

**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.
1800 J 030 - 7**

Datum vydání zprávy

29. červen 2018

Oddělení KÚ

Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: HITEST s.r.o.
Národních hrdinů 41
190 12, Praha 9

Expertní zpráva:

STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA OBJEKTU Č.P. 77,
UL. NA KARLOVĚ 77, BENEŠOV U PRAHY

Vypracoval:

Ing. David Čítek

Spolupráce:

Ing. Richard Valenta, Ph.D.

Odpovědný řešitel:

Ing. David Čítek

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 uvádí výsledky stanovení pevnosti zdiva v objektu č.p. 77, ul. Na Karlově 77, Benešov u Prahy.

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.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	3
2. PODKLADY	3
3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY	3
3.1 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU	8
3.2 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU	9
3.3 STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA	11
4. ZÁVĚR	13

1. ÚVOD

Stanovení pevnosti zdiva v objektu č.p.77, ul. Na Karlově 77, Benešov u Prahy, bylo provedeno na základě objednávky firmy HITEST s.r.o..

V rámci zadání průzkumu a souvisejících prací bylo zjištěno a provedeno:

- nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku,
- nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku,
- stanovení charakteristické a doporučené návrhové pevnosti zdiva.

Práce in-situ proběhly v květnu 2018.

2. PODKLADY

- [1] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (neplatná).
- [2] ČSN EN 1996-1-1+A1 Navrhování zděných konstrukcí. Část 1.1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- [3] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
- [4] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení.
- [5] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdicí prvky. Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku.
- [6] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.

3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

Dne 25.5.2018 byly provedeny nedestruktivní zkoušky smíšeného zdiva 1.PP a 1.NP objektu č.p. 77, ul. Na Karlově 77. Místa provedení nedestruktivních zkoušek Schmidtovým tvrdoměrem byla zvolena objednatelem. V místě prováděných sond byla odstraněna omítka a povrch cihel byl připraven broušením pro nedestruktivní zkoušku cihel v tlaku. Ve všech diagnostikovaných místech byly dále provedeny nedestruktivní zkoušky malty v tlaku. Lokalizace a fotodokumentace sond je uvedena následně:

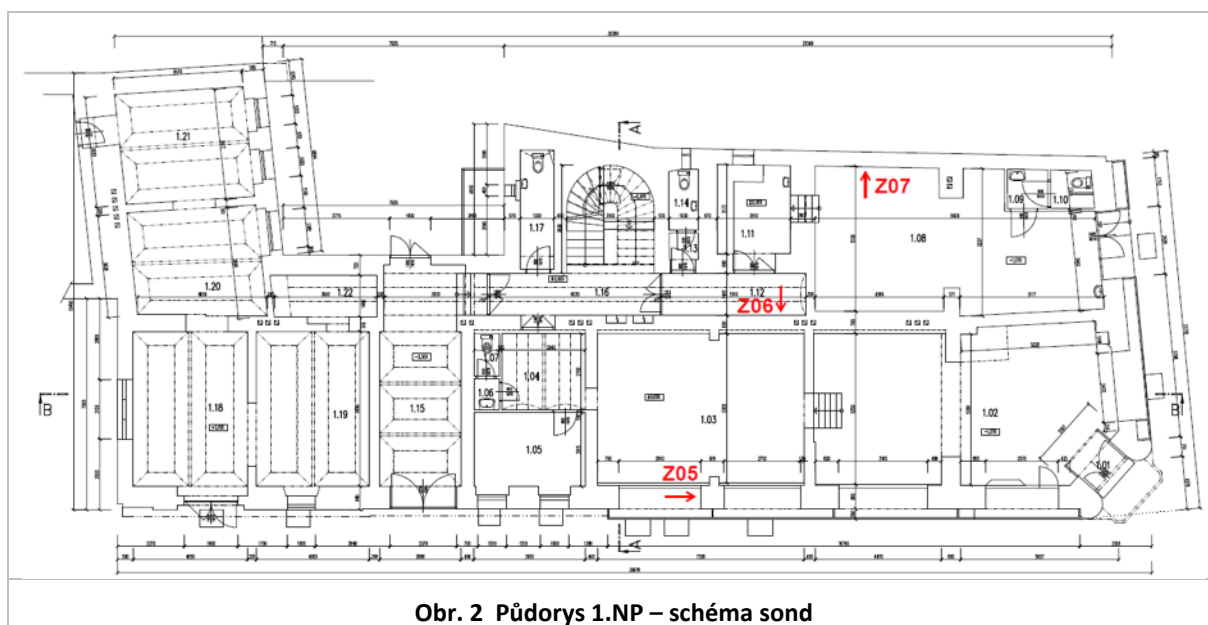
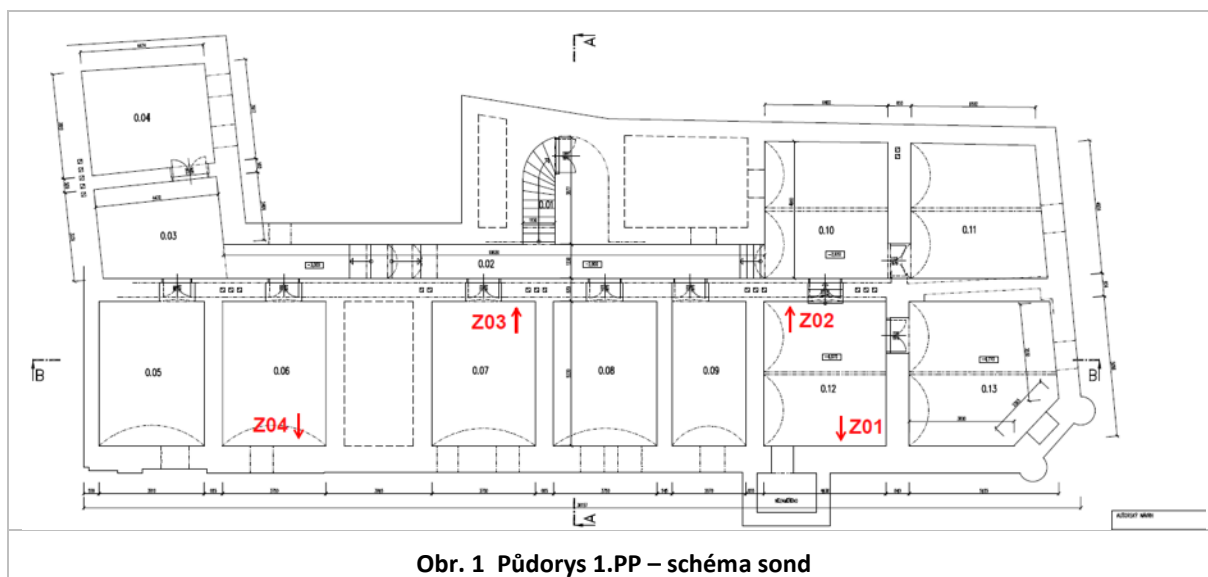




Foto 1: Pohled na sondu Z01 – smíšené zdivo



Foto 2: Pohled na sondu Z02 – smíšené zdivo



Foto 3: Pohled na sondu Z04 – smíšené zdivo



Foto 4: Pohled na sondu Z04 – smíšené zdivo



Foto 5: Pohled na sondu Z05 – cihelné zdivo



Foto 6: Pohled na sondu Z06 – cihelné zdivo



Foto 7: Pohled na sondu Z07 – cihelné zdivo

3.1 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU

Pro stanovení pevnosti cihel v tlaku v širším záběru byla použita nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem (typ N-34). Tato zkouška není pro zkoušení cihel normována, nicméně naše mnohaleté zkušenosti prokazují, že touto zkouškou lze odvodit pevnost cihel v tlaku. Zkoušky a jejich vyhodnocení bylo provedeno dle ČSN 73 1373 [6]. Touto zkouškou lze odvodit nejen pevnost cihel v tlaku, ale také posoudit homogenitu pevností cihel v celé konstrukci a rozhodnout, pro které části konstrukce bylo použito cihelné zdivo stejných pevnostních parametrů, aniž by bylo nutné provádět rozsáhlé destruktivní zkoušky.

Před vlastní zkouškou byl povrch zkoušených cihel očištěn a obroušen bruskou. Z hodnot odskoku Schmidtova tvrdoměru α byla dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 pro nedestruktivní zkoušení betonu odvozena hodnota f_{be} . Skutečná pevnost cihel v tlaku f_c byla stanovena pomocí převodního součinitele α_c dle následujícího vztahu:

$$f_c = f_{be} \cdot \alpha_c$$

Převodní součinitel α_c se stanoví na základě výsledků destruktivních a nedestruktivních zkoušek jako průměrná hodnota poměrů $f_{c,des} / f_{be}$ stanovených na stejných cihlách, kde $f_{c,des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou. Součinitel α_c není normován a jeho hodnota se může pohybovat na základě našich mnohaletých zkušeností v poměrně širokém rozmezí (0,2 - 0,7 pro cihly).

S ohledem na skutečnost, že nebyly provedeny destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku, byla pro přepočet nedestruktivně stanovených pevností cihel na pevnost skutečnou stanovena hodnota součinitele α_c kvalifikovaným odhadem.

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 73 0038 [3] doporučuje stanovit pevnost malty buď tvrdoměrnou zkouškou nebo odhadem dle hloubky vrypu nebo metodami lokálního porušení nebo na základě obsahu pojiva stanoveného chemickým rozbořem.

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 zkušebního 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 zarážení 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. Výsledné hodnoty pevnosti malty v tlaku jsou uvedeny v následující tabulce 1.

Tab. 1: Stanovení pevnosti cihel a kamene v tlaku f_c [MPa] a malty v tlaku f_m [MPa] – 1.PP

Zk. místo	Materiál	ZKOUŠKA PEVNOSTI CIHEL A KAMENE V TLAKU											ZKOUŠKA PEVNOSTI MALTY V TLAKU								
		Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr	<i>f</i> _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku <i>f</i> _c [MPa]	Počet úderů na zaražení indentoru				Průměr	Pevnost v tlaku <i>f</i> _m [MPa]
ZDĚNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE ZE SMÍŠENÉHO ZDIVA - 1.PP																					
SONDA Z01																					
S1-1	kámen	→	50	56	54	53	52	53	52	54	53	65	29,3	1	2	1	1	2	1	1,3	0,11
S1-2	kámen	→	40	43	42	42	43	40	42	42	42	44	19,8	1	2	2	2	3	2	2,0	0,19
S1-3	cihla plná	→	29	31	30	29	33	28	29	30	30	24	10,8	2	3	1	1	2	1	1,7	0,15
S1-4	cihla plná	→	25	29	26	27	28	30	24	25	27	19	8,6	1	2	1	2	1	1	1,3	0,11
PRŮMĚR													17,1							0,14	
SONDA Z02																					
S2-1	kámen	→	30	30	31	33	32	31	33	31	31	25	11,3	2	3	2	3	3	2	2,5	0,25
S2-2	kámen	→	50	54	52	53	52	53	54	50	52	63	28,4	2	3	3	2	2	2	2,3	0,23
S2-3	cihla plná	→	31	35	35	31	33	32	31	34	33	28	12,6	3	3	3	2	2	3	2,7	0,27
S2-4	cihla plná	→	31	33	32	31	32	31	32	33	32	27	12,2	2	2	2	3	3	2	2,3	0,23
PRŮMĚR													16,1							0,24	
SONDA Z03																					
S3-1	kámen	→	40	45	50	44	42	43	48	49	45	50	22,5	1	2	1	2	2	2	1,7	0,15
S3-2	cihla plná	→	35	36	33	34	37	36	35	35	35	32	14,4	2	1	1	2	1	1	1,3	0,11
S3-3	cihla plná	→	25	26	26	24	24	25	26	27	25	16	7,2	1	2	2	2	3	1	1,8	0,17
S3-4	cihla plná	→	32	35	33	32	33	34	35	38	34	30	13,5	1	1	1	1	2	2	1,3	0,11
PRŮMĚR													14,4							0,13	
SONDA Z04																					
S4-1	kámen	→	40	43	46	45	43	44	45	43	44	48	21,6	1	1	2	2	1	1	1,3	0,11
S4-2	kámen	→	60	59	61	59	62	61	60	60	60	79	35,6	2	1	1	2	2	2	1,7	0,15
S4-3	cihla plná	→	29	32	31	32	31	30	31	32	31	25	11,3	1	1	1	1	1	2	1,2	0,10
S4-4	cihla plná	→	35	39	37	38	37	37	35	34	37	35	15,8	2	2	2	2	1	1	1,7	0,15
S4-5	cihla plná	→	32	35	34	33	34	32	34	34	34	30	13,5	2	2	1	1	1	2	1,5	0,13
PRŮMĚR													19,5							0,13	
CELKOVÝ PRŮMĚR													16,8							0,16	
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA [MPa]													1,9							0,05	
VARIACNÍ KOEFICIENT [%]													11,1							29,87	

$$a_c = 0,45$$

a_c součinitel stanoven odborným odhadem

Tab. 2: Stanovení pevnosti cihel tlaku f_c [MPa] a malty v tlaku f_m [MPa] – 1.NP

Zk. místo	Materiál	ZKOUŠKA PEVNOSTI CIHEL V TLAKU											ZKOUŠKA PEVNOSTI MALTY V TLAKU								
		Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr	<i>f</i> _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku <i>f</i> _c [MPa]	Počet úderů na zaražení indentoru					
ZDĚNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE Z CIHELNÉHO ZDIVA - 1.NP																					
SONDA Z05																					
S1-1	cihla plná	→	33	36	35	33	32	34	35	36	34	30	16,5	2	1	2	2	2	2	1,8	0,17
S1-2	cihla plná	→	29	33	30	33	32	31	34	33	32	27	14,9	1	2	3	2	2	2	2,0	0,19
S1-3	cihla plná	→	32	32	31	33	33	35	33	32	33	28	15,4	1	2	1	2	2	1	1,5	0,13
PRŮMĚR													15,6								0,16
SONDA Z06																					
S2-1	cihla plná	→	35	38	35	37	37	36	34	37	36	33	18,2	2	3	3	3	2	3	2,7	0,27
S2-2	cihla plná	→	36	40	38	39	40	39	38	37	38	37	20,4	2	2	3	3	3	3	2,7	0,27
S2-3	cihla plná	→	37	39	36	37	35	35	39	38	37	35	19,3	3	2	3	2	2	3	2,5	0,25
PRŮMĚR													19,3								0,27
SONDA Z07																					
S3-1	cihla plná	→	39	40	39	40	39	38	37	38	39	39	21,5	2	3	3	3	3	3	2,8	0,30
S3-2	cihla plná	→	40	40	38	38	38	39	40	31	38	37	20,4	2	2	3	3	2	2	2,3	0,23
S3-3	cihla plná	→	39	38	39	37	39	40	39	40	39	39	21,5	3	3	3	2	3	3	2,8	0,30
PRŮMĚR													21,1								0,27
CELKOVÝ PRŮMĚR													14,0								0,23
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA [MPa]													2,3								0,05
VARIACNÍ KOEFICIENT [%]													16,4								21,92

$$a_c = 0,55$$

 a_c

součinitel stanoven odborným odhadem

Průměrná pevnost cihel v tlaku zjištěná nedestruktivními zkouškami je pro smíšené zdivo 1.PP $f_c = 16,8$ MPa a pro zdivo v 1.NP $f_c = 14,0$ MPa. Pro stanovení pevnosti zdiva byla do výpočtu uvažována tato průměrná hodnota pevnosti cihel a kamene v tlaku.

Pro stanovení pevnosti smíšeného a cihelného zdiva byla uvažována průměrná hodnota pevnosti malty v tlaku zjištěná zkouškami pro smíšené zdivo 1.PP $f_m = 0,16$ MPa a pro zdivo 1.NP $f_m = 0,23$ MPa.

3.3 STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA

Pro posuzování zděných konstrukcí dle ČSN EN 1996, hodnocení existujících zděných konstrukcí a stanovení pevnosti zdiva v tlaku se vychází z ČSN EN 1996-1-1+A1 [2], ČSN ISO 13822 [3], ČSN 73 0038 [4] a ČSN EN 772-1 [5] a dalších souvisejících norem.

Pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku se provede výpočet charakteristické pevnosti zdiva f_k dle ČSN 73 0038 [4]. Do výpočtu se použije pevnost kusového staviva v tlaku f_c zjištěná zkouškami, kterou je nutno převést na normalizovanou pevnost f_b dle ČSN EN 772-1 [5], a jako pevnost malty v tlaku f_m se dle ČSN 73 0038 [4] použije průměrná hodnota pevnosti malty zjištěná zkouškami nebo např. kvalifikovaným odhadem, aj.

Tab. 3: Stanovení charakteristické pevnosti zdiva f_k [MPa]

OBJEKT: Č.P. 77, NA KARLOVU 77		ZDIVO	
		1.PP	1.NP
		SMÍŠENÉ ZDIVO	CIHLY
Součinitel K	K	0,44	0,44
Exponent α závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty	α	0,70	0,70
Exponent β závislý na druhu malty	β	0,30	0,30
Průměrná pevnost f_m malty zjištěná zkouškami (MPa)	f_m	0,16	0,23
Průměrná pevnost staviva f_c zjištěná zkouškami (MPa)	f_c	16,78	13,98
Součinitel δ pro normalizovanou pevnost	δ	0,77	0,75
Normalizovaná pevnost staviva $f_b = \delta f_c$ (MPa)	f_b	12,92	10,48
Charakteristická pevnost zdiva $f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$ (MPa)	f_k	1,53	1,47

Volba součinitelů γ_m dle ČSN 73 0038 [4] pro stanovení návrhové pevnosti zdiva f_d je součástí statického posouzení. V tab. 3 jsou uvedeny **námi doporučené hodnoty součinitelů γ_m** a z nich vypočtená návrhová pevnost zdiva f_d .

Je však na rozhodnutí statika, jaké hodnoty součinitelů γ_m pro stanovení návrhové pevnosti zdiva použije.

Tab. 3: Doporučená návrhová pevnost zdiva f_d [MPa]

OBJEKT: Č.P. 77, NA KARLOVU 77		ZDIVO	
		1.PP	1.NP
		SMÍŠENÉ ZDIVO	CIHLY
Dílčí součinitel spolehlivosti γ_{m1}	γ_{m1}	2,00	2,00
Součinitel γ_{m2} zohledňující vazbu zdiva a vyplnění spár maltou	γ_{m2}	1,15	1,05
Součinitel γ_{m3} zohledňující vlhkost zdiva	γ_{m3}	1,20	1,10
Součinitel γ_{m4} zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu	γ_{m4}	1,10	1,10
Návrhová pevnost zdiva $f_d = f_k / \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4}$ (MPa)	f_d	0,50	0,58

4. ZÁVĚR

Stanovení pevnosti zdiva v objektu č.p 77, Na Karlově 77, Benešov u Prahy, bylo provedeno na základě objednávky firmy HITEST s.r.o.. Práce in-situ proběhly v květnu 2018.

Na základě vyhodnocení výsledků zkoušek pevnosti malty a cihel v tlaku byly stanoveny tyto pevnosti zdiva v objektu č.p. 77, Na Karlově 77, Benešov u Prahy:

Zdivo	Pevnost zdiva v tlaku [MPa]	
	charakteristická f_k	doporučená návrhová f_d
1.PP	1,53	0,50
1.NP	1,47	0,58

Závěry stavebně technického průzkumu byly formulovány na základě výsledků průzkumných prací prováděných v určitých oblastech zvolených objednatelem.

Pevnosti zdiva byly stanoveny na základě velmi omezeného rozsahu zkoušek prováděných v určitých oblastech. Volba součinitelů γ_m pro stanovení návrhové pevnosti zdiva f_d 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 prováděného stavebně technického průzkumu.