky jejich provádění a ve svém důsledku tyto práce zjednodušit a zlevnit.

Měření a kontrola účinnosti systému pro systém elektroosmózy

Měření hmotnostní vlhkosti zdiva, elektrického potenciálu a zemního odporu

- 1) odporová metoda s využitím měřicího přístroje
- 2) gravimetrická, popř. karbidová metoda
- 3) mikrovlnná měření přístrojem
- 4) měření elektrického potenciálu ve zdivu a zemního odporu

Popis jednotlivých metod měření

ad. 1) Měřicí přístroje na principu odporu

Ty jsou používány pro orientační měření vlhkosti na stabilní síti měřických bodů. Je měřena elektrická vodivost v jednotkách Siemens mezi dvojicemi měřících trnů pevně osazených ve zdivu. Trny z materiálu AlFe v dodávaných délkách 90 mm jsou kromě 10 – 20 mm izolovány po celém obvodu plastem. Kontakt vodivé části trnu se zdivem se tak odehrává v hloubce. Dobrý kontakt trnu s proměřovaným stavebním materiálem je zajištěn dvoustupňovým vývrtem (hloubka 90 mm vyžadující kontakt vývrt Ø 6,5 mm, izolovaná část trnu v hloubce 70 – 80 mm vývrt Ø 8 mm), popř. v místech s kavernami vložením hydroskopické kontaktní pasty do konce vývrtu ve zdivu. Fixace trnů umožňuje opakované měření a lze tedy měřit trendy vývoje vlhkosti. Výsledky měření jsou za pomoci software dodavatele technologie tabulkově upraveny a přepočteny na % hmotnostní vlhkosti. Současně jsou porovnány vstupní hodnoty v době instalace a naměřené hodnoty při kontrolních měřeních.

ad. 2) gravimetrická metoda

Gravimetrická metoda se provádí v akreditované laboratoři, kdy při stanovení obsahu vody se vzorek vysuší do konstantní hmotnosti při 105°C. Opakované měření u těchto způsobů není možné. Při

karbidové metodě se v tlakové nádobě smíchá odebraný vzorek stavebního materiálu s reagentním činidlem – tj. karbidem vápenatým. Voda obsažená ve vzorku kompletně reaguje s činidlem. Reakcí vzniká acetylen. Přetlak tohoto plynu udává stupeň vlhkosti.

ad.3) mikrovlonné měření přístrojem

Přístroj pracuje rovněž na principu porovnání rozdílných dielektrických konstant vody a ostatních materiálů ve vybuzeném střídavém elektromagnetickém poli. Touto metodou lze detekovat i malá množství vody. Přístroje je dodáván se dvěma typy měřících sond, pro měření vlhkosti do hloubky 3 cm a typ měření vlhkosti až do hloubky 30 cm. Je možno měřit vlhkost nejrozličnějších běžně používaných stavebních materiálů. Měření je velmi rychlé, nepoškozuje povrchy proměřovaných materiálů a při vyznačení míst měření lze provádět opakovaná měření. Výsledky měření jsou vyjádřeny přímo v % hmotnostní vlhkosti.

ad.4) elektrický potenciál a zemní odpor

Výsledky měření jsou pro ověření funkčnosti a účinnosti navrženého a realizovaného systému aktivní (mírné-drátové) elektroosmózy. Měření zemního odporu se provádí přes podlahovou konstrukci (s izolantem), popř. ve volném terénu. Elektrický potenciál se měří v kontrolních bodech elektroosmotického systému a ve zdivu při zapnuté a vypnuté řídicí jednotce.

2.2. Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva

2.2.1. *Úpravy povrchu a sklonu terénu, odvod srážkové vody od paty zdiva*

Kolem objektu bude po ukončení výkopových prací a prací spojených se sanacemi vlhkého zdiva / hydroizolacemi, provedeny nově povrchové úpravy (převážně zpevněné plochy - viz stavební část). Od obvodových konstrukcí vyspádovat zpevněné plochy ve spádu (veřejný chodník, ostatní zpevněné plochy) od objektu min. 3%. Okapové chodníky pak ve spádu 5%. Je nezbytné se zaměřit na odvod povrchových vod tak, aby se nekoncentrovaly u paty zdiva. **Detailní návrh je řešen ve stavební části.**

2.2.2. *Větrání místností a prostor budov*

Je nezbytné zajistit funkční odvětrání jednotlivých prostor, jejíž okolní konstrukce budou v režimu postupného vysušování. Ve většině řešených prostor je větrání řešeno přirozeně okenními otvory nad úrovní terénu. **Systém větrání není předmětem této PD.**

Pro eliminaci kondenzace na povrchu zdiva doporučujeme dlouhodobé dodržení vnitřní relativní vlhkosti zdiva cca 50 - 55% při vnitřní teplotě $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Obecně by nemělo dojít k překročení rosného bodu na povrchu zdiva nebo souvisejících konstrukcí. Je nutné dbát na důkladné provětrávání!

V rámci předání stavby bude vyhotoven dokument s pokyny pro uživatele sanovaných prostor, které je nutné dodržovat.

Nesmí v žádném případě po dokončené sanaci vlhkého zdiva (ale i v průběhu užívání objektu) dojít k situaci, že budou vznikat rosné body na konstrukcích (důsledky jsou kondenzace na povrchu konstrukcí, ztráta funkčnosti omítkových systémů, výskyt plísní atd.)

2.3. Metody doplňkové (přímé) sanace vlhkého zdiva (odstranění příčin vlhkosti)

2.3.1. *Provedení mělkých a hlubokých odkopů s realizací dodatečné vertikální hydroizolace*

Všeobecný princip spočívá ve vložení hydroizolace v kombinaci s ochrannou vrstvou (zde s nopovou fólií) podél základového a nadzákladového zdiva, která zajišťuje oddělení části zdiva od kontaktu se zemí a brání tak vnikání vlhkosti do zdiva od přilehlého pórovitého prostředí.

Z vnějších stran kolem objektu podél základových a nadzákladových svislých konstrukcí budou provedeny mělké a hluboké výkopy (hloubka viz detaily A1 – M4). Po provedení výkopových prací bude zdivo očištěno ocelovým kartáči od zbytků omítek, zeminy včetně proskrábnutí spár. Dále bude provedeno vyrovnání zdiva těsnicí izolační maltou v předpokládané tloušťce do 20mm (cihelne zdivo). Na takto vyrovnané zdivo bude provedena dodatečná vertikální (rubová) izolace - flexibilní dvoukomponentní polymerová hydroizolační stěrka v tl. 4mm do umělého kamene. Podklad před prováděním hydroizolační stěrky bude penetrován.

- Není znám průběh a zatažení fasády pod úroveň terénu. dle stavu bude omítka z pemrlovaného teraca (umělý kámen) zaříznuta a izolace zatažena přes náběhový klín vytažena do úrovně terénu
- V případě odskoků zdiva pod terénem budou provedeny náběhy (izolační fabiony) z těsnící izolační malty
- V rozsahu vnitřního dvora, kde je již provedena svislá bitumenová hydroizolace, bude po provedení výkopu do nižší úrovně provedena hydroizolace s přesahem 100mm přes hydroizolaci stávající.

Popis hydroizolace:Jedná se o flexibilní dvousložkovou, rychleschnoucí, reaktivní hydroizolaci, která spojuje pozitivně kombinuje vlastnosti flexibilních minerálních stěrek a silnovrstvých izolací na bázi živice, trhliny překrývajících hydroizolačních materiálů.

Po vyzrání hydroizolační vrstvy bude provedena ochranná vrstva systémovou třívrstvou nopovou fólií s kluznou vodící fólií a nakaširovanou geotextílií) nopy směrem od stěny (hydroizolace) do tvaru písmene rozevřeného „L“ s vytažením 0,5m na dno svahovaného výkopu ve spádu 10%.

SE 1: Skladba obvodové stěny s hydroizolací a nopovou fólií (pod úrovní terénu)

- Stávající základová / nadzákl. kce, dočištěné zdivo ocel. kartáči, proškrábnuté spáry
- Podrovnávka z rychlovazné těsnící (izolační) malty na cementové bázi do 20 mm
- Penetrační nátěr
- Hydroizolace - flexibilní dvoukomponentní polymerová hydroizolační stěrka 4 mm
- Systémová třívrstvá nopová folie do tvaru „L“ včetně ukončující lišty 8 mm

Podklady před aplikací

- Na podkladu nesmí být nálitky, nebo ostré nerovnosti a zemina.
- Nezaplněné, nebo špatně zaplněné otvory, jako jsou prohlubně ve spárách zdiva, otvory v maltě, nebo výlomky větší než 5mm, je nutno vhodnou maltou vyspravit. Na plné a dobře vyspárované zdivo není třeba nanášet omítku. Poruchy v podkladu menší než 5mm, případně póry v podkladu se mohou předem vyplnit zastěrkováním stěrku. Speciálně na betonových plochách může docházet ke tvorbě puchýřů. Proto je třeba nanesenou stěrku na těchto plochách proškrábnout.
- Je třeba dbát na to, aby podklad byl pevný, čistý, bez prachu a volných částic. Podklad musí být savý. Může být vlhký, ale ne mokrý. Podklad musí být v každém případě bez námrazy a ledu, a pokud je třeba, musí být předem důkladně prohřát.
- Je nutné provést penetraci. Na hrubě pórovitých, silně nasákavých plochách (např. pórobeton) se penetrační nátěr provést musí. Po zaschnutí penetračního nátěru je podklad připraven k nanesení hydroizolace.

Metody doplňkové (nepřímé) sanace vlhkého zdiva (odstranění důsledků vlhkosti)

2.3.2. Odstranění stávajících omítek

Stávající poškozené a degradované omítky v interiéru budou odstraněny. Zdivo bude dočištěno ocelovými kartáči včetně proškrábnutí spár. Je nezbytné ihned odvézt rumisko na skládku, aby nedošlo k sekundární kontaminaci.

2.3.3. Povrchové úpravy

2.4.2.1 Sanační omítkový hydrofilní systém - vnitřní:

Po odstranění omítek budou lokálně zděné konstrukce v 1.PP opatřeny na stávajících konstrukcích sanačním hydrofilním omítkovým systémem s tepelně izolačními vlastnostmi ($\lambda=0,09$ W/mK) a pórovitostí větší než 40%, složený ze speciální silikátová plniva na bázi expandovaného vulkanického skla, hydraulická pojiva, minerální přísady, organické polymery, v tl. 25mm. Vyrovnání zdiva bude provedeno sanačním systémem v tl. do 15mm. Sjednocení povrchu s běžnými VPC omítkami vápenným štukem (skladba SI 1)

Jedná se o obvodovou stěnu do ulice Kounicova po provedení chemické injektáže v již rekonstruovaných garážích.

Navržené skladby

SI 1: Skladba dvouvrstvého sanačního systému s tepelně-izolačními vlastnostmi

- | | |
|--|----------|
| – Stávající zděná konstrukce, očištěné zdivo ocel. kartáči, proškrábnuté spáry | |
| – Sanační plnoplošný prostřík z jádrové vyrovnávací omítky | 5 mm |
| – Sanační jádrová omítka - vyrovnávka | do 10 mm |
| – Sanační hydrofilní tepelně izolační jádrová omítka | 25 mm |
| – Vápenný štuk | 3 mm |
| – Silikátová barva (součinitel difúze $S_d < 0,05m$) | |

Technické parametry sanační hydrofilní jádrové omítky:

- Součinitel tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,09 \text{ W/mK}$
- Objemová hmotnost omítky $\leq 400 \text{ kg/m}^3$
- Pórovitost zatvrdlé malty $> 40\%$ obj.
- Součinitel propustnosti vodní páry $\mu \leq 9$
- Třída požární odolnosti A 1

Poznámka: „Sanační omítkové systémy se připravují se zřetelem na technickou vhodnost jejich použití na stavbách. Ze sanačních malt provedené omítkové systémy jsou technicky vhodné pro vlhké zdivo, neboť jejich strukturou viditelně nevztlíná voda a na jejich povrchu nedochází po určitou dobu k tvorbě výkvětů solí“. (ČSN 73 06 10).

Nelze všeobecně v rámci řešení sanace vlhkého zdiva nelze považovat sanační omítkové systémy za trvalé řešení povrchových úprav na neomezeně dlouhou dobu neboť v závislosti na vlhkosti a především stavu zasolení zdiva stavebně škodlivými solemi, jsou schopny tyto omítky odolávat daným vlivům bez vizuálních projevů. Pokud dojde na některých místech k lokální degradaci omítek vlivem např. zvýšené koncentraci stavebně škodlivých solí atd. (do 5% všech ploch), nelze toto považovat za vadu projektové dokumentace či reklamaci vůči dodavateli.

2.4.2.2 Režné zdivo - sanace povrchů tryskáním

Stávající konstrukce v prostorech, kde nebude zdivo dále opatřeno povrchovou úpravou, budou dočištěny technologií suchého pískování. **Tato strojní mechanická metoda zajišťuje vysokou účinnost dočištění narušeného a degradovaného povrchu cihelného zdiva stavebně škodlivými solemi.** Alternativně je však možné provádět i dočištění zdiva ocelovými kartáči včetně proškrábnutí spár.

Suché tlakové pískování:

Při tryskání či pískování je použit silný proud jemných částic, tzv. abrazivní částice. Mezi abrazivní materiál řadíme křemičitý písek, ocelové broky, ocelovou drť či strusku.

Pracuje na principu uzavřené tlakové nádoby s abrazivem a pod tlakem přes je abrazivo vháněno do hadice, která je zakončena tryskou, kde je tok abraziva ještě urychlen. Vše zajišťuje pneumatickomechanický systém s ovládáním z místa pískování. Rychlost abraziva u ústí trysky se pohybuje cca 42 m.s^{-1} .

Poznámka:

- Je tedy potřeba vzít v úvahu estetický vzhled povrchu režného cihelného zdiva s nerovnosti (zdíci materiál, spáry) a hrubý povrch.
- U takto provedeného režného zdiva může docházet **ke sprašování povrchu a uvolňování prachových částic na přilehlou podlahu** při daném procesu vysušování, tedy snižování vlhkosti. Dochází však k nejrychlejšímu možnému procesu sanace (odvlhčování) ze stávajících konstrukcí.

2.3.4. Ostatní

Uspořádání vnitřních prostor:

Je nezbytné zajistit přirozenou difúzi vodních par ze sanovaných konstrukcí v 1.NP a 2.NP do prostoru a cirkulaci vzduchu tak, že zařizovací předměty a nábytek v jednotlivých prostorech

neumistovat k sanovaným stěnám, v případě nutnosti se vzduchovou mezerou min. 20 cm, s mezerou pak i v úrovni u podlahy a stropu.

Elektro, ZTI:

V rámci případného překotvení stávajících či provádění nových ZTI instalací, elektro rozvodů atd. k uchycení na svislých konstrukcích v 1.PP, 2.PP a 3.PP v žádném případě nepoužívat sádku vzhledem k její vysoké hygroskopitě, ale rychlovazný cement případně lepidlo na cementové bázi.

ZTI:

Je nezbytné zajistit 100%ní funkčnost veškeré splaškové a dešťové kanalizace. V průběhu užívání objektu pak zajistit **monitorování dešťových svodů a čistoty lapačů nečistot**, dále případně, pokud se vyskytují, kanalizačních bodových vpustí a liniových odvodňovacích žlabů včetně jejich napojení do kanalizace. **Je nezbytné důsledně kontrolovat stav a čistotu lapačů střešních splavenin min. 2x měsíčně, v podzimním období spadu listí i častěji.**

Oddělení nových konstrukcí (zděných příček, dozdívek) od konstrukcí stávajících:

V případě provádění nových konstrukcí (např. zděných příček) navazujících na konstrukce stávající (další stavební objekty a PD) je nutné provést jejich oddělení odizolováním na celou výšku konstrukce (silikátová hydroizolační stěrka se spotřebou 3kg/m²), příčku je nutné zajistit kotvicími profily, např. přes nerezovou výztuž ve spárách po 50cm.

3. Stanovení podmínek pro provozování a údržbu sanovaných prostor

Aby se tomuto systému s jeho vlastnostmi umožnila optimální funkčnost, je nutno dbát následujících opatření:

- Na všechny nátěry barev musí být kladen požadavek, aby jejich difúzní odpor byl nižší než difúzní odpor vrstev jádrových omítek (difúzní odpor $S_D \leq 0,05m$).
- Vnitřní vybavení nestavět přímo těsně na stěny, protože se tím omezuje nebo přímo znemožňuje vypařování a dochází ke vzniku vlhkostních map.
- Před, během a po provedení omítkářských prací se nesmí používat sádra na opravované zdivo. Informovat elektrikáře nebo instalatéry, aby použili cementových rychlovazných materiálů. Pokud se omítkové systémy později poškodí nebo odstraní, je nutno počítat s vykvétáním solí.
- Po omítání musí být provedeno ve vnitřních prostorech intenzivní větrání (dle klimatických podmínek). Pokud by přirozené větrání nebylo možné, nutno instalovat nucené větrání po dobu vyschnutí a odvodu technologické vlhkosti ze sanovaných stavebních konstrukcí a prováděných stavebních úprav.
- Při provádění povrchových úprav, nesmí teplota vzduchu a podkladu (stěn a kleneb) klesnout pod 6°C.
- Dále je při využití místností nutno dbát na dobré provětrání.

4. Řízení jakosti a účinnosti provedených sanačních prací

- Doporučení - kontrolu jakosti a účinnosti provedených sanačních prací je možné řešit v době do skončení záruční doby na provedené sanace.
- Kontrola jakosti sanačních prací se zjišťuje odběrem vzorků zdiva a omítek a jejich hodnocením na hmotnostní obsahy vlhkosti a na druhy a množství solí tvořících výkvěty, vzorky na obsah vlhkosti se odebírají z hloubky alespoň 100mm pod jeho povrchem, v případě omítek se vzorky vysekávají z celé tloušťky omítky, analýza vzorků se provádí v laboratoři.
- Příslušná měření budou provedena tak, že se vzorky ze zdiva odebírají a měření provádějí ve svislém profilu v určitých výškách nad sebou od podlahy suterénních místností až do stropů.
- Účinnost sanačního systému se hodnotí objektivním posouzením míry vysušení zdiva. Jeho účinnost je dána jednak absencí vizuálních poruch na plochách stěn, jednak výrazným zlepšením mikroklimatu prostor, pokud tyto nejsou ovlivňovány jinými negativními vlivy. Objektivním posouzením je však hlavně vyhodnocení hmotnostní vlhkosti zdiva, ve srovnání s výchozím stavem. Měření obsahu vlhkosti bude provedeno na smluvním základě.
- Stupeň účinnosti sanace na základě měření vlhkosti ve zdivu stanovuje ČSN P73 0610

- Pro posouzení vlastností omítek se kromě vlhkostní analýzy provedou i laboratorní rozborů na obsahy síranů, chloridů a dusičnanů (pokud nebude stanoveno jinak).
- Vysušování vlhkého zdiva na každém objektu je i při vytvoření těch nejúčinnějších sanačních systémů a opatření procesem dlouhodobým. K vyschnutí konstrukcí na ustálený obsah vlhkosti zabudovaných konstrukcí dojde v závislosti na jejich tloušťce, na druhu zdiva, na výši původní vlhkosti a míře zasolení a v závislosti na využívání sanovaných místností a prostor i na způsobu a intenzitě jejich vytápění a větrání zpravidla ne dříve než za dobu několika let.
- Účinnost a dlouhodobou trvanlivost sanačních systémů je možno zaručit jen za těch podmínek, nejsou-li podzemní a nadzemní konstrukce namáhány vodou z jiných zdrojů než přírodních, střešní krytina objektu i žlaby musí být v dobrém technickém stavu, nesmí docházet k únikům srážkové vody z dešťových odpadů na povrch terénu i do podzákladí a voda stékající po povrchu terénu musí být odváděna od pat zdí, dále nesmí docházet k únikům dešťové a biologicky znečištěné vody z kanalizace, z přípojek a odpadů uvnitř objektu a k úniku vody z instalací vodovodu, sanované místnosti musí být dostatečně větrány přirozeným nebo nuceným způsobem.

5. Závěr

Při dodržení projektových parametrů a technologické kázně zhotovitele sanačních prací lze dodržet požadovanou záruční lhůtu a zabezpečit dlouhodobou účinnost provedených prací. Veškeré změny během výstavby budou řešeny a odsouhlaseny v rámci výkonu autorského dozoru projektanta stavby.

V Brně, září 2021

Zpracoval: Ing. Pavel Zejda, Ph.D.