

**KÚ****100 LET  
KLOKNEROVA  
ÚSTAVU ČVUT  
V PRAZE**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**K L O K N E R Ů V   Ú S T A V**

Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.  
2100 J 058****Datum vydání zprávy**

24. března 2021

**Oddělení KÚ**Experimentální  
tel. +420 224 353 537**Objednatel:** TOP CON SERVIS s.r.o.  
Ke Stírce 1824/56  
Praha 8, 182 00**Expertní zpráva:****STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA  
PROPUSTKU VE SLANÉM****Vypracoval:**

Ing. Tomáš Bittner, Ph.D.

**Spolupráce:**Ing. Kateřina Hládková  
Ing. Karel Hurtig  
Lukáš Salač**Odpovědný řešitel:**

Ing. Tomáš Bittner, Ph.D.

**Vedoucí oddělení:**

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

**Ředitel KÚ:**

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

**Výtisk číslo:****1   2   3   4****Rozdělovník:**Objednatel: 3x  
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

## **ANOTACE**

Zpráva obsahuje výsledky zkoušek pevnosti kamene a malty v tlaku, stanovení vlhkosti a záznam z rámcové vizuální prohlídky zdiva propustku ve Slaném. Výsledky zkoušek budou použity jako podklad pro statické posouzení. Průzkumné práce proběhly na přelomu února a března 2021.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003–Zn.

Laboratoř Kloknerova ústavu ČVUT v Praze je akreditovaná českým institutem pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Předmětem akreditace je **zkoušení mechanicko-fyzikální a reologických vlastností stavebních materiálů, statické a dynamické zkoušky stavebních konstrukcí, součástí a prvků včetně vyšetřování dynamických účinků na konstrukce.**



**Obr. 1:** Pohled na propustek (čelní zeď směrem od ulice Ouvalova)

**OBSAH:**

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PODKLADY .....</b>	<b>4</b>
<b>3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY .....</b>	<b>4</b>
3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA .....	4
3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU .....	5
3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU .....	5
3.4. STANOVENÍ NASÁKAVOSTI ZDÍČÍCH PRVKŮ .....	5
3.5. STANOVENÍ KOEFICIENTU ZMĚKČENÍ ZDÍČÍCH PRVKŮ .....	6
3.6. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU .....	6
3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU .....	6
<b>4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK .....</b>	<b>7</b>
4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA .....	7
4.2. PEVNOST PŘÍRODNÍHO KAMENE V TLAKU – DEST. ZKOUŠKY .....	7
4.3. PEVNOST MALTY V TLAKU - NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY .....	8
4.4. VLHKOSTNÍ STAV KAMENE, NASÁKAVOST A OBJ. HMOSTNOST .....	8
4.5. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU .....	8
4.6. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU – dle metodiky EN .....	8
<b>5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ .....</b>	<b>9</b>
<b>6. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>9</b>

## **1. ÚVOD**

Na základě objednávky fy. TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, Praha 8, 182 00 byl pracovníky ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 realizován průzkum zdiva propustku ve Slaném. Obsahem zprávy je popis průzkumných prací, včetně následného stanovení materiálových charakteristik kamene, malty a pevnosti zdiva v tlaku.

V rámci zadání prací bylo provedeno:

- rámcová vizuální prohlídka přístupných a diagnostikovaných konstrukcí,
- odběr vzorků pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku,
- destruktivní zkoušky pevnosti kamenů v tlaku, stanovení objemové hmotnosti,
- nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku in-situ,
- orientační měření vlhkosti cihel příložným vlhkoměrem,
- stanovení nasákavosti kamene, určení koeficientu změkčení kamene,
- pevnost zdiva v tlaku dle EN,
- odběr a stanovení obsahu ve vodě rozpustných solí,
- fotografická dokumentace, vyhodnocení zkoušek a sepsání zprávy.

Práce in-situ byly provedeny na přelomu února a března 2021. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny v období od 1.3.2021 do 12.3.2021.

## **2. PODKLADY**

- [1] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
- [2] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (nahrazeno [4]).
- [3] ČSN EN 1996 Navrhování zděných konstrukcí (náhrada ČSN 73 1101).
- [4] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdicí prvky. Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku.
- [5] ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v tlaku.
- [6] ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarských výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností.
- [7] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb. Sanace vlhkého zdiva. Základní ustanovení.
- [8] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování konstrukcí při přestavbách (neplatná).
- [9] ČSN EN ISO 10304-1 Jakost vod - Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů - Část 1: Stanovení bromidů, chloridů, fluoridů, dusičnanů, dusitanů, fosforečnanů a síranů.

## **3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY**

### **3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA**

Vizuální prohlídka, i když jí nelze upřít subjektivnost, je jedním z nedůležitějších diagnostických postupů, neboť jen tento postup umožňuje odhalit nedostatky prakticky v celé zkoumané ploše. V rámci prováděných prací byla provedena rámcová vizuální prohlídka zdiva propustku a čelních zdí cílená na vyhledání příp. závažných statických trhlin, drcení zdiva, degradační a korozní.

### **3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU**

Pevnost malty je jedním ze základních parametrů pro stanovení charakteristické, resp. návrhové pevnosti zdiva. Posuzování kvality zdicí malty v hotovém zdivu je velmi obtížné, protože v běžných případech nelze z ložných nebo styčných spár odebrat vzorky malty takové velikosti, aby bylo možno provést destruktivní zkoušku. ČSN ISO 13822, Příloha NF [1] doporučuje stanovit značku malty buď tvrdoměrnou zkouškou nebo odhadem nebo metodami lokálního porušení nebo na základě obsahu pojiva stanoveného chemickým rozбором.

Pro stanovení pevnosti malty v tlaku  $f_m$  byla v tomto případě použita nedestruktivní tvrdoměrná metoda vyvinutá v KÚ ČVUT, která byla od té doby mnohokrát prověřovaná v praktických aplikacích. Metoda vychází z předpokladu, že existuje závislost mezi pevností malty v tlaku a její tvrdostí. Principem zkušební postupu je stanovení tvrdosti malty, která je při této zkoušce charakterizována odporem válcového indentoru zaráženého do malty kladivem o hmotnosti 1 kg ze vzdálenosti 0,2 m do hloubky 5 mm. Měřeným parametrem je počet úderů potřebných k zaražení indentoru, který je korelován s pevností malty v tlaku, a to na základě neustále upřesňovaného vlastního korelačního vztahu pracovníka, který zkoušku provádí. Metoda je vhodná pro posuzování malt vápenných nebo vápenocementových s horní hranicí pevnosti v tlaku do 10 MPa. I přes poměrně značnou nejistotu měření obvyklou pro nedestruktivní zkoušky (cca  $\pm 20\%$ ), jsou takto získané výsledky ve velké většině případů dostačující pro stanovení charakteristické, resp. návrhové pevnosti zdiva. Významnou výhodou této zkoušky je zejména její rychlost a operativnost. Pevnost malty byla tímto způsobem ověřována v hloubce cca 30 až 70 mm od líce zdiva.

### **3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU**

Pro stanovení pevnosti kamene v tlaku destruktivní zkouškou byly z konstrukce odebrány 3 kusové vzorky. Z těchto vzorků byly následně v laboratoři připraveny zkušební krychle o hraně 50 mm pro zkoušku v tlaku. Tlačné plochy zkušebních vzorků byly zabroušeny a zaleštěny. Poté byly zkušební vzorky změřeny a sušeny při teplotě 105 °C do ustálené hmotnosti. Před vlastní zkouškou byly zkušební vzorky zváženy. Zkoušky byly provedeny dle ČSN EN 1926 [5] a ČSN EN 772-1 [4] v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 07 011 M ve vysušeném a nasyceném stavu.

### **3.4. STANOVENÍ NASÁKAVOSTI ZDICÍCH PRVKŮ**

Zkouška nasákavosti zdicích prvků se provede tak, že se zkušební vzorky se v sušárně suší při teplotě 105 °C do dosažení ustálené hmotnosti. Ustálené hmotnosti je dosaženo, pokud rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími váženími v rozmezí 24 hod. není větší než 0,1 % z prvního ze dvou vážení. Vzorky ve stavu ustálené hmotnosti se opět zváží. Poté se vloží do nádoby (na podpěry na dně nádoby) a zalijí se vodou o teplotě 20 °C (čas  $t_0$ ). V čase  $t_0 + 48$  hod. se zkušební vzorky vyjmou z vodní lázně, osuší se, zváží a opět se ponoří do vody. Po každých 24 hod. se vzorky vyjmou, osuší a zváží, dokud není dosaženo ustálené hmotnosti. Ustálené hmotnosti je dosaženo, pokud rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími váženími není

větší než 0,1 % hm. zkušebního vzorku. Výsledek posledního vážení představuje hmotnost nasyceného vzorku. Nasákavost se stanoví dle vztahu:

$$NV = (m_{\text{nas.}} - m_{\text{such.}}) / m_{\text{such.}} \cdot 100 \text{ (\% hm.)}$$

kde: NV = nasákavost (%)

$m_{\text{nas.}}$  = hmotnost nasáklého (g)

$m_{\text{such.}}$  = hmotnost suchého (g)

### **3.5. STANOVENÍ KOEFICIENTU ZMĚKČENÍ ZDÍČÍCH PRVKŮ**

Vlhkost zdíčních prvků z přírodního kamene zpravidla nepříznivě ovlivňuje jeho pevnost v tlaku. Míra ovlivnění závisí na mnoha faktorech, např. struktuře základního materiálu, obsahu jílovitých podílů, objemové hmotnosti, zrnitosti, typu pojiva apod. Koeficientem změkčení se rozumí podíl pevnosti zdíčního prvku zjištěné v nasyceném stavu k pevnosti zdíčního prvku zjištěné v suchém stavu ( $f_{c, \text{des, n}} / f_{c, \text{des, s}}$ ). Dle našich zkušeností se hodnoty koeficientu změkčení pohybují u zdíčních prvků z pískovce v poměrně širokém rozmezí 0,6 - 0,9. Např. hodnota koeficientu změkčení rovna 0,7 znamená, že pískovec nasycený vodou vykazuje o 30 % nižší pevnosti v tlaku než ve vysušeném stavu.

### **3.6. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU**

Pro účely chemických analýz zdiva byly odebrány prachové vzorky vrtem Ø 16 mm, případně odseknuté části prvků o hmotnosti minimálně 25 g. Prachové vzorky byly odebrány z hloubky 0 až 30 mm. Při vrtání se prach jímá a vloží se do plastové nádoby s uzávěrem. Vysušené vzorky se namelou na analytickou jemnost a z takto namletých vzorků se připraví vodné výluhy v poměru 1:10 (vzorek k destilované vodě) po dobu 24 hod. Ve výluzích se zjišťují obsahy chloridových iontů ( $\text{Cl}^-$ ), síranových iontů ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a iontů dusičnanových ( $\text{NO}_3^-$ ). Chemická analýza vodných výluhů se provede dle ČSN EN ISO 10304-1 [8] a klasifikace stupně zasolení zdiva dle ČSN P 73 0610 [6].

### **3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU**

Při posuzování konstrukcí dle Eurokódu ČSN EN 1996 [3] je nutno provést výpočet charakteristické pevnosti zdiva  $f_k$  dle vztahů uvedených v ČSN ISO 13822 [1]. Zkouškami zjištěnou pevnost kusového staviva v tlaku  $f_c$  je nutno převést na normalizovanou pevnost  $f_b$  dle ČSN EN 772-1 [4] a jako pevnost malty je možno uvažovat průměrnou hodnotu  $f_m$  zjištěnou zkouškami nebo např. kvalifikovaným odhadem. Volba součinitelů  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové (výpočtové) pevnosti zdiva  $f_d$  je součástí komplexního statického posouzení (ČSN ISO 13822, Příloha NF). Součinitelé  $\gamma_m$  zahrnují dílčí součinitel spolehlivosti, vazbu zdiva a vyplnění spár maltou, vlhkost zdiva a poškození zdiva trhlinami. Pro účely odvození součinitele  $\gamma_m$ , kterým se zohledňuje vlhkost zdiva při stanovování jeho návrhové pevnosti, bylo využito zejména výsledků vlhkostní analýzy. Vlhkost byla orientačně měřena instrumentální metodou pomocí příložného kapacitního vlhkoměru DM4A.

## **4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK**

Místa sond byla volena rovnoměrně v ploše konstrukce (v závislosti na přístupu). Rozsah průzkumných prací byl zvolen na základě požadavku objednatele průzkumu. V rámci prací in-situ byla provedena rámcová vizuální prohlídka spojená s odběrem vzorků. Fotografická dokumentace vizuální prohlídky je uvedena v Příloze 1.

### **4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA**

#### **Na základě rámcové vizuální prohlídky lze konstatovat:**

- Podrobný záznam z vizuální prohlídky je obsažen v Příloze 1 (fotografie 1 až 16). Při vizuální prohlídce bylo lokalizováno několik výrazných trhlin. Jedná se především o čelní zeď směrem k ulici Ouvalova (úvodní foto).
- Ve vrcholu propustku je přítomna výrazná svislá trhlina, která prochází celou čelní zdí. Měřená šířka dosahuje až 2,0 mm. Trhlina byla potvrzena jak v omítkách, tak v samotné přibetonované části čelní zdi (foto 2 až 5, Příloha 1). Tato trhlina dále pokračuje i uvnitř propustku. Cca ve vzdálenost 0,6 až 1,5 m jsou ve stěnách propustku přítomny další trhliny (šíře 1,0 až 1,5 mm). Tyto trhliny prochází zdivem původní kamenné čelní zdi (před přibetonováním).
- Ve většině plochy je zdivo propustku omítnuto hrubou maltou, místy je patrné původní kamenné zdivo (řádkové), které je tvořeno směsí sedimentárních hornin (pískovce, opuky, arkózy). Zdivo je zasaženo výraznou vlhkostí, kdy dochází k srážení vody na povrchu konstrukcí. V několika místech jsou rovněž patrné novodobé opravy cihlami. Malta je zcela nasycena vodou a hloubkově degradována. Vykazuje pouze zbytkovou pevnost. Povrch pískovce je degradován účinky mrazu, kdy dochází k odpadávání povrchových vrstev (foto 14, Příloha 1). Opuky (slínovce) jsou místy silně zvětralé, kdy dochází k rozpadu na menší kusy (foto 12, 13 a 18, příloha 1).

### **4.2. PEVNOST PŘÍRODNÍHO KAMENE V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY**

#### **Na základě provedených destruktivních zkoušek lze konstatovat:**

- Ze zdiva propustku byly odebrány 3 vzorky a z nichž bylo vyřezáno celkem 9 zkušebních těles (krychle o hraně 50 mm). Dva vzorky byly klasifikovány jako pískovce, třetí pak jako slínovec (opuka). Výsledné pevnosti stanovené na základě zkoušek i dílčí hodnoty jsou uvedeny v Příloze 2, Tab. 1 a 2. Jednotlivé vzorky jsou dokumentovány na fotografii 1 a průběh zkoušek včetně kondicionování na fotografiích 2 až 6 téže přílohy.
- Průměrná pevnost v tlaku pískovce ve vysušeném stavu je 10,5 MPa. Ve stavu nasyceném pak pevnost dosahuje cca pouze 6,6 MPa. Průměrný stanovený koeficient změkčení pískovce je 0,63.
- Průměrná pevnost v tlaku vzorku slínovce ve vysušeném stavu je 151,1 MPa a ve stavu saturovaném 118,8 MPa. Koeficient změkčení dosahuje hodnoty 0,79. Vzorek slínovce (opuky) však nelze považovat za reprezentativní, a to vzhledem k faktu, že se jednalo a jeden z mála kusů opuky, který vůbec umožňoval odběr.

### **4.3. PEVNOST MALTY V TLAKU – NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY**

#### **Na základě provedených zkoušek malty lze konstatovat:**

- Bylo provedeno celkem 7 měření ve 4 oblastech. Dílčí výsledky jsou zobrazeny v Příloze 2, Tab. 3. Pevnost malty v tlaku byla zjišťována po odstranění svrchní spárovací malty, tj. v hloubce cca 30 až 70 mm za lícem zdiva.
- Průměrná zjištěná hodnota pevnosti malty je 0,21 MPa. Dílčí hodnoty leží v rozmezí 0,10 až 0,28 MPa. Pevnost malty lze považovat za velmi nízkou. Negativně se projevuje dlouhodobé zatékání do konstrukce a plná saturace zdiva vodou.

### **4.4. VHLKOSTNÍ STAV KAMENE, NASÁKAVOST A OBJ. HMOSTNOST**

#### **Na základě měření vlhkosti in-situ, stanovení nasákavosti a objemové hmotnosti lze konstatovat:**

- Bylo provedeno celkem 7 měření vlhkosti zdiva in-situ. Měření proběhla v místech, ve kterých byla ověřována pevnost malty, případně prováděn odběr vzorků. Výsledky jsou obsaženy v Příloze 2, Tab. 3. Zjištěné hodnoty leží v rozmezí 15,5 – 20,0 %.
- Zdivo propustku je zcela saturováno vodou, místy je tato voda patrná na povrchu stěn a stropu (viz Příloha 1, foto 6, 10, 11, 16 aj.).
- Průměrná nasákavost vzorků pískovce dosahuje cca 13,1 až 13,4 % hm. Průměrná objemová hmotnost vzorků pískovce je 1739 kg/m<sup>3</sup> (Příloha 2, Tab. 1). Průměrná nasákavost vzorků slínovce (opuky) je cca 2,0 %, při zjištěné objemové hmotnosti 2464 kg/m<sup>3</sup>.

### **4.5. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU**

#### **Na základě provedených chemických testů lze konstatovat:**

- Celkem byly odebrány 3 vzorky pro stanovení přítomnosti ve vodě rozpustných solí (chloridy, dusičnany a sírany). Dva vzorky byly odebrány na čelních zdech (v místech výluhů) a jeden vzorek uvnitř propustku. U vzorku VZ1 (omítka/malta) bylo zjištěno zvýšené množství dusičnanů (Příloha 2, Tab. 7).

### **4.6. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky EN**

#### **Na základě provedených testů a jiných zjištěných skutečností konstatovat:**

- V Příloze 2, Tab. 5 a 6 jsou uvedeny námi doporučené hodnoty součinitelů  $\gamma_m$  a z nich vypočtená návrhová pevnost zdiva  $f_d$ . Je však na rozhodnutí statika, jaké hodnoty  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové pevnosti zdiva použije (ČSN ISO 13822, Příloha NF). Stanovení charakteristické a návrhové pevnosti zdiva je uvedeno v Příloze 2, Tab. 5 a 6. Hodnocení je provedeno z provedených destruktivních testů kamene v tlaku (vysušených i nasycených). Pro výpočet pevnosti zdiva v tlaku nebyl uvažován odebraný vzorek 3 (slínovec).



- Průměrná hodnota pevnosti zdiva složeného ze směsi sedimentárních hornin (pískovců, slínovců aj.) je 0,34 MPa v případě vzorků v laboratoři vysušených a 0,24 MPa u vzorků nasycených vodou.

## **5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ**

Na základě objednávky fy. TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, Praha 8, 182 00 byl pracovníky ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 realizován průzkum zdiva propustku ve Slaném. Obsahem zprávy je popis průzkumných prací, včetně následného stanovení materiálových charakteristik kamene, malty a pevnosti zdiva v tlaku. Práce in-situ byly provedeny na přelomu února a března 2021. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny v období od 1.3.2021 do 12.3.2021. Podrobné hodnocení je uvedeno v Přílohách 1 a 2 a to včetně pořízené fotodokumentace.

### **Na základě provedených prací a materiálových testů na lze konstatovat:**

- Vizuální stav zdiva propustku je velmi špatný. Zdivo je narušeno větším počtem trhlin, a to včetně trhliny v oblasti vrcholu, tj. klenáku (šíře až 2,0 mm). Zdivo tvoří směs převážně sedimentárních hornin (pískovce, slínovce, arkózy aj.) v neznámém poměru, kdy v lokálních místech bylo zdivo propustku vyspraveno cihlami nebo betonem. Konstrukce je dlouhodobě vystaven účinkům vody a mrazu, což je příčinou probíhajících degradačních jevů (odlupování kamene, ztráta pevnosti, rozpad struktury). Zdivo je zasaženo velmi vysokou vlhkostí (je plně saturováno vodou).
- Stanovená pevnost kamenů v tlaku ve vysušeném stavu je cca 10,5 MPa, ve stavu nasyceném (stav reálný) však pouze 6,6 MPa. Pevnost malty je přibližně 0,2 MPa, spáry jsou však převážně vyplněny.
- Pro statický přepočít (v aktuálním stavu konstrukce) doporučujeme uvažovat **návrhovou hodnotu pevnosti zdiva v tlaku jako přibližně 0,2 až 0,3 MPa**, a to především z důvodu přihlédnutí k aktuálnímu vlhkostnímu stavu konstrukce.
- V případě zabránění zatékání vody do konstrukce a vysušení zdiva propustku lze návrhovou hodnotu pevnost zdiva v tlaku uvažovat přibližně **jako 0,4 MPa** (součinitel  $\gamma_{m3}$  = cca 1,0 s uvažováním pevnosti kamenů ve vysušeném stavu).

*Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků zkoušek in-situ provedených v určitých oblastech v době prohlídky, limitovaných jejich přístupností. Volba součinitelů  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové pevnosti zdiva  $f_a$  pro posouzení zdiva dle ČSN EN 1996 je na rozhodnutí statika. Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených zkoušek a diagnostických prací nebo byly dodatečně zjištěny mimo diagnostikované oblasti.*

## **6. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 RÁMCOVÁ PROHLÍDKA ZDIVA A ODBĚR VZORKŮ

Příloha 2 MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY ODEBRANÝCH VZORKŮ

## **PŘÍLOHA 1**

Expertní zprávy č. 2100 J 058

### **STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA PROPUSTKU VE SLANÉM**

#### **RÁMCOVÁ PROHLÍDKA ZDIVA A ODBĚR VZORKŮ**

**Příloha 1.1:** Rámcová prohlídka zdiva (strana 2 až 9, foto 1 až 16)

**Příloha 1.2:** Odběr vzorků (strana 10 až 12, foto 17 až 22)

**Příloha 1.3:** Odběr solí (strana 13 až 14, foto 23 až 26)

**Příloha 1.1**  
Expertní zprávy 2100 J 058



**Foto 1:** Pohled na vstup do propustku (směrem od ulice Ouvalova), čelní zeď mokrá, ve vrcholu klenby svislá trhlina



**Foto 2:** Vrchol klenby (oblast klenáku), svislá trhlina od vrcholu klenby až k římse



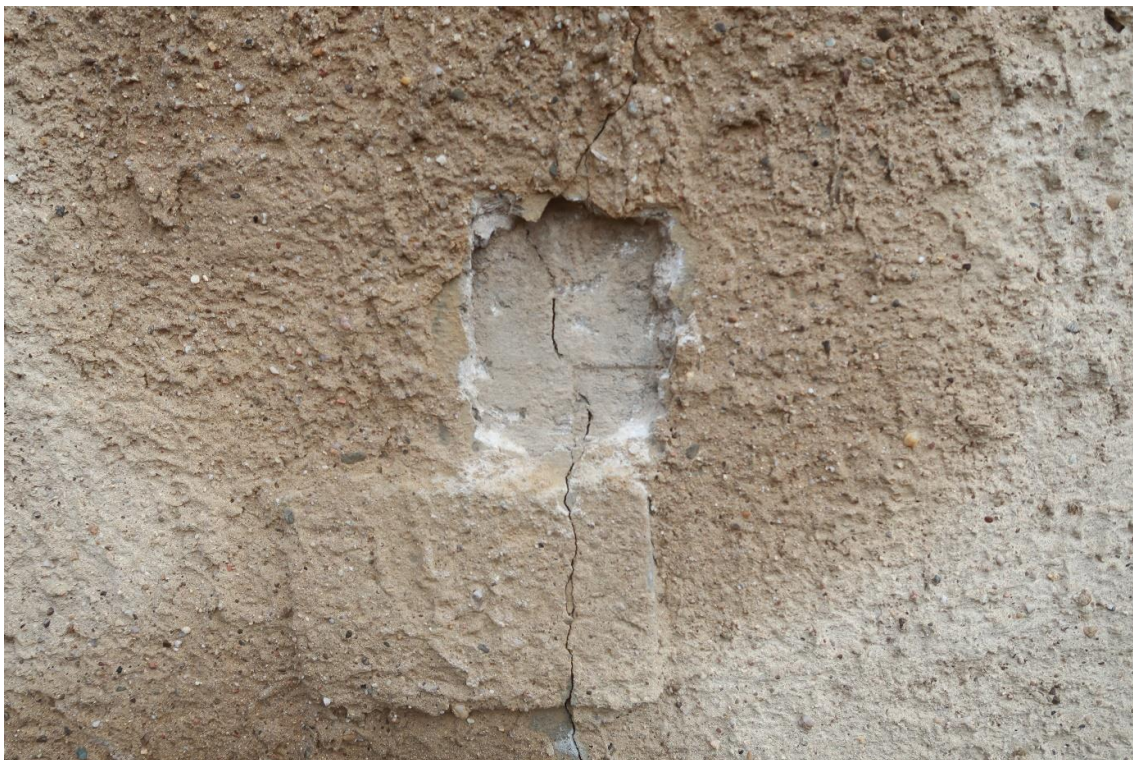


**Foto 3:** Vrchol klenby (oblast klenáku), trhlina šíře cca 1,0 mm



**Foto 4:** Detail z fotografie 3 po odstranění svrchní vrstvy omítky, šířka trhliny až 2,0 mm





**Foto 5:** Tataž trhlina po odstranění všech vrstev omítky (propsána v betonu), šířka cca 1,5 až 2,0 mm

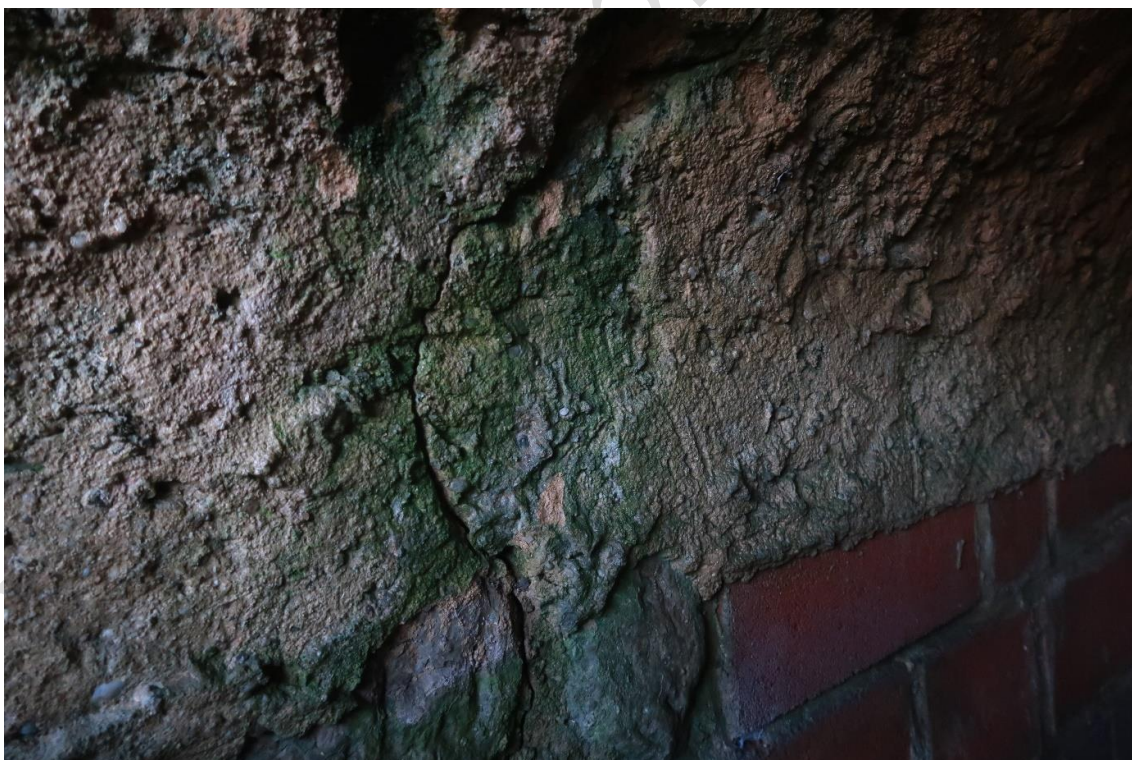


**Foto 6:** Pohled do tělesa propustku, zdivo převážně omítnuto, převládá zdivo ze sedimentárních hornin (pískovce, slínovce aj.), zdivo dříve lokálně vyspraveno cihlami, konstrukce zasažena vysokou vlhkostí, místy pokryto řasou





**Foto 7:** Pohled na vrchol klenby za vstupem, trhlina šířky 1,0 až 2,0 mm



**Foto 8:** Trhliny se lokálně propisují i do stěn propustku (šíře 1,0 až 1,5 mm), cca 0,65 m od čelní zdi





**Foto 9:** Trhliny se lokálně propisují i do stěn propustku (šíře 1,0 až 1,5 mm), obě strany, poloha trhliny cca 1,0 až 1,5 m od čelní zdi



**Foto 10:** Stěny propustku, místy řádkové zdivo z pískovce (odhalené), klenba omítnuta, převážně ze zvětralé opuky





**Foto 11:** Detail povrchu zdiva, zdivo zcela saturováno vodou, na povrchu kapky



**Foto 12:** Pohled na rozhraní stěny a klenby propustku cca v 1/2 délky, klenba převážně z opuky (slínovce), zdivo výrazně narušeno trhlinami, stěny z pískovce





**Foto 13:** Pohled na vrchol klenby, jednotlivé prvky narušeny procesem zvětrávání



**Foto 14:** Povrch pískovce místy degraduje (vlivem vlhkosti a mrazu), odpadávají svrchní vrstvy





**Foto 15:** Rozhraní stěny a klenby propustky, detail



**Foto 16:** Čelní zeď shora (opačný pohľad než na foto 1), ve vrcholu klenby bez trhliny



**Příloha 1.2**

Expertní zprávy 2100 J 058



**Foto 17:** Místo po odběru vzorku 1 (pískovec), zdivo zcela mokré, místy se drolicí, malta velmi nízké pevnosti, částečně s vyluhovaným pojivem, cca v 1/3 délky propustku



**Foto 18:** Místo odběru vzorku 2 (pískovec) a 3 (slínovec=opuka), cca ve 2/3 délky propustku, opuka silně narušena, odebrán jediný možný celistvý kus





**Foto 19:** Pohled na odebrané vzorky 1 (pískovec), 2 (pískovec) a 3 (slínovec=opuka)



**Foto 20:** Sanace čelní zdi po sondách





**Foto 21:** Sanace zdiva po odběru vzorku 1, zdivo částečně dozděno, spáry vyplněny



**Foto 22:** Sanace zdiva po odběru vzorku 2 a 3, zdivo částečně dozděno, spáry vyplněny



**Příloha 1.3**

Expertní zpráva 2100 J 058



**Foto 23:** Odběr solí, vzorek VZ1, oblast bílého výluhu, čelní zeď vpravo dole (směrem od ulice Ouvalova), návrt z hloubky cca 0-30 mm (omítka/malta)



**Foto 24:** Odběr solí, vzorek VZ2, stěna propustku cca 1/2 délky, odběr z hloubky 0-30 mm (pískovec)





**Foto 25:** Odběr solí, vzorek VZ3, oblast pod římsou na čelní zdi (druhý pohled), lokálně výluhy mírně šedivé barvy + biologické nánosy, návrt z hloubky 0-30 mm (omítka/malta)



**Foto 26:** Detail odběrného místa VZ3

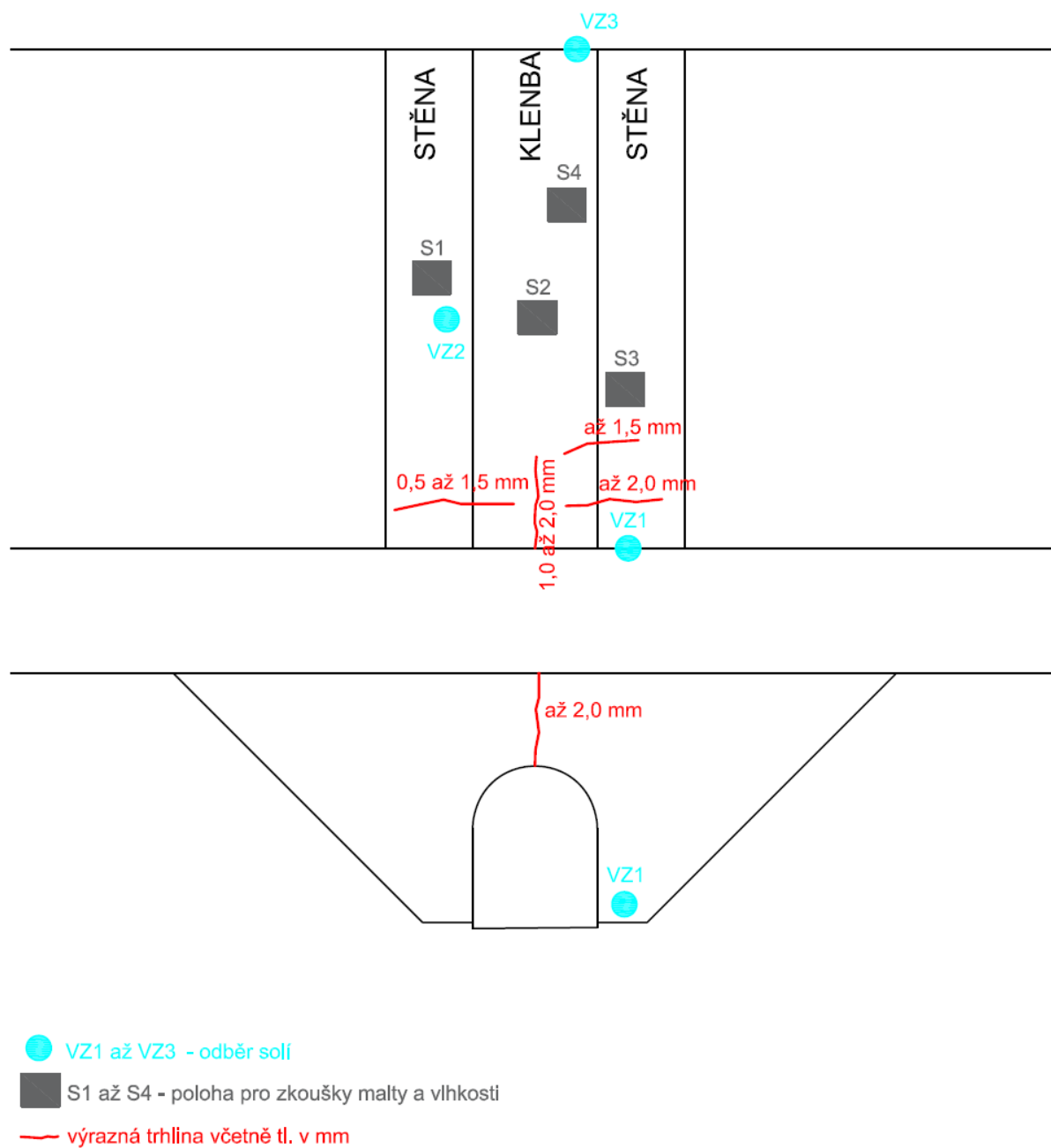
## **PŘÍLOHA 2**

Expertní zprávy č. 2100 J 058

### **STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA PROPUSTKU VE SLANÉM**

### **MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY ODEBRANÝCH VZORKŮ**





**Obr. 1:** Schématický nákres konstrukce včetně označení míst provedených zkoušek (půdorys a pohled od ulice Ouvalova)

**Tab. 1:** Destruktivní zkoušky v tlaku, krychle o hraně 50 mm - pískovec

Místo	Označení vývrtu a polohy	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm <sup>2</sup> ]	Výška [mm]	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Objem. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost nasyceného vzorku [g]	Nasákavost [%]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku vys. vzorku f <sub>c, des, s</sub> [MPa]	Pevnost v tlaku nas. vzorku f <sub>c, des, n</sub> [MPa]
PÍSKOVEC - KRYCHLE O HRANĚ 50 MM											
PROPUSTEK SLANÝ	VZOREK 1 (PÍSKOVEC)	1-1	29,4	52,3	270,7	1759	-	-	31,5	10,7	-
		1-2	30,1	51,6	264,1	1701	-	-	21,1	7,0	-
		1-3	30,0	50,6	267,3	1762	303,1	13,4	20,8	-	6,9
	VZOREK 2 (PÍSKOVEC)	2-1	29,4	51,5	258,7	1710	292,7	13,1	18,5	-	6,3
		2-2	29,8	51,4	269,5	1762	-	-	41,1	13,8	-
Průměr						1739				10,5	6,6
Směrodatná odchylka [MPa]										3,4	0,5
Variační koeficient [-]										0,32	0,07

koeficient změkčení

$$\alpha = f_{c, des, n} / f_{c, des, s} [-]$$

**0,63**
**Tab. 2:** Destruktivní zkoušky v tlaku, krychle o hraně 50 mm – snílovec (opuka)

Místo	Označení vývrtu a polohy	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm <sup>2</sup> ]	Výška [mm]	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Objem. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost nasyceného vzorku [g]	Nasákavost [%]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku vys. vzorku f <sub>c, des, s</sub> [MPa]	Pevnost v tlaku nas. vzorku f <sub>c, des, n</sub> [MPa]
SLÍNOVEC (OPUKA) - KRYCHLE O HRANĚ 50 MM											
PROPUSTEK SLANÝ	VZOREK 3 (SNÍNOVEC)	3-1	29,9	53,8	396,0	2460	-	-	473,0	158,1	-
		3-2	29,9	53,1	393,1	2479	400,8	2,0	403,0	-	134,9
		3-3	29,9	53,7	389,3	2423	-	-	431,0	144,0	-
		3-4	29,7	52,6	389,4	2492	396,8	1,9	305,0	-	102,7
Průměr						2464				151,1	118,8
Směrodatná odchylka [MPa]										9,9	22,8
Variační koeficient [-]										0,07	0,19

koeficient změkčení

$$\alpha = f_{c, des, n} / f_{c, des, s} [-]$$

**0,79**

**Tab. 3:** Nedestruktivní stanovení pevnosti malty, stanovení vlhkosti

Zkušební místo	VLHKOST KAMENE			ZKOUŠKA PEVNOSTI MALTY V TLAKU					
	Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610			Počet úderů na zaražení indentoru				Průměr	Pevnost v tlaku $f_m$ [MPa]
KOSTRUKCE VYZDĚNA ZE SEDIMENTÁRNÍCH HORNIN (PŘEVÁŽNĚ PÍSKOVCE A SLÍNOVCE = OPUKY)									
PROPUSTEK SLANÝ									
S1-1	20,0	18,5	20,0	2	4	1	3	2,5	0,25
S1-2	17,8	20,0	19,8	1	1	3	4	2,3	0,22
S2	20,0	20,0	19,5	2	2	5	2	2,8	0,28
S3-1	20,0	19,7	19,5	1	0	1	3	1,3	0,10
S3-2	17,1	18,3	18,8	2	3	0	2	1,8	0,16
S4-1	20,0	20,0	15,5	1	2	4	1	2,0	0,19
S4-2	19,5	20,0	16,3	1	4	3	2	2,5	0,25
CELKOVÝ PRŮMĚR									0,21
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA [MPa]									0,06
VARIAČNÍ KOEFICIENT [%]									27,86

**Tab. 4:** Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 (legenda)

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610			
velmi nízká	w	<	3	
nízká	3	≤	w	< 5
zvýšená	5	≤	w	< 7,5
vysoká	7,5	≤	w	≤ 10
velmi vysoká	w	>	10	

**Tab. 5:** Stanovení pevnosti zdiva dle evropských norem (EN) na základě provedených destruktivních zkoušek (z výsledků zkoušek vysušených vzorků)

PROPUSTEK SLANÝ				ZDIVO Z KAMENE (PŘEVÁŽNĚ SEDIMENTÁRNÍ HORNINY) - suché vzorky
1	<b>K</b>	Součinitel <b>K</b>	<b>K</b>	0,35
2	<b><math>\alpha</math></b>	Exponent <b><math>\alpha</math></b> závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty	<b><math>\alpha</math></b>	0,70
3	<b><math>\beta</math></b>	Exponent <b><math>\beta</math></b> závislý na druhu malty	<b><math>\beta</math></b>	0,30
4	<b><math>f_m</math></b>	Průměrná pevnost <b><math>f_m</math></b> malty zjištěná zkouškami (MPa)	<b><math>f_m</math></b>	0,21
5	<b><math>f_c</math></b>	Průměrná pevnost staviva <b><math>f_c</math></b> zjištěná zkouškami (MPa)	<b><math>f_c</math></b>	10,51
6	<b><math>\delta</math></b>	Součinitel <b><math>\delta</math></b> pro normalizovanou pevnost	<b><math>\delta</math></b>	0,85
7	<b><math>f_b</math></b>	Normalizovaná pevnost staviva <b><math>f_b = \delta f_c</math></b> (MPa)	<b><math>f_b</math></b>	8,93
8	<b><math>f_k</math></b>	<b>Charakteristická pevnost zdiva <math>f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta</math> (MPa)</b>	<b><math>f_k</math></b>	<b>1,01</b>
9	<b><math>\gamma_{m1}</math></b>	Dílčí součinitel spolehlivosti <b><math>\gamma_{m1}</math></b>	<b><math>\gamma_{m1}</math></b>	2,00
10	<b><math>\gamma_{m2}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m2}</math></b> zohledňující vazbu zdiva a vyplnění spár maltou	<b><math>\gamma_{m2}</math></b>	1,00
11	<b><math>\gamma_{m3}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m3}</math></b> zohledňující vlhkost zdiva	<b><math>\gamma_{m3}</math></b>	1,25
12	<b><math>\gamma_{m4}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m4}</math></b> zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu	<b><math>\gamma_{m4}</math></b>	1,20
13	<b><math>f_d</math></b>	<b>Návrhová pevnost zdiva <math>f_d = f_k / \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4}</math> (MPa)</b>	<b><math>f_d</math></b>	<b>0,34</b>

**Tab. 6:** Stanovení pevnosti zdiva dle evropských norem (EN) na základě provedených destruktivních zkoušek (z výsledků zkoušek nasycených vzorků)

PROPUSTEK SLANÝ				ZDIVO Z KAMENE (PŘEVÁŽNĚ SEDIMENTÁRNÍ HORNINY) - nasycené vzorky
1	<b>K</b>	Součinitel <b>K</b>	<b>K</b>	0,35
2	<b><math>\alpha</math></b>	Exponent <b><math>\alpha</math></b> závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty	<b><math>\alpha</math></b>	0,70
3	<b><math>\beta</math></b>	Exponent <b><math>\beta</math></b> závislý na druhu malty	<b><math>\beta</math></b>	0,30
4	<b><math>f_m</math></b>	Průměrná pevnost <b><math>f_m</math></b> malty zjištěná zkouškami (MPa)	<b><math>f_m</math></b>	0,21
5	<b><math>f_c</math></b>	Průměrná pevnost staviva <b><math>f_c</math></b> zjištěná zkouškami (MPa)	<b><math>f_c</math></b>	6,62
6	<b><math>\delta</math></b>	Součinitel <b><math>\delta</math></b> pro normalizovanou pevnost	<b><math>\delta</math></b>	0,85
7	<b><math>f_b</math></b>	Normalizovaná pevnost staviva <b><math>f_b = \delta f_c</math></b> (MPa)	<b><math>f_b</math></b>	5,63
8	<b><math>f_k</math></b>	<b>Charakteristická pevnost zdiva <math>f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta</math> (MPa)</b>	<b><math>f_k</math></b>	<b>0,73</b>
9	<b><math>\gamma_{m1}</math></b>	Dílčí součinitel spolehlivosti <b><math>\gamma_{m1}</math></b>	<b><math>\gamma_{m1}</math></b>	2,00
10	<b><math>\gamma_{m2}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m2}</math></b> zohledňující vazbu zdiva a vyplnění spár maltou	<b><math>\gamma_{m2}</math></b>	1,00
11	<b><math>\gamma_{m3}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m3}</math></b> zohledňující vlhkost zdiva	<b><math>\gamma_{m3}</math></b>	1,25
12	<b><math>\gamma_{m4}</math></b>	Součinitel <b><math>\gamma_{m4}</math></b> zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu	<b><math>\gamma_{m4}</math></b>	1,20
13	<b><math>f_d</math></b>	<b>Návrhová pevnost zdiva <math>f_d = f_k / \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4}</math> (MPa)</b>	<b><math>f_d</math></b>	<b>0,24</b>

**Tab. 7:** Stanovení obsahu solí ve zdivu propustku ve Slaném (3 vzorky)

Název vzorku	Hloubka odběru	Chloridy [% hmot.]	Dusičnany [% hmot.]	<u>Sírany</u> [% hmot.]
VZ1 (omítka/malta)	0-30 mm	0,031	0,411	0,367
VZ2 (omítka/malta)	0-30 mm	0,001	0,002	0,034
VZ3 (pískovec)	0-30 mm	0,003	0,019	0,061

**Tab. 8:** Legenda značení obsahu solí ve vztahu k limitům podle ČSN P 730610

Stupeň zasolení zdiva	Cl <sup>-</sup> [% hmot.]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [% hmot.]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [% hmot.]
nízký	x < 0,075	x < 0,1	x < 0,50
zvýšený	0,075 – 0,20	0,1 – 0,25	0,5 – 2,0
vysoký	0,20 – 0,50	0,25 – 0,5	2,0 – 5,0
velmi vysoký	> 0,50	> 0,5	> 5,0

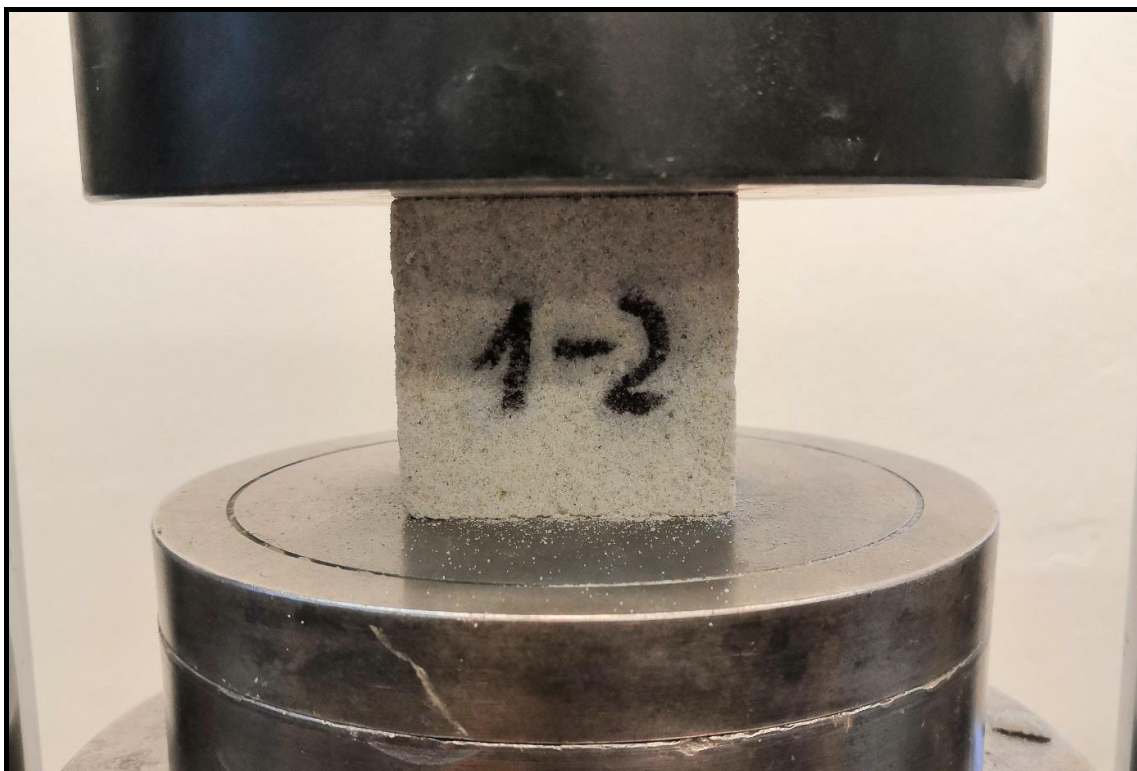


**Foto 1:** Pohled na všechna vyříznutá tělesa (krychle o hraně 50 mm) z odebraných vzorků (celkem 9 ks)

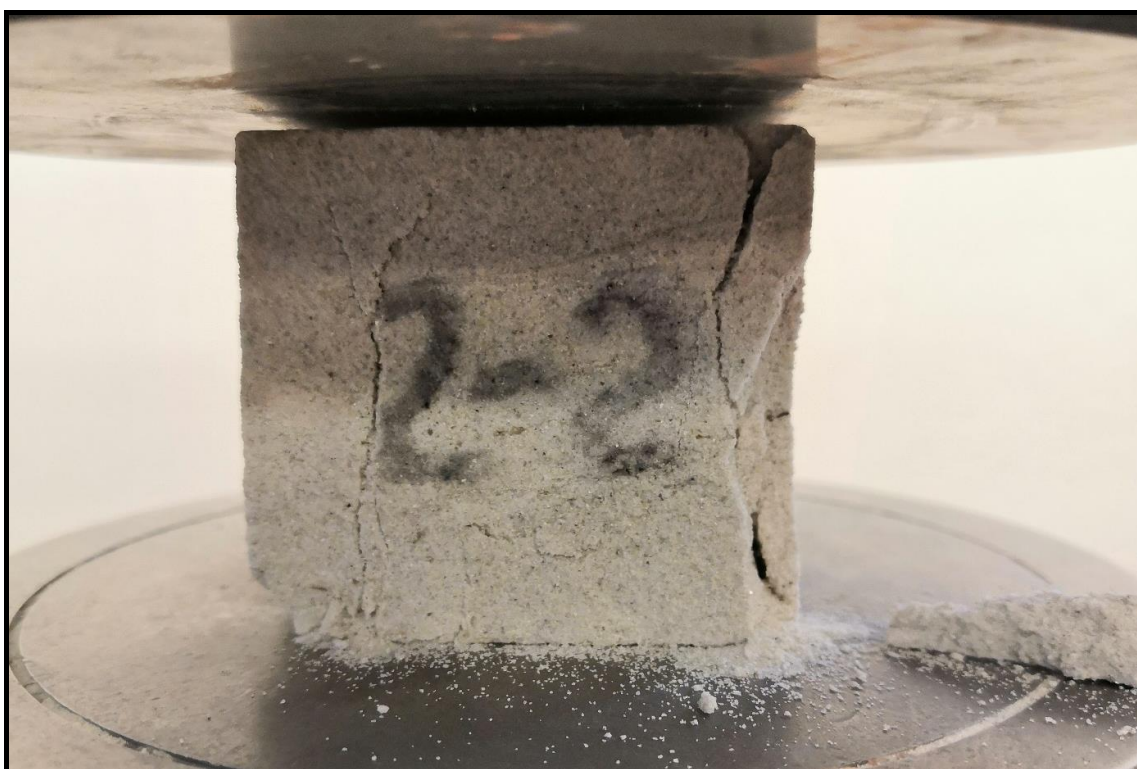


**Foto 2:** Zkušební tělesa v sušárně (sušení do ustálené hmotnosti)

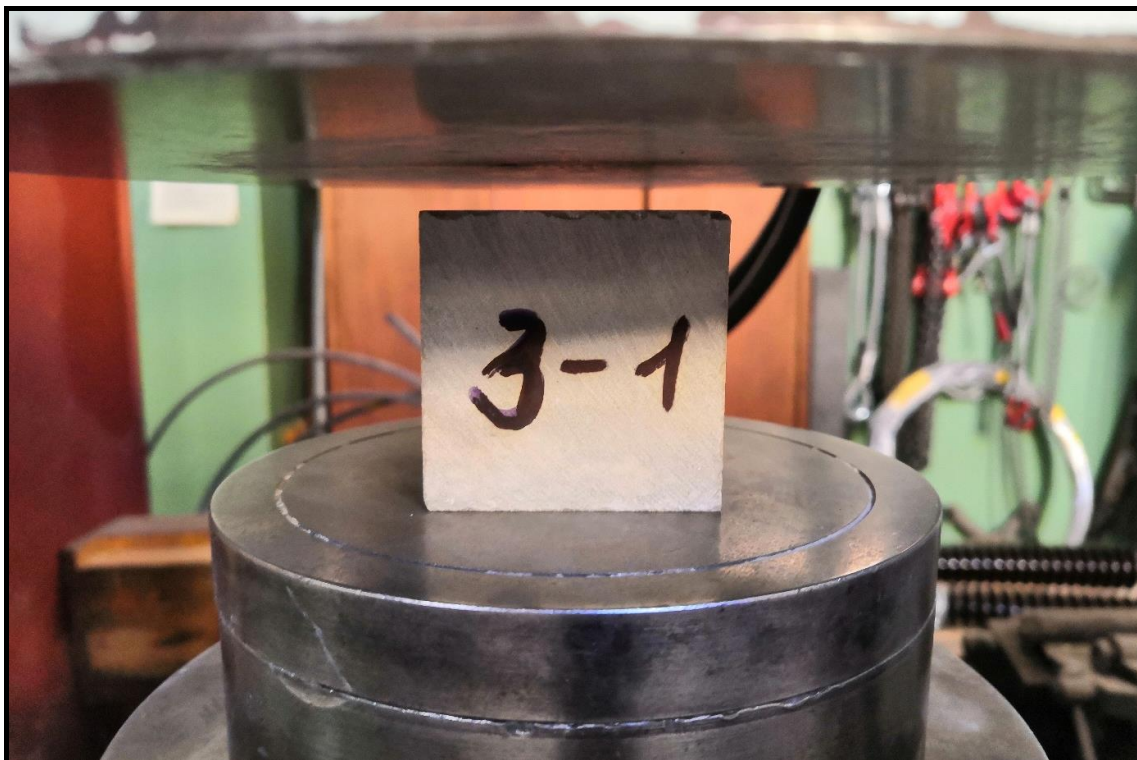




**Foto 3:** Zkušební těleso 1-2 (pískovec) ve zatěžovacím lisu



**Foto 4:** Zkušební těleso 2-2 (pískovec) po zkoušce



**Foto 5:** Zkušební těleso 3-1 (slínovec) před zkouškou



**Foto 6:** Zkušební těleso 3-1 (slínovec) po zkoušce