



1 2013
ročník XIII

Vysoká škola báňská -
Technická univerzita Ostrava

SBORNÍK
vědeckých prací Vysoké školy báňské -
Technické univerzity Ostrava
Řada stavební

TRANSACTIONS
of the VŠB - Technical University
of Ostrava
Civil Engineering Series

ISSN 1213-1962

ČAJKA Radim, BURKOVIČ Kamil TECHNOLOGIE SPŘAŽENÍ DŘEVO BETONOVÝCH STROPNÍCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ LEPENÝCH SMYKOVÝCH LIŠT	1
STARÁ Marie, ČAJKA Radim, JANULÍKOVÁ Martina, BUCHTA Vojtěch EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ PŘEDPJATÉHO ZDIVA A JEHO NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ	9
BERÁNKOVÁ Eva, SZKANDEROVÁ Lenka NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU STAVEBNÍHO DÍLA	17
CAHA Jan, KUČERA Jiří, PROSKE Zbyněk ODVODŇOVÁNÍ URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍ MALÝCH OBCÍ ČR	23
HANDZELOVÁ Barbora, MARTINEC Petr, ŠČUČKA Jiří, VIČAROVÁ Helena VLIV TEPELNÉHO NAMÁHÁNÍ NA INTERAKCI MORAVSKÉ DROBY S VODOU	31
VIČAROVÁ Helena, ŠČUČKA Jiří, MARTINEC Petr, HANDZELOVÁ Barbora VLIV CHEMICKÝCH HYDROFOBIZAČNÍCH PROSTŘEDKŮ NA VÝMĚNU VLHKOSTI MEZI PÓRY PÍSKOVCE A OKOLNÍM PROSTŘEDÍM	39
KALÁB Zdeněk, PINKA Miroslav ANALÝZA ZÁZNAMŮ TECHNICKÉ SEIZMICITY POMOCÍ WAVELETOVÉ TRANSFORMACE – PAKETOVÉHO ROZKLADU	49
PETŘÍK Tomáš, MOHYLA Marek, HRUBEŠOVÁ Eva NUMERICKÝ MODEL ODEZVY DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ V ZEMINĚ S POUŽITÍM METODY LATIN HYPERCUBE SAMPLING	57
ŠEVČÍK Pavel, ŠEVČÍKOVÁ Hana FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TRH S BYTY	65
RUDOLF Vlastimil PAMÁTKOVÁ PÉČE A OBNOVA ORANŽERIE V ZÁMECKÉM AREÁLU V ČECHÁCH POD KOSÍŘEM, OKRES PROSTĚJOV	75
SLOVÁKOVÁ Eva, PEŘINKOVÁ Martina BARIÉRY MĚSTA	85
HUDEČEK Leopold, FIALA Pavel, SVÁK Ondřej MĚŘENÍ DYNAMICKÝCH RÁZŮ V SRDCOVKOVÉ ČÁSTI VÝHYBEK POMOCÍ MĚŘICÍHO VOZU ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU	91
PÁNEK Petr, VÉBR Ludvík ÚNAVOVÁ ÚNOSNOST CEMENTOBETONOVÝCH DESEK	97
PETRŮ Jan NADMĚRNÉ A NADROZMĚRNÉ NÁKLADY A JEJICH PŘEPRAVNÍ TRASY	101
ZEMAN Karel, PETRŮ Jan, KRAMNÝ Jan BEZPEČNOST PROVOZU NA ZASTÁVKÁCH MHD	109
KRÁLÍK Juraj NPP SAFETY IN SLOVAKIA ACCORDING TO STRESS TESTS AFTER ACCIDENT IN FUKUSHIMI	119

Radim ČAJKA¹, Kamil BURKOVIČ²

**TECHNOLOGIE SPŘAŽENÍ DŘEVO BETONOVÝCH STROPNÍCH
KONSTRUKCÍ POMOCÍ LEPENÝCH SMYKOVÝCH LIŠŤ**

**TECHNOLOGY OF COUPLED TIMBER-CONCRETE CEILING USING
BONDED SHEAR CONNECTORS**

Abstrakt

V článku je popsán konkrétní technologický postup, který byl ověřen při rekonstrukci stropní konstrukce domu na Sokolské ulici v Ostravě. Po předchozích experimentálních zkouškách v laboratořích na Fakultě stavební VSB – TU Ostrava tak byla poprvé aplikována a ve stavební praxi úspěšně ověřena technologie lepených smykových lišt při statickém zesílení dřevěných stropů. Tento příspěvek se zabývá možnostmi využití spřažených dřevo-betonových konstrukcí s využitím vlepené spřahovací lišty. Uvedený postup statického zesílení je vhodný především u rekonstrukcí historických dřevěných stropů a všude tam, kde je nutno zamezit poškození nenosných konstrukcí (např. podhled, omítku, štukovou výzdobu apod.). Metoda se uplatní rovněž v takových případech, kdy je nutno zachovat provoz v místnostech pod rekonstruovaným stropem.

Klíčová slova

Spřažené konstrukce, dřevobetonové stropy, lepené spřahovací lišty, rekonstrukce.

Abstract

The article describes the specific technological process that has been examined in the reconstruction of the ceiling structure of a house on Sokolska Street in Ostrava. Following experimental testing in laboratories at the Faculty of Civil Engineering VSB - TU Ostrava the technology of bonded shear bars under static reinforcement of timber ceilings was first applied and successfully tested in construction practice. This paper deals with the possibilities of using coupled timber-concrete structures by means a glued coupling bar. The described process of static reinforcement is particularly suitable for reconstruction of historic timber ceilings and places where it is necessary to prevent damage to non-supporting structures (e.g. ceiling, plaster, stucco decorations, etc.). The method is also employed in those cases where it is necessary to allow traffic-flow in the rooms below the reconstructed ceiling.

Keywords

Coupled structures, timber-concrete ceiling, bonded shear connectors, reconstruction

1 ÚVOD

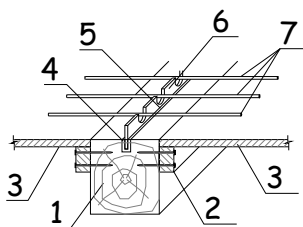
Při celkových rekonstrukcích starších objektů nebo jen půdních prostor pro jejich nové využívání nastává problém s únosností původních dřevěných stropních konstrukcí na zvýšené zatížení. Ve snaze zachovat stávající nosnou konstrukci, podhled, či provoz v místnostech pod

¹ Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

² Ing. Kamil Burkovič, ARMING spol. s r.o., Ocelářská 6/338, 703 00 Ostrava-Vítkovice, tel.: (+420) 602 744 313, e-mail: kamil.burovic@arming.cz.

rekonstruovaným stropem, přichází v úvahu několik možností její zesílení. Po snesení podlahových vrstev lze provést zesílení stropní konstrukce pomocí nově vložených dřevěných či ocelových nosníků, zvětšení stávajícího průřezu příločkami, předeptnutí původních prvků, zavěšením či podepřením stávajícího stropu novou nosnou konstrukcí (Kuklík et. al., 2012) [8], apod.

Další z možností zesílení je sprážením stávajících dřevěných nosníků s nově provedenou betonovou deskou (Poštulka & Sandanus, 1999) [12], (Sandanus, 2007) [13]. Tato metoda zvýší únosnost, vertikální i horizontální tuhost (Čajka, 2005) [4], zvukovou neprůzvučnost (Oravec & Hamala, 2013) [11] a požární odolnost (Kučera et. al., 2012) [7], (Vavrušová & Lokaj, 2011) [14] původní dřevěné konstrukce. Rovněž se výrazně eliminují typické nevýhody a poruchy starých dřevěných stropů, jako jsou nadměrné průhyby, kmitání a trhliny v podhledech (Burkovič & Čajka, 2007), [2].



- 1 - Trám
- 2 - Distanční deska bednění
- 3 - Desky bednění
- 4 - Drážka
- 5 - Lepidlo
- 6 - Ocelová spráhovací lišta
- 7 - Výztužné pruty (sítě)

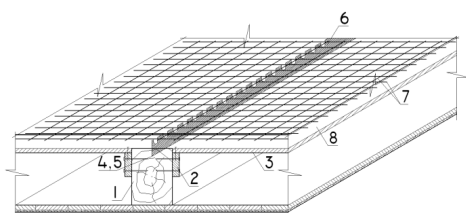
Obr. 1: Schéma aplikace lepené smykové lišty

Princip zesílení stávajícího dřevěného trámového stropu nadbetonováním sprážené desky spočívá ve vytvoření nosného T-profilu s taženými vlákny v dřevěném trámu a tlačnou plochou v betonové desce. Únosnost takto vytvořeného kompozitního průřezu je závislá na rozměrech a rozpětích jednotlivých nosných prvků, tj. dřevěného trámu a betonové desky. Důležitou roli hrají rovněž použité spráhovací prostředky (Agel & Lokaj, 2013), [1]. Ty zajišťují spolupůsobení obou částí průřezu, přenášejí podélné smykové síly a ovlivňují tuhost a únosnost sprážené konstrukce v závislosti na vzdálenosti podpor.

Nejčastěji doposud používané spráhovací prostředky jsou ocelové prvky (Lokaj & Vavrušová, 2012, 2013) [9], [15], [16] ve tvaru trnu (hřeby, vruty, skoby, betonářské pruty, ocelové kolíky apod.), nebo desky tvořené ocelovými plechy různého tvaru, s prolisy, prostupy apod., popřípadě vlepéné prvky (Bathon & Bletz, 2005 [17]). Jejich nevýhodou je zpravidla časově a technologicky náročná montáž v omezených podmínkách rekonstruovaných budov.

2 LEPENÉ SPŘAHOVACÍ LIŠTY

Výrazné urychlení a zjednodušení stavebních prací umožňuje zajištění sprážení mezi dřevěným trámem a betonovou deskou pomocí tzv. lepených smykových lišt. Ty jsou tvořeny ocelovým perforovaným plechem, který je vlepěn do vytvořené podélné drážky na horním povrchu trámu.



- 1 - Trám
- 2 - Distanční lišta bednění
- 3 - Desky bednění
- 4 - Vyřezaná podélná drážka,
- 5 - Lepidlo
- 6 - Lepená spráhovací lišta
- 7 - Pruty betonářské výztuže nebo výstužné sítě
- 8 - ŽB deska

Obr. 2: Princip sprážení původních dřevěných trámů s tenkou železobetonovou deskou pomocí lepené smykové lišty

Výhoda tohoto způsobu spřažení spočívá především v eliminaci nepříznivých vlivů během montáže spřahovacích prvků. Při provádění běžnějšího způsobu spřažení pomocí ocelových hřebů totiž dochází k vysoké hlučnosti a otřesům během jejich zatloukání do dřevěných nosníků. Tyto otřesy mohou ohrozit provoz v místnostech pod rekonstruovaným stropem nebo narušit omítku podhledu s historickou štukovou výzdobou či malbou.

Podkladem pro ověření této technologie ve stavební praxi byly nezbytné statické výpočty a laboratorní zkoušky smykové únosnosti lepeného spoje dřevěných prvků a ocelových smykových lišt. Protokoly o zkouškách provedených v Laboratoři stavebních hmot Fakulty stavební VŠB – TU Ostrava jsou součástí diplomové práce (Frankova, 2007), [4]. Numerické ověření deformací a napětí takto spřaženého dřevobetonového „T“ průřezu pomocí MKP potvrdily poměrně přiléhavou shodu s předpoklady lineárního řešení podle zásad stavební mechaniky a pružnosti (Mikolášek, 2010), [10]. Technologie lepených smykových lišt je chráněná zapsaným užitným vzorem č. U1 22590 „Statické zesílení stávající dřevěné trémové stropní konstrukce“ (Čajka, 2011), [3].

3 ANALÝZA TUHOSTI SPŘAŽENÉ KONSTRUKCE

Návrh a statický výpočet zesílení stropní konstrukce byl proveden v souladu s platnými technickými normami lineárně pružnou analýzou podle zásad stavební mechaniky a pružnosti pro dokonalé spřažení, kdy nedochází k prokluzu ve spřahovacích prvcích [2]. Tento předpoklad vychází z použité technologie spřažení, které je vlivem průběžné vlepené smykové lišty dostatečně tuhé [4].

Ohybová tuhost nespřaženého dřevo-betonového nosníku se pak dá stanovit [2] jako součet tuhostí dřevěného trámu 240/260 mm a spolupůsobící šířky 900 mm železobetonové desky tl. 60 mm.

$$w_{n,lin} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E_c I_c + E_d I_d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5880,6 \cdot 0,90^4}{31 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,9 \cdot 0,06^3 + 11 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,24 \cdot 0,26^3} = 0,0241 \text{ m} \quad (1)$$

$$w_{c,lin} = 24,1 \text{ mm}$$

Při dokonalém spřažení je pro výpočet průhybu nutno uvažovat tzv. ideální T průřez, který vznikne redukováním spolupůsobící části desky pracovním součinitelem $n_i = E_c/E_d$. Výsledný průhyb pak činí [10]

$$w_{c,lin} = 6,5 \text{ mm} \quad (2)$$

Porovnáním výsledných deformací 24,1/6,5 mm je zřejmé, že ohybová tuhost takto spřaženého dřevobetonového průřezu je 3,7 krát větší.

Pro ověření správnosti tohoto postupu byly následně provedeny další kontrolní lineární a nelineární analýzy metodou konečných prvků (MKP) programovým systémem SCIA a ANSYS, (Mikolášek & Sucharda, 2012) [9].

Výpočty ve SCIA systému byly prováděny celkem pro 3 základní typy modelů [9]. První typ je spojení skořepina-skořepina, druhý model je skořepina-prut-skořepina a třetí typ je volné položení skořepiny reprezentující betonovou desku na skořepinu stropního trámu pomocí fiktivních prutů. Vždy byly uvažovány plošné 2D konečné prvky. Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 6,500$ mm.

Model v programu ANSYS je tvořen 3D konečnými prvky typu SOLID 45 a SOLID 65 [9]. Jde tedy o 3D model velmi se blížící reálné konstrukci. Model v ANSYS zahrnuje vliv prokluzů, kontaktních ploch a nezanedbává 3D prostorové působení konstrukce jako celku včetně tření. Modely v ANSYS se dělí na celkem 7 základních typů. Modely ANSYS typu A, B, C, D jsou fyzikálně lineární a typy E, F jsou fyzikálně nelineární se zvýšenou kontaktní tuhostí (při fyzikálně nelineárních materiálech klesá kontaktní tuhost), podrobnosti viz [9].

Typ A - spojení mezi dřevěným stropním trámem a betonovou deskou je dokonale tuhé (lze počítat podle teorie lineární pružnosti). Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 6,765$ mm.

Typ B - spojení je dokonale tuhé jen mezi lepenou spárrou dřevo-ocel, betonová deska je položena na dřevěný trám kontaktně se třením a také spojení mezi ocelovým spřahovacím prvkem a betonovou deskou je pouze kontaktní se třením (uvažuje se limitní odtržení betonu od ocelového prvku, spřažení je přenášeno dále jen kontaktně tlakem a třením). Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 10,664$ mm.

Typ C - spojení je dokonale tuhé jen mezi lepenou spárrou dřevo-ocel-betonová deska a betonová deska je zároveň položena na dřevěný trám kontaktně se třením. Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 7,060$ mm.

Typ D - betonová deska je položena na dřevěný trám kontaktně se třením, spřahovací ocelová lišta zde není (jde o limitní případ oddělených průřezů bez spřažení, zde se pouze sečtou oddělené tuhostní charakteristiky). Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 21,004$ mm.

Typ E - spojení je dokonale tuhé jen mezi lepenou spárrou dřevo-ocel-betonová deska a betonová deska je zároveň položena na dřevěný trám kontaktně se třením. Materiál betonové desky je uvažován s fyzikální nelinearitou SOLID65. U ocelového spřahovacího prvku a dřevěného trámu je počítáno také s fyzikální nelinearitou. Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 7,557$ mm.

Typ F - spojení je dokonale tuhé jen mezi lepenou spárrou dřevo-ocel, betonová deska je položena na dřevěný trám kontaktně se třením a také spojení mezi ocelovým spřahovacím prvkem a betonovou deskou je pouze kontaktní se třením (uvažuje se limitní odtržení betonu od ocelového prvku, spřažení je přenášeno dále jen kontaktně tlakem a třením). Materiál betonové desky je uvažován s fyzikální nelinearitou SOLID 65. U ocelového spřahovacího prvku a dřevěného trámu je počítáno také s fyzikální nelinearitou. Maximální průhyb na tomto modelu činil $w = 13,772$ mm.

Ze srovnávacích výpočtů vyplývá, že použití zjednodušených lineárně pružných výpočtů podle technických norem je pro běžné zatěžovací případy vyhovující, podrobnosti analýzy viz [9]. Zpřesnění výpočtu spolehlivosti výsledného kompozitního průřezu lze pak provést pravděpodobnostními metodami, viz například (Janas & Krejsa, 2009), [6].

5 OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE SPŘAŽENÍ NA STÁVAJÍCÍ DŘEVĚNÉ STROPNÍ KONSTRUKCI

Důvodem rekonstrukce stavebního objektu na ulici Sokolské č.p. 936/21 v Moravské Ostravě, byla úprava půdního prostoru nad 3.NP pro kancelářské místnosti, zajištění štitové stěny a celkové ztužení objektu v horizontální rovině.

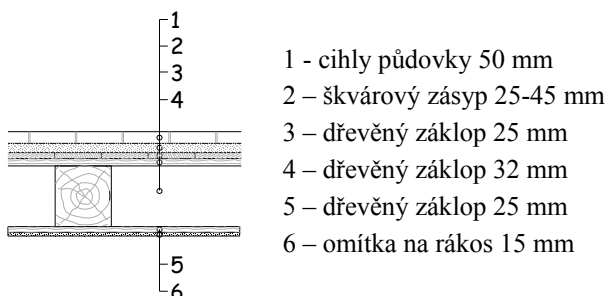


Obr. 3: Celkový pohled na fasádu rekonstruovaného objektu se spřaženými dřevo betonovými stropy

3.1 Původní stav stropní konstrukce

Historický dům na Sokolské ulici byl postaven na počátku minulého století a v současné době jsou v něm umístěny advokátní kanceláře. Svislé nosné konstrukce tvoří obvodové a vnitřní zděné stěny na kamenných základech. Vodorovné nosné konstrukce tvoří v nadzemních podlažích dřevěné

trámové stropy, v suterénu jsou stropy klenbové. V některých místnostech jsou podhledy stropů vyzdobeny ornamentálními vápenosádrovými omítkami. Před započatím prací byla provedena diagnostika objektu včetně průzkumné sondy do stropu v podkroví podél průčelní pozednicové stěny. Zde byly odstraněny vrstvy podlahy, které sestávaly z cihel, škvárového násypu a dřevěného záklop. Po odstranění horních vrstev byly změřeny profily hlavních nosných trámů, jejich osové vzdálenosti a původní skladba podlahy.



Obr. 4: Původní skladba stropu v půdním prostoru



Obr. 5: Sonda ve stropní konstrukci na půdě

3.2 Technologie provádění sprážen

V rámci rekonstrukce podkroví byly odebrány jednotlivé vrstvy podlahy až na nosné trámy. Stávající podbití včetně štukového podhledu zůstaly zachovány. Odkryté nosné konstrukce ze dřeva byly opatřeny ochranným impregnačním nátěrem proti dřevním škůdcům a hnilobě.

Z velké části zachovalých prkem původního horního záklopu bylo provedeno ztracené bednění pro betonáž nové železobetonové desky. Bednění bylo řádně utěsněno PUR pěnou k zamezení zatékání záměsové a ošetřovací vody během betonáže.

Do stávajících dřevěných trámů byly vyfrézovány drážky hloubky 50 mm a následně vlepeny spráhovací lišty šířky 3 mm [2]. Pro vlepení bylo použito lepidlo PURBOND HB 110. Výřezy ve spráhovacích lištách byly navrženy tak, aby fungovaly také jako distanční podložka pro vytvoření krycí vrstvy výztuže desky. Na bednění byly umístěny výztužné sítě KARI-W 6/100-6/100 mm při dodržení krytí výztuže betonem minimálně 20 mm. Dále byly instalovány kotvy do fasády, které zajistily sprážení obvodového zdiva s nově vybetonovanou spráženou deskou. Tímto sepnutím došlo k výraznému ztužení obvodových stěn v horizontálním směru a zvýšení odolnosti objektu proti otřesům od městské dopravy [3].

Po osazení veškeré betonářské výztuže a stahovacích prvků byla provedena betonáž desky tl. 60 mm z betonu třídy C25/30-XC1-C10,20-Dmax22-C1 (B30) ve smyslu ČSN EN 206-1. Betonáž

bylo nutno provádět obezřetně na utěsněném bednění s ohledem na nebezpečí zatékání záměšové vody a křehkost ornamentálních omítek na spodní straně stropu. Povrch betonu byl uhlazen a ošetřován dle konstrukčních zásad.

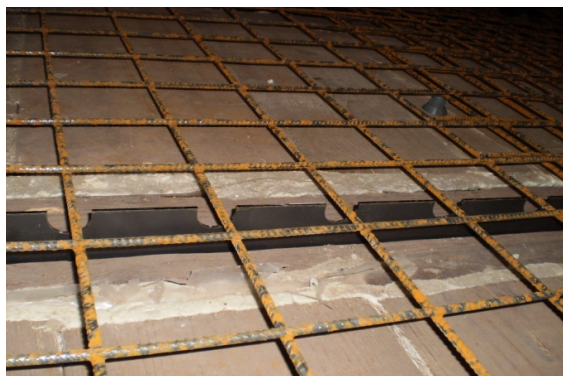


Obr. 6: Zkouška osazení lepené smykové lišty

3.3 Ověření technologie a zkušenosti z provádění

Protože s prováděním spřažení pomocí lepených spřahovacích lišt nebyly u rekonstruovaných staveb doposud praktické zkušenosti, došlo při ověření této navržené technologie [3] k několika zlepšením.

Spřahovací lišty byly navrženy ve tvaru hřebene tak, aby bylo možno vložit do drážek pruty svařovaných sítí. Vzhledem k tomu, že spřahovací lišty, tzv. hřebeny, byly vyrobeny v délce jeden metr, došlo v některých místech k mezerám mezi jednotlivými kusy a k posunu rastru drážek pro pruty sítí. Obdobný problém nastal v místech stykování výztužných sítí přesahem. Tyto nedostatky byly vyřešeny prostřížením sítí a vložením prutových příložek shodného profilu.



Obr. 7: Detail osazení smykové lišty a výztužných sítí

Dalším nedostatkem byl nedostatek lepidla v některých místech. Během lepení má lepidlo viditelně vystoupit z drážky během svého zrání. V místech, kde k tomuto jevu nedošlo, bylo provedeno dodatečné nanesení lepidla do rohu mezi ocelovou lištou a trám. Tyto nedostatky byly řešeny zápisem na kontrolních dnech stavby ve stavebním deníku za účasti projektanta, investora, zhotovitele a zástupců stavebního úřadu.

6 ZÁVĚR

Při rekonstrukcích historických objektů je často nutno zvýšit únosnost a spolehlivost původních dřevěných stropních konstrukcí. Efektivní, rychlou, materiálově nenáročnou a finančně

ekonomickou metodou zvýšení únosnosti je spřažení původních dřevěných trámů s tenkou železobetonovou deskou pomocí lepených smykových lišt.



Obr. 8: Betonáž železobetonové desky spřažené s dřevěnými trámy

Výhodou tohoto řešení a technologie provádění spřažení je jak vysoká únosnost, tuhost a malé průhyby výsledné kompozitní stropní konstrukce, tak celkové prostorové ztužení objektu v horizontálním směru. Dále je to i zrychlení a zjednodušení procesu aplikace spřahovacích prvků, eliminace dynamických vlivů při výstavbě i možnost dodatečného zakotvení stropů do svislých konstrukcí. Metoda je tak vhodná i k dodatečnému zvyšování prostorové tuhosti staveb poškozených povodněmi či důlní činností [4]. Mezi drobné nevýhody patří vyšší náklady z důvodu použití lepidla a výroby spřahovacích ocelových lišt, tzv. hřebenů. S ohledem na větší rozptyl mechanicko – fyzikálních vlastností prvků s větším stářím se doporučuje provést jejich statistický rozbor [6].

Několikaletý provoz po provedení rekonstrukce objektu potvrdil vysokou účinnost a efektivnost takto spřažené dřevobetonové konstrukce. Navrženou technologii spřažení „Statické zesílení stávající dřevěné trámové stropní konstrukce“ chráněnou zapsaným užitným UI 22590 [3] tak lze považovat za ověřenou ve stavební praxi.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění MŠMT, podpora specifického vysokoškolského výzkumu Konceptního rozvoje FAST VŠB-TU Ostrava v roce 2013.

LITERATURA

- [1] AGEL, P. & LOKAJ, A. Load Bearing Capacity Tests of Mechanical Joining on Timber-Concrete Beam / Laboratorní testování únosnosti mechanického spřažení dřevobetonového nosníku (2013). *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava. Construction Series*. Volume XII, Issue 2, Pages 1–32, ISSN (Online)1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, January 2013, doi: 10.2478/V10160-012-0011-9
- [2] BURKOVIČ, K. & ČAJKA, R. Projektová dokumentace „*Statické zajištění objektu č.p. 936/21, Sokolská třída, Moravská Ostrava*“, arch. číslo AR-0922-BK-03, ARMING spol. s r.o., Ostrava 07/2009
- [3] ČAJKA, R. Static reinforcement of existing timber ceiling (2011). *Registered Utility model No. UI 22590*, Industrial Property Office, Czech Republic, Prague, August 2011
- [4] ČAJKA, R. Soil – structure interaction in case of exceptional mining and flood actions (2005). *COST 12 – Final Conference Proceedings*, 20th – 22nd January 2005, University of Innsbruck, Austria, ISBN 04 1536 609 7.
- [5] FRANKOVÁ, V. & MENCL, V. Návrh materiálů pro spřažené dřevo-betonové stropy bytových staveb (2007). *Diplomová práce, Franková, Veronika, Signatura: 200906021*, FAST VŠB – TU Ostrava 2007

- [6] JANAS, P. & KREJSA M. & KREJSA V. Structural reliability assessment using a direct determined probabilistic calculation (2009). *Proceedings of the 12th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing 2009*. ISBN 978-190508830-0, doi: 10.4203/ccp.91.72.
- [7] KUČERA, P. & LOKAJ, A. & KAČÍKOVÁ, D. Assessment of reliability of timber structures elements exposed large-scale fire test (2012). *Acta Facultatis Xylologiae*, 54 (1), pp. 95-104, ISSN 13363824
- [8] KUKLÍK, P. & NECHANICKÝ, P. & KUKLÍKOVÁ, A. Development of prefabricated timber-concrete composite floors (2012). *World Conference on Timber Engineering 2012, WCTE 2012*, pp. 519-526. ISBN: 978-162276305-4
- [9] LOKAJ, A. & VAVRUŠOVÁ, K. & RYKALOVÁ, E. Application of laboratory tests results of dowel joints in cement-splinter boards VELOX into the fully probabilistic methods (SBRA method), (2012). *Applied Mechanics and Materials*, 137, pp. 95-99. ISSN 16609336, ISBN 978-303785452-5, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.137.95
- [10] MIKOLÁŠEK, D. & SUCHARDA O. Numerical modelling of a composite timber-concrete floor structure/Numerické modelování spřažení dřevobetonové stropní konstrukce (2012). *Civil Engineering Journal /Stavební obzor*, 9/2012, pp. 272 – 276, ISSN 1805-2576 (Online), ISSN 1210-4027 (Print)
- [11] ORAVEC, P. & HAMALA, M. Acoustic Qualities of a Ceiling from Prefabricated Timber – Concrete Composite Panels / Akustické vlastnosti stropu z prefabrikovaných dřevo – betonových spřažených panelů (2013). *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava. Construction Series*. Volume XII, Issue 2, Pages 117–122, ISSN (Online) 1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, doi: 10.2478/v10160-012-0025-3, January 2013
- [12] POŠTULKA, J. & SANDANUS, J. Berechnungsverfahren für eine Holz-Beton-Verbunddecke mit Nägeln als Verbindungsmittel (1999). *Bautechnik*, 76(11), pp. 1026-1030, ISSN 09328351
- [13] SANDANUS, J. Parametric study of the factors affecting the resistance of a composite timber-concrete cross-section (2007). *Wood Research*, vol. 52, no. 3, pp. 109-114. ISSN 13364561
- [14] VAVRUŠOVÁ, K. & LOKAJ, A. Timber Structures Fire Resistance (2011). *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava. Construction Series*. Volume X, Issue 2, Pages 1–6, ISSN (Online)1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, doi: 10.2478/V10160-010-0025-0, April 2011
- [15] VAVRUŠOVÁ, K. & LOKAJ, A. & ŽÍDEK, L. Reliance of embedment strength on dowel diameter in joints of cement-splinter boards (2012). *Applied Mechanics and Materials*, 188, pp. 242-246, ISSN 16609336, ISBN 978-303785452-5, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.188.242
- [16] VAVRUŠOVÁ, K. & LOKAJ, A. & ŽÍDEK, L. The bearing capacity of one-shear nail joints in cement-splinter boards (2013). *Applied Mechanics and Materials*, 256-259 (PART 1) , pp. 901-904, ISSN 16609336, ISBN 978-303785565-2, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.256-259.901
- [17] BATHON, L. A. & BLETZ, O. (2005), Holz-Beton-Verbundsystem mit eingeklebten HBV-Schubverbindern. *Bautechnik*, 82, pp. 322–327, doi: 10.1002/bate.200590109

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD., Katedra kovových a drevených konštrukcií, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

Marie STARÁ¹, Radim ČAJKA², Martina JANULÍKOVÁ³, Vojtěch BUCHTA⁴

**EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ PŘEDPJATÉHO ZDIVA
A JEHO NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ**

**EXPERIMENTAL MEASUREMENTS PRESTRESSED MASONRY
AND ITS NUMERICAL MODELING**

Abstrakt

Príspevek se věnuje experimentálnímu měření deformací v místě lokálního namáhání zdiva od dodatečného předepnutí. Měření jsou prováděna na zděném rohu, který je vestavěn do laboratorního zařízení. Laboratorní zařízení bylo navrženo a vyrobeno na Stavební fakultě VŠB-TUO v ČR a je určené pro měření trojosé napjatosti zdiva. Ve zděném rohu jsou vloženy dvě předpínací tyče umístěné v různých výškách a upevněny do kotevních desek, které slouží pro přenos předpínacích sil do zdiva. Zděný roh je proveden v poměru ke skutečnosti 1:1. Následně je provedeno modelování v programu ANSYS, založeném na metodě konečných prvků a poté provedeno srovnávání s výsledky laboratorních zkoušek. Na základě těchto výsledků bude možné zlepšovat vytvořené modely a přiblížit se tak co nejpřesnějším a zároveň jednoduchým postupům pro modelování zdiva.

Klíčová slova

Experimentální měření, deformace, předpínání, zdivo, matematické modelování.

Abstract

Contribution deals with experimental measurements of deformations in the place exposed to local load caused by additional pre-stressing. The measurements are made at the masonry corner built in the laboratory equipment. The laboratory equipment was designed at Faculty of Civil Engineering VSB – TU Ostrava for measurement tri-axial stress-strain conditions in masonry. In this masonry corner two pre-stressing bars are placed. These bars are in different height and are anchored to the anchor plates, which transfer pre-stressing forces to the masonry. The specimen for laboratory testing is performed in the proportion to the reality of 1:1. Mathematical modelling of brick corner is based on finite element method using software ANSYS and then the results are compared with results of laboratory tests. On the basis of these results it should be possible to improve the models and to approach closer to the accurate and at the same time simple procedure for design of prestressed masonry.

Keywords

Experimental measurements, deformations, pre-stressing, masonry, mathematical modeling.

¹ Ing. Marie Stará, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 991 375, e-mail: marie.stara@vsb.cz.

² Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

³ Ing. Martina Janulíková, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: martina.janulikova@vsb.cz.

⁴ Ing. Vojtěch Buchta, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: vojtech.buchta@vsb.cz.

1 ÚVOD

Sanace, pomocí dodatečného předepnutí jsou uplatňovány úspěšně v České republice, konkrétně například v oblasti Moravskoslezského kraje, kde dochází vlivem poddolování území ke specifickým poruchám objektů. Předpětí ve zdivu můžeme dosáhnout pomocí ocelových lan nebo táhel. Tyto ocelové prvky se vkládají do předem vyfrézovaných drážek, které mohou být při vnějším nebo vnitřním lici zdiva. Konce ocelových prvků se upínají do ocelových úhelníků nebo speciálních kotev. U těchto způsobů rekonstrukce je nutné dodržet postupy a technologie předpínání. Důležité je vhodně zvolit předpínací systém kotev, zvolit vhodné uspořádání a uložení předpínacích kabelů, určení postupu předpínání a stanovení velikosti předpínacích sil v jednotlivých kabelech.

Poměrně značná část výzkumu je věnována samotnému předpínání zdiva a určování velikosti předpínacích sil. V dostupné literatuře můžeme nalézt doporučené hodnoty poměru předpínací síly a pevnosti zdiva v tlaku kolmo a rovnoběžně s ložnou spárou, na základě provedených experimentů. Sanace pomocí dodatečného předepnutí jsou podrobně prozkoumána u železobetonových konstrukcí, u zděných konstrukcí tomu tak není. Problematické je zejména stanovení pevnosti s ohledem na aktuální stav zdiva, na charakter a míru poškození. Náročnější je pak stanovení hodnot předpínacích sil [1;2].

V dostupné literatuře [3;4;5;6;7] můžeme nalézt, na základě provedených experimentů, doporučené hodnoty poměru předpínací síly a pevnosti zdiva v tlaku kolmo a rovnoběžně s ložnou spárou, které jsou dosaženy ve svislém řezu horizontálně předpjatého stěnového pásu.

Předpínací síly v experimentálním měření deformací, popsáném v tomto příspěvku, jsou voleny bezpečně s ohledem na kvalitu vyplnění spár maltou jako 10, 20 a 30 % pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry, které jsou dosaženy přímo pod kotevní deskou. Záměrem tohoto zkoušení není pouze samotné měření deformací, ale také sledování chování zdiva v místě lokálního namáhání od postupně zvyšujícího se předpětí a také možnost srovnání numerických modelů s experimenty.

Jelikož jsou experimentální zkoušky poměrně finančně i časově náročné, je proto vhodné využití numerických simulací, které při správné aplikaci pomohou při projektování a mohou z větší části nahradit experimentální zkoušky. Problematické je však zejména stanovení pevnosti s ohledem na aktuální stav zdiva, na charakter a míru poškození [8].

2 POSTUP MĚŘENÍ

2.1 Stanovení materiálových charakteristik

Laboratorní zařízení pro zkoušení trojosé napjatosti je ocelová konstrukce o rozměrech 900 x 900 x 1550 [9]. V něm je vestavěn zděný roh o výšce 870 mm (11 řad cihel). Tloušťka zdi je 440 mm. Použitými zdíciými prvky jsou cihly CP 290x140x65, P15 a jako spojovací materiál byla použita vápenná malta MV, namíchaná s pískem v poměru 1:4. Průměrná pevnost cihel v tlaku byla stanovena zkouškou dle normy [10] na hodnotu 12,87 MPa. Z této hodnoty je pak odvozená normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdíciho prvku $f_b = 9,9$ MPa. Průměrná pevnost malty v tlaku byla normou [11] stanovena na hodnotu $f_m = 0,43$ MPa.

Testovaný zděný roh je uvažován jako část stávající konstrukce a proto při výpočtu charakteristické pevnosti zdiva v tlaku je postupováno podle normy [12] – Hodnocení existujících konstrukcí, která se odkazuje při stanovení pevnostních charakteristik na dříve platné normy, pro zdivo např. na již neplatnou přednormu [13].

Pro výpočet charakteristické pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry potom tedy platí:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad (1)$$

Konstanta K je závislá na druhu zdiva a skupině zdíciých prvků a dle [13] je rovna 0,4. Výsledná charakteristická pevnost zdiva v tlaku kolmo k ložným spárám je $f_k = 1,437$ MPa.

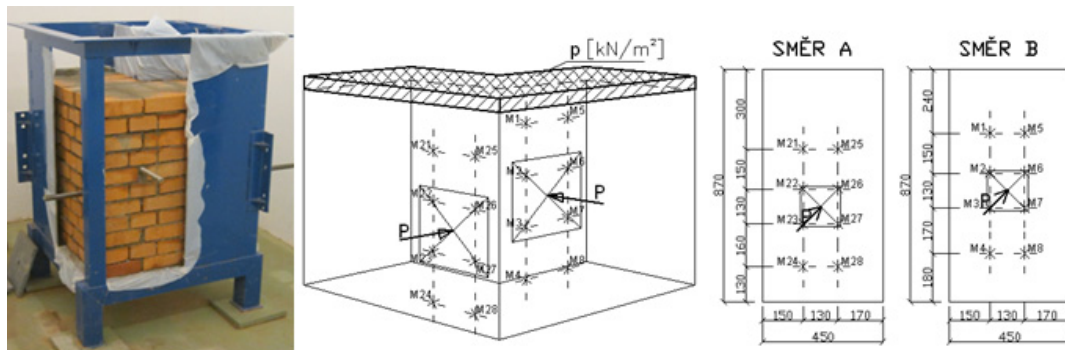
V průběhu zdění byly do zdiva vloženy dvě předpínací tyče v různých výškách a spáry byly doplněny maltou, viz obr.1. Každá předpínací tyč byla označena dle směru, ve kterém byla kladena

(směr A, směr B). Ve směru A byla umístěna ve výšce 355 mm, ve směru B byla umístěna ve výšce 415 mm. Po konečném vyzdění celého zděného rohu, byla horní část konstrukce vyrovnána vrstvou malty s ocelovou roznášecí deskou o tloušťce 12 mm s navařenými ocelovými výztuhami pro zajištění rovnoměrného zatížení zdiva. Na předpínací tyče se osadily ocelové kotevní desky na vrstvu malty pro vyrovnání povrchu zdiva.

2.2 Zatížení testovaného vzorku

Po 28 dnech bylo zdivo připraveno na zatěžování a měření deformací. V první fázi se osadily příslušné zatěžovací zařízení. Svislé zatížení bylo vnášeno pomocí hydraulického lisu, který se umístil mezi roznášecí deskou a I profilem přišroubovaným k laboratornímu zařízení. Vzorek byl zatížen svislým zatížením 0,1 MPa. Svislé zatížení bylo stanoveno na základě statického výpočtu rodinného domu v obci Staříč, jež byl z důvodu stávajících trhlin sanován dodatečným předepnutím v úrovni základů a úrovni ŽB věnců 1.pp a 1.np.

Předpínací síla byla vnesena do předpínacích tyčí rovněž pomocí hydraulických lisů přes kotevní desky o rozměrech 150 x 150 mm a tloušťce 10 mm. Hodnoty předpínacích sil jsou uvedeny v tab.1. Měřené deformace byly zaznamenávány pomocí potenciometrických čidel upevněných k laboratornímu zařízení, označených dle připojení k měřicí stanici. V každém směru bylo upevněno celkem osm čidel, ve směru A čidla s označením M21 až M28 a ve směru B čidla s označením M1 až M8. Rozmístění jednotlivých čidel v obou směrech je patrné na obr.1.



Obr.1: Schéma rozmístění měřicích čidel ve směru A a ve směru B

Vzorek byl zatěžován postupně předpínací silou o velikosti 10 %, 20% a 30% z pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry, vždy nejprve ve směru B a poté ve směru A.

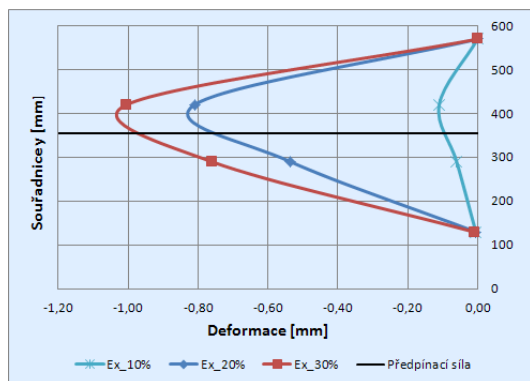
V tab.1 jsou uvedeny vstupní hodnoty zatížení zdiva. V prvním sloupci jsou uvedeny procentuální hodnoty, ve druhém jsou hodnoty napětí v kotevní oblasti, odvozené z charakteristické pevnosti zdiva v tlaku kolmém na ložné spáry, ve třetím sloupci jsou uvedeny velikosti předpínacích sil, vnášených do zdiva přes kotevní desku o velikosti 150 x 150 mm. Plocha kotevní desky a také plocha zdiva pod kotevní deskou, se uvažovala bez oslabení otvorem, který byl ponechán pro průchod předpínací tyče, jelikož rozměry otvoru jsou v tomto případě zanedbatelné.

Tab.1: Vstupní hodnoty pro předpínání zdiva, plocha kotevní desky $A = 0.0225 \text{ m}^2$

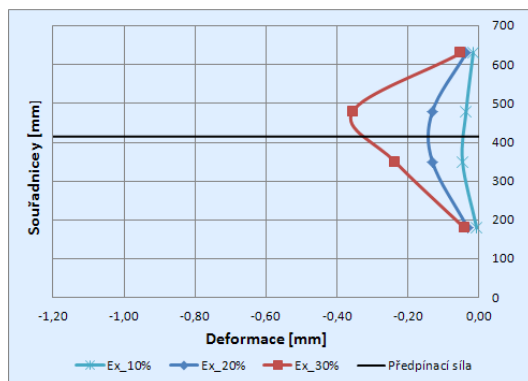
	Napětí [kPa]	Předpínací síla [kN]
10 %	143,7	3,233
20 %	287,4	6,466
30 %	431,1	9,699

2.3 Výsledky měření

Průběhy výsledných deformací z měření, lze vidět na grafech obr.2 a obr.3. Na x-ové souřadnici jsou uvedeny hodnoty deformací se záporným znaménkem od tlaku kotevní desky na zdivo. Výsledné deformace jsou získané zprůměrováním měření ve svislých řezech M21 ~ M24 a M25 ~ M28 ve směru A (obr.2), M1 ~ M4 a M5 ~ M8 ve směru B (obr.3). Na svislé ose jsou uvedeny výškové souřadnice umístění jednotlivých čidel dle obr.1. Všechna čidla byla umístěna na cihlách popř. kotevních deskách, nikoliv však v maltové spáře. Vodorovná příčka v grafu označuje umístění předpínací síly.



Obr.2: Průběhy deformací zdiva, směr A



Obr.3: Průběhy deformací zdiva, směr B

Jak je patrné z obr.2, tvar deformace zdiva v obou směrech, v místě předpínací tyče, odpovídá koncentraci napětí přímo pod kotevní deskou, zatímco nad a pod úroveň kotevní desky jsou deformace takřka nulové. Průběhy deformací jsou přibližně ve stejných odstupech pro jednotlivé velikosti předpínacích sil, především ve směru B.

Ve směru A vlivem zvyšování předpětí, došlo ke stlačení malty pod kotevní deskou a následnému odštípnutí části této podkladní malty. Tím se v místě kotevních desek významně zvýšily deformace od předpínacích sil.

Výsledky byly porovnány s měřením stejného vzorku s opačným pořadím předpínání, tj. nejprve směr A, poté směr B. Z tohoto srovnání bylo patrné, že není ani tak důležité pořadí vnášení předpínacích sil, ale je důležité výškové umístění kotevních desek pro vnesení předpínacích sil.

3 NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ ZDIVA

3.1 Vstupní hodnoty pro modelování

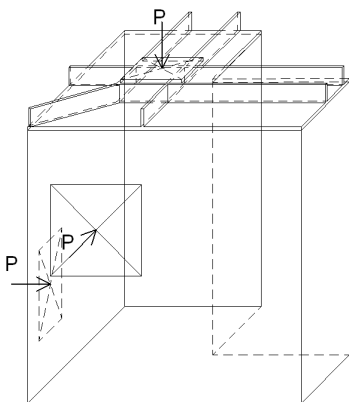
Vlivem modernizace postupů pro výpočty zděných konstrukcí, je snaha modelovat zděné konstrukce už jako složitější 2D a 3D modely. Tyto modely nám mnohem lépe vystihují chování zděných konstrukcí a její vzájemné spolupůsobení mezi jednotlivými zdíci prvky a spojovacím prostředkem, jež tvoří obvykle malta [14;15;16;17].

Zdivo je nehomogenní a anizotropní materiál, skládající se z kusového staviva a spojovacího prostředku. Obě tyto složky zdiva mají různé fyzikální a materiálové vlastnosti. Proto vytváření vhodného modelu, který by vyjadřoval skutečné materiálové a fyzikální vlastnosti zdiva, je obtížné [18;19;20].

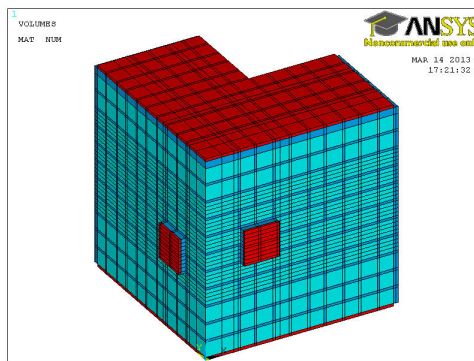
U zděných konstrukcí nelze zajistit ve všech místech stejné vlastnosti, čímž nám vstupují proměnné hodnoty do procesu modelování, např. skutečné materiálové charakteristiky jednotlivých prvků zdiva, vzájemné působení mezi komponenty, rozměry zdícič prvků a maltových spár, kvalita provedení apod.

Modelování zděné konstrukce je provedeno v programu ANSYS, na bázi MKP, (výpočty byly prováděny za předpokladu lineárních vlastností všech použitých materiálů) [21;22;23]. Pro vytvoření numerického modelu je použit tzv. mikromodel, tzn. vykreslení skutečného uspořádání zdícič prvků,

kteřé odpovídá uložení cihel při zdění konstrukce včetně styčných a ložných spár malty (obr.4; 5), kde vstupní hodnoty pro jednotlivé materiály jsou uvedeny v Tab.2 a jsou získány experimentálně.



Obr.4: Schéma skutečné konstrukce 3D



Obr.5: Model zděné konstrukce 3D

Tab.2: Vstupní hodnoty materiálů pro numerické modelování

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Modul pružnosti [GPa]	Poissonova konstanta
Cihly 290/140/65	1535	4,20	0,15
MV + písek 1:4	1740	0,45	0,20
Ocelové desky	7850	210	0,30
Předpínací tyč	7850	185	0,30

Mikromodel je modelován pomocí prostorového osmiuzlového prvku SOLID45. Dále je do modelu vloženo předpjetí pomocí 3D konečného prvku LINK8, který byl definován plochou tyče $A = 5,309 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ a počátečním přetvořením dle tab.3. Ocelové kotevní desky pro vnesení předpínacích sil jsou namodelovány z konečného prvku SOLID45 [24;25].

Tab.3: Hodnoty předpínacích sil, napětí a počáteční přetvoření

	Předpínací síla [kN]	Napětí [kPa]	Počáteční přetvoření
10 %	3,233	6,089e3	3,292e-5
20 %	6,466	12,179e3	6,583e-5
30 %	9,699	18,268e3	9,875e-5

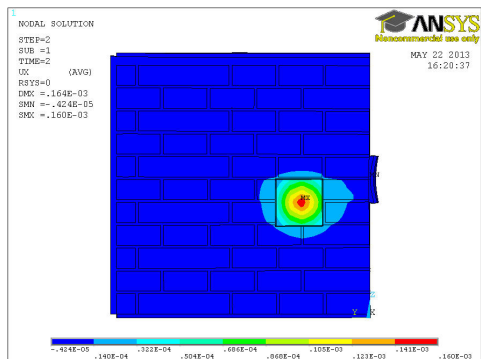
3.2 Výsledky modelování zdiva a srovnání s experimentálním měřením

Chování zdících prvků má v omezené oblasti zatěžování téměř lineární průběh, až do chvíle porušení materiálu, kdy se může objevit křehký lom. U malty tomu tak není, jelikož její chování se podobá chování betonu, který vykazuje nelineární průběh již při nízkých hodnotách zatěžování v tlačené oblasti. Oproti tomu v tažené oblasti dochází k rozvoji trhlin, a tím i ke snížení vlastností materiálu.

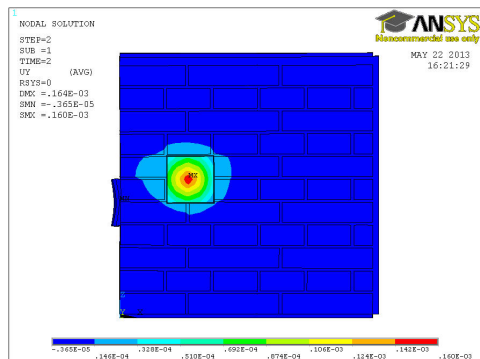
Na obr. 6 až 7 můžeme vidět ukázkou výsledků celkových deformací předpjetého zdiva pro předpínací sílu o velikostech 30% z pevnosti zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry, získané z programu ANSYS. Výsledky ukazují, že hodnoty deformací způsobené svislým zatížením, se vlivem zvyšujících se předpínacích sil nemění, ale naopak narůstá v oblasti kotevních desek.

Na obr. 10 a 11 je provedeno srovnání experimentálního měření s numerickým modelem. Průběhy deformací z experimentálního měření jsou označeny Ex_10%, Ex_20% a Ex_30%. Průběhy deformací z modelování An_10%, An_20%, An_30%.

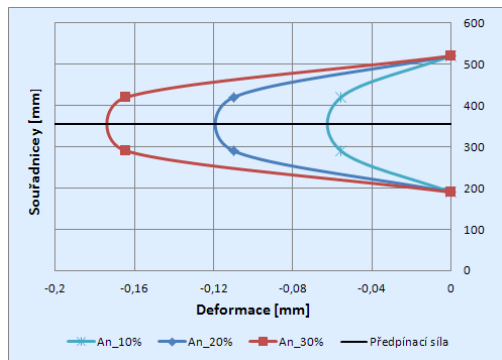
Deformace (v programu ANSYS) ve směru A jsou nepatrně vyšší než ve směru B, což odpovídá i provedenému měření. Výsledné průběhy deformací numerického modelu ve směru B (obr.9) odpovídají průběhům deformací z měření (viz srovnání obr.11). V případě směru A (obr.10) jsou průběhy deformací z modelování a měření významně rozdílné, především pak pro vyšší hodnoty předpínacích sil vnášených do zdiva, které odpovídají hodnotám 20 a 30 % z pevnosti zdiva v tlaku. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben postupným předpínáním v jednotlivých směrech v závislosti na čase v průběhu měření, které není uvažováno v numerickém modelování zděné konstrukce, a také zde není uvažována nelinearita malty.



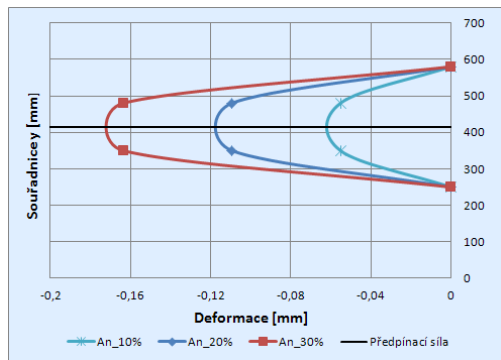
Obr.6: Předpínací síla 30%, směr A



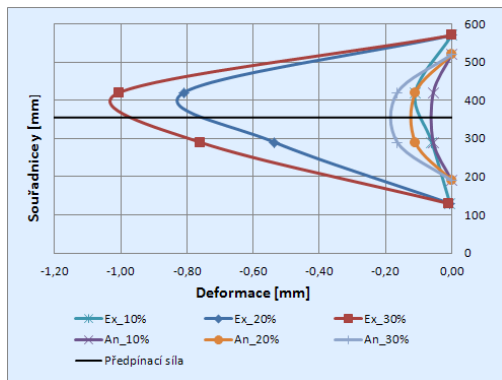
Obr.7: Předpínací síla 30%, směr B



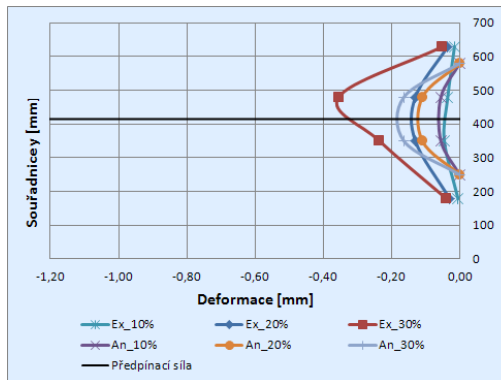
Obr.8: Průběhy deformací z ANSYSu, směr A



Obr.9: Průběhy deformací z ANSYSu, směr B



Obr.10: Srovnání: měření x ANSYS, směr A



Obr.11: Srovnání: měření x ANSYS, směr B

Obecně jsou však sledované veličiny největší právě v okolí kotvení předpjatých tyčí, kde se rovnoměrně a průběžně roznášejí dále do konstrukce a jejich hodnoty se snižují se vzrůstající vzdáleností od kotevních desek. Výsledné hodnoty ve srovnání s experimentálním měřením jsou řádově shodné, což lze považovat za velice dobré výsledky.

5 ZÁVĚR

Při použití různé velikých předpínacích sil podle očekávání lineárně narůstaly deformace v konstrukci. Model vytvořený z jednotlivých cihel a malty vykazoval větší lokální maximální hodnoty v nejmáchaných oblastech, tj. v místě předpínacích sil. Deformace v těchto kritických místech velmi výrazně ovlivnily převážně nejbližší cihly a maltu, v ostatních prvcích se však projevíly velmi málo.

Pro experimentální měření budou následně vytvořeny další numerické modely, které se budou během experimentálního zkoušení doladovat tak, aby tyto modely svými vlastnostmi co nejmíce odpovídali skutečnému chování zdiva s ohledem na vznik trhlin a křehkého chování cihel. Výsledkem by mělo být snadnější vytvoření modelu, kde by bylo možno se vyhnout modelování jednotlivých složek zdiva, a zároveň by byl dostatečně přesný pro získávání výsledků bez provádění časově náročných experimentů.

Využití softwaru při návrhu nebo posouzení sanačních opatření poškozených zděných konstrukcí může být velmi užitečnou pomůckou všem projektantům.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl realizován za finančního příspěví MŠMT, podporou specifického vysokoškolského výzkumu Studentské grantové soutěže VŠB-TU Ostrava pod identifikačním číslem SP2013/39.

LITERATURA

- [1] ČAJKA, R. Strengthening of Historical Structures on Flooded and Undermined Territory. *International Geotechnical Engineering, Saint Petersburg*. 17-19. September 2003, Russian, ISBN 5-93093-204-2.
- [2] ČAJKA, R. Lifetime Enhancement of Historical Structures on Flooded and Undermined Territory. *Integrated Lifetime Engineering of Buildings and Civil Infrastructures, and International Symposium ILCDES 2003*. 1-3. December 2003, Kuopio, Finland, ISSN 0356-9403, ISBN 951-758-436-9.
- [3] SCHUBERT, P.; HOFFMANN, G. Druckfestigkeit von Mauerwerk parallel zu den Lagerfugen. *Mauerwerk-Kalender 1994*, Ernst Sohn & Berlin 2004.
- [4] BAŽANT, Z.; KLUSÁČEK, L. *Statika při rekonstrukcích objektů*. VUT Brno, 2004.
- [5] KLUSÁČEK, L.; BAŽANT, Z. Předpínání staveb ve vztahu k podloží. *Sborník příspěvků 13. mezinárodního semináře 2008*, Ostrava 2008. VŠB-TU Ostrava 2008, s. 21 – 26. ISBN 978-80-248-1715-6
- [6] KOŠATKA, P.; LORENZ, K.; VAŠKOVÁ, J. *Zděné konstrukce 1*. ČVUT Praha, 2006
- [7] ŠULÁK, P. Dlouhodobé sledování chování předpjaté konstrukce. *Sborník příspěvků 13. mezinárodního semináře 2008*, Ostrava 2008. VŠB-TU Ostrava 2008, s. 27 – 33. ISBN 978-80-248-1715-6
- [8] WITZANY, J.; ČEJKA, T.; ZIGLER, R. Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí. *Stavební obzor*. 2008, Číslo 9, Ročník 17. ISSN 1210-4027
- [9] MYNARZOVÁ, L. *Statická analýza konstrukcí zděných staveb*. Disertační práce 2009. VŠB-TU Ostrava 2009. ISBN 978-80-248-2064-4.
- [10] ČSN EN 1052-1: Zkušební metody pro zdivo. Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku. Český normalizační institut, 2000.

- [11] ČSN EN 1015-11: Zkušební metody malt pro zdivo. Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku. Český normalizační institut, 2000.
- [12] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Český normalizační institut, 2005
- [13] ČSN P ENV 1996-1-1: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce. Český normalizační institut, 1996.
- [14] ČAJKA, R.; KALOČOVÁ, L. Modeling and Analysis of Post-Tensioned Masonry. *The eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*. 18-21. September 2007, St. Julians, Malta 2007, ISBN 978-1-905088-17-1.
- [15] ČAJKA, R.; KALOČOVÁ, L. Progressive approach to the analysis of post-tensioned masonry structures using FEM. In *EngOpt 2008 - International Conference on Engineering Optimization*. Rio de Janeiro 1-5. Juni 2008. Ed. J. Herkovitz, A. Canelas, H. Cortes, M. Aroztequi, 2008. ISBN 978-85-7650-152-7.
- [16] ČAJKA, R.; MATEČKOVÁ, P.; MYNARZOVÁ, L.; STARÁ, M. Analysis of tri-axial stress-strain conditions of pre-stressed masonry corner. *5th International Conference on Reliable Engineering Computing (REC 2012)*, June 2012, Brno, ISBN: 978-80-214-4507-9
- [17] ČAJKA, R.; MATEČKOVÁ, P.; STARÁ, M.; JANULÍKOVÁ, M. Testing of pre-stressed masonry corner for tri-axial stress-strain analysis, *The 3rd International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering* October 2012, Vienna
- [18] GIORDANO, A.; MELE, E.; DE LUCA, A. *Modelling of historical masonry structures: Comparison of different approaches through a case study*. Engineering Structures. July 2002, ISSN: 01410296, DOI: 10.1016/S0141-0296(02)00033-0
- [19] MATERNA, A.; BROŽOVSKÝ, J. Constitutive model for two-dimensional modeling of masonry. In *proceedings of the Eleventh International Conference on Civil, Structural and Envirinmental Engineering Computing 2007*, Malta 2007.
- [20] ZUCCHINI, A.; LOURENCO, P. B. *A micro-mechanical model for the homogenisation of masonry*. International Journal of Solids and Structures. Juni 2002, DOI: 10.1016/S0020-7683(02)00230-5
- [21] BULL, J. W. At al. 2001. *Computational modelling of masonry, brickwork and blockwork structures*. UK: Saxe-Coburg publications.
- [22] HAACH, V. G.; VASCONCELOS, G.; LOURENCO, P.B. *Parametrical study of masonry walls subjected to in-plane loading through numerical modeling*. Engineering Structures, April 2011, ISSN: 01410296, DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.01.015
- [23] HENDRY, A. W. 1991. *Reinforced and prestressed masonry*. UK: Longman Scientific and Technical.
- [24] MILANI, G.; LOURENCO, P. B.; TRALLI, A. *Homogenised limit analysis of masonry walls, Part II: Structural examples*. Computers and Structures. January 2006, ISSN: 00457949, DOI: 10.1016/j.compstruc.2005.09.004
- [25] MILANI, G.; LOURENCO, P. B.; TRALLI, A. *Homogenised rigid-plastic model for masonry walls subjected to impact*. International Journal of Solids and Structures, November 2009, ISSN: 00207683, DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2009.08.007

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Jaroslav Halvoník, PhD., Katedra betonových konstrukcí a mostov, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

Doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., Ústav betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.

Eva BERÁNKOVÁ¹, Lenka SZKANDEROVÁ²,

NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU STAVEBNÍHO DÍLA

LIFE CYCLE COSTS OF CONSTRUCTION OBJECT

Abstrakt

Každé stavební dílo prochází svým životním cyklem, od počáteční myšlenky, přes jeho projektování, realizaci, případně změnu stavby a užívání až po jeho odstranění. Příspěvek popisuje životní cyklus stavebního díla a jeho jednotlivé fáze a soustřeďuje svou pozornost na náklady, které během životního cyklu vznikají, a definuje způsob, jakým tyto náklady lze vyčíslit. Při srovnání procentuálních podílů jednotlivých nákladů je patrné, že provozní náklady zaujímají největší část nákladů v rámci celého životního cyklu stavebního díla.

Klíčová slova

Životní cyklus stavebního díla, fáze životního cyklu, LCC, náklady.

Abstract

Every construction project passes its life cycle, from initial idea, through the design, implementation, or change the construction and use to disposal. This article describes the life cycle of the works and the different phases and focuses its attention on the costs that arise during the life cycle, and defines the way in which these costs can be quantified. When comparing the percentages of costs shows that operating costs are the largest item in the entire life cycle of the works.

Keywords

Life cycle of construction object, stages of the life cycle, LCC, costs.

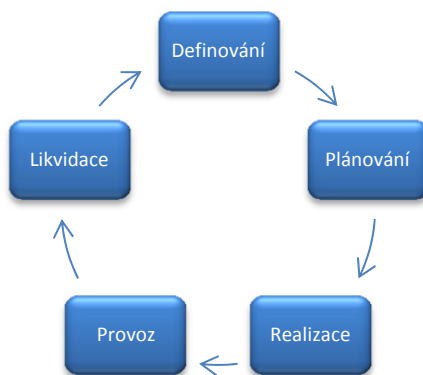
1 ÚVOD

Každá stavba, neohledně na její účel či velikost, prochází životním cyklem. Životní cyklus staveb lze definovat jako časové období od vzniku myšlenky na stavbu a její přeměnu v záměr přes projektování, realizaci, její užívání a případně změny stavby až do její likvidace, viz. Obr. 1. [5,9,11]. Stavbu definuje Stavební zákon jako veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. V návaznosti na další použitou terminologii je na místě definovat také pojem stavební dílo, což je výsledkem stavební činnosti, a majetek, který je v tomto příspěvku chápán jako dlouhodobý hmotný majetek, a to zejména budovy a stavby.

Během období vzniku myšlenky definujeme v obrysech představu o budoucím investičním záměru, formulují se základní otázky, které zpřesňují výsledný návrh, provádí se zásadní rozhodnutí, která ovlivní výsledný komfort užívání a ekonomickou a energetickou náročnost provozu, definují se cíle, které mají být dosaženy a další důležité milníky.

¹ Ing. Eva Beránková, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 963, e-mail: eva.berankova@vsb.cz.

² Mgr. Ing. Lenka Szkanderová, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 929, e-mail: lenka.szkanderova.st@vsb.cz.



Obr. 1: Životní cyklus stavebního díla [4]

Průběh životního cyklu staveb lze rozčlenit do fází životního cyklu staveb, viz. Obr. 2. Každá taková fáze má své konkrétní činnosti, ve kterých se odehrávají rozhodnutí, charakteristická pro daný časový průběh životního cyklu. [5] Nejdůležitější fází je fáze předinvestiční. Fáze, v níž dochází ke zmíněným důležitým rozhodnutím a ve které je možno ovlivnit výši nákladů na stavební dílo v rámci celého životního cyklu.

Výstavbový projekt					
Fáze předinvestiční		Fáze investiční		Fáze provozní	Fáze likvidační
Iniciování	Definování	Plánování	Realizace	Provoz	Likvidace
Životní cyklus majetku – stavebního díla					
Fáze výstavbového projektu				Fáze provozní	Fáze likvidační
Životní cyklus užití stavebního díla					

Obr. 2: Životní cyklus stavebního díla [3]

2 FÁZE ŽIVOTNÍHO CYKLU STAVEB Z POHLEDU JEJICH NÁKLADŮ

Dnešní trendy vývoje ve stavebnictví jasně určují směr, kterým se bude ubírat nejen stavebnictví v České republice, ale stavebnictví ve všech vyspělých zemích světa. Těmito trendy jsou snaha o udržitelný rozvoj, tedy o rovnováhu mezi třemi pilíři udržitelnosti (sociální, ekonomický a environmentální), a snaha o snižování energetické náročnosti budov. Mimo tyto trendy je to ještě tlak na snížení investičních nákladů na pořízení stavby a na minimalizaci provozních nákladů stavebních děl.

Struktura nákladů životního cyklu odpovídá jednotlivým fázím životního cyklu:

- **Předinvestiční a investiční fáze**

V těchto dvou fázích je nezbytné zabezpečit náklady na pořízení stavebního díla. Patří zde náklady na projektové a průzkumné práce, stavební objekty, provozní soubory, pozemky, náklady na umístění stavby, náklady na stroje, zařízení, inventáře, ostatní investice, náklady na přípravu a realizaci stavby apod.

- **Provozní fáze**

Provozní fáze je nejdelší etapou životního cyklu staveb, a proto je na místě zabývat již návrhem řešení a zajistit, aby náklady na údržbu a obnovu stavby a náklady na provoz byly nastaveny co nejoptimálněji. Do nákladů na údržbu a obnovu lze zahrnout náklady, které vlastník musí investovat do zajištění obnovy původního stavu objektu, výměnu opotřebovaných konstrukčních dílů apod. Mezi náklady na provoz

patří náklady na dodávky energií, vody a odpadní vody, likvidaci odpadu, servisní poplatky, pojištění, ostrahu, bezpečnost, úklid, údržbu zeleně apod.

- **Likvidační fáze**

V likvidační fázi hovoříme o nákladech spojených s ukončením životnosti. (demolice, demontáž, recyklace stavební sutě, úprava terénu, ...) [5,7]

3 MODEL STANOVENÍ NÁKLADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Při rozhodování o výsledném záměru vstupují do tohoto procesu zejména otázky nákladovosti celého záměru. Je proto nezbytné, ujasnit si hned v počátku rozvíjení představy náklady, se kterými se budeme během celého životního cyklu stavebního díla potýkat. [10,11,12] K tomu, abychom si tyto náklady vyčíslili, slouží metody LCC (Life cycle cost), neboli metody stanovení nákladů životního cyklu staveb.

V průběhu let, kdy se odborníci zabývají stanovením nákladů životního cyklu stavebního díla, byly vyvinuty dva základní přístupy, a to obecný a specifický model stanovení nákladů životního cyklu. Rozumějme tomu tak, že na základě níže uvedených modelů stanovení nákladů životního cyklu, lze vyčíslit náklady de facto na jakýkoliv výrobek, resp. dílo stavební či nestavební povahy.[1]

Stanovení nákladů je nepochybně důležitým krokem při rozhodování o volbě budoucí varianty jakéhokoliv investičního záměru. Blíže bude rozveden obecný přístup modelu stanovení těchto nákladů.

3.1 Obecný model nákladů životního cyklu I

V tomto případě pracujeme se dvěma druhy nákladů – náklady průběžné (provozní náklady, náklady na skladování, náklady na údržbu apod.) a náklady jednorázové (odpisy, nečekané výdaje, poplatky za soudní řízení apod.) [1]

$$LCC=C_p+C_j \quad (1)$$

kde:

LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],
 C_p - náklady průběžné [Kč] a
 C_j - náklady jednorázové [Kč].

3.2 Obecný model nákladů životního cyklu II

Na rozdíl od předešlého modelu, v tomto modelu se vyskytují tři nákladové položky a to náklady pořizovací, počáteční náklady na logistiku a náklady průběžné. [1]

$$LCC=C_1+C_2+C_3 \quad (2)$$

kde:

LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],
 C_1 - náklady pořizovací [Kč],
 C_2 - počáteční náklady na logistiku [Kč] a
 C_3 - náklady průběžné [Kč].

3.3 Obecný model nákladů životního cyklu III

V tomto modelu jsou náklady životního cyklu rozděleny do čtyř částí a to na náklady spojené s vědou a výzkumem, náklady ostatní, náklady investiční, náklady na vyřazení majetku, provozní a správní režie. Tento způsob určování nákladů byl vyvinut Vojenským námořnictvem Spojených států amerických pro účely určení nákladů životního cyklu zbraní. [1]

$$LCC=C_1+C_2+C_3+C_4+C_5 \quad (3)$$

kde:

LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],

- C_1 - náklady spojené s vědou a výzkumem [Kč],
- C_2 - náklady ostatní [Kč],
- C_3 - náklady investiční [Kč],
- C_4 - náklady na vyřazení majetku [Kč] a
- C_5 - provozní a správní režie [Kč].

3.4 Obecný model nákladů životního cyklu IV

Tento model životního cyklu je vyjádřen jako součet jednotlivých nákladů příslušných fází životního cyklu staveb. [1]

$$LCC = C_{kf} + C_{pf} + C_{rf} + C_{prf} \quad (4)$$

kde:

- LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],
- C_{kf} - náklady koncepční fáze [Kč],
- C_{pf} - náklady projektové fáze [Kč],
- C_{rf} - náklady realizační fáze [Kč] a
- C_{prf} - náklady provozní fáze [Kč].

Srovnají – li se náklady koncepční a projektové fáze s náklady vyskytujícími se v realizační a provozní fázi zjistíme, že náklady v prvních dvou fázích jsou oproti realizační a provozní fázi malé.

3.5 Obecný model nákladů životního cyklu V

Pro stanovení nákladů životního cyklu tento model uvažuje s těmito náklady [1]:

$$LCC = C_{vv} + C_{vm} + C_{psr} + C_{vl} \quad (5)$$

kde:

- LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],
- C_{vv} - náklady na vědu a výzkum [Kč],
- C_{vm} - náklady na výrobu a montáž [Kč],
- C_{psr} - provozní a správní režie [Kč] a
- C_{vl} - náklady na vyřazení a likvidaci [Kč].

3.6 Model pro stanovení nákladů životního cyklu stavebního díla

Pro stanovení nákladů životního cyklu stavebního díla se jako neoptimálnější varianta jeví následující modifikace modelu LCC [8]:

$$LCC = C_T + C_P + C_A \quad (6)$$

kde:

- LCC - náklady životního cyklu (Life Cycle Cost) [Kč],
- C_T - náklady související s technickými parametry budovy [Kč],
- C_P - náklady provozní [Kč] a
- C_A - náklady administrativní [Kč].

Pro výpočet C_T (náklady související s technickými parametry budovy) je stanoven následující vztah:

$$C_T = \sum_{i=0}^t \frac{C_{Tj}}{(1+r)^i} \quad (7)$$

kde:

C_{Tj} - výše j-té kategorie nákladů souvisejících s technickými parametry budovy v roce hodnocení i [Kč],

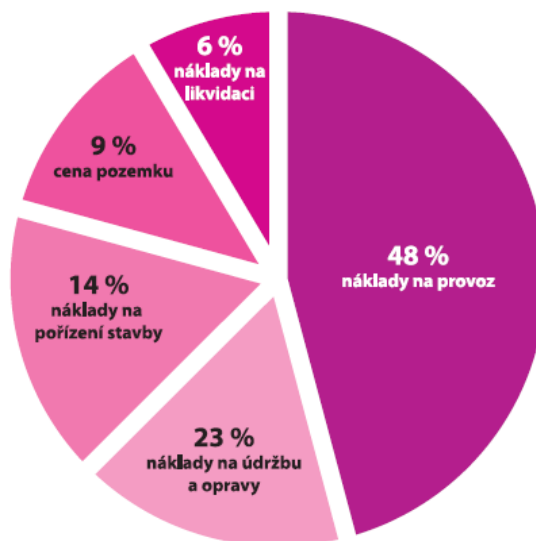
i - celkový počet kategorií nákladů souvisejících s technickými parametry budovy [-]

t - délka životního cyklu budovy [roky]

r - diskontní sazba [%]

Procentuální podíly jednotlivých nákladových položek jsou dle DIN 276 [2], rozděleny na obrázku č. 3. Díky modelům LCC bylo možné stanovit podíly dílčích nákladů ku celkovému objemu nákladů a z obr. 3 je zřejmé, že náklady na provoz zaujímají největší část ze všech těchto nákladů.

Při úvahách o investici, je tedy pro budoucí ekonomický provoz stavebního díla potřebné, aby se všem faktorům ovlivňující výši provozních nákladů, věnovala dostatečná pozornost a zvažily se všechny možnosti, které tyto náklady pozitivně ovlivňují.



Obr. 3: Procentuální vyjádření nákladů životního cyklu stavebních objektů [3]

3 ZÁVĚR

LCC je metodologie přispívající k trvale udržitelnému rozvoji. Náklady, se kterými LCC počítá, jsou náklady, které vstupují do života stavebního díla během celého jeho životního cyklu. Představují tím finanční výdaje během plánování, realizace, provozování, údržby, demolice nebo likvidace. Hlavními přínosy analýzy LCC je určitá transparentnost a udržitelnost budoucích nákladů stavby a zcela nový pohled na stavební dílo v etapě jejího navrhování, což při správné interpretaci výsledků LCC sebou přináší šanci zamyslet se nad návrhem investičního záměru a zajistit maximální možnou hospodárnost, efektivnost a účelnost budoucího stavebního díla.

PODĚKOVÁNÍ

"Příspěvek byl realizován za finančního přispění MŠMT, podporou specifického vysokoškolského výzkumu Studentské grantové soutěže VŠB-TU Ostrava pod identifikačním číslem SP2013/89."

LITERATURA

- [1] DHILLON, B. S., *Life Cycle Costing for Engineers*, 2010, ISBN 978-1-4398-1688-2, 204 s.
- [2] DIN 276. *Kosten im Bauwesen, Teil 1: Hochbau, Teil 4: Ingenieurbau*. Beuth-Verlag, 2008.
- [3] HAČKAJLOVÁ, L., *Ekonomika a management 13*, 1.vyd. 2004, 279 s., ISBN 80-01-03060-1
- [4] KUDA, F., BERÁNKOVÁ, E., *Facility management v kostce pro profesionály i laiky*, 2012, 1. Vyd., 50s. ISBN 978-80-905257-0-2
- [5] KUDA, F., BERÁNKOVÁ, E., *Facility management v technické správě a údržbě budov*, 2012, 1. Vyd., 252 s., ISBN 978-80-7431-114-7
- [6] LI, Z., *A new life cycle impact assessment approach for buildings*, Building and Environment, Volume 41, Issue 10, October 2006, Pages 1414-1422
- [7] PROSTĚJOVSKÁ, Z., *Management výstavbových projektů*, Praha, ČVUT, 2008 str. 200, ISBN 978-80-01-04142-0
- [8] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, R., *Udržitelné pořizování staveb (ekonomické aspekty)*, 2011, 260 s., ISBN 978-80-7357-642-4
- [9] TAFLANIDIS A. A., BECK, J. L., *Life-cycle cost optimal design of passive dissipative devices*, Structural Safety, Volume 31, Issue 6, November 2009, Pages 508-522
- [10] UTNE, I. B., *Life cycle cost (LCC) as a tool for improving sustainability in the Norwegian fishing fleet*, Journal of Cleaner Production, Volume 17, Issue 3, February 2009, Pages 335-344.
- [11] WITAKOWSKI, P., *System kompleksowego zarządzania jakością w budowie*, Warszawa 2009, Nr. 443, pp. 9-10. ISBN 978 83-349-2000-6
- [12] YEO, G. L., CORNELL, C. A., *Building life-cycle cost analysis due to mainshock and aftershock occurrences*, Structural Safety, Volume 31, Issue 5, September 2009, Pages 396-408

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc., Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Doc. Ing. Alena Tichá, Ph.D., Ústav stavební ekonomiky a řízení, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Jan CAHA¹, Jiří KUČERA², Zbyněk PROSKE³

ODVODŇOVÁNÍ URBANIZOVANÝCH ÚZEMÍ MALÝCH OBCÍ ČR

DRAINAGE OF URBANIZED AREAS OF SMALL MUNICIPALITIES
OF THE CZECH REPUBLIC

Abstrakt

Odvodňování urbanizovaného území představuje komplexní problém ukrývající řadu otázek, na které je často nelehké odpovědět z důvodu výskytu četných prohřešků v případě počínání našich předků při zakládání a rozvoji měst i obcí. A právě pro svou komplikovanost výchozích podmínek a výjimečné postavení odvodňovacích systémů, dané jeho důležitostí v rámci ucelené technické obsluhy měst a obcí včetně výskytu závažných problémů ohrožujících jejich udržitelný rozvoj, se toto téma stalo předmětem následujícího příspěvku.

Klíčová slova

Srážková voda, splašková odpadní voda, čistírna odpadních vod, jednotná kanalizace, odvodňování, oddílná kanalizace, provozní řád kanalizace, studie, udržitelný rozvoj, územní plán, veřejný prostor

Abstract

It can be argued that the drainage of urbanized areas is a complex problem which is hiding a number of questions on that it is difficult to answer. It is caused by numerous violations in the case of actions of our forefathers during developing of towns and villages. Due to the complexity of starting conditions and a unique position of drainage systems given by its importance in the framework of a comprehensive technical services of towns and villages including the occurrence of serious problems that threaten their sustainable development, this topic has become the subject of the article which is presented.

Keywords

Stormwater, wastewater, wastewater treatment plant, combined sewerage system, drainage, separate sewerage system, feasibility study, sustainable development, master plan, public space

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY ODVODŇOVÁNÍ NA NAŠEM ÚZEMÍ

Počátky kanalizace u nás jsou úzce spjaty s vývojem kanalizace v hlavním městě Praze. Protože právě zde se všechny problémy kumulovaly nejrychleji a nejcitelněji. Dle slov archiváře Jaroslava Jáška [1]: *"První kanalizací nebo spíše odvodněním, byla stavba štoly ze Strahovského kláštera, která vznikla někdy ve čtyřicátých letech 12. století a odváděla přebytečnou vodu z kláštera směrem na Malou Stranu. Domníváme se, že končila až v Čertovce. Samozřejmě sloužily žumpy, hnojště ve dvorech, na kterých si lidé ulevovali, anebo tyto - jak se říkávalo - neřádstva vyváželi či vylévali na ulici. Čištěním ulic se zabývali lidé stojící společensky na úrovni pohodného nebo katova*

¹ Ing. Jan Caha, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 567 167 489, e-mail: jan.caha@vsb.cz.

² Ing. Jiří Kučera, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 972, e-mail: jiri.kucera@vsb.cz.

³ Ing. Zbyněk Proske, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 959, e-mail: zbynek.proske@vsb.cz.

pacholka. Navíc máme doložené, že v 15. století tito čističi bydleli u hradeb Starého Města v oblasti dnešní Rásovky. Dříve se tam dokonce říkávalo 'mezi králi stok'."

Počátkem 14. století se začalo nejen s dlážděním ulic, ale také s dlážděním příkopů uličních stok neboli rigolů, které byly budovány podél cest. První zmínka o takovémto zařízení je z roku 1310. Dalších přibližně dvě stě padesát let nepřineslo v kanalizačních systémech v Praze nic převratného. Až jezuité dali v roce 1673 vybudovat relativně moderní stoku pro odvodnění své koleje v Klementinu. V následujícím období docházelo k budování stok spíše nahodile v různých částech Prahy. Po složitých a emotivních jednáních v roce 1894 schválila pražská městská rada ucelený projekt na výstavbu kanalizace za tehdy neuvěřitelných šest a půl milionu zlatých a o osm let později byla moderní kanalizační soustava s mechanickou čistírnou odpadních vod v Bubenci uvedena do zkušebního provozu. V té době už probíhala výstavba vodovodu z Káraného do Prahy. Počátkem 20. století tak byla Praha po hygienické stránce jedním z nejlépe vybavených evropských měst [2].

Jeden z kanalizačních projektů z roku 1885 byl prezentován heslem: **Sine munditia nulla sanitas, tedy: Bez čistoty není zdraví**. O čistotu odpadních vod převáděných do Vltavy v Praze se od roku 1967 stará dodnes funkční čistírna na Císařském ostrově jakkoliv jsou s její modernizací nemalé problémy.

Na vesnicích a v malých městech sloužily k odvádění splašků a dešťové vody otevřené příkopy podél cest, případně místní vodoteče. Pochopitelně, tento způsob likvidace značně obtěžoval obyvatelstvo. Byl zdrojem zápachu, šíření infekčních nemocí a epidemií. Proto byly, původně otevřené, příkopy postupně zakrývány a později byly stavěny i zděné či zatrubněné, tj. uzavřené profily kanalizace, které již odváděly splaškové odpadní vody i vody dešťové z ulic a střech domů do nejbližší vodoteče nebo rybníku [3]. Ale pravidelně se opakující epidemie, které se šířily Evropou, vyžadovaly radikálnější řešení.

1.1 Akce „Z“

V minulém století došlo k podstatným společenským změnám a vědecko-technickému pokroku. Zvyšující se nároky obyvatel a průmyslu ovlivnily i městské odvodnění. Princip městského odvodnění se však nezměnil. Důležitým poznatkem je skutečnost, že městské odvodnění se v celé své historii neustále přizpůsobovalo potřebám společnosti, avšak bylo často řešeno velmi nekonceptně.

Absenci koncepčního přístupu v dobách komunistického režimu v Československu nahrazovala neplacená pracovní činnost obyvatel. Jednalo se o výpomoc v oblastech, kde státní či obecní správa tyto úkoly nezvládala (ať již z finančních důvodů nebo v důsledku špatného plánování). Oficiálně se jednalo o dobrovolnou, bezplatnou práci. Podle § 27 odst. 1 vládního nařízení 14/1959 znamenalo „Z“ *zvelebování*. K typickým činnostem v rámci akcí „Z“ v padesátých a šedesátých letech 20. století patřil např. úklid sídlišť.

Později však akce „Z“ začaly mimo původně zamýšlené občanské svépomoci zahrnovat i obsáhlejší akce. Jednalo se například o výstavbu a modernizaci bytů, stavbu **kanalizace, koupališť, apod.** Bylo tak postaveno mnoho prodejen smíšeného zboží v menších obcích i některé kulturní domy ve městech. V Praze byla v akci „Z“ budována i tramvajová trať na Petříně.

Časem se činnost v rámci akcí „Z“ rozrostla a byla pevně naplánována. Existovaly i příslušné řídicí orgány, směrnice, metodické pokyny *Státní plánovací komise*, rozpis plánu, investice do akcí a podobně. Jednalo se vlastně o pevně definovanou část řízenou centrálním plánováním. Zdánlivě se jednalo o dobrovolnou akci, ve skutečnosti však byl na každého občana vykonáván jistý nátlak. Účast na akcích byla dokumentována a s občany, kteří se odmítli zúčastnit, byly vedeny pohovory.

V souvislosti s touto akcí byly v rámci úprav kanalizací prováděny nekvalifikované zásahy, při realizaci buď absentovala projektová dokumentace, či byla značně zredukována, byl použit nekvalitní materiál, včetně jeho málo kvalitního užití a nedostatečné kontroly kvality výsledků aplikace. Tyto neduhy mají kanalizační síť dodnes a je úkolem naší generace uplatnit moderní metody a přístupy na plošné zlepšení současného stavu. Navíc se často stávalo, že byl dříve budován veřejný vodovod namísto splaškové oddílné kanalizace. K dispozici pak byla jen dešťová oddílná kanalizace budovaná v akci „Z“. Důsledky pociťují venkovské obce dodnes.

Nejnázorněji pak lze představit chyby, prohřešky, nedokonalosti, neduhy a příklady improvizace při realizaci dešťové oddílné kanalizace z akcí „Z“ prostřednictvím souboru fotodokumentace z nahodile vybraných obcí, doplněné stručným komentářem. Obr. 1 ilustruje často se vyskytující příklad „tzv. utopení nemovitostí“ pod opakovaně rekonstruovanou místní komunikací systémem „nalepování dalších a dalších vrstev“ – s dopady do řešení a problematického fungování „dešťové kanalizace“ a obecně i odvodnění urbanizovaného území. Na obr. 2 je uveden příklad rozvojové lokality na okraji většího města a v těsném sousedství katastru další obce. Odvodňovací strouha místní kanalizace jako součást dešťové oddílné kanalizace; často neudržované zařízení s problematickou funkcí.



Obr. 1, 2: Často se vyskytující příklad „tzv. utopení nemovitostí“ (vlevo), příklad rozvojové lokality na okraji většího města (vpravo). Zdroj: autoři článku

1.2 Provozní řád kanalizace – předpoklad její provozuschopnosti

Lze doporučit managementům obcí, aby si nechaly zpracovat provozní řády i pro nedokonalé dešťové oddílné kanalizace budované v akci „Z“ (následně vylepšované formou improvizace). Radikálně je nutné napravit situaci, kdy absentuje údržba a péče dle odpovídajících provozních řádů dle vyhlášky č. 195/2002 Sb.⁴ MZe ČR, o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl a odvětvové normy TNV 75 6911 MZe ČR, Provozní řád kanalizace.

TNV 75 6911 platí pro vypracování provozního řádu kanalizace (stokový systém, objekty a zařízení na stokové síti, čistírny odpadních vod). Základním podkladem pro provoz kanalizace je **provozní řád**. Povinnost vypracovat a předložit provozní řád kanalizace ke schválení příslušnému vodoprávnímu úřadu je uložena vlastníkovi vodního díla podle §59 zákona 150/2010 Sb. zákon o vodách [4].

1.3 Koncepte odvodňování, příklady unifikovaných variantních řešení

Koncepčním rozhodováním se zabývá dostupná doporučená literatura, např. *Příručka stokování a čištění* [5] a *Pravidla a principy územního plánování* [6].

Varianty jsou vždy vázány na konkrétní zadání a konkrétní podmínky tzn., variantní řešení se nedá zcela unifikovat, ani zcela zpřehlednit. V tomto případě nastupuje odborník na odvodnění, který obvykle vychází z předem zpracované podrobné studie řešení v zájmovém území. Co však je potřeba znovu připomenout je, že koncepční řešení se opírá o kvalitní územní plán, tzn. každá obec by měla usilovat v tomto úseku o co nejkvalitnější zpracování svého ÚP jeho zpracovateli. Do té doby, než jej bude mít obec zpracován v požadované kvalitě, by měla jeho zpracovatele podpořit tím, že si nechá v předstihu zpracovat kvalitní studii u odborníků. Obec by jim měla dát odborné zadání (s využitím nezávislých odborníků) a následně by měla být schopná zkontrolovat, zda dostala to, co chtěla (rovněž s využitím nezávislých odborníků)⁵. Už na začátku přípravy zadání by měla obec

⁴ Vyhláška 195/2002 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

⁵ Státní fond životního prostředí, *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí* [online]. c2009, [cit. 2013-5-27]. Dostupné na World Wide Web:

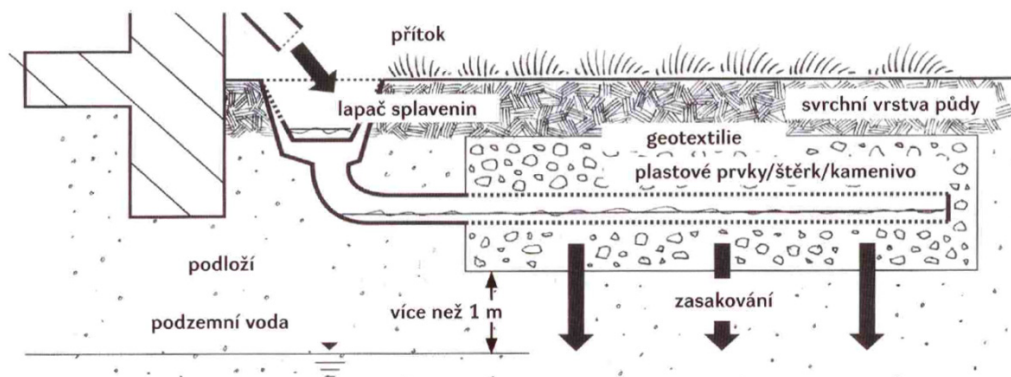
< http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf>

spolupracovat s jedním či několika odborníky. Nelze to učinit tak, že si zadání zpracuje sama obec, popřípadě, že starosta někoho tímto úkolem pověří a ten v důsledku obvyklé časové tísně nevymslí žádný kvalitní ucelený podklad s odpovídajícími odbornými podmínkami zadání. Takto by to být nemělo!

Studie musí v první řadě nabídnout kvalitní dokumentaci aktuálního stavu, i kdyby se zdálo, že pro tuto primitivní a fyzicky vyčerpanou kanalizaci by to už nebylo ani třeba dělat. Protože se jedná o důležitý výchozí informační materiál pro zpracování uceleného řešení je potřeba též zabezpečit průzkumy, včetně fotodokumentace. V některých případech, kdy jde zejména o důležité úseky, je třeba se nebát nechat vyčistit tyto úseky profesionální firmou a udělat kamerový průzkum. V každém případě se musí jednat o kvalitně zpracovanou ucelenou studii tak, aby doplnila chybějící provozní dokumentaci a zajistila uspokojivý průběh dalších rozhodovacích kroků.

Teprve potom lze nechat zpracovat projekt na obnovu kanalizace a začít klást dílčí požadavky na modernizaci a komplekaci této kanalizace. Ve studii obnovy dešťové oddílné kanalizace pak nesmí absentovat informace o:

- hospodaření se srážkovou vodou na pozemcích soukromých, ale i veřejných (obr. 3)
- řešení bezpečnostních přelivů retenčních nádrží, vsakovacích nádrží apod.;
- vyústění bezpečnostních přelivů (každá nádrž pracující s volnou hladinou vody musí mít bezpečnostní přeliv, nemá-li dojít k vážným problémům; bezpečnostní přelivy by neměly být vyústěny k „sousedovi“, ale neškodně do recipientu prostřednictvím oddílné či jednotné kanalizace).



Obr. 3: Zasakování v rýze – jeden ze způsobů nakládání s dešťovou vodou [7]

Řešitel studie by měl uceleným způsobem nabídnout, jak bude vypadat výhledový stav dešťové oddílné kanalizace. Modernizace může proběhnout lépe nebo hůře, nákladně či méně nákladně. Řešitel například uvede, že stávající kanalizace má životnost cca pět let a že nestojí za to ji vůbec modernizovat. Může nastat i jiný případ, že řekne: Pokud dojde k vyvločkování např. pomocí rukávového reliningu a k obnově horských vpustí a jejich doplnění dalšími dešťovými vpustími v určitých příhodných místech, pak tato kanalizace má šanci slušně fungovat dalších padesát let. V tomto směru je možné si položit též otázku, proč v našich podmínkách zatím nenachází uplatnění inovativní řešení specifického rukávového reliningu, viz. obr. 4. Tento způsob obnovy a modernizace stávající, původně dešťové, oddílné kanalizace budované v akci „Z“, nabízí tzv. synergický efekt. Vnitřní stěna kanalizace je vyvločkována speciálně upraveným rukávem a slouží jako dešťová kanalizace. V horní části obnovovaného potrubí pak speciálně upravený rukáv nabízí další samostatný průtočný profil (či chráničku) splaškové oddílné kanalizace, jak to ukazuje obr. 4. - Řešitel musí nabídnout kvalitní reálné řešení, za které se zaručí. Od toho je specialistou, autorizovanou osobou, inženýrem. Nehledě dále na to, že výsledky jeho práce kontroluje další řada kvalifikovaných osob.



Obr. 4: Specifický rukávcový relining. Zdroj: autoři článku

Součástí studie by mělo být, jak postupovat do doby, než dojde k nápravě, tedy návrh provizorního provozního řádu pro přechodné období apod.

V případě, že je třeba v zájmovém území instalovat novou splaškovou oddílnou kanalizaci, pak se jedná o standardní postup jejího projektování, který má své technické podklady, varianty a firemní nositele typových řešení, zejména když jde o např. tlakové či podtlakové systémy kanalizace.

V žádném případě nelze připustit, aby o řešení splaškové oddílné kanalizace rozhodovali laici. V závěru studie by se poté měl objevit návrh priorit, co se udělá dříve a co později (v případě kanalizace se postupuje „ze zdola“, nikoliv „ze shora“). Prioritu mají stoky, které jsou blíže k recipientu a k čistírně odpadních vod v případě splaškové kanalizace [8], [9].

Je třeba též připomenout, že je nutné včas zajistit kvalitní partnery, kteří pomohou zajistit formou inženýringu projekční přípravu a další fáze, přípravu realizace i vlastní realizaci včetně řádného předání do provozu. Proto je též zcela na místě zdůraznit zabezpečení užití adekvátních nástrojů pro dimenzování všech důležitých parametrů kanalizační sítě, adekvátních parametrů objektů a technologických zařízení ČOV včetně pečlivého posouzení vlivu kanalizace a ČOV na recipient. V našem případě lze zareagovat alespoň s využitím odkazů, např. na [3], [5] a [8] a na vše, co nabízí jako odborný servis subjekty-nositelé programových nástrojů návrhu a prověřování odvodňovacích systémů, ČOV apod. (jde pak o to, umět zajistit v dostatečném rozsahu a kvalitě vstupní data a dále dokázat identifikovat a odsimulovat všechny důležité modelové situace včetně verifikace výsledků).

2 REALIZACE, PŘÍKLADY

Vstupem České republiky do Evropské unie v roce 2004 se pro všechny obce staly závazné, kromě jiných, také podmínky a předpisy v úseku vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Pro povrchové vody je cílem, aby členské státy provedly potřebná opatření k zamezení zhoršení stavu všech útvarů povrchových vod a to nejpozději do 15 let od data účinnosti Směrnice Rady [10], což je do 22. prosince 2015. Vláda ČR během vyjednávání o podmínkách vstupu do EU vyjednala tzv. přechodné období do konce roku 2010, během kterého se zavázala splnit u aglomerací o velikosti větší než 2 000 obyvatel povinnost odvedení a čištění odpadních vod v souladu s předpisy Rady EU.

K naplnění tohoto závazku vláda ČR přijala strategii financování implementace směrnice o čištění odpadních vod s tím, že tato strategie bude sloužit jako informativní rámec pro rozhodování o způsobech financování. V rámci strategie financování byl vytvořen seznam aglomerací, s více než 2000 obyvateli rozdělený do několika kategorií podle velikosti a stavu připravenosti splnit závazek ČR na poli odkanalizování a čištění odpadních vod. Tento dílčí úkol se podařilo v ČR rámcově splnit, avšak tím celý proces garantování udržitelného stavu a rozvoje nekončí. Pro názornost a poučení je dále uváděno několik příkladů.

2.1 Kanalizace Klimkovic

Město Klimkovic je vlastníkem vodovodní a kanalizační sítě a provozuje je samo. Technická infrastruktura v obci je však v současné době na ne zcela dostačující úrovni (a technickém stavu).

V obci převládá jednotná kanalizace (to není ideální stav), jsou zde tři odlehčovací komory a ty jsou dále přímo napojeny na místní recipient, říčku Polančice. Splaškové odpadní vody jsou přečerpávány na ČOV v obci Hýlov. Dále je zde nově budovaná jednotná kanalizace (proč jednotná?!). Jsou zde patrné problémy, se kterými se bylo nutno vypořádat a to: relativně výše položená hladina podzemní vody, vzájemná kolize stávajících vedení inženýrských sítí. Bylo nutno provést shybku na kanalizačním potrubí pod říčkou Polančicí. Jistě nezanedbatelným problémem realizace byl objev archeologického naleziště v trasách rýh pro umístění kanalizačního potrubí.

V rozsáhlém povodí toku Polančice není vybudován žádný retenční prostor redukující riziko ohrožování obcí Klimkovic a Polanka povodňovými průtoky. Rozsáhlá výstavba, především rodinných domů a dálnice D47, výrazně zvýšila podíl zpevněných ploch v povodí a zhoršuje retenční schopnost v povodí. Nutná bude výstavba dvou suchých poldrů v povodí Polančice, což výrazně přispěje ke zvýšení retenční schopnosti povodí a ke zlepšení protipovodňové ochrany území.

2.2 Kanalizace Bolatice

Obec Bolatice je vlastníkem vodovodní a kanalizační sítě a provozuje je prostřednictvím firmy *Technické služby Bolatice*. Technická infrastruktura v obci je v současné době relativně kompletní a provozuschopná, ale v blízkém budoucnu bude třeba řešit zejména problémy související se zhoršujícím se stavem kanalizace s ohledem na její stáří a koncepční řešení. Prosté její rozšiřování je předmětem dalšího plánování, když hlavními ovlivňujícími faktory jsou zde růst populace a rozvoj podnikání.

Nyní jsou všechny nemovitosti napojeny na veřejný vodovod a veřejnou kanalizaci. V obci však převládá jednotná kanalizace, pouze průmyslová zóna s nově vybudovanou obytnou zónou je obsluhována oddílnou kanalizací, ze které jsou splaškové vody čištěny na ČOV. Dešťové vody z průmyslové zóny jsou odváděny do potoku Opusta. Ostatní odpadní vody odváděné z obce jsou čištěny na ČOV Bolatice a ČOV Borová. Čistírny zde fungují od roku 2006. Před přívalovými dešti je obec chráněna 10-ti suchými poldry, z nichž poslední dva byly vybudovány v roce 2011 a u dvou proběhla rekonstrukce.

Největším problémem v současnosti se jeví odvádění srážkových vod v době přívalových dešťů, jejichž množství není schopna současná jednotná kanalizace kapacitně pojmout. To se týká především kanalizace na ulici Svobody, kde se zvažuje vybudování nové samostatné paralelní stoky pro posílení odvádění těchto srážkových vod. Následným problémem je postupná výměna nebo rekonstrukce stávající kanalizace (připravuje se monitorování problémových úseků, objektů a částí) a oprava propadů, které se postupně v obci objevují ať už z důvodu špatného napojení kanalizace nebo přípojek či špatného hutnění zeminy, které nastalo při pokládce plynovodu v obci počátkem 90-tých let. Jde tedy rovněž o příklad opakované improvizace.

2.3 Kanalizace Malé Hoštice

Vlastníkem kanalizace v městské části Malé Hoštice je město Opava.

Na území se nachází oddílná kanalizační soustava, která byla budována po etapách. Poslední etapa skončila v prosinci roku 2011, kdy byly dokončeny a napojeny i vedlejší části uliční sítě obce.

Městská část je kompletně zásobována vodou a je i celá odkanalizována oddílnou kanalizací. Splašková kanalizace ústí do přečerpávací stanice, která je umístěna v jižní části obce. Odtud jsou splašky přečerpávány do cca 1,5 km vzdálené čistírny odpadních vod v Opavě. Většina dešťových vod je svedena z jednotlivých uličních řadů do odvodňovacího příkopu umístěného podél okraje celé obce v jižní části. Vodní příkop, který je umístěn po celé délce protipovodňové hráze ústí do nedaleké řeky Opavy, jež protéká katastrálním územím obce. V minulých letech zde byla vybudována protipovodňová ochrana v podobě hráze kolem celého katastrálního území městské části. Jednotlivé

řady dešťové kanalizace jsou opatřeny zpětnými klapkami proti zpětnému vzduťu při případných povodních.

Kanalizační systém je tedy v celé obci velmi dobře řešen. Obci nehrozí díky tomuto systému i díky systému protipovodňové ochrany nebezpečí pravidelných záplav nebo znečištění životního prostředí obce. Přesto se zde najdou některé detaily v samotném řešení dílčích částí, které se následně vyskytly již v průběhu používání. Především je to nevhodné umístění uličních vpustí, popřípadě nevhodné umístění kanalizačních šachet a osazení poklopů.

2.4 Nejčastější závady a chyby

Při zhodnocení prověřených lokalit lze rozpoznat opakující se nedostatky a to především ze samotného řešení v projektové dokumentaci a také ze samotného technologického provedení přímo na místě. Pak zde jsou také patrné i nedostatky v údržbě stávajících kanalizačních objektů.

Opakujícím se problémem jsou především nevhodně umístěné uliční vpusti, a to na vyšších místech, než by měly být nebo nevhodně umístěné šachty v uličním prostoru, kde dochází k častým přejezdům vozidel a následně k poškození poklopů kanalizačních šachet.

Nutno říci, že i samotná povrchová úprava místních komunikací, tj. většinou asfaltový povrch, není mnohdy ideálně provedena, popřípadě chybí správná konstrukce podkladních vrstev.

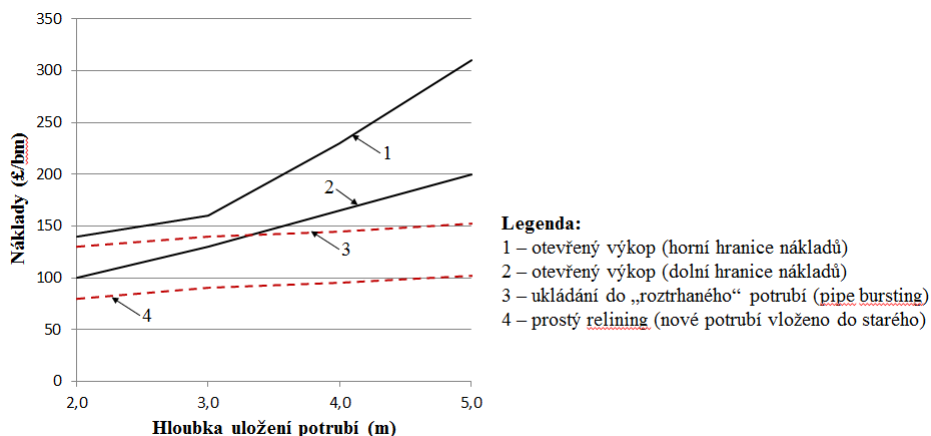
3 ZÁVĚRY, NÁMĚTY A DOPORUČENÍ

Obce musí dbát zejména na:

- zajištění pořádku ve svém veřejném prostoru (prostorové uspořádání dle ČSN 736005);
- pořízení kvalitního územního plánu a jeho pravidelnou aktualizaci;
- zajištění dokumentace o zařízeních, která provozují (dodatečné zajištění chybějící dokumentace je nezbytné);
- odvodnění území intravilánu obce - nutno řešit v širším kontextu, tedy i s ohledem na extravilán a strukturu dílčích povodí.

Dále je třeba zdůraznit tato doporučení:

- zajistit zpracování a následnou realizaci ucelené koncepce řešení odpovídající podmínkám udržitelného rozvoje;
- v žádném případě není dobré pokračovat v opakované improvizaci bez ujasnění dostatečně zkoordinovaného systémového technického řešení (programu ucelené technické obsluhy), jinak jde v takovém případě o plýtvání finančními zdroji;



Obr. 5: Výše nákladů na obnovu vedení inž. sítí v závislosti na hloubce jejich uložení. Zdroj: ISTT⁶

⁶ The International Society for Trenchless Technology

- potvrzení a podpoření významu aplikace bezvýkopových technologií (obr. 5) právě při obnově a modernizaci stávajících kanalizačních systémů [11];
- zajistit kvalitní provoz kanalizace dle zpracovaného a postupně aktualizovaného provozního řádu;
- implementovat základní postup péče o investiční majetek formou dostatečně kvalitního nástroje Facility Management atp.

Lze zcela reálně odhadovat, že s nepříznivým stavem kanalizace budované v akcích „Z“ bude třeba se co nejdříve pokusit udělat různé kroky k nápravě, a to „celoplošně“ na celém území ČR. Podpisem přístupových protokolů EU naši představitelé vyslovili souhlas s nazíráním na území ČR jako na vodohospodářsky citlivé území, s výrazně přísnějšími (!) kritérii a lze očekávat pozornější sledování této situace ze strany orgánů EU.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění MŠMT, podporou specifického vysokoškolského výzkumu Studentské grantové soutěže VŠB-TU Ostrava pod identifikačním číslem SP2013/157.

LITERATURA

- [1] JÁSEK, J. *William Heerlein Lindley a pražská kanalizace*. 1 vyd. Praha : Scriptorium, 2006. 256 s. ISBN 978-80-86197-65-4.
- [2] CAHA, J. – MIKULINEC, F. – ŠRYTR, P. a kol. *Odvodňování malých obcí a okrajových částí měst*. 1. vyd. Praha : Professional Publishing, 2011. 68 s. ISBN 978-80-7431-076-8.
- [3] KREJČÍ, V. a kol. *Odvodnění urbanizovaných území, koncepční přístup*. Brno: Vydavatelství NOEL 2000 s. r. o., 2002. ISBN 80-86020-39-8
- [4] Zákon č. 150/2010 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: Sbirka zákonů. 21. 5. 2010. ISSN 1211-1244.
- [5] HLAVÍNEK, P. - MIČÍN, J. - PRAX, P. *Příručka stokování a čištění*. 1. vyd. Brno : NOEL 2000 s. r. o., 2001. 283 s. ISBN 80-86020-30-4.
- [6] MMR ČR a Ústav územního rozvoje. *Pravidla a principy územního plánování* [online]. c2006, poslední revize 20. 6. 2011 [cit. 2013-3-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.uur.cz/default.asp?ID=2571>>.
- [7] Ústav pro ekopolitiku, o.p.s. *Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku*. [online]. c2009, [cit. 2013-5-27]. Dostupné na World Wide Web: <http://lesypraha.cz/prilohy/sev/ke%20stazeni/jak_hospodarit_s_destovou_vodou.pdf>.
- [8] STAIN, D., NIEDERHE, W. *Instandhaltung von Kanalisationen*, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1992, ISBN3-433-01177-X
- [9] *Stavební kniha 2011 Městské inženýrství*. Informační centrum ČKAIT, 2011, ISBN 978-80-87438-09-1
- [10] Směrnice Rady ze dne 21. května 1991 *o čištění městských odpadních vod* (91/271/EHS)
- [11] HOŘČIČKOVÁ, E. – MATĚJKA, P. – MĚŠŤANOVÁ, D. – NENADÁLOVÁ, L. – ŠRYTR, P. *Sdružené trasy inženýrských sítí v urbanizovaných územích*. 1. vyd. Praha : ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04706-4.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Štefan Stanko, PhD., Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

Ing. David Stránský, Ph.D., Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Barbora HANDZELOVÁ¹, Petr MARTINEC², Jiří ŠČUČKA³, Helena VIČAROVÁ⁴

VLIV TEPELNÉHO NAMÁHÁNÍ NA INTERAKCI MORAVSKÉ DROBY S VODOU

INFLUENCE OF THERMAL LOADING ON INTERACTION BETWEEN THE MORAVIAN GREYWACKE AND WATER

Abstrakt

V příspěvku jsou prezentovány výsledky experimentu, zaměřeného na hodnocení dynamiky nasákavosti a odparu vody z pórového systému tzv. moravské droby. Interakce horniny s vodou je zde studována na tepelně neovlivněných horninách a také na horninách vystavených tepelnému namáhání (žihání) při teplotách 200, 600 a 1000°C. Pozornost je věnována tepelné stabilitě horniny a změnám v interakci horniny s vodou po žihání.

Klíčová slova

Droba, nasákavost, odpar, tepelná stabilita, pórovitost.

Abstract

Results of an experiment focused on evaluation of dynamics of water absorption and evaporation from the pore system of the so-called Moravian greywacke are presented in the paper. The interaction between the rock and water has been studied on rock samples before and after their exposure to thermal loading (annealing) at temperatures of 200, 600 and 1000 °C. The attention was paid to thermal stability of the rock and changes in interaction between the rock and water after the rock annealing.

Keywords

Greywacke, water absorption, evaporation, thermal stability, porosity.

1 ÚVOD

Metody pro zkoušení charakteristických fyzikálních vlastností hornin jsou obecně známé, chybí však jednotný názor na to, jak přistupovat k hodnocení interakce pórového systému hornin s vodou, t.j. jak hodnotit průběh a hodnoty nasákavosti vody do pórů horniny a odpar vody z pórů do okolního prostředí.

¹ Ing. Barbora Handzelová, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, tel.: (+420) 725 744 128, e-mail: barborah@post.cz.

² Prof. Ing. Petr Martinec, CSc., Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, Ostrava, Studentská 1768, 708 00 Ostrava -Poruba, tel.: (+420) 596 979 331, e-mail: petr.martinec@ugn.cas.cz.

³ doc. Ing. Jiří Ščučka, Ph.D., Oddělení laboratorního výzkumu geomateriálů, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, Ostrava, Studentská 1768, 708 00 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 979 334, e-mail: jiri.scucka@ugn.cas.cz

⁴ Ing. Helena Vičarová, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 979 111, e-mail: vicarova.h@seznam.cz.

Ke stanovení nasákavosti přírodního kamene vodou doporučují české technické normy dva postupy. Podle ČSN EN 13755 [1] se vysušená zkušební tělesa horniny (krychle, hranoly nebo válce) postupně v nádobě zalijí vodou. Nejprve do 1/2 výšky tělesa, po 60 minutách do 3/4 výšky a po dalších 60 minutách se těleso zalije vodou celé. První vážení se provádí po 48 hodinách od začátku zkoušky a nasakování a vážení pak pokračuje až do dosažení ustálené hmotnosti tělesa.

Druhý postup zjišťování nasákavosti, daný ČSN EN 1925 [2], hodnotí součinitel nasákavosti přírodního kamene vodou působením vztlínivosti. Vysušené zkušební těleso se jednou stranou (základnou) ponoří do vody do hloubky 3 mm. Těleso je pak opakovaně z vody vyjímáno a váženo ve zvolených časových intervalech.

Výsledky měření jsou vyjádřeny v hmotnostních procentech vztažených k hmotnosti vysušeného tělesa [1] nebo je hmotnost nasáklé vody, vydělená plochou ponořené základny zkušebního tělesa, vyjádřena graficky jako funkce druhé odmocniny času [2].

Kamenivo do betonu je z hlediska nasákavosti hodnoceno zkušebními postupy dle ČSN EN 1097-6 [3]. Pro zrna kameniva o velikosti do 31,5 mm se využívá pyknometrická metoda, pro zrna od 31,5 do 63 mm metoda s drátěným košem. U kameniva lze hodnotit také výšku vztlínivosti vody v kamenivu, které je v přímém kontaktu s hladinou vody. Postup nabízí ČSN EN 1097-10 [4].

Současné normativní postupy pro testování nasákavosti kamene však mají jistá úskalí, a to především u hornin s nízkou nasákavostí (s nízkou efektivní pórovitostí).

Norma [2] doporučuje, aby vysoce nasákové horniny zůstaly ve vodě až 24 hodin a horniny málo nasákové až 72 hodin. Vzhledem k tomu, že absorpce vody významně závisí na druhu horniny a na jejích fyzikálních i chemických vlastnostech [5], nemusí být 72 hodin nasakování pro některé typy hornin dostačující. V normě navíc není přesněji definováno, co jsou horniny málo nasákové a vysoce nasákové. Zkouška by měla být dle normy ukončena, když rozdíl mezi dvěma následujícími měřeními není větší než 1 % hmotnosti vody nasáklé zkušebním tělesem. Karaca [5], který prováděl experimenty s nasákavostí na různých typech mramorů, vápenců, travertinů a granitů, navrhl, aby podobná měření byla ukončena až po dosažení ustálené hmotnosti zkušebního tělesa, tedy až v okamžiku kdy rozdíl mezi měřeními není větší než 0,1 %. Martinec et al. [6, 7] testovali dynamiku nasákavosti a odparu na různých typech pískovců s postupným zvyšováním hladiny vody, do níž byla ponořena zkušební tělesa. Časy nasakování se u těchto hornin pohybovaly při trvalém mírném nárůstu vlhkosti horniny až v řádu stovek hodin. Martincova metoda je sice poměrně časově náročná, ukazuje se však jako efektivní nástroj pro studium interakce hornin i dalších stavebních materiálů s vodou, resp. vlhkostí.

Nasákavostí hornin v závislosti na čase se zabývali také např. Plattner et al. [8], kteří na různých typech mramoru prováděli měření pod vodou, aby tak vyloučili hrubé chyby měření vzniklé při manipulaci se vzorkem a jeho otírání. Stanovení nasákavosti přírodního kamene používaného ve stavebnictví pomocí různých metod zkoumali Molina et al. [9]. Pórový systém studovali na vápencích, pískovcích, travertinu a dolomitu. Kombinoval přímé techniky zjišťování pórovitosti (optický mikroskop, skenovací mikroskop, digitální analýzu obrazu) a nepřímé techniky měření pórovitosti (rtuťovou porozimetrii, adsorpci N_2 , nasákavost vodou a propustnost páry). Kombinací různých technik měření získali poměrně přesnou interpretaci pórového systému různých typů hornin, mohli porovnat výsledky vzájemně včetně jejich přesnosti a upřesnit získávané výsledky při použití jedné metody. Buj a Gisbert [10] se zabývali vlivem pórovitosti hornin na jejich životnost. Pro experiment si vybrali patnáct různých hornin běžně používaných v architektonických památkách v Aragonu ve Španělsku. Horniny rozdělili na základě různých testů do dvou skupin podle velikosti celkové pórovitosti pro jednotlivé skupiny pórů. Pro každou skupinu bylo stanoveno fyzikální chování (absorpce vody a odpar, stupeň saturace, kapilární absorpce vody, stanovení rychlosti průchodu ultrazvukových vln, změna hmotnosti vzorku po měření nasákavosti a odparu).

Materiálem, na němž byly provedeny experimenty prezentované v tomto příspěvku, je tzv. moravská droba. Moravská droba je technický název pro spodnokarbonské droby hradeckokyjovického souvrství, které jsou běžně používány pro výrobu hrubého drceného kameniva pro stavební účely a také jako stavební nebo lomový kámen v regionu severní Moravy a Slezska.

Na tomto horninovém materiálu je sledována dynamika nasákavosti vody do pórů horninového tělesa a odparu vody z jeho pláště do okolního prostředí. Dynamika výměny vlhkosti mezi horninou a okolím je studována výše zmíněnou metodou podle Martince a kol. [6, 7] v kombinaci s hodnocením vlivu tepelného namáhání horniny na tyto procesy. Cílem takto formulovaného experimentu je zhodnotit tepelnou stabilitu horniny a popsat reakce dané horniny na tepelný stres z hlediska změn v morfologii pórového prostoru vlivem dilatací nebo kontrakcí minerálních složek nebo tvorby nových minerálních fází. Přínosem pro pochopení dynamického vývoje pórového prostoru v horninách vlivem působení vysokých teplot je sledování změn odražejících se v průběhu nasakování a odparu vody. A naopak - tepelným namáháním horniny dochází ke zvýraznění morfologie pórového systému v hornině, které napomáhá lepšímu pochopení procesů výměny vlhkosti mezi materiálem a okolním prostředím.

2 MATERIÁL EXPERIMENTU

V experimentu byly použity vzorky moravské droby (sedimentární horniny s relativně nízkou pórovitostí a nasákavostí) odebrané z vybrané lokality. Z bloků horniny byla vyřezána zkušební tělesa pro experimenty:

- tělíška o rozměrech cca 10×10×20 mm pro měření vysokotlakou rtuťovou porozimetrií,
- hranolová tělesa o rozměrech cca 150×100×50 mm pro testování dynamiky nasákavosti a odparu,
- tělíška k přípravě preparátů pro optickou mikroskopii.

3 POUŽITÉ ANALYTICKÉ METODY A VÝSLEDKY MĚŘENÍ

3.1 Optická mikroskopie a FTIR spektroskopie

Pro základní mikropetrografickou a mikrostrukturní analýzu horniny byla použita optická mikroskopie horninového výbrusu v procházejícím polarizovaném světle optického mikroskopu NIKON Eclipse 80i. Složení základní hmoty horniny bylo upřesněno metodou infračervené spektroskopie FTIR ve spektrometru NICOLET 6700 (Thermo Fisher Scientific).

Všechny horninové vzorky mají téměř identické složení jak klastické fáze, tak základní hmoty a zrnitost odpovídající drobám. Hlavními složkami klastické fáze jsou křemen a stabilní úlomky hornin (kvarcity): 20-25 %, živce a nestabilní složky (detritické slídy, úlomky sedimentárních hornin): 48-53 % a základní hmota (illit-muskovit, MgFe-chlority a stopy dispergované uhelné hmoty; tmel křemenný, dolomit-ankeritový): 22-32 %. Jednotlivá tělesa se mírně liší podílem základní hmoty a obsahem karbonátů. Vytřídění je špatné, zrnitost střední.

Systém pórů je tvořen v principu konfiguračními póry silně potlačenými rozvojem kompakce sedimentu, vznikem tmele a tvorbou novotvořených slíd v procesu anchimetamorfózy horniny. Tento typ pórů lze označit jako konfiguračně-cementační.

3.2 Stanovení měrné hmotnosti, objemové hmotnosti a celkové pórovitosti

Měrná hmotnost a celková pórovitost byly stanoveny pyknometrickou metodou dle ČSN EN 1936 [11]. Objemová hmotnost byla stanovena výpočtem z poměru hmotnosti a objemu zkušebního tělesa, kde objem byl určen měřením rozměrů tělesa. Výsledky měření, spolu s údaji o teplotách, při kterých byla vybraná tělesa žíhána (viz dále), jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Základní vlastnosti testovaných zkušebních těles moravské droby

Číslo vzorku	Rozměry tělesa	Hmotnost	Objem. hmotnost	Objem. hmotnost po žihání	Měrná hmotnost	Celková pórovitost před žiháním	Teplota žihání	Nasákavost *
	[mm]	[g]	[kg.m ⁻³]	[kg.m ⁻³]	[kg.m ⁻³]	[%]	[°C]	[%]
11193/4	51x101x152	2062	2645	2645	nest.	nest.	Vysušení při 110 °C	0,3
11193/1	50x100x153	2022	2674	2670	2734	2,2	200	0,5
11193/2	54x100x151	2125	2603	2537	2738	4,9	600	1,0
11193/3	53x101x152	2153	2630	2363	2728	3,6	1000	3,7

* Nasákavost stanovena v experimentu, viz kap. 3.5

3.3 Vysokotlaká rtuťová porozimetrie

Měření metodou vysokotlaké rtuťové porozimetrie bylo provedeno v přístroji AUTOPORE IV 9500 (Micromeritics, Corp.) na 2 vzorcích horniny o objemu cca 2 cm³.

Základní porozimetrické charakteristiky moravské droby (2 vzorky s označením a, b) jsou uvedeny v tabulce 2. Tabulka 3 ukazuje přepočtené objemové zastoupení pórů v třech velikostních kategoriích pórů v hornině.

Výsledky ukazují, že v hornině zcela dominují velké komunikační póry o velikosti (průměrech) v intervalu 335-7,25 μm.

Tab. 2: Souhrnné výsledky měření vysokotlakou rtuťovou porozimetrií na testovaných drobách

Vzorek	a	b
Hmotnost vzorku [g]	5,3	5,4
Celkový intrudovaný objem rtuti (celkový objem pórů V_{COP}) [cm ³ .g ⁻¹]	0,003	0,004
Medián průměru pórů (podle objemu) [μm]	180,6	220,2
Medián průměru pórů (podle plochy) [μm]	8,0	0,9
Střední průměr pórů (4V/A) [μm]	42,5	26,5
Objemová hmotnost [g.cm ⁻³]	2,638	2,640
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,661	2,666
Celková pórovitost [%]	0,9	1

Tab. 3: Výsledky měření vysokotlakou rtuťovou porozimetrií - velikostní kategorie pórů v testovaných drobách

Kategorie pórů	Interval průměru pórů [μm]	Objemové zastoupení pórů v intervalu [%]	
		a	b
Vzorek			
I	335 - 7,25	100	96,8
II	7,25 - 0,032	0	3,2
III	0,032 - 0,0057	0	0
	Celkem	100	100

3.4 Tepelné ovlivnění horniny a termická analýza

Tepelné ovlivnění (žihání) testovaných těles bylo prováděno v laboratorní muflové peci při teplotách 200, 600 a 1000 °C. Do teploty 300 °C stoupala teplota rychlostí 50 °C/hod. a dále rychlostí 100 °C/hod. až do požadované teploty. Následovala výdrž 5 hodin. Po vyžihání těleso chladlo v peci. Na vyžihávaných tělesech bylo provedeno měření rozměrů, stanovení hmotnosti vážením a vypočtení objemové hmotnosti (viz tab. 1). Současně byla provedena také termická analýza horniny (DSC/TGA; vzduch, 10 °C.min⁻¹) v termálním analyzátoru SETSYS TG-DTA/DSC 24 (Setaram

Instrumentation), která ukázala následující průběh dekompozice a úbytků hmotnosti horniny za daného dynamického režimu ohřevu:

- 20 - 475 °C: únik adsorbované vlhkosti; bez fázových změn; úbytek hmotnosti $0,75 \pm 0,05$ % hmot.,
- 475 – 830 °C: dehydroxylace slíd a chloritu, vznik metafází; úbytek hmotnosti $2 \pm 0,15$ % hmot.,
- 573 °C: tzv. α - β transformace křemene; beze změn hmotnosti,
- 830 - 1000 °C: postupný vznik oxidických a spineloidních fází; beze změn hmotnosti.

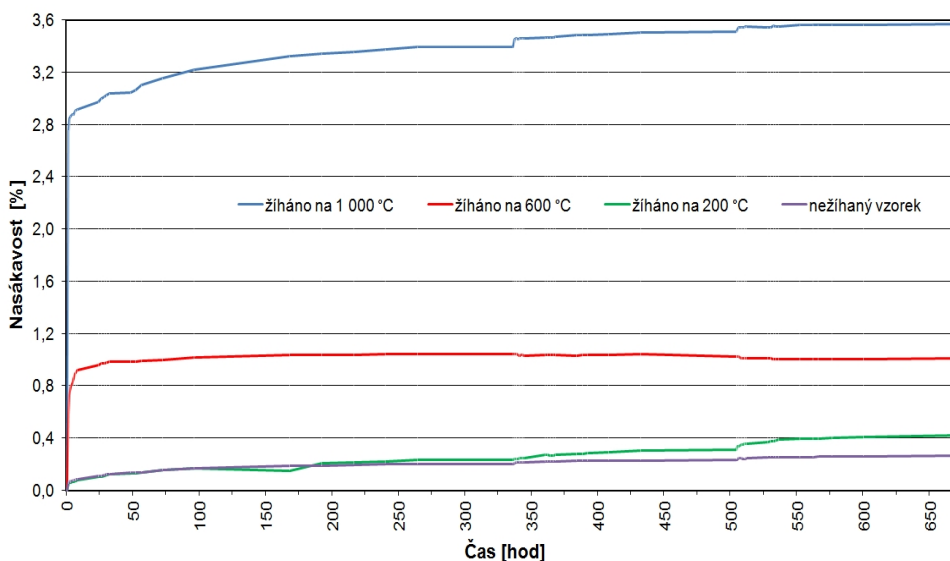
3.5 Hodnocení dynamiky nasákavosti a odparu

3.5.1 Nasákavost zkušebních těles vodou

Zkušební hranolové těleso, o rozměrech cca $150 \times 100 \times 50$ mm bylo vysušeno při 110 °C do ustálené hmotnosti a zváženo. Poté bylo těleso postupně nasakováno vodou, nejprve s hladinou vody v 1/3 výšky tělesa (336 hodin, tj. 14 dnů), dále ve 2/3 výšky (168 hodin, tj. 7 dnů) a nakonec v 3/3 výšky tělesa (168 hodin, tj. 7 dnů). Nasakování tedy probíhalo po dobu celkem 672 hodin, tj. 28 dnů. Experiment probíhal za laboratorní teploty a atmosférického tlaku.

Na tělese byla průběžně zjišťována hmotnost vážením. Průběh nasákavosti v závislosti na čase je graficky zaznamenán na obr. 1.

Obdobně byla výše uvedeným postupem nasakována také 3 zkušební tělesa ovlivněná žiháním při teplotách 200, 600 a 1000 °C (obr. 1).

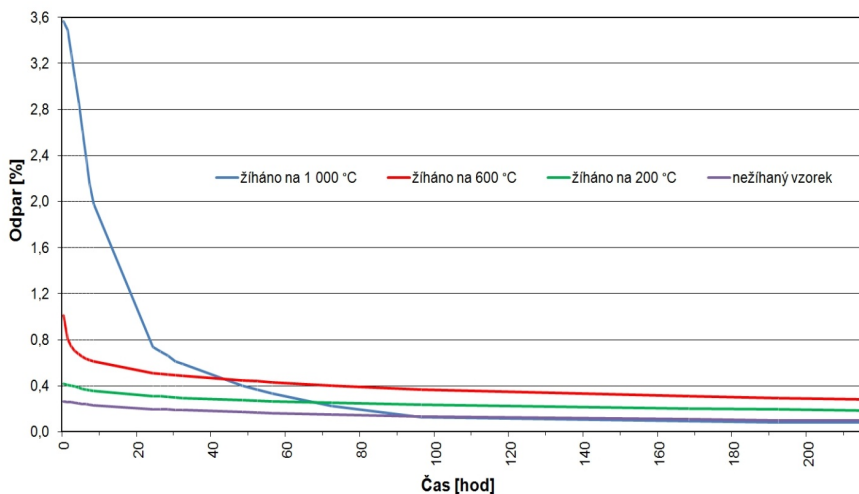


Obr. 1: Časový průběh nasakování těles moravské droby vodou

3.5.2 Odpar vody do volného prostoru

Po ukončení nasakování byl sledován průběh odparu vody z pláště zkušebního tělesa do volného prostoru. Experiment probíhal opět za laboratorní teploty a atmosférického tlaku v nezakrytých nádobách. Odpařování probíhalo po dobu 216 hodin, tj. 9 dní. Průběh odparu vody v závislosti na čase je graficky zaznamenán na obr. 2.

Obdobně probíhal také odpar vody z pláště nasycených tepelně ovlivněných zkušebních těles (obr. 2).



Obr. 2: Časový průběh odparu vody z těles moravské droby

3.5.3 Průběh nasakování a odparu

Průběh nasakování vody do tepelně neovlivněných i ovlivněných těles moravské droby je znázorněn v grafu na obr. 1. Při dostatečném zvětšení měřítka grafu jsou viditelná zakřivení průběhu křivky nasakování, způsobená zvýšením čáry ponoru. Při zvýšení hladiny vody na 1/3, 2/3 a 3/3 výšky zkušebního tělesa se nejprve vždy naplní vodou póry a štěrby na povrchu a blízko povrchu tělesa a póry a kapiláry s větším průměrem. Poté proniká voda hlouběji a do pórů a kapilár s menším průměrem, kde dochází ke stlačování vzduchu a jeho rozpouštění, což zpomaluje nasakování.

Průběh nasakování

U tepelně neovlivněného vzorku je průběh nasakování relativně plynulý a finální nasákavost po 28 dnech nasakování dosahuje pouze cca 0,26 % (obr. 1).

U vzorku žiháného při teplotě 200 °C je průběh nasakování obdobný, konečná nasákavost je jen nepatrně vyšší a to cca 0,4 %.

Při rozlomení testovaných vzorků je patrné, že voda proniká jen do malé části objemu horniny (do připovrchových partií) a vnitřní část tělesa není vlhkostí ovlivněna.

U vzorku žiháného při teplotě 600 °C dochází k poměrně rychlému nasáknutí vody do dostupných komunikativních pórů horniny během prvních cca 30 hodin, kdy nasákavost (vlhkost) dosáhne hodnoty cca 1 %. V dalších fázích experimentu se již nasákavost nezvyšuje.

U vzorku žiháného při teplotě 1000 °C se finální nasákavost zvyšuje na cca 3,6 %. Podstatná část velkých otevřených pórů se zaplní vodou již během prvních 8 hodin, kdy nasákavost dosahuje cca 2,9 %, tj. cca 80 % celkové nasákavosti. Nasakování se poté zpomalí a probíhá dalších 23 dnů, než je dosaženo konečné hodnoty nasákavosti.

Průběh odparu

U tepelně neovlivněného vzorku a vzorku žiháného při 200 °C je průběh křivek odparu (podobně jako u křivek nasakování) téměř paralelní (obr. 2). I po 216 hodinách odpařování zůstává malá část vody vázaná v pórech (vlhkost 0,1 až 0,2 %).

U vzorku žiháného při teplotě 600 °C je v první fázi experimentu odpařování rychlejší (během 10 hodin se odpaří cca 40 % vody) a poté dochází k plynulému snižování vlhkosti během celého trvání experimentu. Po 216 hodinách zůstává v pórech vlhkost cca 0,3 %.

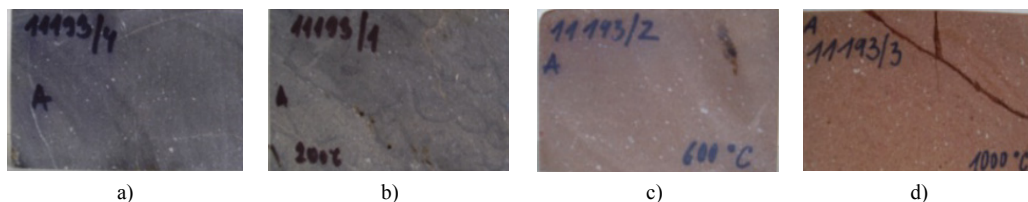
U vzorku žiháného při teplotě 1000 °C je odpar vody nejrychlejší. Během prvních 24 hodin se odpaří cca 80 % vlhkosti. Poté se odpar zpomaluje. Po cca 95 hodinách od začátku odpařování se

hodnota vlhkosti snižuje na úroveň tepelně neovlivněné horniny a křivka odparu pak již v podstatě kopíruje křivku tepelně neovlivněné horniny.

Změny v dynamice nasákavosti a odparu, vyvolané tepelným namáháním (žiháním) drobových zkušebních těles, vznikají v důsledku:

1. Nevratného poškození struktury drob tepelnou dilatací minerálních složek bez transformace při teplotách do 475 °C (dilatace pokračují i při vyšších teplotách) - dilatace se projevují vznikem porušení na hranici zrn, ale morfologie pórového systému v hornině se v podstatě nemění. Proto jsou křivky nasakování a odparu neovlivněného vzorku a vzorku žihaného při 200 °C téměř identické,
2. destrukce spojené se vznikem trhlin, vyvolané objemovými změnami při fázové přeměně α - β křemene a stabilních úlomků při 573 °C,
3. další dilatace a vzniku nových minerálních fází v intervalu teplot 600-1000 °C. V intervalu 475-650 °C (podle velikosti částic) dochází k dehydroxylaci slíd, chloritu a jílových minerálů (illitu). V intervalu 750-950 °C probíhá disociace karbonátů (Fedorolomitu a kalcitu), nad 830 °C se pak začínají tvořit nové oxidové a spinelové fáze a nad 950 °C vzniká první albit. Na křivkách nasákavosti a odparu těles ovlivněných teplotou 600 a 1000 °C se proto zřetelně projevují změny, související se vznikem nové morfologie a objemu pórového prostoru, umožňujícího další akumulaci vlhkosti v nově vytvořených pórech. U tělesa ovlivněného teplotou 600 °C se sice zvětší objem velkých pórů vlivem dilatace minerálních složek, současně však dojde k blokaci jemných pórů nově vzniklými produkty. Při odparu je vlhkost v tomto novotvořeném pórovém prostoru déle zadržována (pevněji vázána). Žihání při teplotě 1000 °C již představuje poměrně významný zásah do stavby a složení horniny. Průběh křivek nasakování a odparu u tělesa žihaného při 1000 °C již ukazuje na existenci otevřeného rozvětveného pórového prostoru, umožňujícího jak rychlé přijímání vody do pórů horniny, tak relativně rychlý transport vody k povrchu tělesa a jeho odpar do okolního prostředí.

Výše popsané změny se projevují rovněž v zabarvení horniny spojeném s oxidací Fe^{2+} v silikátech a s tvorbou částic Fe_2O_3 (obr. 3).



Obr. 3: Zabarování drob tepelně neovlivněné (a) a drob žihané v oxidačním prostředí na teplotu 200 °C (b), 600 °C (c) a 1000 °C (d)

4 ZÁVĚR

Provedené analýzy ukázaly způsob interakce moravské droby (sedimentární horniny s relativně nízkou pórovitostí a nasákavostí) s vodou a také vliv tepelného namáhání horniny na tuto interakci. Při řešení výše prezentované problematiky je nutno se dále zaměřit, kromě studia jiných typů hornin, na další rozvíjení použité metodiky hodnocení nasákavosti a odparu. Především na posouzení možného ovlivnění výsledků měření velikostí a tvarem zkušebních těles.

Problematika nasákavosti hornin vodou je aktuální např. z hlediska interakce kameniva s vodou v čerstvé betonové směsi, ale také z pohledu chování kamene ve stavební konstrukci a jeho případné chemické hydrofobizace nebo konzervace. Přínosem pro pochopení dynamického vývoje pórového prostoru v horninách vlivem působení vysokých teplot je sledování změn odrážejících se v průběhu nasakování a odparu vody na velkých zkušebních horninových tělesech. Na rozdíl od zkušebních těles malých objemů (v řádu cm^3) používaných v analytické praxi, na kterých se

strukturní a texturní vlastností horniny plně neprojeví, máme při studiu větších objemů horniny šanci podchytit strukturní vlastnosti na pozadí horninové struktury i textury.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vypracován v rámci projektu Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporovaného Operačním programem Výzkum a vývoj pro Inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR a projektu GAČR P104/12/1988 Studium interakce složek cementových kompozitů při působení vysokých teplot.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 13755: 2002. *Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení nasákavosti vodou*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 9 s.
- [2] ČSN EN 1925: 2000. *Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení součinitele nasákavosti vodou působením vztlínivosti*. Praha: Český normalizační institut, 2000. 11 s.
- [3] ČSN EN 1097-6: 2001. *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 26 s.
- [4] ČSN EN 1097-10: 2003. *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 10: Stanovení výšky vztlínivosti vody*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 11 s.
- [5] KARACA, Zeki. *Water absorption and dehydration of natural stones versus time*. Construction and Building Materials. 2010, vol. 24, pp 786–790. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2009.10.029.
- [6] MARTINEC, P. & VAVRO, M. & SCUCKA, J. & MASLAN, M. *Properties and durability assessment of glauconitic sandstone: A case study on Zamel sandstone from the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic)*. Engineering Geology 2010, vol. 115, No. 3-4, pp 175-181.
- [7] MARTINEC, P. & AUGUSTINKOVÁ, L. & ŠČUČKA, J. & PEŘINKOVÁ, M. *Pískovce ve fragmentech gotického zdiva ze Staříče – pórový systém a interakce hornin s vodou*. Zpravodaj WTA, 2010, 3-4, s. 22 -25.
- [8] PLATTNER, S.H. & REALE, R. & VISCO, G. & PAPA, M.G. & SAMMARTINO, M.P. *Proposal of a new analytical procedure for the measurement of water absorption by stone. Preliminary study for an alternative to the Italian technical normative NORMAL 07-81*. Chemistry Central Journal. 2012, 6:62. 8 p. DOI:10.1186/1752-153X-6-62.
- [9] MOLINA, E. & CULTRONE, G. & SEBASTIÁN, E. & ALONSO, F.J. & CARRIZO, L. & GISBERT, J. & BUJ, O. *The pore system of sedimentary rocks as a key factor in the durability of building materials*. Engineering Geology 2011, vol. 118, pp 110-121. DOI:10.1016/j.enggeo.2011.01.008.
- [10] BUJ, O. & GISBERT, J. *Influence of pore morphology on the durability of sedimentary building stones from Aragon (Spain) subjected to standard salt decay tests*. Environmental Earth Science 2010, vol. 61, pp 1327-1336. DOI: 10.1007/s12665-010-0451-4.
- [11] ČSN EN 1936: 2000. *Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení měrné a objemové hmotnosti a celkové a otevřené pórovitosti*. Praha: Český normalizační institut, 2000. 10 s.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc., Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Ing. Eva Vejmelková, Ph.D., Katedra materiálového inženýrství a chemie, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Helena VIČAROVÁ¹, Jiří ŠČUČKA², Petr MARTINEC³, Barbora HANDZELOVÁ⁴

VLIV CHEMICKÝCH HYDROFOBIZAČNÍCH PROSTŘEDKŮ NA VÝMĚNU VLHKOSTI
MEZI PÓRY PÍSKOVCE A OKOLNÍM PROSTŘEDÍM

INFLUENCE OF CHEMICAL HYDROPHOBIZING AGENTS ON MOISTURE EXCHANGE
BETWEEN PORES OF SANDSTONE AND SURROUNDINGS

Abstrakt

V článku je zhodnocen vliv vybraných typů chemických hydrofobizačních prostředků na dynamiku výměny vlhkosti mezi póry pískovce z lokality Božanov a okolním prostředím. Experiment, jehož výsledky jsou v příspěvku prezentovány, byl založen na hodnocení dynamiky nasákání a odparu vody ze vzorků kamene bez ošetření a po aplikaci hydrofobizačního prostředku. Byly zjištěny významné rozdíly v interakci s vodou u horniny ošetřené látkami na bázi siloxanů a látkou na bázi rozpouštědla s obsahem nanočástic.

Klíčová slova

Pískovec, póry, nasákavost, odpar, hydrofobizační prostředky.

Abstract

The paper deals with influence of selected types of chemical hydrophobizing agents on the dynamics of moisture exchange between pores of sandstone from the locality of Božanov and surroundings. The experiment, whose results are presented, was based on the evaluation of the dynamics of water absorption and evaporation on stone samples without treatment and after application of hydrophobizing agents. Significant differences in interaction between the rock and water were detected for samples treated with agents based on siloxanes and nanoparticles.

Keywords

Sandstone, pores, water absorption, evaporation, hydrophobizing agents.

1 ÚVOD

Procesy vedoucí k degradaci stavebního nebo dekoračního kamene ve stavebních či uměleckých objektech obecně souvisí převážně s působením vody (rozpuštění, transport roztoků

¹ Ing. Helena Vičarová, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 979 111, e-mail: vicarova.h@seznam.cz.

² Doc. Ing. Jiří Ščučka, Ph.D., Oddělení laboratorního výzkumu geomateriálů, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, Ostrava, Studentská 1768, 708 00 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 979 334, e-mail: jiri.scucka@vsb.cz.

³ Prof. Ing. Petr Martinec, CSc., Oddělení laboratorního výzkumu geomateriálů, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, Ostrava, Studentská 1768, 708 00 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 596 979 331, e-mail: petr.martinec@ugn.cas.cz.

⁴ Ing. Barbora Handzelová, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 725 744 128, e-mail: barborah@post.cz.

solí, agresivní působení škodlivin, růst mikroorganismů, přeměna v led, tvorba hydrátů a krystalizace solí, aj.) [5, 13, 14]. Kromě srážkové vody se zde uplatňuje také kondenzace vzdušné vlhkosti, půdní vlhkost nebo vlhkost z různých umělých zdrojů. Důležitou součástí postupů konzervace stavebního nebo dekoračního kamene, přispívající k omezení jeho degradace, je ošetření povrchu materiálu vhodným hydrofobizačním organickým či anorganickým prostředkem. Hydrofobizátory obvykle povrch kamene nezpevňují, ale mají prodloužit životnost objektu tím, že zvětšují smáčecí úhel pro kapalnou vodu a vodné roztoky solí nad 90°, a tím učiní kámen méně nenasákavým, přičemž by měla zůstat zachována prodyšnost pro vodní páru.

V současnosti jsou k tomuto účelu využívány především látky na bázi akrylových disperzí a oligomerních alkylpolysiloxanů, roztoky silikonových pryskyřic a fluoropolymery [7, 8, 10]. Jak ukazují výsledky studií, zaměřených na vlastnosti a použití těchto látek, např. [2, 3, 4], nelze vyrobit hydrofobizátor, který by byl univerzální. Vhodnost použití konkrétní chemické látky na různé typy stavebního kamene je nutno experimentálně ověřovat, neboť aplikace nevhodného prostředku může znamenat nejen neúčinnost hydrofobizace, ale může namísto ochrany materiálu způsobit naopak jeho významné poškození. Chemické hydrofobizační nebo konzervační látky mohou ovlivnit adsorpční schopnosti horniny, změnit objem a geometrii pórů [1], utěsnit póry a negativně tak ovlivnit výměnu vlhkosti mezi horninou a okolním prostředím.

V tomto příspěvku je zhodnocen vliv tří běžně dostupných chemických hydrofobizačních prostředků na dynamiku výměny vlhkosti mezi póry vybraného stavebního kamene - pískovce z lokality Božanov - a okolním prostředím. Je zde využito metodického postupu, publikovaného Martincem a kol. [11, 12], který je založen na analýze časového průběhu nasakování vody do pórů horninového zkušební tělesa a následného odparu vody z pláště tělesa do okolí. Metodika částečně vychází z technické normy ČSN EN 1925: 2000 [6], je však významně modifikována. Norma doporučuje, aby vysoce nasákavé horniny zůstaly ve vodě až 24 hodin a horniny málo nasákavé až 72 hodin. Vzhledem k tomu, že absorpce vody významně závisí na druhu horniny a na jejích fyzikálních i chemických vlastnostech [9], nemusí být 72 hodin nasakování pro některé typy hornin dostačující a v normě navíc není přesněji definováno, co jsou horniny málo nasákavé a vysoce nasákavé. Součástí experimentu je analýza složení a mikrostruktury stavebního kamene a analýza pórového systému horniny na základě výsledků vysokotlaké rtuťové porozimetrie.

2 MATERIÁL V EXPERIMENTU

Stavební kámen

Pro realizaci experimentu byl vybrán pískovec z lokality Božanov. Jedná se o středno- až hrubozrnný, křemenný až arkóзовitý pískovec (stáří: svrchní křída, střední turon), těžený u obce Božanov na Broumovsku. Hornina je převážně světle běložlutá, často až narůžovělá nebo okrově nažloutlá, s masivní texturou bez zřetelného zvrstvení. Hornina vykazuje v suchém stavu průměrnou objemovou hmotnost $2160 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pórovitost cca 16 až 20 % a nasákavost cca 6 %.

Složení a mikrostruktura horniny

Základní kostru horniny tvoří klastická zrna detritického křemene, stabilních složek bohatých křemenem, a to kvarcitů s různou mikrostrukturou kontaktů zrn. Nestabilní složky tvoří úlomky živcových zrn a silně rozložená argilitizovaná zrna primárně sklovitých kyselých vulkanických hornin. Akcesoriemi jsou: apatit v křemeni, zirkon a limonit. Tuto klastickou kostru tvoří těsně uspořádaná zrna vzájemně se dotýkající v plochách. Slabá je silicifikace spojená s dorůstáním křemenných zrn ve velmi úzkých lemech. Na některých klastických zrncích křemene i živců jsou nálepy jílové hmoty. Mezizrnný prostor je minimalizovaný těsným uložením zrn.

Klastická zrna stabilních složek bohatých křemenem jsou zastoupena monominerálním křemenem. Inkluze v křemeni tvoří čirý, sloupečkovitý apatit, uzavřené devitifikované skla a živce. Zaoblené zrn je převážně semioválné až oválné, zakulacení 0,4-0,8. Zrna se vzájemně těsně dotýkají v ploškách, slabě je diagenetické dorůstání křemenných zrn, které redukuje pórový, konfigurační prostor mezi zrn.

V hornině je vysoký obsah kvarcitů různých typů, lišících se strukturou a stupněm deformace křemene.

Živce jsou zastoupeny ortoklasem, mikroklinem a plagioklasem. Draselné živce jsou zastoupeny ortoklasem, mikroklinem a méně častým sanidinem, jehož obsah je nízký a zrna jsou velmi nerovnoměrně rozložena v hornině. Zrna jsou rozpukaná a proměnlivě argilitizovaná. Na povrchu bývají nálepy jílové hmoty. Zaoblení zrn je převážně ovální, zakulacení převážně 0,4-1,0. Plagioklasy jsou podle čirých lamelovaných zrn zastoupeny oligoklas-andesinem (metoda zhášení v symetrické zóně). Jednotlivá zrna jsou proměnlivě a nestejně intenzivně argilitizovaná. Inkluze v plagioklasech tvoří křemen, drobné argilitizované uzavřeniny vulkanických sklovitých hornin, vzácně apatit a limonit na trhlinách. Zaoblení zrn je převážně ovální, zakulacení převážně 0,4-1,0.

Asi 10 % klastů v hornině tvoří tvarově nestálé (avšak rozměrově jen nepatrně menší než je nejčastější velikost klastů křemene) devitrifikované a silně argilitizované (illitizované) jemnozrné vyvřeliny. Jednotlivá zrna se liší texturou, strukturou i složením.

Základní hmota je jílovito-křemenná a je uložena v pórech mezi zrnky. Jílové minerály jsou zastoupeny dominantním illitem. Dále základní hmota obsahuje křemen, velmi málo karbonátu a limonitový pigment.

Kolem některých zrn jsou tenké lemy jílové hmoty, podle optické mikroskopie tvořené illitem. U některých zrn křemene i kvarcitů je náznak tenkého orientovaného nárůstu - lemu novotvořeného authigenního křemene na původním povrchu zrna.

Převládajícím minerálem v božanovském pískovci je monominerální křemen spolu se zrnky kvarcitů a granitoidních agregátů (65-70 %), dále hornina obsahuje muskovit a biotit (2 %) a živce (30 %).



Obr. 1: Mikroskopická stavba pískovce z lokality Božanov (optická mikroskopie horninového výbrusu, procházející světlo)

Hydrofobizační prostředky

V experimentu byly testovány 3 typy komerčně dostupných hydrofobizačních prostředků od dvou výrobců. Prostředky jsou označeny písmeny A, B a C:

A - fasádní krém na bázi siloxanu – je hydrofobní prostředek s krémovitou konzistencí určený pro hydrofobní ošetření minerálních stavebních materiálů. Podle údajů od výrobce je prostředek možno, oproti obvyklým kapalným výrobkům, aplikovat pouze v jedné vrstvě. Účinná látka – siloxan-pronikne během krátké doby do podkladu (podle pórovitosti ošetřovaného materiálu) a reaguje za vylučování etanolu na polymerní silikonovou pryskyřici. Během této doby může dojít k zintenzivnění barevného odstínu podkladu, které však postupně vymizí. Jelikož je vlastní účinná látka stejná jako u obvyklých kapalných hydrofobních prostředků, zůstávají póry a kapiláry substrátu otevřené i při hydrofobním ošetření, schopnost difúze vodní páry je zachována. Prostředek je navržen tak, aby pronikl co nehlouběji do pórů minerálního stavebního materiálu a tímto způsobem optimálně chránil proti nasáknutí vody a škodlivých látek ve vodných roztocích, a rovněž proti škodám způsobeným mrazem či posypovou solí. Chemická reakce účinné látky na polysiloxan chránící stavební hmotu má proběhnout, podle teploty, za cca 4 týdny.

B - oligomerní roztok siloxanu - je prostředek určený k vodoodpudivé impregnaci minerálních stavebních látek. Podle údajů výrobce má díky své nízkomolekulární struktuře vynikající penetrační schopnost a reaguje uvnitř stavební hmoty se vzdušnou vlhkostí na polysiloxan, který je vodoodpudivý. Výrobek je odolný působení UV záření a povětrnosti. Účinná látka vytvoří na povrchu pórů makromolekulární vrstvu, která významně neovlivní difúzní vlastnosti pórů. Prostředek snižuje absorpci vody a vodou nesených škodlivých látek. Je tím omezeno také napadení takto ošetřených minerálních podkladů mikroorganismy.

C - hydrofobní impregnace na bázi rozpouštědla s obsahem nanočástic - vytváří dle výrobce nanovrstvu zabráňující usazování špíny, růstu mechů a plísní a chrání povrch kamene před škodlivými vlivy okolního prostředí, jako jsou kyselá deště, UV záření a námraza. Nanoimpregnace působí jako ochrana proti vodě a zároveň má zvyšovat čistotu podkladu. Umožňuje vzdušnou prodyšnost kamene a zlepšuje jeho tepelnou ochranu. Prostředek zvýrazňuje strukturu a barevnost ošetřeného materiálu. Po uschnutí je látka nelepivá a nevytváří žádný povlak. Tvorba nanovrstvy nastává po 24 hodinách v suchu při laboratorní teplotě.

3 POUŽITÉ EXPERIMENTÁLNÍ A ANALYTICKÉ METODY

Realizace experimentu zahrnovala následující analytické práce:

- analýzu složení a mikrostruktury horniny metodou optické mikroskopie a FTIR spektroskopie,
- vyšetření pórovitosti a distribuce velikosti pórů v hornině metodou vysokotlaké rtuťové porozimetrie,
- posouzení průběhu nasákavosti neošetřené a ošetřené horniny pro vodu v závislosti na čase a obdobné posouzení odparu vody z pórů neošetřené a ošetřené horniny do okolního prostředí.

Mikroskopická analýza horniny byla provedena na horninovém výbrusu, technikou procházejícího polarizovaného světla s využitím optického polarizačního mikroskopu NIKON Eclipse 80i. Složení základní hmoty horniny bylo upřesněno metodou infračervené spektroskopie FTIR v spektrometru NICOLET 6700 (Thermo Fisher Scientific).

Měření metodou vysokotlaké rtuťové porozimetrie byla provedena v přístroji AUTOPORE IV 9500 (Micromeritics, Corp.) na 4 vzorcích horniny o objemu cca 2 cm³. Vyhodnocena byla nejen standardní výstupní data z měření, ale celkové objemy pórů byly přepočteny pro různé velikostní kategorie pórů. To umožňuje získat nejen informaci o pórovitosti, ale také o členitosti pórového systému horniny.

Hodnocení časového průběhu nasákavosti horniny vodou bylo provedeno na sadě tří zkušebních těles (hranoly o rozměrech 50×50×100 mm) neošetřené horniny metodickým postupem podle [11, 12]. Tělesa byla před začátkem zkoušky vysušena při teplotě 110 °C a poté ponořena do převařené destilované vody v plastových nádobách uzavíratelných víkem. Tělesa byla nejprve nasakována při výšce hladiny vody 2-3 mm a poté postupně při hladině v 1/3, 2/3 a 3/3 výšky tělesa.

Nasakování probíhalo při laboratorní teplotě (20 °C) v uzavřených nádobách. Během nasakování byl průběžně zjišťován přírůstek hmotnosti tělesa. Použité časové intervaly vážení vzorku a časy zvyšování hladiny ponoru (na 1/3, 2/3 a 3/3 výšky tělesa) závisí vždy na konkrétním typu testované horniny a průběhu křivky nasakování. Změna výšky hladiny vody je prováděna po ustálení vlhkosti tělesa (tj. když křivka nasakování přestává narůstat). V tomto případě bylo vážení prováděno nejprve v hodinových intervalech (prvních 12 hodin), poté vždy po 2 hodinách, po 4 hodinách, po dnech, a pokud docházelo i po 240 hodinách měření k nárůstu vlhkosti, pokračovalo měření v týdenních intervalech. Časové úseky, po kterých byla zvyšována hladina vody, jsou uvedeny v tab. 3 a graficky vyznačeny v obr. 3. Uložení zkoušených těles při probíhající experimentu ukazuje obr. 2.

Po ukončení nasakování byl sledován průběh odparu vody z pláště zkušebního tělesa do volného prostoru. Experiment probíhal opět za laboratorní teploty a relativní vlhkosti vzduchu (50-60 %) v nezakrytých nádobách.

Výše popsany postup (pro nasákavost i odpar) byl použit současně pro tělesa ošetřená hydrofobizačními prostředky A, B a C. Látky A a B byly nanášeny na vysušená tělesa štětcem ve dvou vrstvách a nátěr se pak nechal vyžrát po dobu 4 týdnů. Aplikace látky C byla provedena namáčením tělesa do nádoby s látkou po dobu 2 minut. Zrání vrstvy trvalo 24 hodin (dle doporučení výrobce).



Obr. 2: Nasakování zkušebních pískovcových hranolů (50×50×100 mm) při výšce hladiny vody 2-3 mm

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky vysokotlaké rtuťové porozimetrie

Podle optické mikroskopické analýzy je pórový prostor horniny tvořen vzájemnou konfigurací úlomkovitých zrn křemene a živců. Úlomkovitá zrna křemene jsou druhotně silicifikovaná, živce částečně alterované a v mezizrném prostoru se vyskytuje jak diagenetický kaolinit, tak detritické slídy a jílovina (illit). Jak silicifikace, tak červíkovité agregáty kaolinitu a jílové hmoty s malým podílem diagenetického karbonátu, přispívají k redukci systému primárních konfiguračních pórů a dále se podílejí na vytváření jemného pórového systému na úrovni základní hmoty.

Základní porozimetrické charakteristiky testovaných vzorků božanovského pískovce, získané rtuťovou porozimetrií (4 vzorky s označením a, b, c, d), jsou uvedeny v tabulce 1. Tabulka 2 ukazuje objemové zastoupení pórů ve čtyřech hlavních velikostních kategoriích pórů ve studované hornině.

Výsledky ukazují, že pro všechny měřené vzorky jsou dominantní konfigurativní póry o průměru 88,67 až 9,054 μm (kategorie I – viz tab. 2), zahrnující 80 % z celkového objemu pórů v hornině. Tyto póry se překrývají s póry cementačně-konfigurativního typu v základní hmotě (kategorie II a III) a trhlinovým typem pórů ve velkých klastických zrnech (kategorie III a IV).

Tab. 1: Souhrnné výsledky měření vysokotlakou rtuťovou porozimetrií na testovaném pískovci

Vzorek	a	b	c	d
Hmotnost vzorku [g]	1,72	4,16	2,17	3,95
Celkový intrudovaný objem rtuti (celkový objem pórů V_{COP}) [$\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$]	0,08	0,08	0,08	0,08
Celkový povrch pórů [$\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$]	0,82	0,59	1,37	0,35
Medián průměru pórů (podle objemu) [μm]	45,99	46,44	37,01	40,28
Medián průměru pórů (podle plochy) [μm]	0,01	0,01	0,01	0,02
Střední průměr pórů ($4V/A$) [μm]	0,38	0,58	0,22	0,88
Objemová hmotnost při 0.0034 MPa [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	2,21	2,15	2,13	2,15
Měrná hmotnost [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	2,66	2,62	2,55	2,58
Celková pórovitost [%]	16,98	18,06	16,37	16,49

Tab. 2: Výsledky měření vysokotlakou rtuťovou porozimetrií - velikostní kategorie pórů v testovaném pískovci

Kategorie pórů	Interval průměru pórů [μm]	Objemové zastoupení pórů v intervalu [%]
I	88,70-9,05	80,00
II	9,05-3,89	3,80
III	3,89-1,24	5,10
IV	1,24-0,01	11,10
	Celkem	100,00

Průběh nasákavosti a odparu

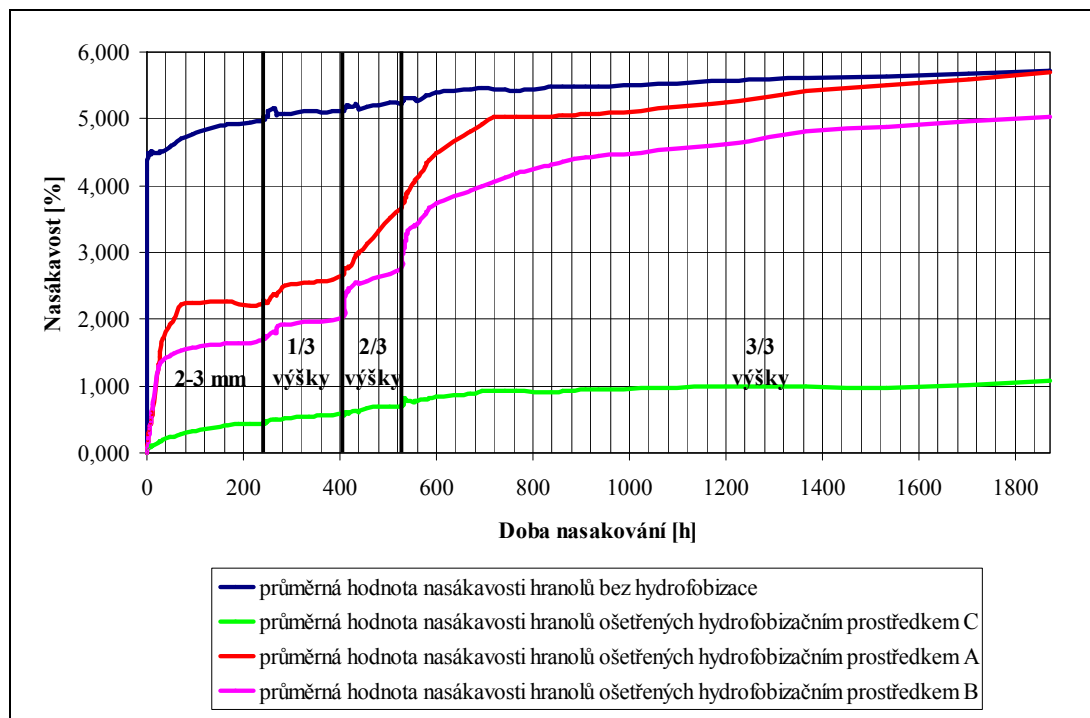
Průběh nasakování vody do pórů horniny je pro božanovský pískovec bez ošetření i s ošetřením třemi zvolenými typy hydrofobizačních prostředků graficky vyjádřen (jako přírůstky hmotnosti zkušebního tělesa vzhledem k hmotnosti suchého tělesa v závislosti na čase) na obr. 3. Každá ze zobrazených křivek byla sestrojena z průměrných hodnot získaných testováním 3 zkušebních těles. Srovnání charakteristických dosažených hodnot nasákavosti během experimentu ukazuje tabulka 3.

U **neošetřeného tělesa** dochází již při ponoření na výšku 2-3 mm k relativně rychlému kapilárnímu zaplnění pórů vodou v téměř celém objemu pórového prostoru vzorku. Další postupné zvyšování hladiny vody vede k zaplňování zbývajících pórů vyplněných vzduchem. Konečná nasákavost (vlhkost) dosáhne hodnoty 5,7 % hm.

Průběhy křivek nasakování u **těles ošetřených látkami A a B** jsou si podobné. Nasakování vody do pórů je částečně blokováno po dobu cca 400 hodin. Po této době dosahuje nasákavost u látky A cca 50 % ve srovnání s neošetřeným vzorkem, u látky B je to cca 40 %. Po této době se blokáce uvolní a nasákavost významně narůstá. Aplikace látky A nesnižuje konečnou hodnotu nasákavosti

horniny. Aplikace látky B snižuje konečnou nasákavost horniny pouze nevýznamně (viz tab. 3 a obr. 4).

V případě aplikace **látky C** je situace odlišná. Nasakování vody do pórů horniny je silně potlačeno a blokováno po dobu 700 h (29 dní). Průnik vody do pórů je omezen natolik, že ani úplné ponoření tělesa do vody nezpůsobí další saturaci pórů vodou. Konečná hodnota nasákavosti (vlhkosti) je 1,1 %, což představuje pouhých 19 % nasákavosti neošetřeného vzorku.



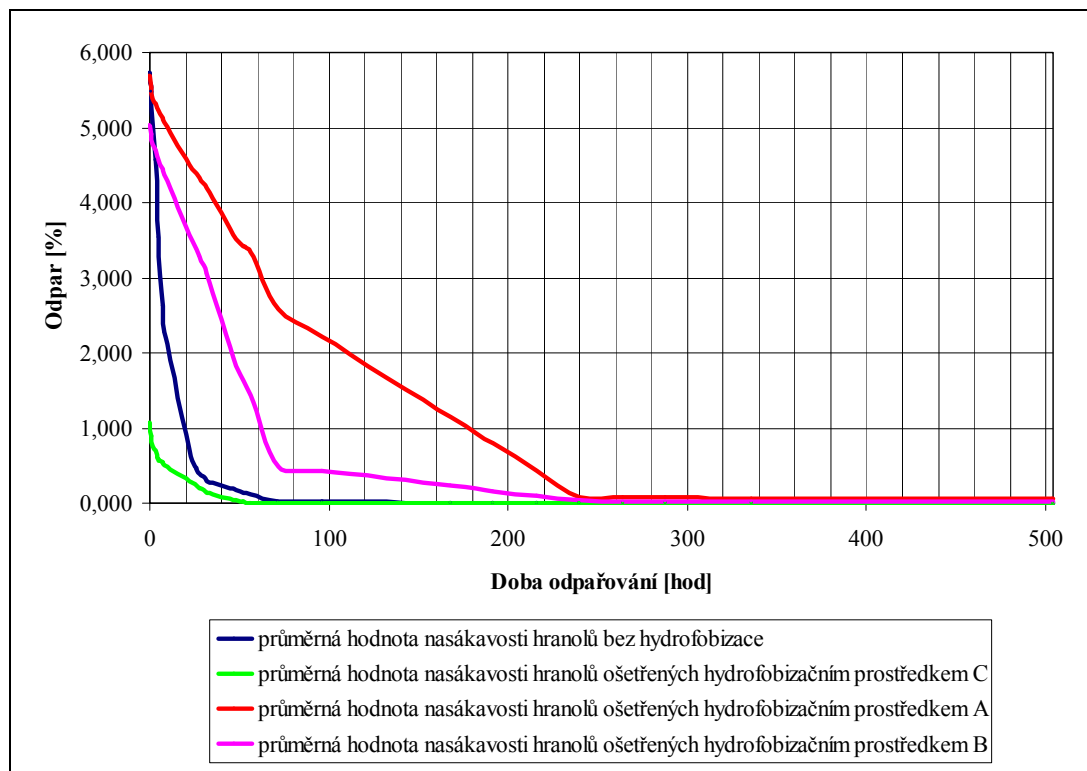
Obr. 3: Průběh nasákavosti při postupném sycení zkušebních těles bez ošetření a s ošetřením hydrofobizačními prostředky A, B a C

Tab. 3: Srovnání dosažených hodnot nasákavosti během experimentu u zkušebních těles bez ošetření a s ošetřením hydrofobizačními prostředky A, B a C

Výška hladiny vody	2-3 mm	1/3 výšky tělesa	2/3 výšky tělesa	3/3 výšky tělesa
Čas nasakování [h]	240,0	408,0	528,0	1872,0
Ošetření tělesa	vlhkost w_1 [%]	vlhkost w_2 [%]	vlhkost w_3 [%]	nasákavost N_{celk} [%]
Neošetřeno	5,0	5,1	5,2	5,7
Látka A	2,2	2,7	3,7	5,7
Látka B	1,7	2,0	2,8	5,0
Látka C	0,4	0,6	0,7	1,1

Každá z křivek odparu na obr. 4 byla rovněž sestrojena z průměrných hodnot získaných testováním 3 zkušebních těles. Na křivkách odparu jsou patrné poměrně výrazné "zlomy", v kterých průběh závislosti mění směr. Časy, po kterých k těmto zlomům dochází, spolu s odpovídajícími hodnotami úrovně odparu (vlhkosti), jsou pro tělesa bez ošetření i s ošetřením látkami A, B a C,

uvedeny v tab. 4. Uvedené hodnoty byly odečítány z grafů zobrazených v přehlednějším a podrobnějším měřítku, než dovoluje tato publikace, a ze získaných datových souborů. Totéž platí i pro výše prezentované hodnoty nasákavosti.



Obr. 4: Průběh odparu vody z povrchu nasycených zkušebních těles bez ošetření a s ošetřením hydrofobizačními prostředky A, B a C

Tab. 4: Změny v průběhu křivky odparu s odpovídajícími hodnotami úrovně odparu (vlhkosti) u zkušebních těles bez ošetření a s ošetřením hydrofobizačními prostředky A, B a C

Ošetření tělesa	Vlhkost při nasycení [%]	změna průběhu křivky odparu					
		čas zlomu [h]	vlhkost [%]	čas zlomu [h]	vlhkost [%]	čas zlomu [h]	vlhkost [%]
Neošetřeno	5,70	12,00	0,57	72,00	0,03	-	-
Látka A	5,70	-	-	72,00	2,58	240,00	0,08
Látka B	5,00	-	-	72,00	0,49	240,00	0,03
Látka C	1,10	7	0,54	30,00	0,16	52,00	0,01

U **neošetřených těles** je odpar vody z pórů horniny poměrně rychlý. Po 12 hodinách dojde k odpaření 90 % přítomné vody (vlhkost horniny klesá z počátečních 5,7 % na 0,57 %, viz tab. 4). V materiálu pak zůstává pouze vlhkost vázaná v jemných pórech v hlubším prostoru vzorku, která se uvolní do dalších 60 hodin.

U **těles ošetřených látkami A a B** je odpar vody pomalejší. Látka A dovoluje pozvolné uvolňování vlhkosti, kdy během 72 hodin uniká z horniny cca 45 % vlhkosti. Po dalších 168 hodinách je z horniny odpařeno celkově cca 98,6 % vody. U látky B je blokáce odparu méně výrazná. Po 72 hodinách je odpařeno již cca 90 % vody a zbytek se uvolní po dalších 168 hodinách.

Z **těles ošetřených látkou C** je již po 7 hodinách odpařeno z horniny cca 50 % vlhkosti, po dalších 23 hodinách je odpařeno již celkem 85 % vlhkosti a zbytek vody se uvolní během dalších 22 hodin. Odpar vody je v tomto případě relativně rychlý.

5 ZÁVĚR

V příspěvku byl hodnocen vliv aplikace tří typů hydrofobizačních prostředků na dynamiku nasákavosti a odparu vody ze stavebního kamene - pískovce z lokality Božanov. Pro daný typ horniny lze vliv použitých látek stručně zhodnotit takto:

Hydrofobizační prostředky A a B na bázi siloxanů mají podobný účinek na nasákavost a odpar vody z pórů pískovcového kamene. Částečně blokují rychlost nasakování vody do horniny, nezabrání však při dlouhodobém nasakování plné saturaci pórů vodou. Odpar vody je při aplikaci těchto látek postupný a dlouhodobý. K zásadnímu snížení vlhkosti dochází v podmínkách daného experimentu až po cca 10 dnech.

Hydrofobizační prostředek C na bázi rozpouštědla s obsahem nanočástic vede k výraznému omezení nasákavosti pískovcového kamene. Primární nasákavost horniny se po aplikaci prostředku sníží o cca 80 % (z hodnoty 5,7 % na 1,1 %). Odpar vody z takto redukováného nasyceného pórového prostoru je relativně rychlý (50 % vlhkosti se uvolní do 7 hodin a k odstranění vlhkosti z horniny dochází celkově do cca 2 dnů). Odpar vody z pórů horniny není hydrofobizačním prostředkem blokován.

Použitý metodický postup hodnocení dynamiky nasákavosti a odparu vody z pórů horniny do okolního prostředí se, i přes svoji časovou náročnost, ukazuje jako efektivní nástroj pro posuzování vhodnosti různých typů chemických hydrofobizačních nebo konzervačních prostředků pro konkrétní druh stavebního kamene. Tuto metodu však bude nutno v dalším řešení problematiky doplnit také o analýzu charakteru uložení hydrofobizačního prostředku v pórech horniny, analýzu interakce látky s horninou a posouzení změn v geometrii pórů. Vzhledem k charakteru křivek nasakování u látek na bázi siloxanů bude nutno věnovat pozornost také chování vyzrálého gelu při dlouhodobém kontaktu s vodou. Tyto otázky zde zatím řešeny nebyly.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vypracován v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporovaného Operačním programem Výzkum a vývoj pro Inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR.

LITERATURA

- [1] ALVAREZ DE BUERGO BALLESTER, M. a R. FORT GONZÁLEZ. Basic methodology for the assessment and selection of water-repellent treatments applied on carbonatic materials. *Progress in Organic Coatings* [online]. roč. 43, 2001, s. 258–266. ISSN 0300-9440. PII: S0300-9440(01)00204-1.
- [2] BOUTIN, F. Comparative study of the efficiency of protective treatments applied to stone. *In Surface Technology with Water Repellent Agents: Proceedings of Hydrophobe III, Third International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, Universität Hannover, Germany, September 25th and 26th, 2001*. ed. K. Littman and A. E. Charola, pp 233–244. Freiburg: Aedificatio Verlag. ISBN 3931681602.
- [3] CAMAITI, M., S. BUGANI, E. BERNARDI, L. MORSELLI, and M. MATTEINI. 2007. Effects of atmospheric NO_x on biocalcarene coated with different conservation products. *Applied Geochemistry*, 22 (6): 1248–54.

- [4] CHAROLA, A. E. Water-repellent treatments for building stones: A practical overview. *APT Bulletin*, 1995. 26 (2–3), pp. 10–17.
- [5] CNUUDE, V., J.P. CNUUDE, C. DUPUIS a P.J.S. JACOBS. X-ray micro-CT used for the localization of water repellents and consolidants inside natural building stones. *Materials Characterization* [online]. roč. 53, 2004, s. 259-271. ISSN 1044-5803. DOI: 10.1016/j.matchar.2004.08.011.
- [6] ČSN EN 1925: 2000. *Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení součinitele nasákavosti vodou působením vzlinavosti*. Praha: Český normalizační institut, 2000. 11 s.
- [7] DOEHNE, E. F. a C. A. PRICE. *Stone conservation: an overview of current research*. 2nd ed. Los Angeles, Calif.: Getty Conservation Institute, 2010, xi, 158 p. Research in conservation. ISBN 16-060-6046-5.
- [8] DOMINGO, C., M. ALVAREZ DE BUERGO, S. SÁNCHEZ-CORTÉS, R. FORT, J. V. GARCÍA-RAMOS a M. GOMEZ-HERAS. Possibilities of monitoring the polymerization process of silicon-based water repellents and consolidants in stones through infrared and Raman spectroscopy. *Progress in Organic Coatings* [online]. roč. 63, 2008, s. 5–12. ISSN 0300-9440. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2008.03.002.
- [9] KARACA, Zeki. *Water absorption and dehydration of natural stones versus time*. Construction and Building Materials. 2010, vol. 24, pp 786–790. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2009.10.029.
- [10] LICCHELLI, M., M. MALAGODI, M. L. WETHTHIMUNI a Ch. ZANCHI. Water-repellent properties of fluoroelastomers on a very porous stone: Effect of the application procedure. *Progress in Organic Coatings* [online]. roč. 76, 2013, s. 495-503. ISSN 0300-9440. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2012.11.005.
- [11] MARTINEC, P., J. ŠČUČKA, L. AUGISTINKOVÁ a M. PEŘINKOVÁ. Pískovce ve fragmentech gotického zdiva ze Staříče - pórovitý systém a interakce hornin s vodou. *Odborný časopis Zpravodaj WTA CZ*, 2010, 3-4, s. 22-25. ISSN 1213-7308.
- [12] MARTINEC, P., VAVRO, M., SCUČKA, J., MASLAN, M. Properties and durability assessment of glauconitic sandstone: A case study on Zamel sandstone from the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Engineering Geology*, 2010, vol.115, No. 3-4, p. 175-181. Elsevier B.V. ISSN 0013-7952.
- [13] MOTTERSHEAD, D., A. GORBUSHINA, G. LUCAS a J. WRIGHT. The influence of marine salts, aspect and microbes in the weathering of sandstone in two historic structures. *Building and Environment* [online]. roč. 38, 9-10, s. 1193-1204. ISSN 03601323. DOI: 10.1016/S0360-1323(03)00071-4.
- [14] RATHOUSKÝ, J. *Zprávy památkové péče: Konzervační prostředky pro kámen i jiné stavební materiály*. Praha: Státní ústav památkové péče, 1994, roč. 54, č. 6. ISSN 1210-5538.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc., Ústav chemie, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Ing. Eva Vejmelková, Ph.D., Katedra materiálového inženýrství a chemie, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Zdeněk KALÁB¹, Miroslav PINKA²

ANALÝZA ZÁZNAMŮ TECHNICKÉ SEIZMICITY POMOCÍ WAVELETOVÉ
TRANSFORMACE – PAKETOVÉHO ROZKLADU

ANALYSIS OF TECHNICAL SEISMICITY RECORDS USING WAVELET TRANSFORM –
PACKET DECOMPOSITION

Abstrakt

Článek představuje výsledky analýzy digitálních záznamů technické seizmicity. Výsledky jsou ukázány na svislých složkách záznamů vibrací vyvolaných například beraněním piloty nebo hutněním šterkového podkladu. K analýze je použit paketový rozklad do 16 frekvenčních hladin, který je založen na waveletové transformaci digitálních signálů s využitím ortogonální Daubechiovské mateřské báze SYM 20.

Klíčová slova

Waveletová transformace, paketový rozklad, SYM20, digitální záznamy, technická seizmicita.

Abstract

Analysis results of digital records of technical seismicity are presented in this paper. These results are shown on vertical components of signals generated e.g. by pile driving or compaction of graveled base. Packet decomposition into 16 frequency ranges is used for analysis; these decompositions are based on wavelet transform of digital signals using orthogonal Daubechies mother base SYM 20.

Keywords

Wavelet transform, packet decomposition, SYM20, digital record, technical seismicity.

1 ÚVOD

Na starších stavebních objektech, zvláště zděných, můžeme často pozorovat trhliny následkem dynamické odezvy stavby na technickou seizmicitu. Tyto trhliny lze pozorovat především ve svislých nosných, případně ve stropních konstrukcích, lze nalézt praskání okenních tabulí atd. [20]. Technická seizmicita je pojem shrnující vibrace způsobené stroji, nářadím, dopravními prostředky a lidskou činností, nejvýznamnější projevy jsou projevy trhacích prací a indukované seizmicity [např. 5, 18].

Charakter vyvolaných vibračních projevů této seizmicity je různý. Jde o obecně známé sinusové a složené sinusové jevy, dále pak o stacionární náhodné, nestacionárně náhodné jevy a pulzy. Pro posouzení možných negativních vlivů vibrací na stavby, případně na člověka, je nutné znát hodnoty převládajících (nosných) frekvencí, k čemuž se tradičně používá Fourierova transformace (spektrální analýza pomocí FT). Waveletová transformace (WT) poskytuje oproti

¹ Prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 942, e-mail: zdenek.kalab@vsb.cz.

² Ing. Miroslav Pinka, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 948, e-mail: miroslav.pinka@vsb.cz.

Fourierově transformaci informací o časové lokalizaci spektrálních složek. FT také není vhodná pro analýzu nestacionárních signálů, neboť využívá sinusové funkce pro rozklad signálů a je proto vhodná především pro popis periodických signálů. WT nabízí nový přístup k analýze signálů použitím speciálního filtru nazvaného wavelet. V příspěvku jsou představeny výsledky použití paketového rozkladu waveletové transformace. Cílem je ukázat možnost a vlastnosti rozkladů vybraných signálů technických vibrací, které jsou příkladem zpravidla nestacionárních signálů. Rozklady umožňují následné detailnější zpracování signálu ve frekvenčních hladinách.

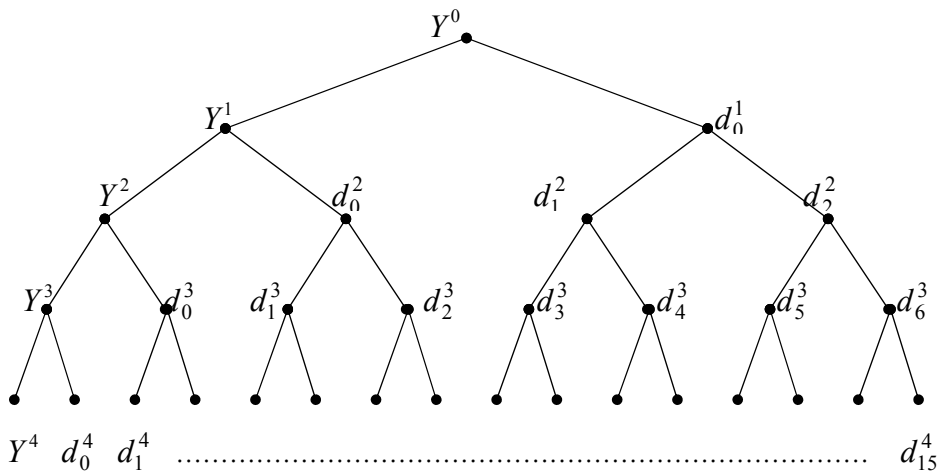
2 WAVELETOVÁ TRANSFORMACE

K popisu waveletové transformace potřebujeme složitější matematický aparát, jehož základem je tzv. víceúrovňová analýza – multirozklad. Proto pro podrobné studium této diskrétní transformace odkazujeme na literaturu, např. Horák [4]. Dnes jsou waveletové transformace (množina waveletových transformací) velmi rozšířené a používají se při rozkladu, analýze a syntéze signálů různého původu (optické, akustické, řečové apod.), při analýze a řešení úloh spojených s identifikací objektů (např. v lékařství, v geofyzice a v meteorologii), při analýze turbulentních polí, pro ztrátovou i bezztrátovou komprimaci dat (jedno i vícerozměrných) a také při řešení úloh spojených s řešením soustav algebraických a diferenciálních rovnic (parciálních diferenciálních rovnic). První použití waveletové transformace v geofyzice a zavedení termínu „wavelet“ bylo provedeno Grossmannem a Morletem [3] při analýze seizmických a akustických signálů. Teorie waveletů si postupně našla místo v různých aplikacích, mj. i v geofyzice a seizmickém inženýrství [např. 12, 13, 10, 7, 2].

Jednou z procedur waveletové transformace, která poskytla pozitivní výsledky v oblasti zpracování seizmologických dat, je paketový rozklad seizmologického signálu. Princip paketového rozkladu signálu je na obr. 1 – binární graf (pyramidální algoritmus pro komprimovaný signál i doplněk). Signál Y^0 je rozložen na dvě části – Y^1 - komprimovaný signál (aproximace signálu, trendová část) na první hladině rozkladu, d_0^1 - ortogonální doplněk na první hladině, který zachycuje odlišnosti („jemnosti“). Zapišeme-li pro přehlednost jako horní index, index hladiny, a dolní index bude indexem uvnitř hladiny, pak výstup na druhé hladině bude Y^2, d_0^2, d_1^2, d_2^2 , přičemž Y^2 je aproximační část, charakterizující dolní čtvrtinu frekvencí (nejnižší), d_0^2 je doplňková část po druhém rozkladu a charakterizuje druhou čtvrtinu frekvencí, d_1^2 je aproximační část prvního doplňku a charakterizuje třetí čtvrtinu frekvencí, d_2^2 je doplňková část prvního doplňku a charakterizuje čtvrtou (poslední) čtvrtinu frekvencí, tj. nejvyšší frekvence. Stručně lze formulovat, že se jedná o transformaci signálu z 2-D oblasti (časově-amplitudové) do 3-D oblasti (časově-frekvenčně-amplitudové). Je možné si zjednodušeně představit, že jsme použitím waveletové transformace signál „rozfiltrovali“ do několika frekvenčních na sebe navazujících „hladin“ [např. 1].

První krok při zpracování signálů pomocí waveletové transformace vyžaduje výběr optimálního waveletu a waveletovské báze. To lze provést náhodným výběrem nebo s využitím numerického ocenění signálu, např. pomocí jeho entropie [13]. Výběr waveletové báze je velmi důležitý a ovlivňuje výsledky zpracování. Obvykle se waveletová báze volí tak, aby se co nejvíce podobala zpracovávanému signálu, tj. lépe zachycuje frekvence. Při okenní transformaci jsou odstraněny vysoké frekvence (dochází k vyhlazení), zatímco u waveletové transformace jsou zachyceny všechny frekvence. Waveletová transformace se hodí jak pro stacionární, tak pro nestacionární signály [podle 4].

Označíme-li nejvyšší možnou frekvenci F_N (Nyquistovu), odpovídající základnímu oknu $\Delta T = \frac{1}{F_N}$, pak přechod z jedné hladiny na druhou lze ve frekvenční oblasti vyjádřit $\frac{F_N}{2^j}$, $j=1, 2, \dots, k$ (v našem případě $k=16$, zobrazeny nejsou vždy všechny frekvenční hladiny, nejnižší frekvenční hladiny neposkytují vzhledem k rozsahu senzorů reálné hodnoty). Přechod z jedné do druhé hladiny tedy zachycuje frekvence z intervalu $\left\langle \frac{F_N}{2^{j-1}}; \frac{F_N}{2^j} \right\rangle$.



Obr. 1 Schéma paketového rozkladu signálu

3 EXPERIMENTÁLNÍ DATA A INTERPRETACE

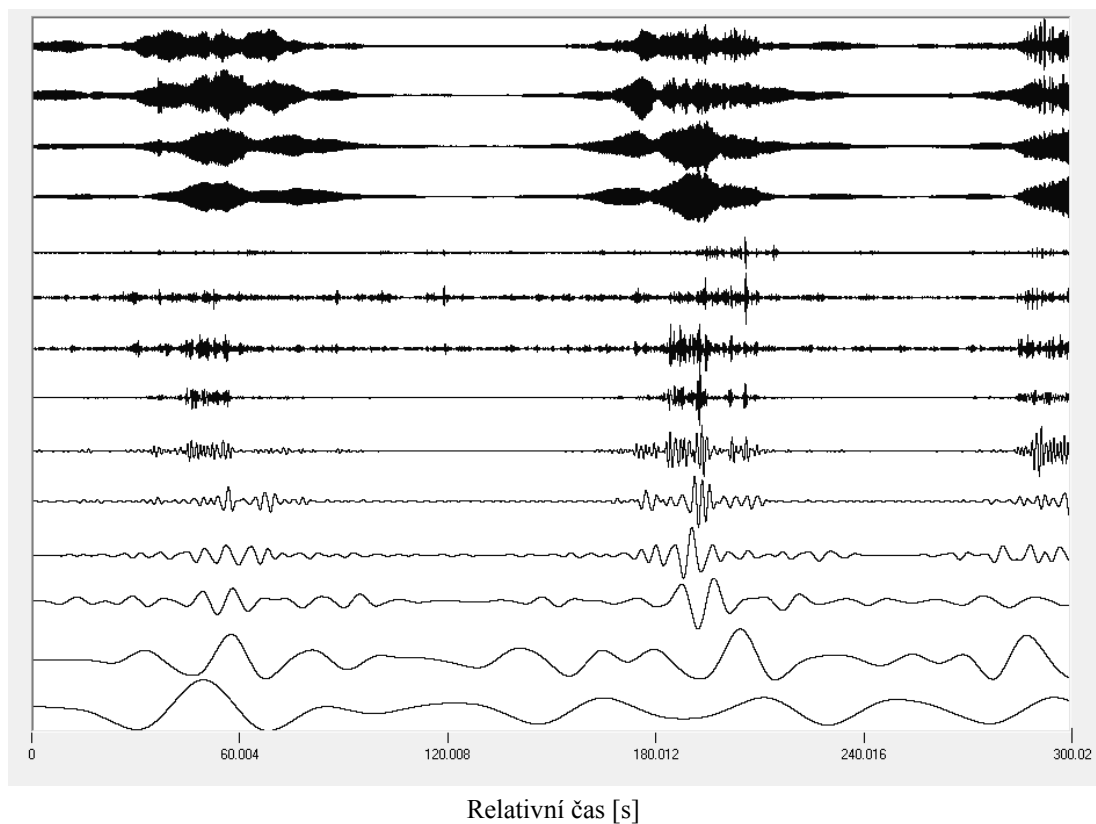
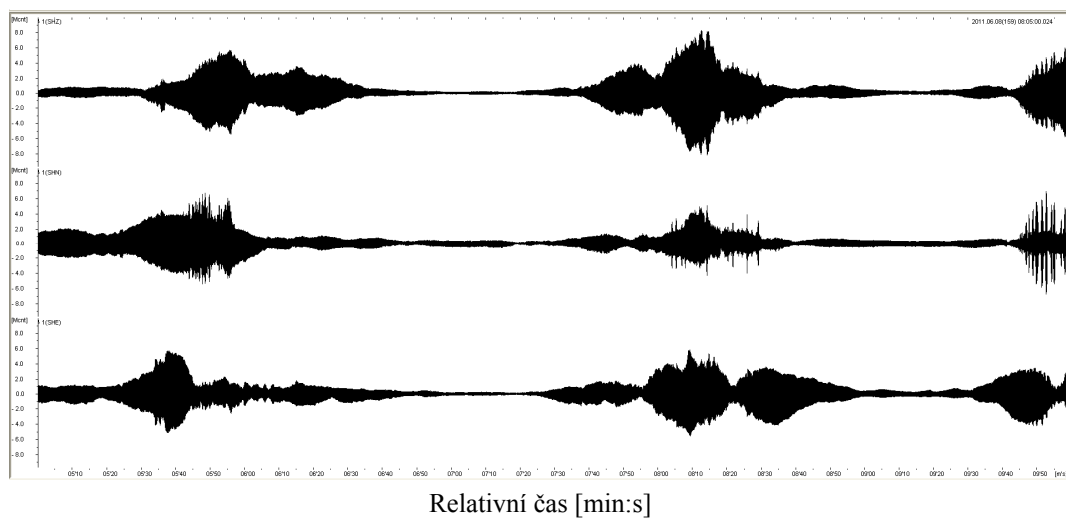
Experimentální data – seizmologické signály – pocházejí z vlastních měření, která byla realizována aparaturami typu GAIA s tříoskovými senzory Le3D nebo ViGEO2. Frekvenční rozsah seizmického kanálu byl ve všech případech nejméně 2 – 80 Hz, vzorkovací frekvence 500 Hz.

Paketový rozklad našich dat je založen na waveletové transformaci digitálních signálů s využitím ortogonální Daubechiesové báze SYM 20. Je využito počítačového programu SpectraAnalyzer, který byl vyvinut prof. A. Lyubushinem, IFZ Moskva, z Ruské akademie věd; popis programu je v referenční příručce a článku Kalába et al. [8]. Frekvenční hladiny jsou (na obrázcích shora dolů) definována následujícími intervaly: 250-125, 125-62,5, 62,5-31,25, 31,25- 15,625, 15,625-7,8125, 7,8125- 3,90625, 3,90625-1,95, 1,95-0,98, 0,98-0,49, 0,49-0,245, 0,245-0,1225, 0,1225-0,0612, 0,0612-0,03, 0,03-0,015 [všechny hodnoty v Hz]. Na vodorovné ose rozkladů je relativní čas v [s], na svislé ose jsou tzv. waveletové koeficienty (závisí na použité waveletové bázi, pro náš účel nejsou hodnoty podstatné, a proto nejsou uváděny).

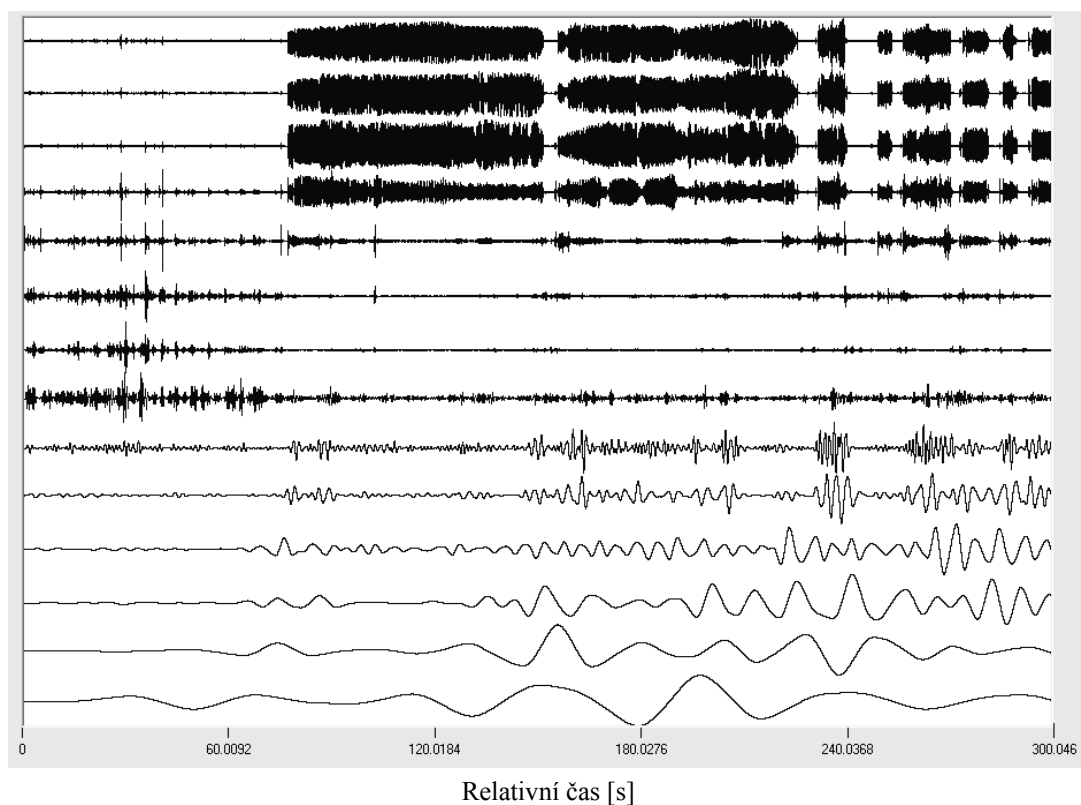
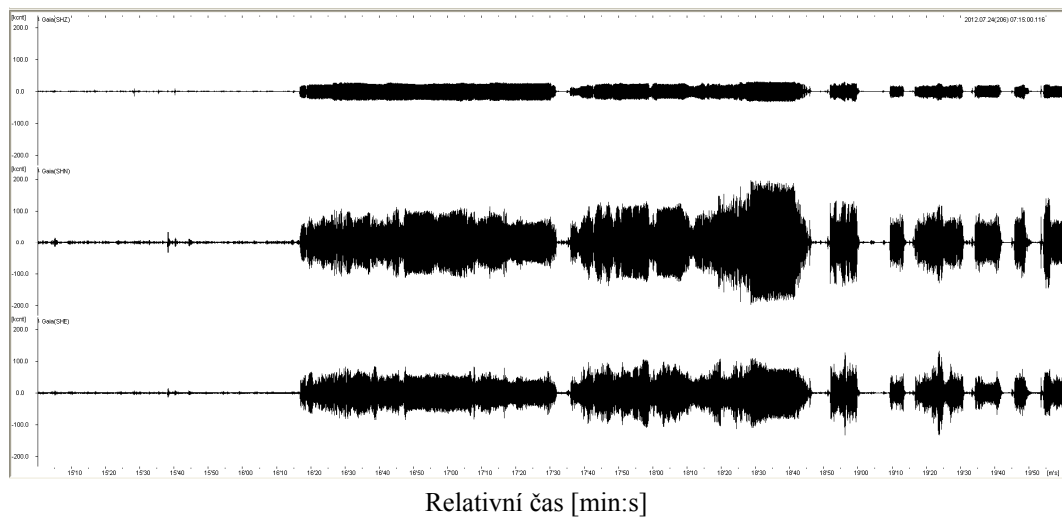
První příklad představuje interpretaci záznamu vibrací vyvolaných vibračním válcem při hutnění šterkového podkladu. Základní interpretaci tohoto měření v amplitudové oblasti prezentoval Pinka [15]. Zpracovávaná část záznamu o délce 300 s je na obr. 2 (nahore), shora dolů složky záznamu v pořadí svislá, vodorovná N-S a vodorovná E-W, paketový rozklad svislé složky je na obr. 2 (dole). Rozklad ukazuje v souladu s vlnovým obrazem významná kmitání ve třech časových obdobích záznamu. Z rozkladu je zřejmé, že jde o signály se širokým rozsahem frekvencí, a to od 250 Hz do 15 Hz. V časovém období okolo 200 s je detekovatelné významnější kmitání na frekvencích 0,5 Hz - 0,1 Hz; tento interval však s ohledem na frekvenční rozsah daného měření nemusí být přesný. Frekvenční spektrum (použitím FT) tohoto signálu, kromě toho že neposkytuje informaci o časech největších projevů, ukazuje dominantní frekvenci pouze na hodnotě cca 27 Hz a vyšších násobcích této hodnoty.

Na obr. 3 (nahore) je cca pětiminutový záznam vibračních projevů vyvolaných demoličním kladivem při práci v tunelu Jablunkov. Zde po havárii tunelu při rekonstrukci zůstala část tunelu stát s již vybudovaným definitivním ostěním. Druhá část byla provizorně zajištěna betonovou zátkou a těžkým mostním bedněním. K odstranění zátky byla použita kombinace trhacích prací a hydraulického bouracího kladiva [např. 16]. Vzhledem k podobnému charakteru vyvolaných vibrací, paketový rozklad (obr. 3 dole) tohoto signálu má velmi podobný charakter. Frekvenční analýza tohoto signálu dokládá dominantní frekvenci na hodnotě cca 70 Hz. V obou dosud uvedených příkladech paketový rozklad „upozornil“ na významné zastoupení vibrací ve vyšších

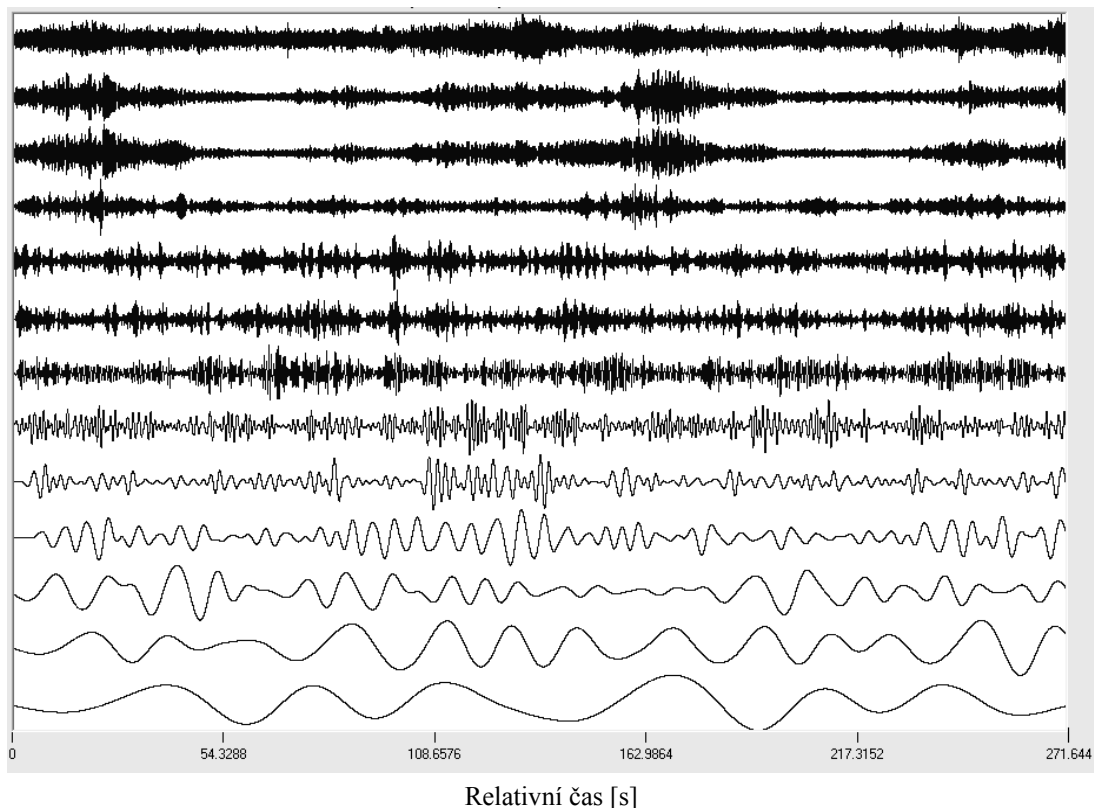
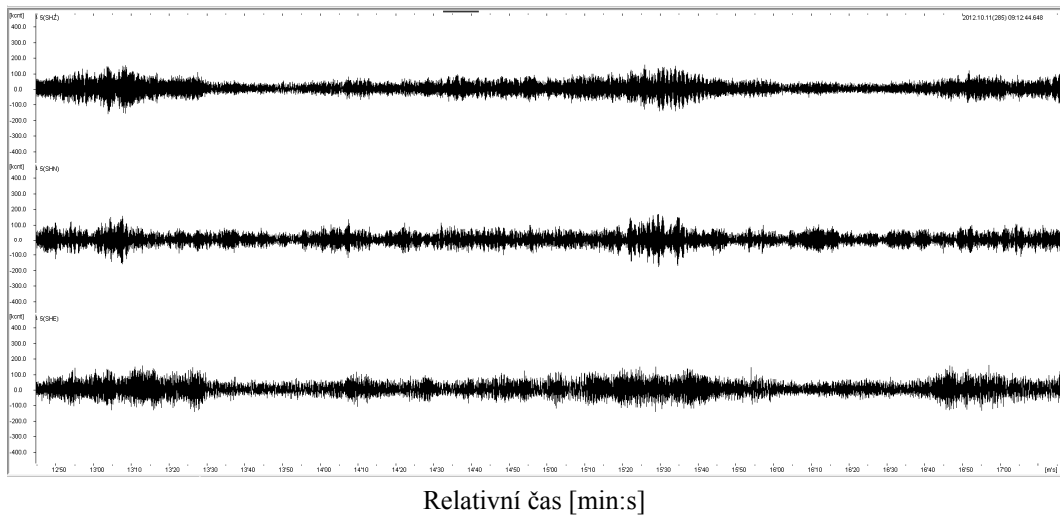
frekvenčních hladinách, což je nutno vzít v úvahu při hodnocení zvýšení seizmického zatížení pro přístroje citlivé na vibrace nacházející se v blízkém okolí prováděných prací.



Obr. 2 Záznam vibrací vyvolaných vibračním válcem při hutnění štěrkového podkladu (nahore) a paketový rozklad (dole); na vodorovné ose je čas v s, na svislých osách amplitudy (detaily a popis v textu)



Obr. 3 Záznam vibrací vyvolaných demoličním kladivem tunelu Jablunkov (nahore) a paketový rozklad (dole); na vodorovné ose je čas v s, na svislých osách amplitudy (detaily a popis v textu)



Obr. 4 Záznam vibrací vyvolaných v okolí stožáru větrné elektrárny v Loděnicích (nahore) a paketový rozklad (dole); na vodorovné ose je čas v s, na svislých osách amplitudy (detaily a popis v textu)

Záznam na obr. 4 (nahore) je vlnový obraz vibrací, který byl získán při umístění senzoru v malé vzdálenosti od stožáru větrné elektrárny při slabém ustáleném větru. Měření bylo realizováno ve větrném parku v Loděnicích. Časově-frekvenční analýza záznamu tohoto typu, která byla představena v článku Kalába [6], ukázala, že při rozkmitání stožáru se jedná o signál se širokým

rozsahem zastoupených frekvencí v rozsahu od cca 9 do 40 Hz a výše. Paketový rozklad zvoleného úseku ukazuje zastoupení signálu ve všech rozkladových hladinách. Současně lze pozorovat, že amplituda signálu je víceméně rovnoměrná, uvedené rezonanční kmitání je velmi slabé až nedetekovatelné, a to na rozdíl od projevů představených v předchozích dvou příkladech. Frekvenční analýza signálu představuje víceméně spektrum bílého šumu

4 ZÁVĚR

Technická a indukovaná seizmicita se dostává do stále větší pozornosti. To dokládá i aktivita IASPEI, která založila pracovní skupinu Triggered and Induced Seismicity (<http://tais.iaspei.net/>, [21]). Jejím cílem je shrnutí stávajících poznatků z dané vědní oblasti, studium možností současné monitorovací techniky a interpretaci dat pro posouzení a snížení seizmického rizika.

Interpretace záznamů technické seizmicity se provádí jak v časové, tak i časově-frekvenční oblasti. Naše studie v této problematice jsou publikovány např. v [9, 11, 14, 17, 19]. Práce se soustředily nejen na stanovení projevů, ale také na posouzení vlivu geologického prostředí.

Cílem tohoto příspěvku bylo ukázat možnost využití paketového rozkladu na bázi waveletové transformace. Paketový rozklad umožňuje dále analyzovat i detailní složky a zpřesňovat tak frekvenční i časovou lokalizaci vyvolaných vibrací. Ve svém důsledku je možné rozkládat libovolnou složku (aproximaci, detail) na libovolné hladině. Na rozdíl od filtrací digitálních signálů pásmovou propustí, paketový rozklad waveletovou transformací je bezztrátový a nedochází tedy při interpretaci ke ztrátě informace. Dva příklady, a to vibrace vyvolané při hutnění štěrkového lože a vibrace vyvolané bouracím kladivem, mají paketové rozklady signálů, které ukazují nerovnoměrné rozložení vibrací v jednotlivých frekvenčních intervalech. Z rozkladů je zřejmé, že jde o signály se širším rozsahem frekvencí, a to v rozmezí od 250 Hz do 15 Hz. Jiný typ paketového rozkladu byl získán z měření vibrací vyvolaných větrnou elektrárnou (slabý signál srovnatelný se seizmickým neklidem), jenž poskytl víceméně rovnoměrnou amplitudu signálu na všech rozkladových intervalech.

Prostorové zobrazení rozkladu umožňuje využití časově-frekvenční analýzy nejen k názorné prezentaci časově-frekvenčního rozkladu signálu (prostorové zobrazení signálu), ale také např. k rychlému provedení typové analýzy signálů a odhadu převládajících frekvencí v různých časových intervalech (zvláště pro kontinuální signály z dlouhodobého monitoringu). Waveletové rozklady umožňují detailněji studovat stavbu seismogramů jak v časové, tak i frekvenční oblasti.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2013 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

LITERATURA

- [1] ČASTOVÁ N., KALÁB, Z. Waveletový rozklad seismologických signálů. *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO*, 2003, č. 2., roč. III, řada stavební, pp. 51-60. ISSN 1213-1962, ISBN 80-248-0499-9.
- [2] FOUFOULA-GEORGIOU, E., KUMAR, P. Wavelet analysis for geophysical applications. *Reviews of Geophysics*. 2010, Vol. 35, Issue 4, pp. 385–412. DOI: 10.1029/97RG00427
- [3] GROSSMAN, A., MORELET, J. Decomposition of Hardy Function into Square Interable Wavelets of Constant Shape. *SIAM, J. Math. Anal.* 1984, Vol. 15, pp. 723-736.
- [4] HORÁK, D. *Diskrétní transformace*. 2012. <http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/diskretni_transformace.pdf> [cit. 2013-03-11]
- [5] KALÁB, Z. *Seizmická měření v geotechnice*. VŠB-TUO, fakulta stavební, Ostrava, 2008. 125 pp. ISBN 978-80-248-1796-5.
- [6] KALÁB, Z. Úvodní studie hodnocení vibrací vyvolaných větrnou turbínou. *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO*, 2012, č. 2., roč. XII, řada stavební, pp. 93-102. ISSN 1213-1962.

- [7] KALÁB, Z., ČASTOVÁ N. Desetiletí použití waveletové transformace pro důlně indukované seizmické jevy na ÚGN. *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO*, 2007, č. 2., roč. VII, řada stavební, pp. 43-50. ISSN 1213-1962, ISBN 978 -80-248-1616-6, 43-50.
- [8] KALÁB, Z., LEDNICKÁ. M., LYUBUSHIN, A.A. Processing of Mining Induced Seismic Events by Spectra Analyzer Software. *Górnictwo i geologia. Kwartalnik*. 2011, tom 6, zeszyt 1, pp. 75-83. PL ISSN 1896-3145.
- [9] KALÁB, Z., LEDNICKÁ. M., KORÍNEK, R., HRUBEŠOVÁ, E. Influence of Local Geological Pattern on Values of Vibrations Induced by Road Traffic. *Acta Geophys*. 2012, Vol. 60, No. 2., pp. 426-437. ISSN 1895-6572 (print version)
- [10] KLEES, R., HAAGMANS, R. (eds). *Wavelets in the Geosciences*. Springer, Berlin and others, 2000. 241 pp. ISBN 3-540-66951-5.
- [11] LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z. Hodnocení vibrací během výstavby štětovnicové stěny v zastavěné oblasti. *Geotechnika*. 2011, roč. 14, č. 3/2011, pp. 16-21. ISSN 1211-913X
- [12] LYUBUSHIN, A.A. *Geophysical and Ecological Monitoring Systems Data Analysis*. Nauka, Moscow, 2007. 228 pp. (in Russian). ISBN 5-02-034063-4.
- [13] LYUBUSHIN JR., A.A., KALÁB, Z. AND ČASTOVÁ, N. Application of Wavelet Analysis to the Automatic Classification of Three-Component Seismic Records. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2004, Vol.40, No.7, pp. 587-593. ISSN 1069-3513.
- [14] PETŘÍK, T., LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E. Analysis of Technical Seismicity in the Vicinity of Reconstructed Road. *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, No. 1, 2012, Vol. XII, paper #5, 10 pp. ISSN 1804-4824 (On Line)
- [15] PINKA, M. Příspěvek k interpretaci vibrací v okolí hutněného prostoru. *Sborník referátů konference „GEOTECHNIKA 2012“*. 2012, s. 184-189, Stupava.
- [16] PINKA, M., STOLÁRIK. M. Seismic response hydraulic hammer on the Secondary lining tunnel. *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava. Construction Series*. 2012, XII, No. 2, p. 132-142. ISSN 1804-4824. DOI: 10.2478/v10160-012-0027-1. Dostupné z: <http://versita.com>
- [17] PINKA, M., STOLÁRIK. M., FOJTÍK, R., a PETŘÍK, T. Experimental Seismic Measurement on the Testing Construction and The Analyze. *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava. Civil Engineering Series*. 2012, XII, No. 1, p. 1-11. ISSN 1804-4824. DOI: 10.2478/v10160-012-0006-6. Dostupné z: <http://versita.com>
- [18] PIRNER, M. *Životní prostředí a technická seizmicita*. 2009. <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=2118>> [cit. 2013-03-11]
- [19] SALAJKA, V., KALÁB, Z., KALA, J., HRADIL, P. Response of the Residential Building Structure on Load Technical Seismicity due to Mining Activities. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009, Vol. 50, www.waset.org, pp 214-222. ISSN 2070-3724.
- [20] SOLAŘ, J. *Zajištění zděných staveb proti vlivům technické seizmicity*. 2007. <<http://www.imaterialy.cz/Zdene-konstrukce/Zajisteni-zdenych-staveb-proti-vlivum-technicke-seizmicity.html>> [cit. 2013-03-11]
- [21] <<http://tais.iaspei.net>> [cit. 2013-03-11]

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Igor Leško, CSc., Ústav riadenia a informatizácie výrobných procesov, Fakulta BERG, TU v Košiciach.

Ing. Urushadze Shota, PhD, Centrum experimentální mechaniky, Ústav teoretické a aplikované mechaniky, AV ČR, v. v. i.

Tomáš PETŘÍK¹, Marek MOHYLA², Eva HRUBEŠOVÁ³

**NUMERICKÝ MODEL ODEZVY DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ V ZEMINĚ
S POUŽITÍM METODY LATIN HYPERCUBE SAMPLING**

**NUMERICAL MODEL OF THE DYNAMIC LOAD RESPONSE IN THE SOIL
USING LATIN HYPERCUBE SAMPLING METHOD**

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou odezvy dynamického zatížení v horninovém prostředí s využitím metod matematického modelování a stochastických simulačních metod. Modelově jsou vyhodnocovány odpovídající hodnoty amplitud rychlostí kmitání v deseti různých vzdálenostech od zdroje. K modelování je využit dynamický modul softwaru Plaxis, pro generaci stochastických hodnot vstupních parametrů byl pak využit softwarový modul GLHS. Celkem bylo generováno pro každý vstupní parametr 20 hodnot, získané modelové hodnoty amplitudy rychlosti kmitání byly v každé analyzované vzdálenosti statisticky zpracovány, byly stanoveny základní statistické charakteristiky získaného statistického souboru odezvy modelu a na základě této analýzy byly pak zpracovány útlumové křivky rychlosti kmitání. Z výsledků stochastického modelování dynamické odezvy lze pak stanovit rozsahy, v nichž se budou rychlosti kmitání v různé vzdálenosti od zdroje kmitání s určitou pravděpodobností pohybovat.

Klíčová slova

Dynamické zatížení, numerický model, stochastický parametr, simulační metoda Latin Hypercube Sampling, amplituda rychlosti kmitání.

Abstract

The paper deals with the dynamic load response in rock mass using both the methods of mathematical modelling and stochastic simulation methods. Based on the mathematical modelling results the velocity amplitude of vibration response in the rock mass corresponding to the different distances from the source are then evaluated. The modelling is performed by application of Plaxis dynamic module and for the generation of random values of stochastic input parameters there was used software GLHS. For each input parameters there were generated 20 input values, obtained calculating amplitudes of velocities were statistically analyzed in each distance (there were evaluated the basic statistical characteristics). On the basis of this stochastic analysis the attenuation curve of the vibration velocity with the certain level of probability were determined.

¹ Ing. Tomáš Petřík, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 362, e-mail: tomas.petrik@vsb.cz.

² Ing. Marek Mohyla, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 362, e-mail: marek.mohyla@vsb.cz.

³ Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

Keywords

Dynamic loading, numerical model, stochastic parameter, simulation Latin Hypercube Sampling method, vibration velocity amplitude.

1 ÚVOD

Horninové prostředí bývá při výstavbě vystaveno nejen vlivům statického zatížení, ale v nemalé míře i zatížení dynamickému. To může být vyvoláno v důsledku přírodních jevů, přímé lidské činnosti nebo kombinací (tzv. indukovanými jevy). Pro posouzení a predikci vlivu dynamického zatížení na své okolí bývá v současné době často využíváno matematického modelování. Například Kirzhner a kol. [1] ukazuje praktické využití zeminy s pružným chováním jako účinné ochranné (tlumící) vrstvy proti přenosu vibrací, které jsou způsobeny vlaky metra. Svě výsledky dokládá provedenou numerickou analýzou. Kolektiv autorů z univerzit K.U. Leuven a Ghent University [2, 3] využívají matematických modelů ke stanovení dynamických parametrů zemin tvořících drážní tělesa. Aby tyto modely byly co nejvíce výstižné a odpovídaly reálné situaci, musí zohlednit nejen vliv samotného dynamického zatížení, ale i geometrii a charakteristiky prostředí, kterým se bude dynamický impuls šířit.

Objektivita a spolehlivost vstupních parametrů je jedním z nejdůležitějších činitelů matematických modelů. Zatímco parametry konstrukčních prvků jsou obvykle dostatečně známy, parametry horninového prostředí však vykazují určitý náhodný (stochastický) charakter, který vyplývá především z nehomogenity horninového prostředí. Jednou z možností, jak lze zohlednit proměnlivý charakter horninového prostředí, je využití simulačních stochastických metod modelování. Běžně je využívána stochastická simulační metoda Monte Carlo, která je v geotechnice využita například u řešení stability svahů náhylným k sesuvu v Japonském Sasebu [4]. Metoda Monte Carlo ovšem vyžaduje velké množství simulačních výpočtů, a proto je vhodnější a efektivnější u složitých matematických modelů využít simulační metody Latin Hypercube Sampling (LHS), která umožňuje snížit počet simulačních výpočtů při zachování potřebné přesnosti. Metoda LHS je například využita při vyhodnocení interakce zeminy se seizmicky citlivým, nepřetvárným rámem konstrukce budovy [5] nebo při modelování vlivu plošného odstřelu v povrchovém lomu na napěťo-deformační a stabilitní situaci závěrných svahů [6].

2 TEORETICKÝ ZÁKLAD METODY LHS (STOCHASTIKA)

Každý vstupní parametr stochastického charakteru, který vstupuje do výpočtu, je charakterizován funkcí hustoty pravděpodobnosti $f(x)$ (Obr. 1) a distribuční funkcí $F(x)$.

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx \quad (1)$$

Mezi základní charakteristiky rozložení pravděpodobnosti patří střední hodnota μ , která je definovaná vztahem (2), a rozptyl σ^2 , který je definován vztahem (3).

$$\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx \quad (2)$$

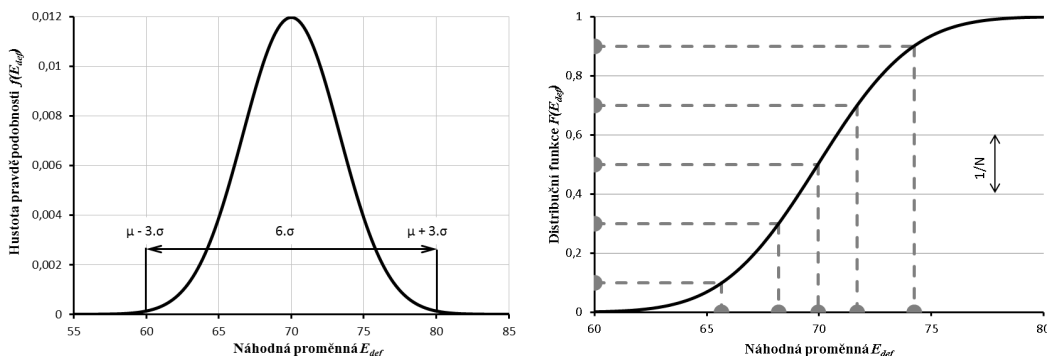
$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 \cdot f(x) dx \quad (3)$$

Pod zkratkou LHS (Latin Hypercube Sampling) se skrývá modifikovaná metoda typu Monte Carlo, jejíž historie sahá až do druhé poloviny 70 let 19. století. Metoda LHS byly vyvinuta za účelem snížení počtu simulačních výpočtů, a tedy i snížení značné časové náročnosti, při zachování potřebné přesnosti. Proto tato metoda spadá do skupiny metod redukce rozptylu (redukční metody).

Principem LHS je rozdělení oboru hodnot distribučních funkcí jednotlivých vstupních parametrů (obecně interval $\langle 0,1 \rangle$) na N intervalů se stejnou pravděpodobností $1/N$. Z každého takového intervalu je náhodnou generací vybrána jedna charakteristická hodnota, která je při simulačním výpočtu použita právě jednou. Charakteristickou hodnotu lze zvolit jako jednu z následujících možností:

- střední hodnota daného intervalu (viz Obr. 2),
- hodnota odpovídající mediánu daného intervalu,
- náhodná hodnota z intervalu.

Na základě inverzní transformace distribuční funkce se z vybrané hodnoty určí odpovídající reprezentativní hodnota x_i náhodné veličiny X_i . Tímto způsobem je rovnoměrně pokryt celý obor hodnot distribuční funkce, tím je docílen uspokojivý odhad výsledných pravděpodobností při relativně malém počtu simulací.



Obr. 1-2: Ukázka principu výběru vzorku metodou LHS

3 CHARAKTERISTIKA MODELU

3.1 Charakteristika použitých výpočetních programů Plaxis a GLHS

Základní model je založen na metodě konečných prvků a je vytvořen ve výpočetním programu Plaxis 2D vs. 2010.01 disponujícím nadstavbovým dynamickým modulem. Samotný výpočetní program se vyznačuje jednoduchým vizuálním prostředím. Dynamická analýza ve výpočetním programu Plaxis vychází z rovnice Newtonova pohybového zákona [7].

$$F = m \cdot a_g \quad (4)$$

kde:

- F – je síla [kN];
 m – hmotnost tělesa [kg];
 a_g – zrychlení [$m \cdot s^{-2}$].

Základní rovnice pro výpočet časově závislých deformačních změn pod vlivem dynamického zatížení je pak definována pomocí maticového zápisu pro celou uvažovanou oblast podle vztahu (5).

$$a \cdot M + v \cdot C + u \cdot K = F \quad (5)$$

kde:

- M – hmotnostní matice;
 u, v, a – posun, rychlost a zrychlení v závislosti na čase;
 C – matice tlumení;
 K – matice tuhosti;
 F – vektor zatížení.

Složitější generace náhodných hodnot vstupních parametrů v případě simulační metody LHS již neumožňuje získání těchto náhodných hodnot pouze na základě přímého využití generátorů náhodných čísel. Proto bylo stejně jako v případě Aldorf a kol. [8] pro generaci vstupních dat stochastických výpočtů metodou LHS využito modulu GLHS pro aplikaci MS Excel, který byl vytvořen na Katedře geotechniky a podzemního stavitelství v prostředí jazyka Visual Basic (VBA). Modul GLHS umožňuje stanovení generovaných hodnot pod zvoleným typem rozdělení pravděpodobnosti (viz Obr. 3). Na základě zadaných rozdělení pravděpodobnosti a zadaných mezí fyzického výskytu daných parametrů provede modul kompletní generaci vstupních dat, která jsou zapsána do ASCII souborů a která lze dále využít ve stochastických výpočtech. Programový modul pracuje s nejčastěji využívanými typy spojitých rozdělení pravděpodobnosti (normální, lognormální, chí-kvadrát, Beta, Gamma, F, Studentovo).

NÁHODNÁ GENERACE METODOU LHS (Latin Hypercube Sampling)



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, FAST, VŠB-TU Ostrava



Nové zadání

Oprava zadání

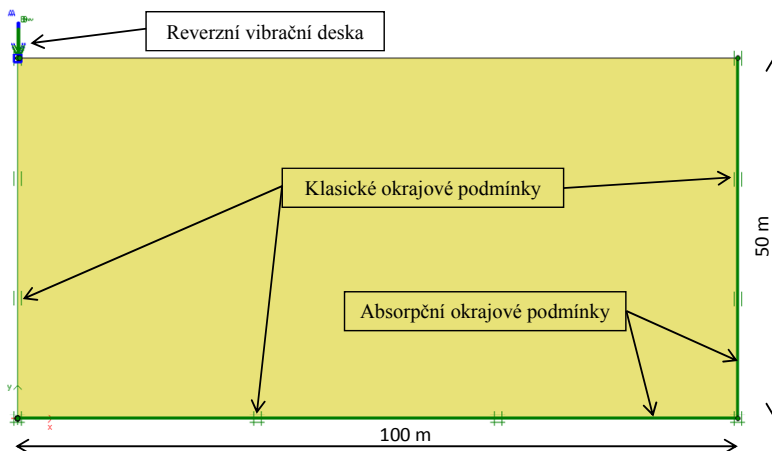
Uložení dat

programový systém: MKP									
parametr	dolní mez	horní mez	rozdělení	par. 1	hodnota	par. 2	hodnota	d.mez DF	h.mez DF
modul	60	80	normální	stř.hodn.	70	sm.odch.	3,333	0,00135	0,99865
soudržnost	0	8	normální	stř.hodn.	4	sm.odch.	1,333	0,00135	0,99865
uhel treni	30	35	normální	stř.hodn.	32,5	sm.odch.	0,833	0,00134	0,99866

Obr. 3: Ukázka programového modulu GLHS pro generaci vstupních dat metodou LHS

3.2 Geometrie modelu

Vzhledem k náročnosti výpočtů při dynamickém zatížení je zvolen jednoduchý typ matematického modelu. Jedná se o osově symetrický model v rozsahu 100 x 50 m (š x v), který je ohraničen jak klasickými geometrickými okrajovými podmínkami, tak i absorpčními podmínkami. Dynamické zatížení je definováno v levém horním rohu, stejně jako v článku [9]. Geometrie modelu je patrná na Obr. 4. Hladina podzemní vody není v modelech uvažována.



Obr. 4: Geometrie modelu v softwaru Plaxis

3.3 Vstupní parametry

Dynamické zatížení je obvykle charakterizováno amplitudou a frekvencí dynamického zatížení, oblastí zatížení a dobou, po kterou dynamické zatížení působí. Dynamické zatížení vstupující do matematického modelu vycházelo (stejně jako v [10]) z experimentálního měření na

konstrukci stand, kde jako zdroj vibrací je reverzní vibrační deska VDR 22. Vstupní parametry reverzní vibrační desky jsou uvedeny v Tab. 1. Doba, po kterou zatížení v modelu působí, je 5 s.

Tab. 1: Vstupní parametry reverzní vibrační desky

Reverzní vibrační deska VDR 22		
Hmotnost	120	Kg
Rozměry hutnicí desky	400 x 630	Mm
Frekvence	82	Hz
Odstředivá síla	22	kN

Vzhledem k náročnosti výpočtů je do modelu zvolena pouze jedna zemina. Jedná se o šterk hlinitý s parametry vycházejícími ze směrných charakteristik uvedených v ČSN 73 1001 (v současné době již neplatné), které jsou uvedeny v Tab. 2. Materiálové tlumení zeminy, které je v Plaxisu zadáváno pomocí Rayleighových parametrů, není v modelu uvažováno (proto $\alpha_R = \beta_R = 0$).

Tab. 2: Vstupní parametry zeminy dle směrných charakteristik ČSN 73 1001

Třída	Symbol	ν	β	γ kN.m ⁻³	E_{def} MPa		φ_{ef} °		c_{ef} kPa
					$I_D =$ 0,33 – 0,67	$I_D =$ 0,67 – 1,00	$I_D =$ 0,33 – 0,67	$I_D =$ 0,67 – 1,00	
G4	GM	0,3	0,74	19	60 – 80		30 – 35		0 – 8

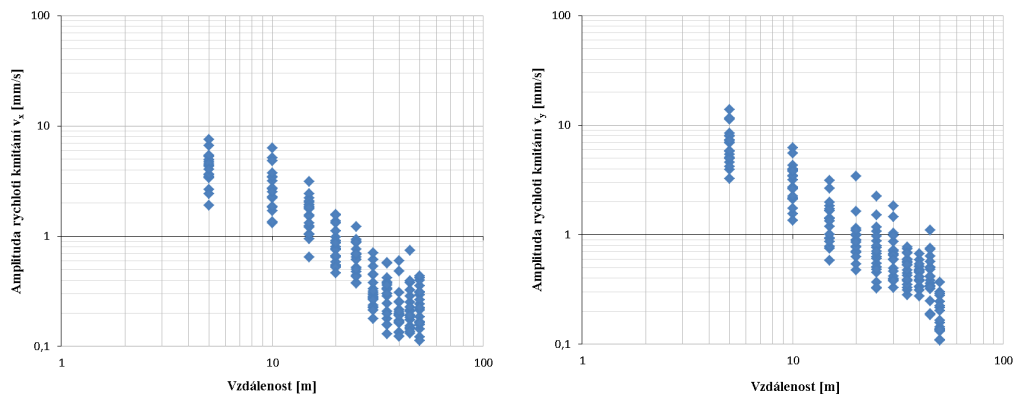
Za stochastické parametry s normálním rozdělením pravděpodobnosti jsou považovány pevnostní parametry zeminy (soudržnost a úhel vnitřního tření) a deformační modul zeminy (viz. Obr. 3). Charakteristiky distribuční funkce stochastických parametrů jsou stanoveny pomocí pravidla 3σ . Výsledné generované hodnoty softwarem GLHS, které budou sloužit jako vstupní data do modelů, jsou uvedeny v tabulce na Obr. 5. s příslušnými hodnotami distribuční funkce.

	modul		soudržnost		uhel treni	
	DF	gen.hod.	DF	gen.hod.	DF	gen.hod.
1	0,17588	66,8963	0,67453	4,60312	0,67453	32,8769
2	0,87399	73,8178	0,22574	2,99632	0,72439	32,9964
3	0,72439	71,9863	0,27561	3,20561	0,5748	32,6571
4	0,47507	69,7916	0,82412	5,24129	0,47507	32,4479
5	0,77426	72,5096	0,4252	3,74859	0,82413	33,2757
6	0,32547	68,492	0,52493	4,08336	0,12601	31,5458
7	0,97372	76,461	0,72439	4,79439	0,62466	32,7647
8	0,52493	70,2084	0,02628	1,41594	0,52493	32,5521
9	0,12601	66,1822	0,77426	5,00368	0,4252	32,3429
10	0,22574	67,4904	0,32547	3,39688	0,97372	34,1148
11	0,62466	71,0591	0,62466	4,42356	0,02628	30,8852
12	0,5748	70,6286	0,87399	5,52689	0,27561	32,0036
13	0,4252	69,3714	0,47507	3,91664	0,37534	32,2353
14	0,27561	68,0137	0,37534	3,57644	0,22574	31,8728
15	0,82412	73,1037	0,17588	2,75871	0,07614	31,3076
16	0,07615	65,2289	0,5748	4,25141	0,87399	33,4542
17	0,37534	68,9409	0,92386	5,90818	0,17587	31,7243
18	0,67453	71,508	0,07614	2,09182	0,32547	32,1231
19	0,02628	63,539	0,12601	2,47311	0,92386	33,6924
20	0,92385	74,7711	0,97372	6,58406	0,77426	33,1272

Obr. 5: Generované hodnoty modulu pružnosti, soudržnosti a úhlu vnitřního tření programem GLHS

4 VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ

Na základě popsaných vstupních parametrů (deterministických i stochastických) a předpokladů modelu byly pro všech 20 simulačních variant stanoveny amplitudy rychlosti kmitání v ose x a ose y v 10-ti různě vzdálených bodech (celkem 400 hodnot). Tyto data jsou vyneseny do grafu na Obr. 6-7.

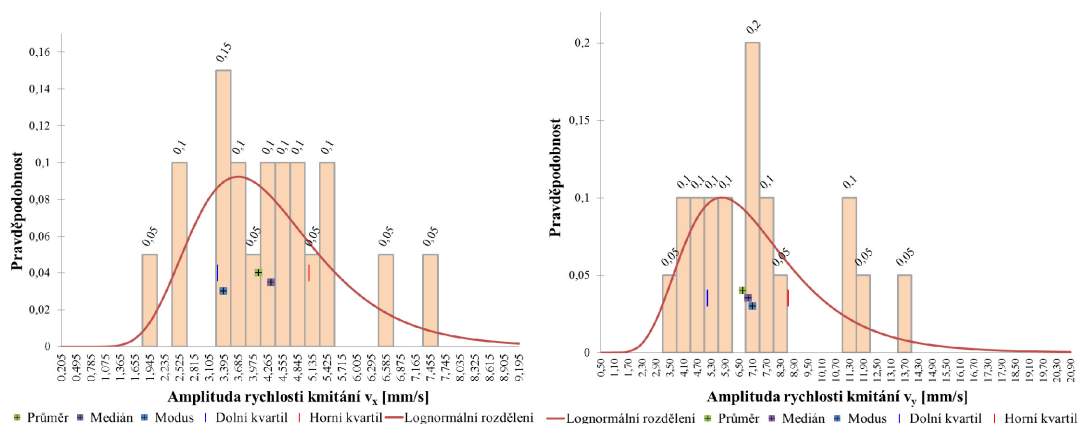


Obr. 6-7: Záznamy amplitud rychlosti kmitání

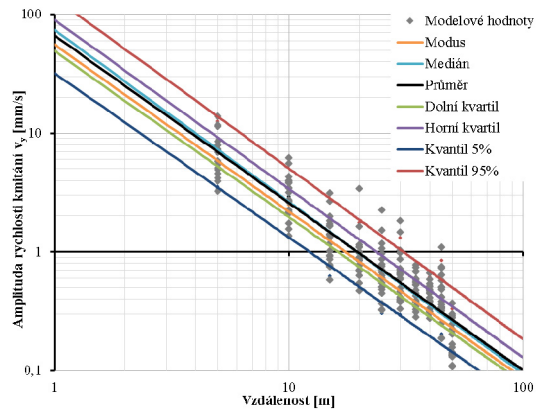
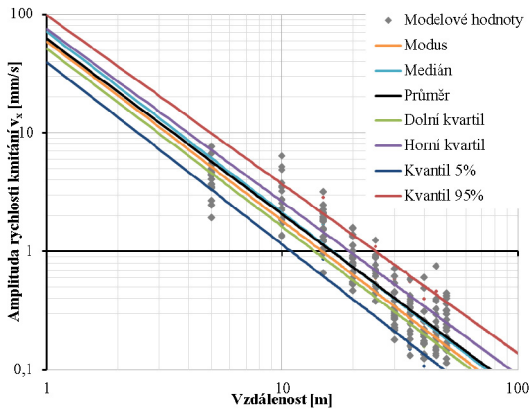
Modelové hodnoty amplitudy rychlosti kmitání byly v každé analyzované vzdálenosti statisticky zpracovány. Dále byly stanoveny základní statistické charakteristiky (viz. Tab. 3) získaného statistického souboru odezvy modelu, které jsou zpracované v grafech obr. 8-9. Na základě testu reziduálního (zbytkového) součtu čtverců bylo uvažováno s lognormálním rozdělením pravděpodobnosti. Z této analýzy byly pak zpracovány útlumové křivky rychlosti kmitání (viz Obr. 10-11). Z výsledků stochastického modelování dynamické odezvy lze pak stanovit rozsahy, v nichž se budou rychlosti kmitání v různé vzdálenosti od zdroje kmitání s určitou pravděpodobností pohybovat. Data jsou zpracována v krabicových grafech na Obr. 12-13.

Tab. 3: Základní statistické charakteristiky bodu ve vzdálenosti 5 m

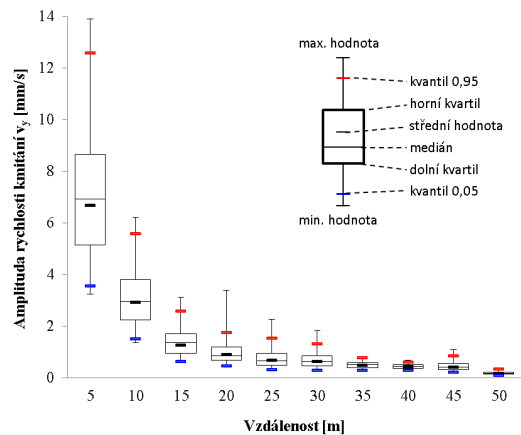
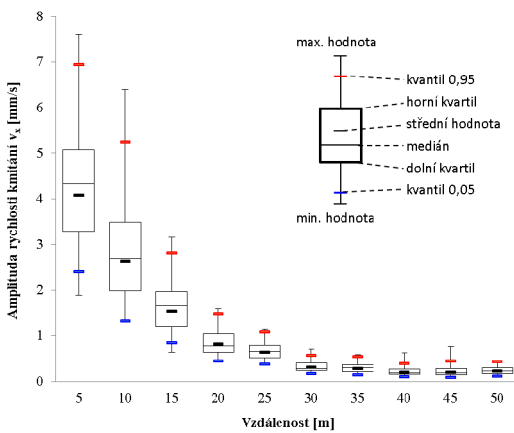
Popisná charakteristika	v_x mm/s	v_y mm/s
Střední hodnota	4,09	6,68
Medián	4,33	6,91
Směrodatná odchylka	0,32	0,39
Minimum	1,90	3,24
Maximum	7,54	13,90
Rozpětí	5,64	10,67
Dolní kvartil	3,29	5,15
Horní kvartil	5,08	8,66
Kvantil 0,05	2,40	3,54
Kvantil 0,95	6,95	12,59



Obr. 8-9: Histogramy četnosti a odpovídající hustoty rozložení pravděpodobnosti v_x a v_y ve vzdálenosti 5 m



Obr. 10-11: Útlumové křivky amplitudy rychlosti kmitání na ose x a y



Obr. 12-13: Krabicové grafy amplitud rychlosti kmitání na ose x a y

5 ZÁVĚR

V uvedené práci byla prezentována aplikace pravděpodobnostního přístupu řešení odezvy dynamického zatížení v horninovém prostředí. Jak již bylo nastíněno v úvodu, parametry horninového prostředí mají značný rozptyl. Pro zohlednění stochastického charakteru parametrů horninového prostředí se ukázalo jako vhodné využití náhodných veličin, které jsou charakterizovány rozdělením hustoty pravděpodobnosti. Získané útlumové křivky mohou být využity v geotechnické praxi pro prognózování velikosti amplitud rychlostí kmitání v analogickém horninovém prostředí a s analogickými parametry dynamického zatížení.

Výsledné hodnoty amplitudy rychlosti kmitání těchto modelů je potřeba brát s určitou rezervou. V modelech totiž není uvažováno s útlumovými charakteristikami daného horninového prostředí. Bylo by tedy vhodné dále realizovat terénní měření, které by bylo využito k provedení inverzní analýzy útlumových charakteristik, které jsou v modelech nulové.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění MŠMT, podporou specifického vysokoškolského výzkumu Studentské grantové soutěže VŠB-TU Ostrava pod identifikačním číslem SP2013/139.

LITERATURA

- [1] KIRZHNER, F.; ROSENHOUSE, G. & ZIMMELS, Y. Attenuation of noise and vibration caused by underground trains, using soil replacement. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2006, Volume 21, Issue 5, pp. 561-567, ISSN 0886-7798. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779805000787>.
- [2] KOGUT, J.; LOMBAERT, G.; FRANÇOIS, S.; DEGRANDE, G.; HAEGEMAN, W. & KARL, L. High speed train induced vibrations: in-situ measurements and numerical modelling. In *Proc. of the 10th Int. Conf. on Sound and Vibration*. Stockholm, Sweden, 7-10 July 2003, pp. 1689-1696. Dostupné z: <http://bwk.kuleuven.be/apps/bwm/papers/koguip03b.pdf>
- [3] VERBRAKEN, H.; LOMBAERT, G.; & DEGRANDE, G. Experimental and numerical prediction of railway induced vibration. *Journal of Zhejiang University-Science A*. 2012, Vol.13. Issue 11, pp. 802-813. Online ISSN 1862-1775.
- [4] ZHOU, G.; ESAKI, T.; MITANI, Y.; XIE, M. & MORI, J. Spatial probabilistic modeling of slope failure using an integrated GIS Monte Carlo simulation approach. *Engineering Geology*. 2003, Vol. 68, Issues 3-4, pp. 373-386. ISSN 0013-7952. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795202002417>.
- [5] RAJEEV, P. & TESHAMARIAM, S. Seismic fragilities of non-ductile reinforced concrete frames with consideration of soil structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2012, Vol. 40, pp. 78-86. ISSN 0267-7261. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726112000942>.
- [6] HRUBEŠOVÁ, E. & LUŇÁČKOVÁ, B. Modelování dynamických vlivů odstřelu na napětí-deformační stav svahového tělesa. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava – Řada stavební*. 2006, roč. VI, č. 1, s. 65-71. ISSN 1213-1962.
- [7] PETŘÍK, Tomáš, HRUBEŠOVÁ, Eva. VLIV ZMĚNY DEFORMAČNÍHO MODULU ZEMINY NA ŠÍŘENÍ SEIZMICKÉHO VLNĚNÍ. *EGRSE. International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment. (CD-ROM)*. 2012, roč. 19, č. 2, s. 75-83. ISSN 1803-1447.
- [8] ALDORF, J.; HRUBEŠOVÁ, E. & ĎURIŠ, L. Možnosti využití metody LHS při numerickém modelování stability tunelu. *Spolehlivost konstrukcí : sborník referátů IV. ročníku celostátní konference se zahraniční účastí*. Ostrava 23. a 24. 4. 2003, Dům Techniky, 2003, pp. 173-178. ISBN 80-02-01551-7.
- [9] PETŘÍK, T., LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z. & HRUBEŠOVÁ, E. Analysis of Technical Seismicity in the Vicinity of Reconstructed Road. In: *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava. Construction Series* [online]. 2012 XII(1), pp. 1-10. ISSN 1804-4824. Dostupné z doi: 10.2478/v10160-012-0005-7.
- [10] PETŘÍK, T., HRUBEŠOVÁ, E., STOLÁRIK, M. & PINKA, M. Parametric Study on the Effects of Soil to Oscillation Velocity. *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava. Construction Series* [online]. 2012 XII(2), pp. 1-10. ISSN 1804-4824. Dostupné z doi:10.2478/v10160-012-0026-2.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Marián Drusa PhD., Katedra geotechniky, Stavební fakulta, ŽU v Žiline.

Doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Katedra geotechniky, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Pavel ŠEVČÍK¹, Hana ŠEVČÍKOVÁ²

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TRH S BYTY

FACTORS AFFECTING THE HOUSING MARKET

Abstrakt

Předmětem příspěvku je shrnutí podstatných faktorů, mající vliv na trh s byty. Jedná se o stanovení obecně závazných podmínek týkajících se tvorby nabídky a poptávky, v druhé řadě pak o vyjmenování zásahů veřejné moci a veřejné správy, které mohou obecné podmínky zásadně ovlivnit. Stát uplatňuje svou roli prostřednictvím své fiskální funkce, kde klíčovými slovy jsou stabilizace, motivace a sociální rovnováha. Hlavní zásady pak stanovuje v oblasti legislativy a tvorbě podpůrných nástrojů. Specifickou situací je pak selhání trhu s byty a hledání jeho příčin.

Klíčová slova

Trh s byty, hlavní faktory, nabídka a poptávka, selhání, zásahy veřejné moci, koncepce, stabilita.

Abstract

The subject of this article is to summarize important factors affecting the housing market. This is the determination of generally binding conditions for the creation of supply and demand, then in the second line, then the naming interference by public authority and public administration, which may significantly affect the general conditions. State exercises its role through its fiscal function, where the key words are stabilizing, motivation and social balance. Then it sets the main principles in the areas of legislation and the creation of support tools. The specific situation is the failure of the housing market and the search for its causes.

Keywords

Housing market, the main factors, supply and demand, failure, intervention of public authority conception, stability.

1 ÚVOD

Bydlení patří k nejzákladnějším životním potřebám člověka. Tvoří jednak základní složku životních podmínek lidí a jednak napomáhá kultivaci lidského kapitálu a sociální integraci společnosti. V podstatě celý vývoj lidstva je v oblasti bydlení kontinuálním procesem změn. Tyto nejsou závislé pouze na stupni civilizačního vývoje společnosti, ale jsou odrazem stavu kultury a politiky ve společnosti. Mezi podmínky, které ovlivňují vývoj bydlení a trh s byty, je celá řada. K těm základním patří poptávka a nabídka, situace ve společnosti, ekonomická stabilita, politická situace, atd.

¹ Ing. Pavel Ševčík, Svaz podnikatelů ve stavebnictví v ČR, Národní třída 10, Praha 1, 10200, tel.: (+420) 224 951 406, e-mail: sevcikpa@email.cz.

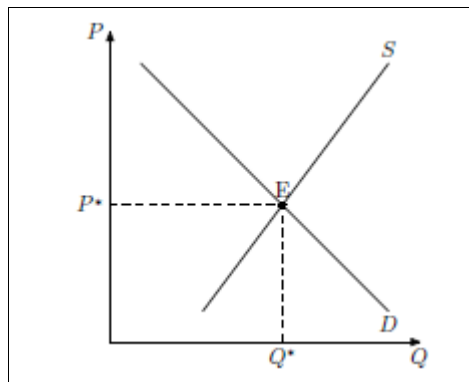
² Ing. Hana Ševčíková Ph.D., Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, tel.: (+420) 596 991 366, e-mail:hana.sevcikova@vsb.cz.

2 POPTÁVKA A NABÍDKA

2.1 Odvození poptávky a nabídky, cenotvorné faktory a jejich determinanty

Úzké propojení cen rezidenčních nemovitostí a příjmů domácností vytváří z bydlení na jedné straně vhodný investiční statek, na druhé straně platí, že trh s byty není zcela ideálním trhem, protože na něm působí na straně nabídky a poptávky velké množství subjektů. Platí, že nabídka bytů může být velmi široká, ale z pohledu standardu a polohy velmi omezená.

Při klesající poptávce a rostoucí nabídce se na trhu utvoří rovnovážná cena P^* (viz graf), při které jsou uspokojeni všichni, kteří chtějí za danou nebo vyšší cenu získat byt (koupit, pronajmout), a všichni, kteří za danou nebo nižší cenu chtějí byt prodat nebo pronajmout. Celkově bude využito Q^* bytů [1].



Obr. 1: Rovnováha na trhu s byty

2.2 Poptávka bydlení

Zákon poptávky říká, že pokud cena produktu roste, pak za stejných podmínek mají kupující tendenci kupovat menší množství tohoto produktu a pokud cena klesá, případně stagnuje, mají kupující tendenci kupovat větší množství tohoto produktu. Poptávané množství tedy závisí především na ceně produktu. Poptávkou lze rozumět pouze efektivní koupěschopnou poptávku, tedy poptávku omezenou rozpočtem [3],[4],[6],[7].

V případě trhu s byty, který je svým způsobem trhem jedinečným a který neumožňuje využívat jiné dostupné (substituční a komplementární) produkty, vstupují do ceny i jiné faktory. Poptávka vzniká na základě rozhodnutí domácnosti, které je ovlivněno nutností volby mezi nájemním a vlastnickým bydlením (novým nebo starším). Jedná se o tzv. tenure choice (volbu držby), jejíž charakter je ovlivněn především:

- finančními faktory (příjmy domácnosti a jejich očekávaný vývoj, růst reálných mezd a kupní síly, náklady spojené s koupí či prodejem, srovnání nákladů ve vlastnickém bydlení s náklady v nájemním bydlení, monetární politika a inflace, míra dostupnosti hypoték a jiných forem financování, předpokládaný vývoj cen vlastnického bydlení jako budoucí investice, transakční náklady)
- sociálními a demografickými faktory (demografické trendy, míra ekonomické aktivity obyvatelstva, situace na trhu práce, míra nezaměstnanosti, ekonomická aktivita, ekonomický status domácnosti, sociální status domácnosti, mobilita obyvatelstva, zvyky a preference)

Řada z těchto faktorů působí přímo na disponibilní příjmy domácností a tedy růst těchto faktorů (s výjimkou míry nezaměstnanosti) by měl vést k růstu cen bytů.

- legislativními faktory (přístup k bytové politice, ochrana nájemních práv, situace na trhu s nájmem bydlením, ochrana vlastnických práv, regulace)
- atraktivitou lokality a jinými faktory (velikost lokality, zaměstnanost v lokalitě, počet obyvatel v lokalitě, přírodní podmínky, dostupnost lokality, občanská vybavenost, výška nájmu)

Faktorů určujících atraktivitu lokality je samozřejmě daleko více a mnohdy se jedná o např. regionální specifika a další [2].

Zásadním faktorem je také situace na trhu s nájmem bydlením. Většinou platí, že existence tržního a regulovaného nájmu vytváří situaci, kdy splacení vlastního bytu se stává výhodnějším, nežli placení tržního nájmu. Deregulace nájmu, uvolňování a zvyšování doposud regulovaného nájmu vede pak k poklesu zájmu o pořízení vlastního bydlení a forma nájmu se stává substitutem bydlení ve vlastním.

Poptávka po bytech je ovlivňována i dalšími faktory, jako např.:

- počtem volných bytů,
- počtem novostaveb,
- kvalitou a technickým stavem,
- mediálními prvky.

Prostorově je pak poptávka po bytech ovlivněna trhem pracovní síly a sklonem obyvatelstva k mobilitě z místa trvalého bydliště.

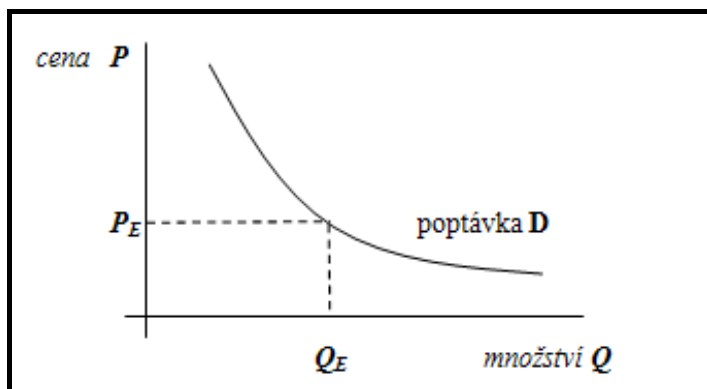
Dalším faktorem, který vstupuje do druhého kroku, je rozhodnutí domácnosti při zvážení své ekonomické síly (stávající i budoucí) a stanovení priorit a preferencí.

Výše uvedené faktory lze z ekonomického hlediska také pojmenovat jako reálné, monetární a finanční.

Z pohledu ekonomické teorie lze poptávku klasifikovat jako celkovou (agregátní), dílčí (tržní) a individuální.

Poptávku lze popsat prostřednictvím cenové pružnosti (elasticity poptávky), tedy citlivosti změn poptávaného množství na změny ceny a důchodovou elasticitu poptávky, tedy reakci na změnu ceny důchodu spotřebitele. Elasticita poptávky určuje sklon poptávkové křivky, důchodová elasticita její posun.

Elastická poptávka (pružná) výrazně a rychle reaguje na změny cen (obvykle postradatelné a nahraditelné zboží), neelastická poptávka (nepružná) reaguje na změny cen pomalu a omezeně. Speciální variantou je jednotkově elastická poptávka, kdy poptávané množství klesne (či vzroste) přesně o tolik procent, o kolik vzrostla (či klesla) cena daného zboží či služby.



Obr. 2: Křivka poptávky

Koeficient pružnosti poptávky (elasticita) je tvořen procentuelní změnou množství k procentuelní změně ceny. Poptávka může být:

$e < -1$ pružná poptávka (elastická),

$e = 1$ jednotková pružnost,

$e \in (-1; 0)$ nepružná poptávka.

Empirické výzkumy v případě elasticity vykazují vysokou míru disparity s tím, že konsensuálně je stanoveno, že poptávka je cenově neelastická a její hodnota, resp. hodnota cenové elasticity se pohybuje v rozmezí od -0,70 do -0,90 (historické odhady uvádějí hodnoty od 0,00 do -1,50). Důchodová elasticita poptávky se konsensuálně pohybuje v rozmezí od 0,60 do 0,80, historické odhady uvádějí hodnoty od 0,35 do 2,05 [4].

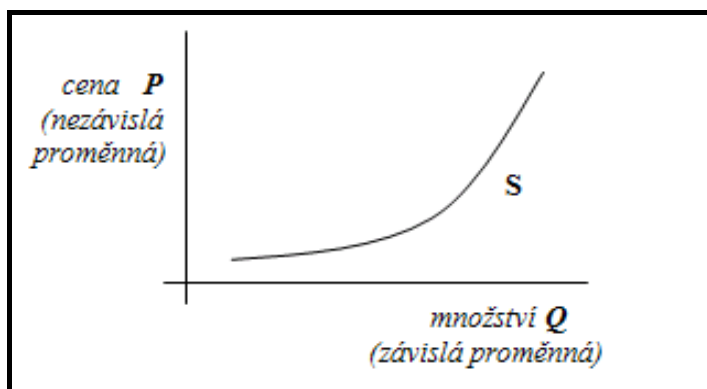
2.3 Nabídka bydlení

Nabídka jako ekonomický pojem vyjadřuje objem výstupu výroby, které chce vyrábějící subjekt na trhu prodat za určitou cenu. Rozlišujeme elastickou (pružnou) nabídku a neelastickou nabídku. Zákon rostoucí nabídky vysvětluje, že s rostoucí cenou roste nabízené množství tržních výstupů, toto platí i naopak. Toto se vysvětluje tím, že vysoké ceny zboží jsou pro nové a další výrobce stimulem, toto znamená, že vyšší výroba přinese vyšší zisk.

Existují tři základní formy nabídky:

- agregátní, tedy souhrn všech zamýšlených prodejů, se kterými přicházejí výrobci na trh, cenu určuje trh,
- individuální, tedy nabídka jednoho výrobce, je určena objemem výroby tohoto jednotlivého výrobce a cenou jeho zboží,
- dílčí (tržní), představující součet individuálních nabídek jednotlivých firem na určitém trhu, pouze jednoho druhu zboží.

Nabízené množství je však vedle ceny ovlivněno i jinými faktory, jako náklady na výrobu produktu, cenou vstupů, technologiemi použitými pro vytvoření produktu, mírou konkurence, počtem výrobců nebo dodavatelů, specifickými faktory (např. počasí), hospodářskou politikou státu a očekávání[5].



Obr. 3: Křivka nabídky

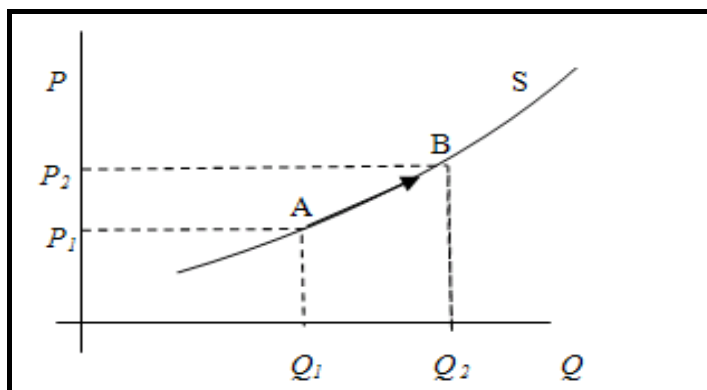
Bydlení samo o sobě je specifickým produktem, kde nabídka je vedle již vyjmenovaných všeobecných faktorů v nejvyšší míře ovlivňována:

- prostorovou zakořeněností
- svázáním s trhem pozemků,
- velkou diferenciací výrobku,
- dlouhou dobou produkce,
- velká míra státních intervencí

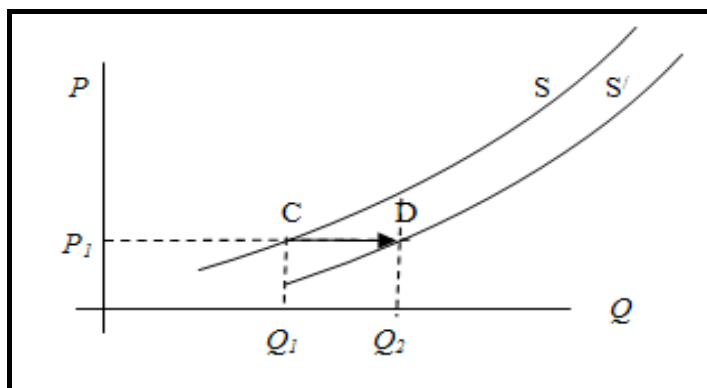
Působením těchto faktorů následně dochází k tomu, že tvar nabídkové křivky se v čase mění. V krátkém období je nabídka neelastická, kdežto v dlouhém období již má čas zareagovat na situaci na trhu. Rostoucí poptávka potom nemusí znamenat koupi či nájem za vysokou cenu.

Objemově pak lze nabídku na trhu popsat podle počtu uvolněných bytů nebo počtu novostaveb.

V grafické znázornění rozlišujeme změnu nabízeného/poptávaného množství (posun po křivce) od změny nabídky/poptávky (posun křivky).



Obr. 4: Posun po křivce – změna nabízeného zboží vlivem změny ceny



Obr. 5: Posun křivky – změna nabídky vyvolaná jinými nežli cenovými vlivy (např. zvýšení rozsahu výroby)

3 SELHÁNÍ TRHU S BYTY

Chceme-li definovat příčiny selhání trhu s byty, pak je zcela nutné pochopit základní principy jeho fungování. Definice bytu bez ohledu na typ vlastnictví je jasná. Byt je spotřebním zbožím, soukromou investicí a společenským statkem. Z pohledu právní úpravy je byt zvláštním druhem nemovitosti.

Pokud by bydlení bylo standardním zbožím, pak by odvození rovnovážného stavu na trhu s bydlením (při předpokladu dokonale konkurenčního prostředí) zcela odpovídalo navození tržní rovnováhy, tedy situaci, kdy nabídka se rovná poptávce, tedy je prodáno a nakoupeno stejné množství zboží za cenu akceptovatelnou pro obě strany, tedy pro prodávajícího a kupujícího. Stav rovnováhy je však zcela výjimečný, protože na trhu dochází ke sřetávání nabídky a poptávky a představy prodávajících a kupujících se liší. Představy se téměř vždy liší především v cenách, velmi často však také v objemu realizované produkce [12].

Změna ceny bydlení závisí na příjmové elasticitě poptávky, cenové elasticitě nabídky, cenové elasticitě poptávky a růstu příjmů.

V případě pozitivního ekonomického vývoje většinou převyšuje poptávka nabídku. Příčinou převisu poptávky na trhu s byty jsou různé důvody, lze uvést následující:

- zvýšení koupěschopnosti zájmové populace,
- změny v demografické struktuře,
- nedostatečná nabídka,
- přesměrování poptávky.

V případě negativního ekonomického vývoje většinou převyšuje nabídka poptávku, může však dojít k situaci, kdy dochází vlivem nepříznivého ekonomického vývoje k převisu nabídky nad poptávkou díky nedostatečné nabídce např. levnějšího bydlení.

Z výše uvedeného vyplývá, že základním požadavkem v oblasti bydlení je dostatek bytů v přiměřené kvalitě za přijatelnou cenu. Tuto podmínku ve většině případů však nelze v podmínkách volného trhu s byty, který není regulovaný, splnit. V tom případě dochází k selhání trhu, tedy k selhání tržních sil [8], [10],[4],[11].

Protože z ekonomického hlediska vždy existuje nedokonalá konkurence, vznikají poruchy fungování tržního mechanismu, tedy i trhu s byty.

Selhání tržních sil je pak důvodem pro intervence státu do tržního mechanismu, tedy i do trhu s byty. Za nejvýznamnější selhání trhu je tedy považováno selhání konkurence, bez které trh nemůže fungovat.

Vedle selhání konkurence však selhání tržního systému způsobují i další formy, jako např. existence veřejných statků, existence externalit, asymetrické informace o trhu nebo vznik neúplných trhů.

Je nutno si uvědomit, že oblast stavebnictví, tedy i výstavby bytů, je oblastí, kde investice mají nejen vysokou kapitálovou náročnost, ale také je náročná na kvalifikovanou pracovní sílu. Konkurenci pak stěžuje i situace z pohledu imobility statku, stavu nemovitosti nebo formy vlastnictví. Oblast bydlení není však zatížena tendencí, kdy se, v případě nedokonalé konkurence, vytvářejí monopoly, likvidující jednotné kritérium rozhodování spotřebitelů a výrobců a tedy i mechanismus efektivního rozmístování zdrojů.

Ve vyspělých ekonomikách proto stát plní funkci korektora (regulátora), právě z důvodu nutnosti odstranit tyto poruchy.

Vedle nedokonalé konkurence lze pojmenovat jako další nedokonalost vliv tzv. externalit. Externalita je ekonomický jev, který působí neekvivalentně jako vnější efekt trhu. Externality mohou být jak pozitivní, tak negativní. Při negativní externalitě dochází k poškozování či růstu dodatečných nákladů určitého subjektu, při pozitivní externalitě vzniká užitek, případně neekvivalentní zisk určitého subjektu.

Kladné externality jsou situace, kdy činnost jednoho subjektu přináší prospěch druhému subjektu a ten náklady s ním spojené nemusí hradit. Záporné externality jsou situace, kdy činnost jednoho subjektu přináší náklady jinému subjektu, které mu nejsou hrazeny, a on z nich současně nezískává žádnou výhodu [9].

Jako negativní externalitu lze např. označit soustředování problémových osob na jednom místě, nadměrný počet osob žijících v jednom bytě, hluk nebo masivní výstavbu satelitních městeček v lokalitách s omezenou propustností veřejných komunikací apod. Jako pozitivní externalitu pak např. regeneraci bytového fondu, regeneraci veřejných prostranství apod. Negativním externalitám, které jsou způsobeny racionalitou tržního systému, je nutno se bránit preventivně, tedy aktivitou v oblasti legislativy, předběžnou, průběžnou i následnou kontrolou.

Například, je-li s výstavbou spojena existence záporných externalit, investor při volbě výše výstupu porovnává cenu a limitní náklady a bere v úvahu pouze soukromé limitní náklady, nikoliv dodatečné náklady, které v důsledku výstavby vzniknou jiným ekonomickým subjektům. Formování ceny tak není založeno na veškerých nákladech souvisejících s výstavbou.

Podmínky celkové efektivnosti musí být v případě existence externality modifikovány tak, aby byly zohledněny dodatečné náklady, případně dodatečný užitek.

Celkové náklady (sociální mezní náklady)-SMN, jsou tedy dány součtem soukromých mezních nákladů výroby (výstavby)-MNV a externích nákladů (externí mezní náklady)-EMN, vznikajících v důsledku negativní externality.

V případě kladné externality nezískává její tvůrce dodatečný užitek, který přináší jinému subjektu. Důsledkem činnosti tvůrce externality není tedy pouze jeho soukromý mezní užitek, ale celkový mezní užitek a pro stanovení ceny (hodnoty) produktu není určující míra substituce, ale celková mezní míra substituce stanovující výši celkového mezního užitku-CMU, tedy je jedná se o součet soukromého mezního užitku (užitek tvůrce externality)-SMU a externího mezního užitku-EMU.

Z pohledu objemu výroby pak vedou záporné externality k nadvýrobě a kladné externality k podvýrobě.

Základní příčinou externalit jsou velmi často nepřesně vymezená vlastnická práva. Na existenci externalit mohou státní orgány reagovat přesnějším vymezením vlastnických práv. Externality jsou v situaci, kdy jsou vlastnická práva zformulována tak, aby účastníci mohli vzájemně vyjednávat bez dodatečných transakčních nákladů, téměř nemožné. V případě nutnosti platby dodatečných transakčních nákladů pak na zodpovědnosti plynoucí ze zákona záleží. Obecně platí, že břemeno plynoucí z povinnosti eliminace škodlivé externality nese strana, která to může učinit s co nejnižšími náklady.

Jednou z možností řešení problému negativních externalit je například efektivní zdaňování (jedná se o zdroj příjmu státu, který eliminuje neefektivnost narušující optimální alokaci).

Veřejné statky jsou další možnou příčinou tržního selhání, především cenového systému, při ustavování optimální alokace zdrojů. Veřejné statky jsou statky nebo služby, pro které jsou typické tyto vlastnosti - nezměnitelnost, nevyléčitelnost a nulové mezní náklady.

Typickými veřejnými statky jsou např. obrana, policie, dálnice, ale může to být také povinné očkování proti infekčním nemocem apod. Veřejné statky lze členit na čisté veřejné statky, statky pod ochranou a smíšené veřejné statky.

V případě bydlení proto většina odborníků zastává názor, že byty nejsou veřejným statkem v pravém slova smyslu.

S přihlédnutím k výše uvedenému, pak platí, že tržní systém bez jakýchkoliv omezení je pro systém bydlení nevhodný a je vždy podroben určitým státním zásahům, které se snaží tyto nedostatky řešit, což podtrhává význam bydlení nejenom pro samotného jedince, ale i pro celou společnost. Zároveň platí, že bez základních znalostí teorie trhu, principů jeho fungování a ostatní nuancí nelze věrohodně postihnout celý fenomén bydlení.

Nelze však opomenout skutečnost, že selhání trhu může být zapříčiněno i z jiných, nežli ekonomických hledisek. Trh s byty může také selhat jednak z hlediska sociální politiky (okamžik, kdy bytový trh nedokáže uspokojit potřeby nízkopříjmových domácností) a jednak z hlediska historického. Jako příklad historického selhání trhu s byty se uvádí např. období průmyslové recese a poklesu mezd, kdy si řada nájemníků brala podnájemníky, kteří jim de facto přispívali na nájemné, nebo situace, kdy došlo k výraznému snížení nájemného z důvodu insolventnosti populace a tím snížení výnosů pronajímatelů a omezení finančních toků do oprav a rekonstrukcí [7]. Je otázkou, zda i zde se nejedná spíše o ekonomické hledisko.

Selhání trhu s byty může být zapříčiněno také díky vládním selháním.

4 VLIV ZÁSAHŮ VEŘEJNÉ MOCI

4.1 Veřejná moc

Veřejná moc je moc, tedy schopnost autoritativně rozhodovat o právech a povinnostech jednotlivců i sociálních skupin bez ohledu na jejich vůli, která vyjadřuje veřejný zájem.

V rámci veřejné moci se rozlišuje:

- státní moc,
- moc, kterou disponují nestátní veřejnoprávní korporace, jako jsou např. obce, kraje, profesní komory či vysoké školy.

Výkon veřejné moci provádějí orgány té které instituce, která touto mocí disponuje, ale vždy pouze na základě a v mezích zákona (secundum et intra legem).

Veřejná moc je taková moc, která autoritativně rozhoduje o právech a povinnostech subjektů, ať již přímo, nebo zprostředkovaně. Subjekt, o jehož právech nebo povinnostech rozhoduje orgán veřejné moci, není v rovnoprávném postavení s tímto orgánem a obsah rozhodnutí tohoto orgánu nezávisí od vůle subjektu (Usnesení ÚS ze dne 25. 11. 1993, U 3/2 SbNU, sp. zn. II. ÚS 75/93).

4.2 Veřejná správa

Veřejná správa je správní činnost související s poskytováním veřejných služeb, řízením veřejných záležitostí na místní i centrální úrovni a zajišťováním záležitostí ve veřejném zájmu. Kromě této správní činnosti (např. vydávání správních aktů) bývají za veřejnou správu označovány též správní orgány, které ji vykonávají, tedy především úřady. V centralistickém pojetí státu byl nositelem veřejné správy pouze stát. V současné době je však veřejná správa rozdělena na státní správu a samosprávu.

Veřejná správa je vykonávána ve veřejném zájmu. Činnost veřejné správy je vázána právem i ústavními zásadami (čl. 2 odst. 3 české Ústavy: "Státní moc slouží všem občanům a lze ji uplatňovat jen v případech a způsoby, které stanoví zákon" a čl. 2 odst. 2 LZPS: "Státní moc lze uplatňovat jen v případech a v mezích stanovených zákonem, a to způsobem, který zákon stanoví.")

5 ZÁSAHY VEŘEJNÉ MOCI V OBLASTI BYDLENÍ

Stát tedy plní především následující čtyři základní funkce:

- výkon moci zákonodárné (legislativa)
- výkon politické vůle (moc výkonná)
- výkon spravedlnosti (moc soudní)
- vnitřní a vnější ochrana (lidská práva, bezpečnost, ochrana majetku atd.)

Prostřednictvím organizací a institucí plní stát následující fiskální funkce:

- alokační,
- redistribuční,
- stabilizační,

- legislativní, kontrolní a regulační.

V důsledku tržního selhání stát řeší otázky:

- jak velká část statků, vyprodukovaných v ekonomice, se bude rozdělovat spíše kolektivně
- k jak velké redistribuci důchodů a bohatství bude docházet,
- jak velký objem prostředků bude z těchto důvodů odčerpán ze soukromého sektoru fiskálním systémem, a následně znovu rozdělen podle principů veřejných financí.

V oblasti bydlení by zásahy veřejné moci v oblasti bydlení měly odpovídat záměrům a cílům bytové politiky a měly by být zacíleny především na jednotlivé aktéry na trhu s byty.

Tyto zásahy mohou být jak ve formě legislativní (např. občanský zákoník, zákon o jednostranném zvyšování nájmu z bytu, zákon o vlastnictví bytů), tak ve formě podpůrných finančních nebo motivačních nástrojů. V prostředí České republiky se ve druhém případě jedná především o aktivity Ministerstva financí ČR, Ministerstva práce a sociálních věcí ČR, Ministerstva pro místní rozvoj ČR (potažmo prostřednictvím Státního fondu rozvoje bydlení) a prostřednictvím Státního fondu životního prostředí ČR také Ministerstva životního prostředí ČR.

Ze schválené Koncepce bydlení České republiky do roku 2020 vyplývá, že stát musí vytvářet vhodné právní, institucionální a fiskální prostředí pro aktivity všech aktérů na trhu s byty, čímž by měl posilovat principy a cíle bytové politiky. De facto platí, že stát musí činit především ty podpůrné kroky, které jsou zacíleny na domácnosti, které nejsou schopny se samy postarat o své bydlení na trhu s byty.

Vzhledem ke specifičnosti trhu s byty by stát měl své kroky zaměřit také na odstraňování příčin selhání trhu s byty a to formou pružné tvorby zákonů, regulačních opatření krátkodobých i dlouhodobých (zároveň jejich včasným odstraněním), daňové politiky, podporou stavebního spoření a případně i hypotečních úvěrů. Kroky státu musí však být především hospodárné, efektivní a účelné, konkrétně přesně zacílené.

Vedle dostupnosti bydlení, je nutno zaměřit pozornost na stabilitu celkového prostředí na trhu s byty a na kvalitu bydlení.

Stabilita celkového prostředí na trhu s byty je podmíněna především stabilitou sociální, legislativní, institucionální a v neposlední řadě stabilitou ekonomickou.

Stabilita ekonomická předpokládá stabilní portfolio zdrojů financování a snížení finančního zatížení systému a tím zamezení působení části negativních externalit.

Platí zároveň, že existující i plánované nástroje přímé, či nepřímé podpory (a bytová politika jako celek) musí vedle řady jiných podmínek (např. slučitelnost s komunitárním právem Evropské unie), splňovat podmínku stanovenou § 4, odst. 1, písm. d) zákona č. 320/2001 Sb., o finanční kontrole ve veřejné správě a o změně některých zákonů (zákon o finanční kontrole), ve znění pozdějších předpisů. Tuto podmínku zákon definuje jako hospodárnost, efektivitu a účelnost.

Stanovení podmínek a jejich dodržování se sleduje kontrolní metodou. Oblast bytové politiky má tuto kontrolní metodu definovanou v minimálním měřítku, především v oblasti související s čerpáním finančních prostředků ze strukturálních fondů Evropské unie. Vyhláška č. 416/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 320/2001 Sb. přitom ukládá poskytovateli finančních prostředků kritéria hodnocení stanovit, především za použití výkonově orientovaných analytických metod.

6 ZÁVĚR

Málokterá součást našeho života je tak důležitá jako bydlení. V kontextu celé historie není takové množství témat, které by se staly předmětem vědeckých pojednání, úvah, vědeckých prací nebo se staly součástí politického boje. Názory na řešení problematiky bydlení a postoje společnosti směřující k optimálnímu řešení se velice odlišují.

Nicméně žijeme v civilizované společnosti, její úroveň vzhledem k ostatnímu světu je velice vysoká. I u nás se pohled na problematiku bydlení od roku 1989 velice změnil. Zaznamenali jsme názory o takřka plném liberalismu i o významných prvcích státní regulace. Celý segment trhu s byty se vyznačuje velkou pestrostí a to z mnoha pohledů.

Ze posledních více než 20 let došlo v naší společnosti k zásadní změně ve struktuře formy vlastnictví bytů. Přejít k osobnímu vlastnictví byl značný a můžeme se domnívat, že odpovídal zásadním změnám v pohledu na soukromé vlastnictví vůbec.

Je nutno však poznamenat, že tato forma vlastnictví není pro všechny dosažitelná. Ve společnosti žijí skupiny lidí, kterým situace nedovoluje si pořídit soukromé statky, nebo jednoduše nechtějí. Proto by stát měl v rámci plnění své funkce respektovat požadavky této velice různorodé skupiny a měl by pro ně nabídnout adekvátní řešení. Od roku 1991 začala být realizována nová podpůrná opatření, především fiskálního charakteru, která umožnila realizovat různé projekty související s bydlením.

Schválená Koncepce bydlení ČR do roku 2020 je vhodným mixem, který poskytuje řešení pro všechny druhy bydlení - od bydlení sociálního až po bydlení vlastnické. Bez ohledu na další vývoj společnosti dává příštím vládám jasný základ pro stanovení cílů, které chce v rámci čtyřletého volebního období na tomto půdorysu realizovat a který zformuluje ve svém programovém prohlášení.

LITERATURA

- [1] KVASNIČKA, M.: Regulace ceny bytu a její analýzy, <http://myop.wz.cz/pdf/byty.pdf>, 1999
- [2] POLÁKOVÁ, O.: Bydlení a bytová politika, Ekoexpress s.r.o., 2006
- [3] DONNER, Ch.: Wohnungspolitik in der Europäischen Union. Theorie und Praxis, Wien, 2000.
- [4] LUX, M.: Mikroekonomie bydlení, VŠE, Fakulta národohospodářská, Katedra sociální politiky, Praha, 2002
- [5] MANKIW, G. N.: Zásady ekonomie, Grada, 1999
- [6] SUNEGA, P.: Makroekonomie bydlení, VŠE Praha, 2002
- [7] ŠOURKOVÁ, M.: Prostorové a ekonomické aspekty trhu nemovitostí, MU ESF Brno, 2003
- [8] HLAVÁČEK, M. – KOMÁREK, V.: Determinanty cen nemovitostí pro jednotlivé regiony ČR, Zpráva o finanční stabilitě 2008/2009, str. 80-89, ČNB Praha, 2009
- [9] STIEGITZ, E. J.: Ekonomie veřejného sektoru, Grada, 1997
- [10] KUPKA, V.: Bydlení a jeho specifický trh, <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/ckta0303200808.doc>, 2007
- [11] ŽÍTEK, V.: Oceňování nemovitostí a přírodních zdrojů, MU ESF Brno, 2005
- [12] GARNETT, D.: Housing finance, The Chartered Institute of Housing, London, 2000

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Aleš Tomek, CSc., Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

RNDr. Jiří Klíma, ÚRS PRAHA, a.s.

Vlastimil RUDOLF¹

**PAMÁTKOVÁ PÉČE A OBNOVA ORANŽERIE V ZÁMECKÉM AREÁLU
V ČECHÁCH POD KOSÍŘEM, OKRES PROSTĚJOV**

**HISTORIC PRESERVATION AND RENEWAL OF ORANGERY AT THE CASTLE
IN ČECHY POD KOSÍŘEM, DISTRIKT OF PROSTĚJOV**

Abstrakt

Příspěvek se zabývá obnovou oranžerie zámku v Čechách pod Kosířem, okres Prostějov, která je jedinou takovouto stavbou dochovanou na Prostějovsku. Oranžerie se dlouhou dobu nacházela ve zhoršeném technickém stavu, což bylo důvodem pro to, aby byla vedena v nelichotivém seznamu nejohroženějších kulturních památek. V letech 2011 - 2012 prošel objekt rozsáhlou obnovou, při níž mu byla částečně navracena jeho původní funkce, doplněná o nové využití. Cílem článku je jednak upozornit na nezbytný metodický postup přípravy stavební obnovy historických objektů, ale také na některá možná úskalí vlastní realizace prací.

Klíčová slova

Oranžerie, obnova, technický stav, využití, zámecký areál.

Abstract

This contribution deals with the orangery restoration at the castle in Čechy pod Kosířem, District of Prostějov, which is only construction preserved in the area of Prostějov. The orangery was in the worse technical condition for a long time, so that it was recorded in the list of the most endangered cultural heritage. When the construction underwent extensive restoration in 2011-2012, its original function was partly restored and new uses were added.

Keywords

Orangery, restoration, renewal, technical, condition, use, chateau, heritage.

1 ÚVOD

Oranžerie je zvláštní druh skleníku nebo stavby, určené především k pěstování citrusů nebo jiných subtropických rostlin. Vedlejším využitím objektu je jeho používání k rozmnožování dalších rostlin. Odborná literatura definuje oranžerii jako budovu pro ochranu teplomilných rostlin a pro jejich pěstování, na zimu vytápěnou. [18]

Oranžerie byly v našem podnebném pásmu stavěny zvláště v průběhu 18. a 19. století, a to nejprve při šlechtických sídlech, případně církevních institucí. Postupně se do jejich budování zapojila také města a další subjekty (např. vysoké školy aj.). Po roce 1945 se u nás zřetelně projevila nedostatečná údržba a omezení provozu oranžerií v souvislosti s vyhnáním některých vlastníků šlechtických sídel ze země; ještě více pak po roce 1948, kdy lhostejnost a nezáměr o tyto objekty přispěly k jejich časté, leckdy i naprosté devastaci. V posledních letech se vztah k oranžeriím mění. Příčinou je zvýšený zájem o jejich poznání, což lze dokumentovat vznikem specializovaných skupin,

¹ Mgr. et Mgr. Vlastimil Rudolf, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 582 329 161, e-mail: vlastimil.rudolf@vsb.cz.

zabývajících se stavebně-historickými průzkumy (SHP) těchto objektů. [16] SHP následně slouží nejen jako jeden z výchozích podkladů pro jejich rehabilitaci, ale také k výměně názorů na historický vývoj tohoto druhu staveb. V souvislosti s obnovou oranžerií je nutno často hledat nové využití a náplň těchto prostor, neboť vlastní pěstitelská či uchovatelská činnost je spíše na ústupu².



Obr. 1: Klasicistní oranžerie u zámku v Raduni, okres Opava

Pokud budeme sledovat dochované oranžerie, můžeme se v nejširší míře setkat s oranžeriami barokními, klasicistními či historizujícími³, ale ani setkání s novodobými stavbami není vyloučeno, neboť po roce 1990 na našem území vzniklo několik zajímavých staveb, ať již z podnětu veřejných institucí nebo soukromníků.⁴



Obr. 2: Zámecká oranžerie v Sychrově, okres Liberec

² Dne 12.7.2012 se ve vile Stiassni v Brně konal seminář o průzkumu a záchraně oranžerií na našem území. Zvýšenou aktivitou v této oblasti se snažíme vyrovnat svým sousedům – např. Německu, kde již čtvrt století existuje specializovaná společnost, zabývající se záchrannou historických oranžerií.

³ Pro doložení rozmanitosti oranžerijní architektury jsou představeny zámecká oranžerie v Raduni (okr. Opava), postavená v roce 1824 - srov. [14]; dále zámecká oranžerie v Sychrově (okr. Liberec) – první zmínky o ní pocházejí z roku 1831, dnešní půdorysnou podobu včetně předsunuté kolonády získala na počátku padesátých let 19. století, mezi její návštěvníky patřili mj. císaři Ferdinand V. Dobrotivý a František Josef I.; Rozsáhlá oranžerie v břevnovském klášteře benediktinů v Praze pochází z 18. století.

⁴ Nová oranžerie v Královské zahradě Pražského hradu (obr. 4) byla postavena v letech 1997-1999 na místě v dřívějších dobách stojícího renesančního skleníku, dle projektu Ing. arch. Evy Jiříčné. Na obr. 5 je oranžerie v Čerčanech – soukromý vlastník, projekt pochází z let 2009 – 2010 z ateliéru Lennox architekti, Jindřich Starý, realizace 2011, srov. [1] - oranžerie Čerčany (foto P. Beneš).



Obr. 3: Oranžerie v břevnovském klášteře v Praze



Obr. 4: Nová oranžerie v Královské zahradě Pražského hradu



Obr. 5: Oranžerie v Čerčanech (okr. Benešov)

Historické oranžerie se nacházejí v různém technickém stavu, který se dle situace a zájmů zhoršuje či zlepšuje. K těm, jejichž technický stav se v uplynulém období radikálně zlepšil, náleží také oranžerie u zámku v Čechách pod Kosířem, postavená podle projektu Ignáce Ullmanna v roce 1853.⁵

2 KONSTRUKCE A TECHNICKÝ STAV ORANŽERIE V ČECHÁCH POD KOSÍŘEM

Oranžerii v Čechách pod Kosířem lze charakterizovat jako dvoutraktový objekt obdélníkového půdorysu. Celou přední část tvoří hluboký a převýšený prostor vlastní oranžerie a zadní úzký trakt býval zázemím, rozděleným do několika menších místností a dvou schodištěm propojených podlaží. Zadní severovýchodní stěna a boční severozápadní stěna přivrácená k zámku jsou plné, omítané, průčelí a druhá boční stěna jsou prosklené. V jihozápadní průčelní stěně je osově situován vstup s půlkruhovým záklenkem, zdůrazněný trojúhelníkovým atikovým štítem přesahujícím střechu. Po stranách průčelní stěny jsou osazeny kamenné pilíře. Ke vstupu vede krátké kamenné schodiště, vytvořené ze čtyř profilovaných stupňů. Průčelí oranžerie je provedeno v kombinaci režného zdiva a kamenných prvků. Kamenná lizéna po stranách vstupu přechází do obloučkovitého vlysu ve štítu, nad ním je pás s rostlinným dekorem a uprostřed štítu je situován alianční erb.⁶ Objekt je zastřešen pultovou střechou. Konstrukčně je oranžerie pojednána tak, že jsou kombinovány zděné konstrukce s velkými lehkými plochami prosklení. Zdivo je vyžděno z pálených cihel na vápennou maltu. Překlady nad historickými otvory jsou řešeny cihelnými segmentovými a rovnými záklenky. Vyzdívká lícové plochy rizalitu je provedena z režných pálených cihel. Stropy jsou dřevěné, s rákosovým podhledem a záklopem. Aby mohl být objekt v zimním období temperován a uskladněné rostliny chráněny před chladem, byly vyžděny dva komíny, postavené v obou koncích zadního traktu. Hlavy komínů byly ukončeny vysazenou římsou. Temperování napomáhal otopný kanál, dochovaný pod podlahou. Ta byla složena z historické cihelné dlažby novodobě překryté vrstvou dilatované červeně probarvené betonové mazaniny. Beton přispíval ke zvýšené vlhkosti zdiva. Místnosti objektu byly opatřeny omítkami s bílým nátěrem, avšak v nezjištěné době došlo k jejich osekání až do výše dvou metrů. Ve vysokém kamenném portálu je osazena prosklená dvoukřídlá litinová brána s nadsvětlíkem, která byla částečně poškozena. V jižním a jihovýchodním průčelí jsou osazeny vysoké prosklené stěny dřevěné konstrukce s poli členěnými svislými příčlemi, ztuženými vodorovnými nosníky. Horní část stěny je deštěná, s dekorativně pojímaným zavětrováním a nasazením střechy. Dřevěná konstrukce byla poškozena biologickými škůdci a atmosférickou korozí. Původní zasklení polí bylo dochováno až do roku 2002, kdy prakticky celé podlehlo útokům vandalů. Zděná průčelí byla opatřena omítkami, boční s novějším bílým nátěrem, zadní původní omítkou, zakončenou profilovanou římsou a nátěrem v zemitě okrovém tónu.

Technický stav oranžerie byl celkově dosti neuspokojivý, na čemž mělo svůj podíl i jeho dlouhodobé nevyužívání. Poškozenou střechou, komíny a vysklenými otvory zatékalo do interiéru. Zanedbaný objekt nebyl napojen na žádné inženýrské sítě.

⁵ Ignác Ullmann (23.4.1822, Praha – 17.9.1897, Příbram); vyučil se jehličkářem, studoval na pražské polytechnice, v letech 1842 – 1847 pak na vídeňské Akademii výtvarných umění. Dne 4.11.1856 se u sv. Tomáše na Malé Straně v Praze oženil se sestrou architekta Antonína Barvitia. Skleník v Čechách pod Kosířem byl patrně jeho první samostatnou prací – projekt byl vypracován pro rod Sylva-Taroucca; srov. [21].

⁶ K oranžerii viz [23], [17]. Kopie evidenční karty kulturní památky je uložena v příručním archivu oddělení památkové péče Magistrátu města Prostějova. Minimální pozornost věnoval oranžerii SHP zámku v Čechách pod Kosířem, ať již ve své starší nebo aktualizované verzi, také [11], [12] - uloženo v příručním archivu oddělení památkové péče Magistrátu města Prostějova. Mimo zmínky o vlastní existenci jí nevěnoval větší pozornost ani [10].



Obr. 6: Situační plán zámeckého parku v Čechách p. K.



Obr. 7: Oranžerie v Čechách p. K. před rekonstrukcí

Pokud se týká využívání zbytku zámeckého areálu: v zámku dlouhou dobu sídlila Speciální škola internátní a v menším rozsahu se v něm nalézala i muzejní expozice s tematikou, vztahující se k Josefu Mánesovi a připomínající jeho zdejší pobyt. Mnohaletým správcem areálu byl Okresní úřad v Prostějově, který v tomto případě zastupoval vlastníka - Českou republiku. V rámci správy a vynakládaných finančních prostředků byla věnována pozornost spíše jen nezbytné údržbě zámku a parku (největší náklady si vyžádala údržba zeleně). Zámecký park byl volně přístupný návštěvníkům.

3 PŘÍPRAVA A VLASTNÍ REKONSTRUKCE ORANŽERIE

Pro obnovu objektu byla již v roce 1995 zpracována studie s názvem „Zámecký areál Čechy pod Kosířem, oranžerie a přilehlý parter“⁷, nastiňující možnosti revitalizace tohoto objektu a sledující cíl, aby objekt sloužil jako kulturní a sociální zázemí pro návštěvníky parku a expozice Mánesovy síně, s potenciálním využitím pro občerstvení, pěstování a zimování vybraných oranžerijních rostlin. Obnovena měla být i kompoziční vazba park – oranžerie. Záměr studie zůstal nenaplněn.

V souvislosti se zánikem okresních úřadů přešla správa zámeckého areálu na Úřad pro zastupování státu ve věcech majetkových (dále jen ÚZSVM). Po odstěhování Speciální školy zůstal pak nevyužíván i zámek (mimo Mánesovu pamětní síň). ÚZSVM se snažil po delimitaci uvolněný areál převést na nějaký vhodný státní subjekt, ale v tomto směru neuspěl.

Stav poloprázdného areálu se zhoršoval, zejména pak technický stav oranžerie, proto byl věcně a místně příslušný orgán státní památkové péče, kterým se stal Městský úřad Prostějov, nucen vydat rozhodnutí o nařízení nejnutnějších prací k její záchraně. Při prosazování tohoto typu nařízení je nezbytné, aby byla prokazatelně naplněna skutečnost, že vlastník neudržuje památku v dobrém stavu a nepečuje o její zachování⁸. Pokud by správní orgán rozhodnutí o opatřeních nevydal, byl by dle zákona zjevně nečinný a mohl by být k tomuto kroku donucen nadřízeným správním orgánem⁹. Nařízená opatření spočívala ve vypracování statického posudku, dále posudku stavu historických konstrukcí a průzkumu historické barevnosti jednotlivých druhů konstrukcí. [8], [6] Dle vypracovaného statického posudku se zmiňovaný objekt nenacházel v tak špatném stavu, jak se předpokládalo, ale dřevěné konstrukce byly tímto posudkem hodnoceny jako dožilé a prakticky všechny byly určeny k celkové výměně. ÚZSVM učinil vstřícný krok a požádal Městský úřad Prostějov o vydání závazného stanoviska k celkové rekonstrukci, nikoli pouze k dílčím udržovacím pracím nebo k nejnutnějšímu stavebnímu zabezpečení¹⁰. K zahájení prací na záchraně objektu však opět nedošlo, což bylo způsobeno zejména tím, že o uvolněný areál začal projevoval značný zájem Olomoucký kraj, kterému byl po delších jednáních zámek v Čechách pod Kosířem s celým příslušenstvím skutečně postoupen.

Nový vlastník začal záhy připravovat rozsáhlý, ale značně předimenzovaný projekt obnovy celého areálu, v rámci něhož mělo mj. dojít k přístavbě nového a moderního křídla zámku, sloužícího pro hotelové účely. Projekt byl postupně redukován a upravován. V rámci předprojektových a projektových prací byla zpracována i podrobná inventarizace jednotlivých konstrukčních a

⁷ Autory studie [22] byli Bohdan Wagner (historie vzniku, rozvoje a provozu oranžerií), Radek Pavlačka (zahradní řešení) a Otakar Hudeček (zaměření). Uloženo v příručním archivu Oddělení památkové péče stavebního úřadu Magistrátu města Prostějova.

⁸ Srov. ust. § 9 odst. 1 zák. č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v platném znění: „Vlastník kulturní památky je povinen na vlastní náklady pečovat o její zachování, udržovat ji v dobrém stavu a chránit ji před ohrožením, poškozením, znehodnocením nebo odcizením...“ a ust. § 10 odst. 1 „Neplní-li vlastník kulturní památky povinnosti uvedené v § 9, vydá obecní úřad obce s rozšířenou působností rozhodnutí o opatřeních, která je vlastník kulturní památky učinit, a zároveň určí lhůtu, v níž je vlastník kulturní památky tato opatření vykonat...“

⁹ Srov. ust. § 80 odst. 2 zák. č. 500/2004 Sb., správní řád, v platném znění.

¹⁰ V souladu s ust. § 14 odst. 1 zák. č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v platném znění.

historických prvků. [7] Zpracování důkladné inventarizace prvků je obecně jednou ze základních podmínek pro přípravu a povolení obnovy historických objektů z hlediska zájmů státní památkové péče, neboť umožňuje kontrolu odstrojených prvků, tj. zachování autentických součástí stavby, a v případě nutnosti jejich náhrady je velmi dobrým podkladem pro zhotovení nezbytných replik. Je tedy zapotřebí k této fázi přípravy obnovy historického objektu přistupovat velmi zodpovědně tak, aby výsledný elaborát byl dostatečně podrobný a přesný¹¹. Požadavek na vypracování inventarizace historických hodnotných a autentických prvků bývá ze strany vlastníků historických objektů často akceptován jen se značnou nevolí, zvláště proto, že se domnívají, že se jedná o zdržování a zbytečné vícenáklady. V celkovém rozpočtu obnovy se většinou jedná o nepřilíš vysokou částku, která je zhodnocena skutečností, že je dobře znám stav jednotlivých prvků, tudíž by nemělo docházet k jejich nadměrné výměně, což zpětně znamená úsporu finančních prostředků. [15]

Při přípravných pracích došlo také k projevům velmi rozdílného posuzování stavu krovových konstrukcí. Zatímco posudek „Zámek Čechy pod Kosířem, oprava dřevěných konstrukcí oranžerie“ hovořil o nutnosti výměny všech prvků, názor z roku 2011 spíše připouštěl menší rozsah výměn. Při vlastní realizaci byla nakonec zachována přibližně třetina dřevěných historických prvků, zbytek byl nahrazen replikami¹². K částečnému uchování historického materiálu došlo i při výměně nosných dřevěných prvků. Důraz byl kladen také na uchování původních kovových prvků, které měly být repasovány, avšak tam, kde by byl prvek neuchovatelný mohl být nahrazen novým, avšak materiálově a rozměrově shodným s originálem. Pro konečný výraz stavby byla velmi důležitou otázkou podoba nového zasklení, neboť tento prvek má zásadní vliv na pohledové vnímání objektu. I když původní záměr navrhoval, že zasklení musí být realizováno původním způsobem a shodným sklem, jaké bylo na skleníku použito v minulosti (40. léta 19. stol.), takovýto postup nelze uplatnit, neboť technologie výroby skla je dnes odlišná, než byla v předminulém století. Celý proces zasklívání pak musel být realizován tak, že shodné jsou velikosti jednotlivých kusů skel, jejich tloušťka a způsob osazení, přičemž zasklívání muselo být provedeno s použitím sklářského tmelu, nikoli novodobého silikonového těsnění, jak bývá nyní obecně prosazováno.

Rozvody inženýrských sítí potřebné pro využití oranžerie byly pohledově uschovány. Prostory upravované pro nový provoz a neuplatňující se pohledově navenek byly osazeny novými soudobými prvky (např. prostory WC).

Nedílnou součástí komplexní obnovy byla i finální podoba nátěrů historických konstrukcí. Jak již bylo uvedeno výše, byl v roce 2005 zpracován průzkum barevnosti, jehož nejdůležitějšími výsledky byla zjištění, že vápenné omítky s líčkami v barevných vrstvách jsou v provedení od jemně okrové po bílou, na litinové bráně se nacházejí nátěry v tmavě zeleném a střednězeleném odstínu, a to fermežovou barvou, na dřevěných konstrukcích pak nátěr v odstínu červeného okru ve střední intenzitě, taktéž fermežovou barvou. V roce 2012 nechal investor vypracovat nový a podrobnější průzkum barevnosti, neboť předchozí průzkum nemohl postihnout všechny konstrukce, protože značná část z nich byla tehdy nepřístupná. Po postavení lešení a provedení sond dospěl restaurátor k závěru, že vlastní dekor a vyžlebení hran by měly být realizovány ve světlejší červené olejové barvě, případně lze šablonový dekor zvýraznit tmavě zelenou olejovou barvou. Kontrolní restaurátorský průzkum byl proveden i u litinové brány s výsledkem, že pod dvěma vrstvami zvětřalé sekundární barevnosti byla nalezena vrstva č. 3, na sytě zelené vrstvě se nachází původní olejová vrstva č. 1 ve velmi sytém a tmavém modrozeleném odstínu (lněný olej). [8], [19], [20] Při vzájemném porovnání výsledků obou průzkumů (2005 a 2012) se vynořila klasická otázka vztahující se ke konečné barevnosti: „K jaké barevné vrstvě se přiklonit?“ Tuto otázku musí projektanti, vlastníci staveb i pracovníci památkové péči řešit u řady historických staveb. Ve sledovaném případě bylo rozhodování usnadněno tím, že zbytky historických barevných vrstev měly zůstat nadále pod novým nátěrem, a tudíž uchovány pro možné pozdější kontrolní ověřování

¹¹ Při provádění inventarizace klade značné nároky na schopnosti a znalosti zhotovitele. [9]

¹² Srov. [13]. Realizace prací společnost Navrátil, Prostějov, 2011/2012.

v budoucnosti. Z restaurátorských průzkumů je zřejmé, že na bráně byl nejdříve použit tmavý odstín a po určité době pak došlo k přetření prvků do méně sytého tónu, který zřejmě lépe odpovídal dobovému citění i celkovému propojení oranžerie s okolním prostředím. Po dlouhých úvahách byl vybrán návrat k nejstaršímu barevnému řešení, čímž ovšem není řečeno, že by pozdější bylo kvalitativně horší. V tomto případě byly dodrženy všechny principy památkové péče a výsledný verdikt je pouze věcí názoru.

Barevným nátěrem byl uzavřen celkový proces obnovy oranžerie, která má sloužit jednak pro uchování subtropických rostlin v chladném období, ale také přes letní období jako kavárna pro návštěvníky parku a muzejní expozice.

4 ZÁVĚR

Článek chtěl na příkladu konkrétní obnovy drobné historické stavby poukázat na úskalí, která jsou s tímto procesem spojena a která jsou často (a to již od doby přípravy projektové dokumentace) opomíjena nejen ze strany projektantů, ale také vlastníků kulturních památek a realizátorů prací. K naplnění předpokladu dobrého výsledku obnovy každé kulturní památky přispívá důkladná příprava podkladů pro vlastní projektovou dokumentaci, k nimž náleží vždy mimo jiné podrobné zaměření objektu a následně zpracování potřebných detailních průzkumů a odpovídajících posudků (např. barevnosti, technického stavu historických konstrukcí, restaurátorských průzkumů aj.). Taktéž je nezbytné, aby před procesem obnovy včas proběhla inventarizace všech historických prvků. Vhodným krokem je dále zpracování stavebně-historického průzkumu, ať již ve standardním rozsahu nebo pouze v omezené verzi pro některou konkrétní část stavby. Aby měl vlastník jistotu, že náklady vynaložené na vypracování projektové dokumentace nebudou investovány neúčelně, může si u věcně a místně příslušného orgánu státní památkové péče předem vyžádat závazné stanovisko k záměru, v němž pak budou obsaženy všechny požadavky, kladené na vlastníka v souvislosti s přípravou konkrétní obnovy, dle nichž může následně zpracovávat další stupně projektové dokumentace, čímž se celý proces přípravy obnovy také značně urychlí. Přestože většina vlastníků památek a investorů je přesvědčena, že každý další stupeň dokumentace (resp. schvalování), který na první pohled není z hlediska dodržení nutných předpisů nezbytný, celou obnovu pouze prodražuje a zpomaluje, v praxi je tomu většinou právě naopak. Přípravné stupně dokumentace a průzkumy sice mohou na první pohled znamenat určité zdržení a zvýšení počátečních nákladů, ale jejich provedení zabraňuje realizaci zbytečných prací, investicím nadbytečných nákladů, které bez předchozího detailního ohledání vypadaly jako nezbytné, a v neposlední řadě zabraňuje také tomu, aby výsledná obnova byla v rozporu s veřejným zájmem – tedy zájmy státní památkové péče na ochraně a zachování kulturního dědictví. Úspěch zamýšlené akce urychluje také akceptování zákonného požadavku, že „Přípravnou a projektovou dokumentaci obnovy nemovitě kulturní památky ...vlastník kulturní památky nebo projektant projedná v průběhu zpracování s odbornou organizací státní památkové péče...“. V rámci projednání si lze ujasnit i možnosti užití novodobých materiálů a přípuštění vlastní invence projektanta ve vztahu k zájmům státní památkové péče a je nutno zdůraznit, že odborná pomoc organizace státní památkové péče (Národního památkového ústavu) je pro vlastníky památek bezplatná¹³.

Výše uvedené postupy byly při obnově oranžerie v Čechách pod Kosířem splněny a dnes lze konstatovat, že konečný výsledek obnovy je velmi uspokojivý.

¹³ Ust. § 14 odst. 7 zák. č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v platném znění. V oblasti prezentace vlastní invence projektanta se lze v praxi velmi často setkat s malou ochotou zhotovitele dokumentace obhajovat své názory, neboť pokud vypracuje projekt, a má tedy konkrétní představy o výsledku prací, musí být schopen a chtít tyto představy také hájit, i když samozřejmě výsledek následné diskuse a správného řízení může být od původní představy do určité míry odlišný.



Obr. 8: Oranžerie v Čechách p. K. po rekonstrukci

PRAMENY A LITERATURA

- [1] *Oranžerie Čerčany* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: www.archiweb.cz.
- [2] *Skleník v Královské zahradě Pražského hradu* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: www.wikipedia.org.
- [3] Kopie evidenční karty kulturní památky.
- [4] Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v platném znění.
- [5] Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, v platném znění.
- [6] ATELIER WALTER. *Zámek Čechy pod Kosířem, oprava dřevěných konstrukcí oranžerie: posudek stavu dřevěných konstrukcí*. Brno, 8/2006, strojopis.
- [7] DOHNAL, J. *Zámek Čechy pod Kosířem: rekonstrukce a využití objektů a revitalizace parku*. Olomouc, 4/2010, strojopis.
- [8] DVOŘÁK, L. *Restaurátorský průzkum omítek, liček a nátěrů interiéru a exteriéru skleníku zámku v Čechách pod Kosířem, okr. Prostějov*. Olomouc, prosinec 2005, strojopis.
- [9] GIRSA, V. et al. *Předprojektová příprava a projektová dokumentace v procesu péče o stavební památky*. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2004, s. 19-21. ISBN 80-86234-36-3.
- [10] HIEKE, K. *Moravské zámecké parky a jejich dřeviny*, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, s. 40-44, Publikace č. 3877 07-107-85-04/40.
- [11] KAŠPÁRKOVÁ, Z. - NIKLOVÁ, J. *Čechy pod Kosířem – zámek*. Olomouc: Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze: SA 02 – Olomouc, Horní nám. 25, Olomouc, září 1991, strojopis.
- [12] KAŠPÁRKOVÁ, Z., *Zámek Čechy pod Kosířem – rekonstrukce a využití objektů a revitalizace parku: Stavebně-technický průzkum*. ateliér-r, Olomouc, s. 59–63, květen 2010, strojopis.
- [13] KLOIBER, M. *Doporučený postup navržené sanace*. Telč, 1. prosince 2011, strojopis.

- [14] KOLÁŘOVÁ, E. *Státní zámek Raduň, oranžerie*. Ostrava: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ostravě, 2010. ISBN 978-80-85034-27-8.
- [15] KUTA, V. *Investiční proces a jeho technicko organizační aspekty*, Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1998, s. 8. ISBN 80-7078-522-5.
- [16] MACEK, P. - RAZÍM, V., et al. *Zkoumání historických staveb*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště střední Čechy, 2011. ISBN 978-80-865-16-41-7.
- [17] ORÁLKOVÁ, I. et al. *Soupis nemovitých kulturních památek okresu Prostějov*. Olomouc: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Olomouci, 2012, s. 51. ISBN 97880-86570-19-8.
- [18] PACÁKOVÁ - HOŠŤÁLKOVÁ, B., et al. *Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Nakladatelství Libri, 1999, s. 462. ISBN 80-85983-55-9.
- [19] SURMA, R. *Restaurátorský průzkum barevné povrchové úpravy, návrh na rekonstrukci šablonové dekorativní výzdoby dřevěných konstrukcí skleníku (oranžerie) na zámku v Čechách pod Kosířem*. Lípy, 1.2.2012, strojopis.
- [20] SURMA, R. *Restaurátorský průzkum barevné povrchové úpravy, návrh na rekonstrukci původní barevnosti litinových konstrukcí brány oranžerie (z r. 1853) na zámku v Čechách pod Kosířem*. Lípy, 24.4.2012, strojopis.
- [21] VLČEK, P. et al. *Encyklopedie architektů, stavitelů, zedníků a kameníků v Čechách*. Praha: Academia, 2004, s. 675 – 676. ISBN 80-200-0969-8.
- [22] WAGNER, B. – PAVLAČKA, R. – HUDEČEK, O. *Zámecký areál Čechy pod Kosířem, oranžerie a přilehlý parter*. Olomouc, duben 1995, studie.
- [23] ZATLOUKAL, P. *Přehled architektury historismu XIX. stol. na Moravě*. In. Umění, Praha: ČSAV, 1980, ročník XXVIII, s. 357. ISSN 00495123.

SEZNAM VYOBRAZENÍ

Obr. 1: *Zámecká oranžerie v Raduni, okr. Opava* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: www.zamek-radun.cz/historie/oranzerie.

Obr. 2: *Zámecká oranžerie v Sychrově, okr. Liberec* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: www.propamatky.info/cs/zpravodajstvi/opravene_pamatky/oranzerie.

Obr. 3: *Oranžerie v břevnovském klášteře v Praze* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: cs.wikipedia.org/wiki.

Obr. 4: *Nová oranžerie v Královské zahradě na Pražském hradě*, [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: cs.wikipedia.org.

Obr. 5: *Oranžerie Čerčany, okr. Benešov* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: www.archiweb.cz.

Obr. 6: Situační plán zámeckého parku v Čechách pod Kosířem, okr. Prostějov, NPÚ, ústřední pracoviště, Praha - odbor evidence a dokumentace.

Obr. 7: Oranžerie v Čechách pod Kosířem, okr. Prostějov, před rekonstrukcí, foto oddělení památkové péče stavebního úřadu Magistrátu města Prostějova.

Obr. 8: Oranžerie v Čechách pod Kosířem, okr. Prostějov, po rekonstrukci, foto oddělení památkové péče stavebního úřadu Magistrátu města Prostějova.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. arch. Petr Urlich, CSc., Katedra architektury, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Ing. Jozef Laššák, Olomouc.

Eva SLOVÁKOVÁ¹, Martina PEŘINKOVÁ²

BARIÉRY MĚSTA

BARRIERS OF A TOWN

Abstrakt

Struktura městské zástavby se neustále mění. Její vývoj ovlivnilo několik důležitých kroků v dějinách kteréhokoli města. Až s odstupem doby je možno přijmout hodnocení kladů a záporů, ale především vyplývající poučení pro budoucnost. Při studiu mapových podkladů, byly autorkami článku nalezeny tři hlavní skupiny těchto vlivů. Tyto skupiny dostaly společný pracovní název bariéry města. K jednotlivým bariérám měst byly vybrány konkrétní příklady městských struktur, na kterých se prokázal jejich vliv působení. Na základě vlivu třech skupin bariér, byly definovány dvě základní struktury měst.

Klíčová slova

Bariéra, město, struktura, urbanismus

Abstract

The structure of a town housing development is always changing. Its evolution was influenced by few important steps in the history of any town. Not until passage of the time it is possible to accept the assesment of positives and negatives but over all final lesson for the future. Along of study of map background the authors have found three main groups of these influences. These groups got united working name Barriers of a town. To an individual barriers of a towns were chosen specific examples of a town structures where was proofed their influence of effect. Based on influence of three groups of barriers there were defined two basic town structures.

Keywords

Barrier, town, structure, urban design

1 ÚVOD

Při zkoumání jednotlivých map měst, vyplynula sama odpověď na otázku, co ovlivňuje urbanistický vývoj měst, jsou to bariéry. Název byl vybrán záměrně, protože jednoduše vystihuje problematiku při rostoucím vývoji městské struktury. Vypozorované bariéry mohou být rozděleny do tří hlavních skupin:

- přírodní,
- umělé,
- lidské.

Už ze samotných názvů vyplývá původ a problematika, se kterou jsou spojeny.

¹ Ing. Eva Slováková, Katedra architektury, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 939, e-mail: eva.slovakova@vsb.cz.

² Doc. Ing. Martina Peřinková, Ph.D., Katedra architektury, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 351, e-mail: martina.perinkova@vsb.cz.

Přírodní bariéry vznikaly silami Země a neustále se dál přetvářejí. Člověk se svým přičiněním buď přizpůsobil, nebo měnil výrazně ráz dotčeného území. Za to umělé bariéry jsou výsledkem hmotné lidské činnosti. Jejich následky se už projeví v podobě např. vyčerpáním kapacity zastavěnosti území. Ty, které byly postaveny nyní, jejich vliv se pozitivně či negativně projeví při následném užívání. Lidské bariéry jsou produktem lidské činnosti, které pracují na legislativní úrovni. Za hlavní nástroj je možno považovat stavební zákon.

Na ověření našeho tvrzení byla vybrána vždy záměrně rozdílná města. Svoji velikostí jsou si podobná, co do počtu obyvatel a plochy se týče, ale strukturou zástavby jsou si zcela rozdílná. Jedná se o města Moravy a Slezska. Jsou to města s bohatou a zajímavou minulostí, ale předmětem zkoumání je jejich vývoj s vlivem definovaných bariér.

V následujících kapitolách budou popsány všechny tři skupiny bariér. Na základě jejich vlivu byly autory článku definovány dva druhy struktur městské zástavby:

- ohraničení,
- štěpení.



Obr. 1: Ohraničení městské zástavby bariérami (katastrální mapa Prostějova) [3]



Obr. 2: Štěpení městské zástavby bariérami (katastrální mapa Přerova) [3]

2 BARIÉRY MĚSTA

2.1 Přírodní bariéry

Voda je jedním z prvků v urbanismu. Má celou řadu funkcí a může mít množství specifických forem. Porozumění potenciálu vody v plánování a navrhování města, zejména jejím použití v ulicích a na náměstí, bylo uskutečněno na základě analýzy souboru obecných forem. Vhodnost těchto forem může být ve službách funkčních a estetických požadavků jakékoli dané situace. [2]

Když do krajiny přišel člověk, přirozeně se začal usazovat v okolí vodních toků. Bylo to přirozené rozhodnutí. Od toho okamžiku se řeky staly nedílnou součástí lidstva a tudíž i sídel. Při rozrůstání započal vliv struktury terénu a při zakládání větších staveb přibyl vliv geologického složení základové pudy. Přírodní bariéry bychom tedy mohli rozdělit následovně:

- řeky,
- reliéf země,
- geologické poměry.

Při pohledu na dnešní strukturu měst, můžeme vyčíst dva druhy vlivů řek v půdorysu městské zástavby. Řeka nám město buď ohraničuje, nebo štěpí. Při zakládání měst se výběrem polohy určil právě i tento směr, kterým zástavba a její budoucnost budou směřovat.

Když se historické nynější jádro založilo od řek několik kilometrů, tak nyní po zhruba sedmi set letech dochází ke zmíněnému ohraničení zástavby řekou. Typickým příkladem lze uvést město Prostějov, které je nyní ze severní strany ohraničeno řekou Hloučelou. Ale při založení městského centra přímo u ramene řeky, tak už v ten okamžik dochází ke štěpení zástavby. Pro tento typ bylo vybráno město Přerov, které své historické jádro má u ramene řeky Bečvy.



Obr. 3: Prostějov roku 1790 [4]



Obr. 4: Přerov roku 1790 [4]

Při hledání a ověřování výše vyjmenovaných typů nám dopomohou staré historické mapy. A to především Müllerova mapa Moravy z roku 1790. Dalším cenným mapovým podkladem můžeme považovat povinné císařské otisky stabilního katastru z roku 1824 až 1836. Když tyto mapy jsou porovnány s nynější situací (katastrální mapy měst), tak máme představu o tom, kam vývoj našich měst bude směřovat. Tyto prognózy, ale potvrdí především budoucnost.

2.2 Umělé bariéry

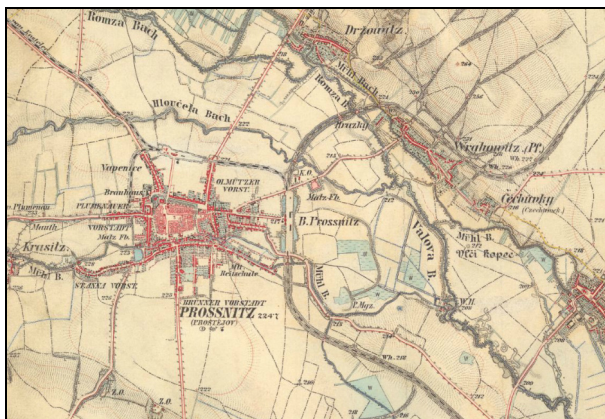
Tak jako přírodní, tak i umělé bariéry zasahují do vývoje struktury měst. Zásadní rozdíl je v tom, že přírodní bariéry nastolila sama příroda a není v lidských silách je měnit. Ale umělé bariéry vytváří lidé. Tím vznikají příležitosti pro tvorbu a přeměnu krajiny prostředky, které mají pozitivní či negativní vliv na své okolí. Umělé bariéry můžeme rozdělit následovně:

- hradby,
- komunikace,
- železnice.

Z Müllerových map lze vyčíst kolik měst a městeček kolem roku 1790 mělo opevnění. Městské hradby můžeme považovat za první umělou bariéru, kterou si lidstvo postavilo do cesty vývoje svých sídel. Na tomto příkladu se už potvrdilo to, jak dokáže jeden prvek ovlivnit růst městské struktury. Nejdříve muselo být vynaloženo mnoho sil na to, aby se opevnění a hradby vybudovaly. Pak došlo k naplnění ohraničeného prostoru a nastal problém se stavebními parcelami. S přílivem obyvatel do měst se situace stala neúnosnou a hradby začaly být překážkou rozvoje městské struktury.



Obr. 5: Uherské Hradiště roku 1790 [4]



Obr. 6: Prostějov – komunikace (třetí vojenské mapování 1876 až 1878) [4]

U komunikací platí zásadní pravidlo a to, že půdorys města podélně spojuje, ale zároveň příčně dělí. U řeky bylo rozhodující, kde byla daná poloha jádra města, a tím se i odvíjel její vliv na strukturu další zástavby. U komunikací je rozhodující výběr polohy ve struktuře města a z toho vyplývá i následující vliv na město a jeho vývoj. Většina důležitých center se zakládala na nebo při hlavních cestách. A tak jako řeka, tak i komunikace ohraničují nebo štěpí danou strukturu zástavby. Poloha komunikací vůči jádru města je zásadní pro budoucí vývoj struktury. Pokud by došlo ke nevhodnému trasování, tak město by se přetížilo dopravou nebo by vznikly bariéry, které by byly těžko překonatelné.

Cesta, ulice, alej, silnice, dále je možné tuto skupinu rozšířit o pojmy bulvár a promenáda, které mají podobný význam. V kontextu dalšího výkladu byly vybrány dvě a to silnice a ulice. Silnice je věcí jízdy a každodenním spojením mezi různými místy s využitím koňských sil, motorových prostředků či pěšky. Důraz je kladem na pohyb mezi místy a krajinou. Silnici je možné překonat pomocí mostů či tunelů, aniž by musela být přerušena. Ulice mohou mít stejné vlastnosti jako silnice. Dalším společným významem je silnice ve městě nebo vesnici. Dále je důležitá cesta, která je lineární plochou, podél které dochází k pohybu mezi přilehlými domy. Pro definování účelu ulice byla přijata analýza: jako uzavřený tří-dimenzionální prostor mezi dvě řady budov. [2]

Tak jako komunikace, tak i železniční síť výrazně zasáhla do struktury našich měst. Roku 1836 započala výstavba severní dráhy císaře Ferdinanda I. Už roku 1841 dorazil první vlak do Olomouce. Výstavba pokračovala velmi rychle. Roku 1842 kolejiště dosáhlo Lipníku nad Bečvou a roku 1847 Bohumína. Nejenže se síť vybudovávala z jihu na sever, ale zároveň se mírně rozšiřovala a pohlcovala významná města Moravy a Slezska.

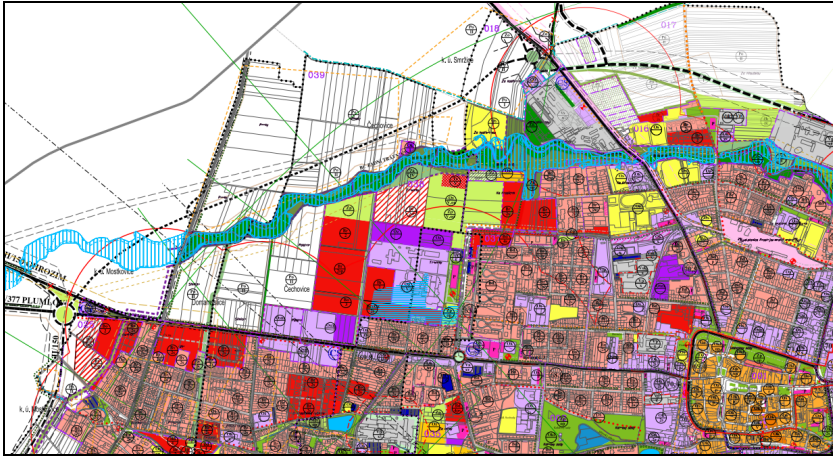


Obr. 7: Přerov – budování železničního uzlu (třetí vojenské mapování 1876 až 1878) [4]

2.3 Lidské bariéry

Do této oblasti můžeme především zahrnout legislativní stránku měst. Na vrcholu této pyramidy bychom mohli umístit zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) a těsně pod ním prováděcí vyhlášky. A na konec vyhlášky, které vznikají a platí pro jednotlivá města.

Za hlavní nástroj by se dal považovat územní plán města, který by měl mít především za cíl udržitelný rozvoj města. Přitom musí mít na paměti jedinou bariéru a to hranici katastrálního území města. Přitom hranici katastrálního území můžeme považovat i za strop urbanizace města. Po naplnění kapacity území, nastává několik možností kam dál. Nyní by byla reálná možnost a to buď expanze do podzemí či do výškových staveb. Ale při dnešním pohledu na studovaná území je toto otázka daleké budoucnosti, protože většina má ještě velkou kapacitu pro zástavbu. Nesmíme zapomínat ani na obnovu zástavby a možný návrat do center městských struktur.



Obr. 8: Prostějov – část územního plánu [5]

3 ZÁVĚR

Urbanismus nebo také umění tvořit města, je soubor vědeckých a uměleckých metod a postupů sloužících při zakládání a formování lidského osídlení. Splní si tím své touhy a představy svých hodnot. Jedna hodnota, která se stává stále důležitější je péče o přírodní a člověkem vytvořené životní prostředí ve prospěch budoucích generací. Urbanismus, proto může být popsán jako používání akumulované technologické znalosti k ovládnutí a přizpůsobení prostředí udržitelným způsobem pro sociální, ekonomické, politické a duchovní potřeby. Je to metoda naučit a používat ji lidmi, a tím vyřešit celkový program požadavků na městské prostředí. Město, je proto prvkem duchovním a fyzickým a tudíž jedním z nejvyšších projevů této kultury. [1]

Při zkoumání jednotlivých mapových podkladů bylo autorkami článku nalezeno několik bariér, které výrazně ovlivnily vývoj městské struktury. Tyto bariéry byly rozděleny dle typologie původu na přírodní, umělé a lidské. U prvních dvou se opakoval stejný princip – buďto nalezená bariéra štěpila nebo ohraničovala strukturu města. Z toho vyplývá, že struktury městských sídel můžeme dělit na dvě hlavní skupiny a to na štěpené struktury a ohraničené struktury měst. Lidská bariéra byla brána jako nehmatná, ale za to velmi ovlivňující a důležitou součástí celé problematiky. Protože jediné lidská bariéra má zodpovědnost za udržitelný rozvoj území a tudíž i budoucnost našich měst.

LITERATURA

- [1] MOUGHTIN, C. *Urban Design: Method And Techniques*. 1st ed. Oxford: Architectural Press, 1999. 207 pp. ISBN 0-7506-4102-9.
- [2] MOUGHTIN, C. *Urban Design: Street And Square*. 3st ed. Oxford: Architectural Press, 2003. 315 pp. ISBN 0-7506-57170.
- [3] *Geoportál ČÚZK: přístup k mapovým produktům a službám resortu* [online]. 2010 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>
- [4] *Laboratoř geoinformatiky: Fakulta životního prostředí Univerzity J.E.Purkyně* [online]. 2001, 2010 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://oldmaps.geolab.cz/>
- [5] *Portál územního plánování: Oficiální portál Ústavu územního rozvoje z oblasti územního plánování* [online]. 2012 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://portal.uur.cz/>

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. arch. Bohumil Kováč, PhD., Ústav urbanizmu a územného plánovania, Fakulta architektúry, STU v Bratislave.

Doc. Ing. Josef Chybík, CSc., Ústav stavitelství, Fakulta architektury, VUT v Brně.

Leopold HUDEČEK¹, Pavel FIALA², Ondřej SVÁK³

MĚŘENÍ DYNAMICKÝCH RÁZŮ V SRDCOVKOVÉ ČÁSTI VÝHYBEK
POMOCÍ MĚŘICÍHO VOZU ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU

MEASUREMENT OF DYNAMIC IMPACTS IN CROSSING
USING TRACK RECORDING CAR

Abstrakt

Cílem příspěvku je přiblížit a objasnit systém měření dynamických rázů v srdcovkové části výhybek pomocí měřicího vozu železničního svršku. Vznikající rázy při průjezdu železničního dvojkolí přes pevnou srdcovku mají za následek tzv. projetí a stlačování hrotu pevné srdcovky v místě, kde železniční kolo opouští křídlovou kolejnici a přebírá vedení na hrotu pevné srdcovky. Snahou Správy železniční dopravní cesty je měřit pomocí měřicího vozu železničního svršku hodnotu svislého a příčného zrychlení pro stanovení množství vykonané energie při průjezdu srdcovkou a tím zjednodušit a automatizovat měření projetí v srdcovkové části výhybek.

Klíčová slova

Srdcovka, křídlová kolejnice, hrot srdcovky, výhybka, měřicí vůz.

Abstract

Aim of this contribution is to present and clarify the system for measuring dynamic impacts in crossing using track recording car. Incipient impacts, where railway wheel passes over a fixed frog consequence a shape deformation and presses the fixed frog spike of the point where the railway wheel leaves the wing rail and takes the lead on the spike of fixed frog. The intention of Railway Infrastructure Administration is measurement of vertical and lateral acceleration by track recording car to determine the value of acceleration when wheel passes the frog, to get simple and to automate measurement shape deformation in the frog parts of turnout.

Keywords

Turnout, track recording car, wing rails, railway wheel, crossing, spike of frog.

1 ÚVOD

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (dále jen SŽDC) „čelí problémům způsobených degradací takových parametrů železniční dopravní cesty, které vyžadují významnou a nákladnou údržbu“ (RHAYMA & kol. str. 12-25 [1]). Na železničních tratích ve správě SŽDC je v ČR používáno přibližně 17 tis. výhybek a výhybkových konstrukcí. Výhybky a výhybkové konstrukce patří k nejvíce namáhaným konstrukcím, a to především v srdcovkové části výhybky (podrobněji Hudeček & kol. kapitola 1.15 [2]), kdy na hrotu srdcovky dochází k dynamickým

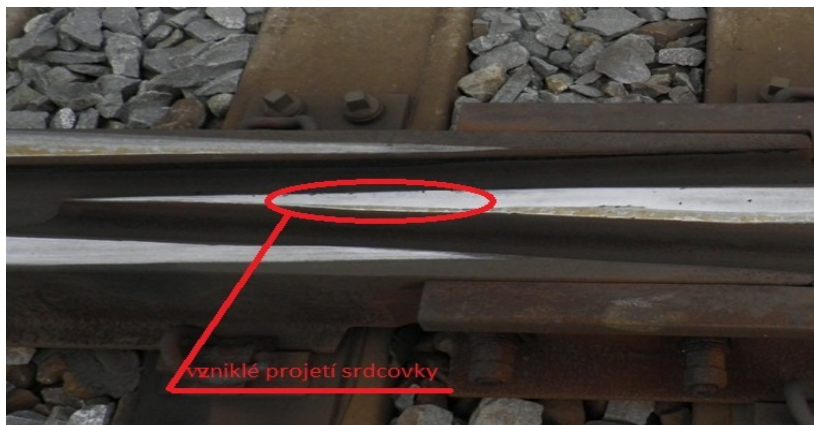
¹ Ing. Leopold Hudeček, Ph.D., Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 310, e-mail: leopold.hudecek@vsb.cz.

² Ing. Pavel Fiala, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 725 556 963, e-mail: pavel.fiala.st4@vsb.cz.

³ Ing. Ondřej Svák, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 604 149 545, e-mail: ondrej.svak.st@vsb.cz.

účinkům, kde železniční dvojkolí při průjezdu v přímé nebo odbočné větvi výhybky projíždí místem s přerušenou pojižděnou hranou, a to má za následek rychlejší opotřebení než u jiných konstrukcí.

Při měření geometrické polohy koleje (dále jen GPK) ve výhybkách, především v oblasti pevných srdcovek, může být tato část od projektované polohy v poklesu a mírně deformovaná (přípustné tolerance podrobně viz [3], [4]). Tato deformace v konstrukci srdcovky a pokles střední části výhybky ve šterkovém loži jsou přímo úměrné intenzitě provozu a projetým zatížením.



Obr. 1: Vzniklé projetí srdcovky v místě kde železniční kolo přebírá vedení na hrotu srdcovky

2 GEOMETRICKÁ POLOHA KOLEJE VE VÝHYBKÁCH

Jak v přímé koleji, tak i ve výhybkách jsou dle [4] (ČSN 76 6360-2 „Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha“) stanoveny přípustné odchylky a nominální hodnoty platné pro příslušné geometrické parametry koleje při stavbě a přijímce, provozu a údržbě železničních drah na území České republiky.

Délka překročení mezní hladiny pro příslušné rychlostní pásmo je zřejmá z obr. 2. Mezní hladiny AL a IL jsou ve vztahu k normě [5] definovány jako provozní odchylky GPK a mezní hladina IAL jako mezní provozní odchylka GPK, která v případě překročení vyžaduje bezodkladné opatření pro zajištění bezpečného provozu. Příslušné rychlostní pásmo je vždy uvedeno v záhlaví výpisu lokálních vad a úsekového hodnocení a mezní hodnoty jednotlivých hladin jsou pro toto rychlostní pásmo automaticky nastavovány. Ve výpisu lokálních závad a úsekového hodnocení je uvedeno vždy překročení nebezpečnější hladiny s odpovídající délkou závady v této hladině, viz [5].



Obr. 2: Definice délky překročení mezní hladiny stupně AL, IL a IAL [5]

Měření GPK pomocí měřicího vozu železničního svršku (dále jen MV) je založeno na rozměrovém snímání světelné stopy laserového paprsku, která se snímá bezkontaktním optickým systémem kamer. Použitý triangulační princip rozměrového měření umožňuje vyloučení dalších snímačů pro kompenzaci polohy snímacích jednotek. Systém snímání GPK je vytvořen kombinací těživového snímání asymetrickou těživou pro oba kolejnicové pásy a inerciální jednotky. Vzájemnou rychlostně závislou kombinací se dosáhne požadované přesnosti měření pro měřicí rychlosti 10 až 160 km.h⁻¹. Z naměřených hodnot jednotlivých snímacích jednotek vypočítá systém interní jednotky MV geometrické parametry koleje dle metodiky standardu [5] s. 32-34.

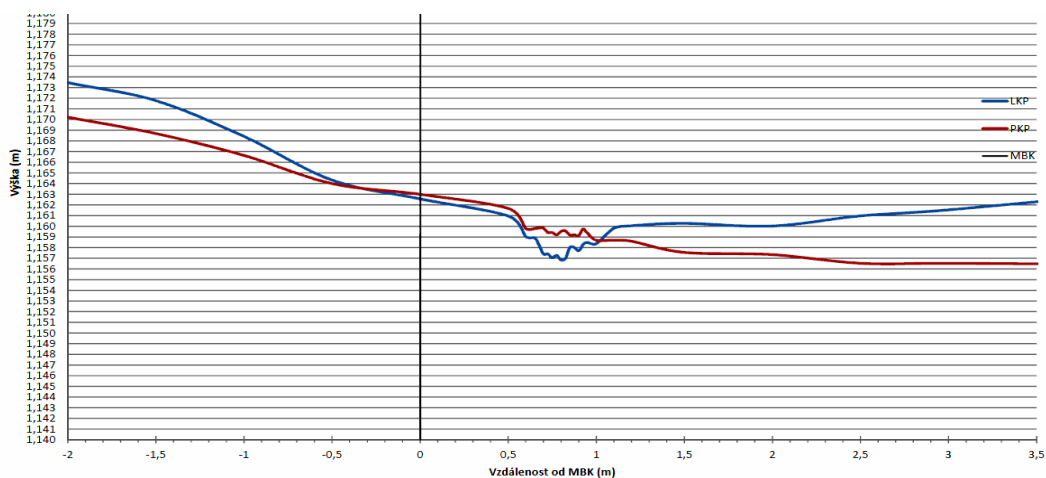
Jeden z parametrů, který je pro hodnocení projetí srdcovky důležitý, je podélná výška koleje levého a pravého kolejnicového pásu, která je měřena těživovým systémem asymetrické těživy optickými jednotkami. Výsledky měření jsou ve vztahu k rychlosti měření průběžně kompenzovány inerciálním systémem umístěným v střední snímací jednotce. Z praktického hlediska je však projetí hrotu srdcovky kratší než 1 m a tudíž v šířce pásma D1 (tj. 3-25 m) nemůže být tímto systémem měření plně zaznamenáno, viz [5] s. 32-34.

Pro zjišťování těchto závad v srdcovkové části je nejvhodnější použít měření scannerem anebo pomocí technické nivelace. Tyto metody jsou vhodné, ale jsou velice náročné na čas a není reálné měřit stav srdcovkových částí všech výhybek železničních drah na území České republiky, se kterými hospodář SŽDC. Snahou SŽDC je měřit pomocí měřicího vozu železničního svršku zrychlení při průjezdu srdcovkou a zjednodušit a automatizovat měření projetí v srdcovkové části výhybky pomocí čidla, které je umístěno na ložiskovém domku nápravu měřicího vozu.

3 RUČNÍ MĚŘENÍ PROJETÍ SRDCOVEK

Nejvhodnější možností, jak zjistit tvar a projetí samotné srdcovky, je možnost naskenování profilu srdcovky vhodným skenerem s následnou možností porovnání původního (výrobního tvaru srdcovky) a stávajícího profilu srdcovky. Tyto skenery pracují na principu plošného snímání tvaru celé laserové stopy na povrchu měřené kolejnice. Nevýhodou je velká náročnost na čas s ohledem na počet výhybkových konstrukcí a vyšší pořizovací cena zařízení.

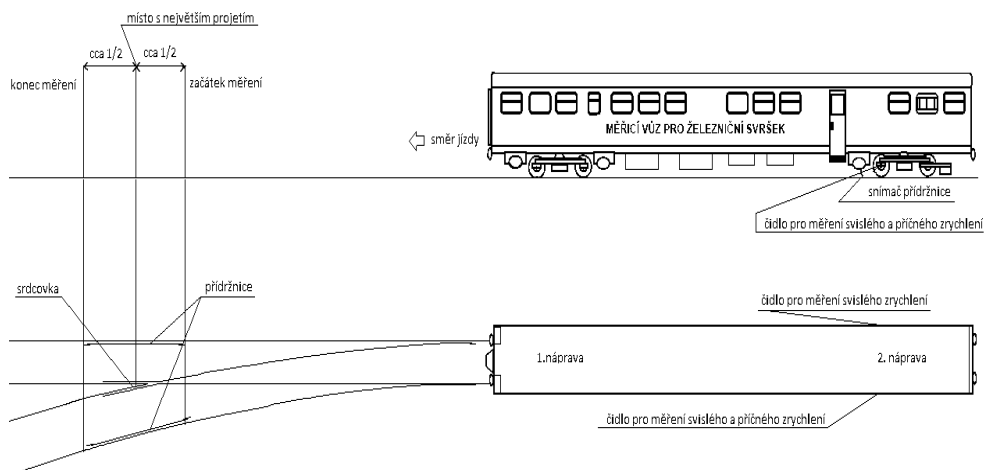
Další metodou, jak zjistit velikost projetí srdcovky, je možnost technické nivelace a šablony PŠR3 (viz např. [2]) simulující dotek železničního kola. Touto metodou se dá docílit dostatečné přesnosti měření, ovšem opět je tento systém měření náročný na čas a na počet pracovníků.



Obr. 3: Ukázka měření parametru podélné výšky kolejnicových pásů na srdcovce výhybky s vzniklým projetím na hrotu srdcovky. LKP- levý kolejnicový pás, PKP- pravý kolejnicový pás, MBK – matematický bod křížení na srdcovce (v grafu hodnota 0).

4 MĚŘENÍ ZRYCHLENÍ MĚŘICÍM VOZEM PRO ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK

Měření a snímání zrychlení, kterou předá železniční kolo na hlavu kolejnice, je realizováno pomocí snímačů zrychlení, které jsou umístěny na 2. nápravě měřicího vozu pro železniční svršek. Délka měřeného úseku zrychlení je shodná s délkou přídržnice, kdy při průjezdu pevnou srdcovkou čidlo pro zaznamenání přídržnice aktivuje snímače zrychlení, které v místě přídržnice (srdcovky), na levém kolejnicovém pásu (LKP) a na pravém kolejnicovém pásu (PKP), naměří příslušnou hodnotu velikosti zrychlení. Princip měření je znázorněn na obrázku.



Obr. 4: Umístění čidla pro měření zrychlení na 2. nápravě měřicího vozu prvního dvojkolí

Délka měřeného úseku závisí na tvaru výhybky a pohybuje se od 3,15 až 9,75 m, tedy délky přídržnice výhybky viz [2].

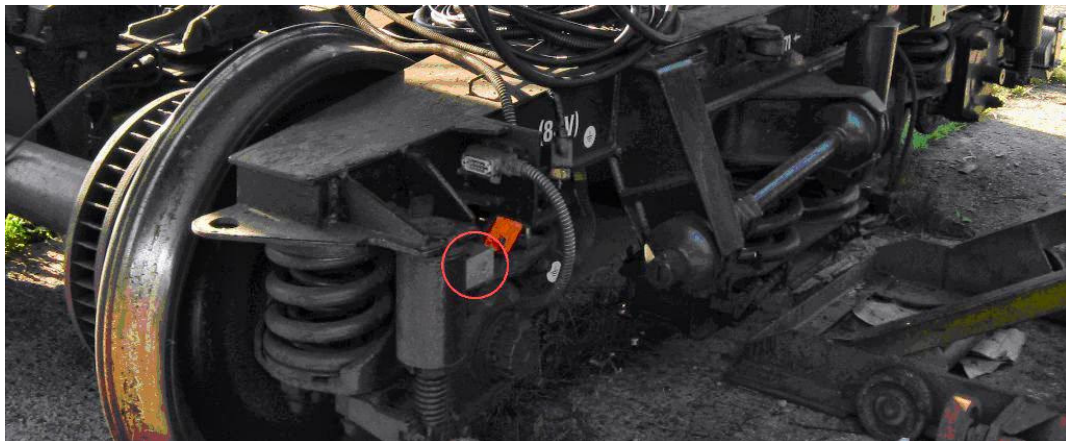
Při měření je zaznamenáváno:

- staničení,
- levá/pravá kolejnice, která byla měřena,
- stoupající/klesající kilometrůž,
- správné/nesprávné postavení měřicího vozu,
- délka měření,
- rychlost jízdy měřicího vozu,
- kilometrická poloha extrému měření,
- svislé zrychlení na levém a pravém kolejnicovém pásu,
- příčné zrychlení.

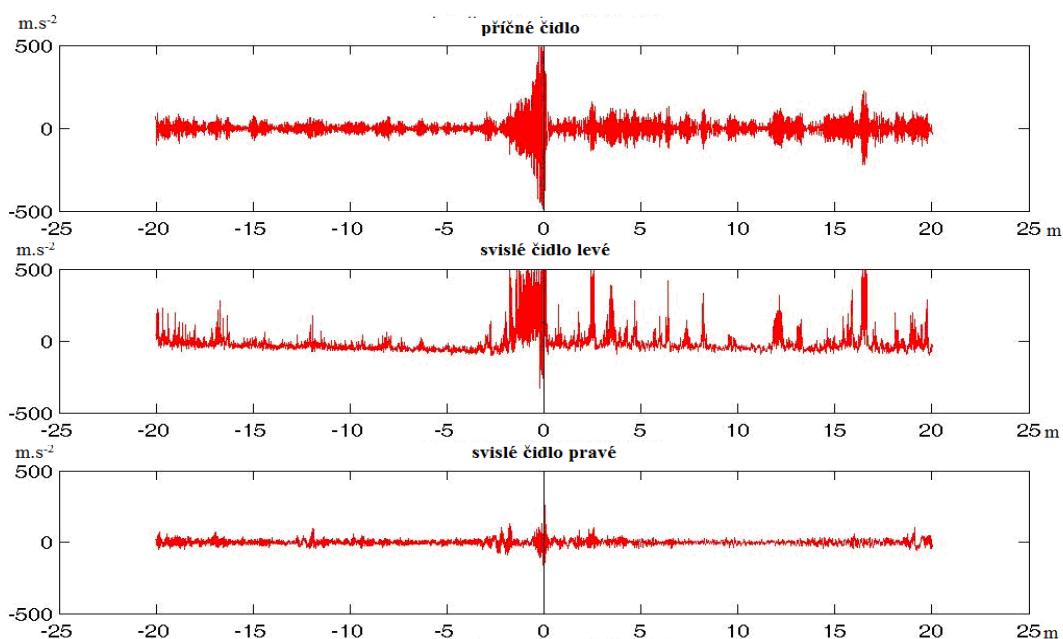
Čidla na měření svislého zrychlení jsou umístěna na ložiskových domcích 2. nápravy prvního dvojkolí měřicího vozu. Čidlo pro měření příčného zrychlení je umístěno na levé straně ložiskového domku vedle čidla pro měření svislého zrychlení.

V budoucnu budou vyhodnocené signály rozděleny do několika pásem a oznámkovány jednoduchou číselnou stupnicí 1 až 5 pro každý snímač zrychlení na tzv. **známky nerovnosti ZN**, obdobně jako při vyhodnocení GPK pomocí známek kvality. Předpokládá se, že později bude možné známky nerovnosti spojit lineární kombinací do **celkové známky nerovnosti CZN**.

Algoritmus měření a přepočtu umožňuje stanovení minimálního i maximálního svislého a příčného zrychlení, které v místě projeté části srdcovek může dosahovat hodnot i přes 500 m.s^{-2} .



Obr. 5: Umístění čidla pro měření zrychlení na 2. nápravě měřicího vozu prvního dvojkolí

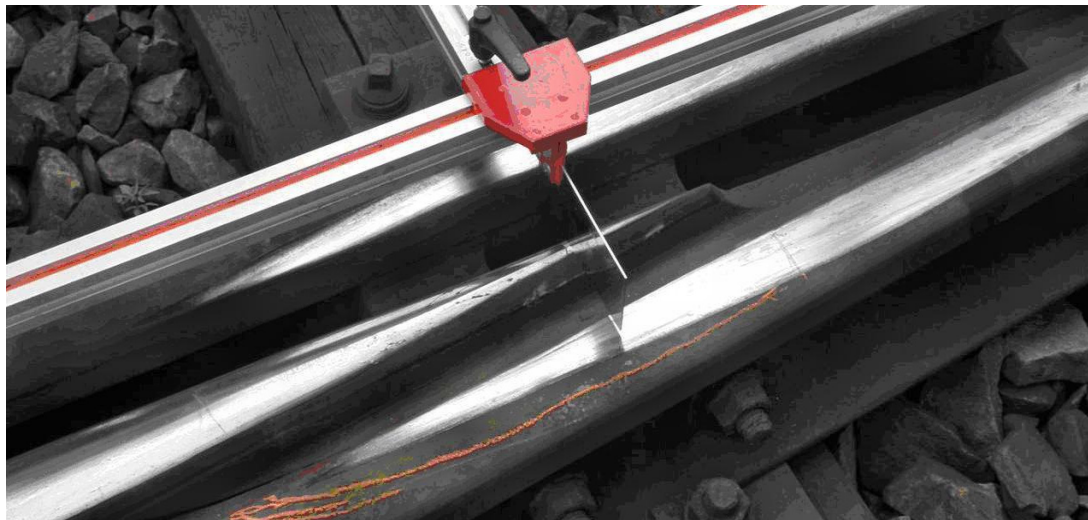


Obr. 6: Ukázka měření svislého zrychlení LKP a PKP a příčného zrychlení na výhybce č. 5 v srdcovkové části v ŽST Zámorsk. Ukázka měření zrychlení bez odfiltrování skříně vozu, kdy hodnoty v maximech zrychlení překračují rozsah čidel (více než 500 m.s^{-2})

Při takovéto hodnotě svislého zrychlení (více než 500 m.s^{-2}) může docházet k deformaci (snížení výšky) materiálu hrotu srdcovky a zkracování její celkové životnosti. Je proto velmi důležité včas odhalit vznikající projetí a přistoupit k možným opravám. Od následující kampaně jízd MV budou čidla pro snímání svislého a příčného zrychlení vyměněna za výkonnější s větším rozsahem.

5 MOŽNOSTI OPRAV PROJETÍ SRDCOVEK

Oprava projetí je možná pomocí navaření hrotu srdcovky a poté upravení broušením výhybkových součástí do plynulého přechodu, další možností je systém včasného opravného broušení srdcovkových částí výhybek, podrobně popsáno v předpise [7].



Obr. 7: Ruční měření srdcovky šablonou PŠR 1, pro zjištění velikosti opravného broušení

6 ZÁVĚR

V souladu s cíli v systému péče o kvalitu v oblasti traťového hospodářství podrobně viz [6] je snaha o zjištění závislosti mezi velikostí projetí srdcovky a velikostí naměřeného zrychlení a pomocí tohoto způsobu docílit k zjednodušení a automatizaci měření projetí srdcovek a vznikajících deformací na hrotu pevné srdcovky s vyloučením možných systematických a nahodilých chyb.

Systém měření zrychlení pomocí čidel na ložiskových domácích nápravy měřicího vozu je v současné době v testovacím provozu, kdy je zapotřebí odstranit veškeré rušivé vlivy, především vlastní rezonanční frekvenci podvozku, které by mohly ovlivnit vlastní měření, a dále nastavení číselné stupnice známek nerovnosti a stanovení hladin měření.

LITERATURA

- [1] RHAYMA, N., BRESSOLETTE, Ph., BREUL, P., FOGLI, M., SAUSSINE, G. : *Reliability analysis of maintenance operations for railway tracks*, Reliability Engineering and System Safety 2013, No 114 (1) pp. 12-25, ISSN: 09518320
- [2] HUDEČEK, L., OŽANOVÁ, E., ROHÁČ, O.: *Železniční stavby*, CERM Brno 2010, ISBN 978-807204-729-1
- [3] Předpis SŽDC S3, *Železniční svršek*, SŽDC s.o. Praha 2008, pp.1-26,
- [4] ČSN EN 73 6360, *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba*, ČNI 2007, pp.36, ICS45.080,
- [5] Předpis SŽDC SR 103/4, *Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením*, SŽDC s.o. Praha 2007, pp.1-57.
- [6] Směrnice SŽDC č. 67, *Systém péče o kvalitu v oblasti traťového hospodářství*, SŽDC s.o. Praha 2011, pp.1-71.
- [7] Předpis SŽDC S3/1, *Práce na železničním svršku*, SŽDC s.o. Praha 2010, pp 1-95.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc., Ústav geovied, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach.
 Doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D., Ústav železničních konstrukcí a staveb, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Petr PÁNEK¹, Ludvík VÉBR²

ÚNAVOVÁ ÚNOSNOST CEMENTOBETONOVÝCH DESEK

ON FATIGUE RESISTANCE OF PAVEMENT CONCRETE SLABS

Abstrakt

Článek shrnuje výsledky testování sedmi cementobetonových desek uložených na vrstvě z nestmeleného materiálu a zatěžovaných ve zkušební boxu. Výzkumný projekt byl zaměřen na ověření předpokladu, že únavová odolnost cementobetonových desek je mnohem větší než ta, která je stanovena ze zkoušek na betonových trámečcích. Získané výsledky potvrzují zvýšenou únavovou odolnost cementobetonových desek proti únavě. To má významný vliv pro návrh cementobetonové vozovky.

Klíčová slova

Experiment, CB deska, vozovka, únava.

Abstract

The paper summarizes results of pilot testing of seven concrete slabs resting on granular base in testing box. The experimental project was intended to verify recent findings that fatigue resistance of concrete slabs is much higher than that predicted using concrete flexural characteristics derived from concrete beam testing. Results obtained confirm enhanced fatigue resistance of concrete slabs with (possible) far reaching consequences for concrete pavement design.

Keywords

Experiment, CC slab, pavement, fatigue.

1 ÚVOD

V tomto článku je věnována pozornost únavovým trhlinkám v cementobetonových deskách vozovek [1], které představují klíčový „selhávací mechanismus“ z komplexního procesu exploatace vozovky (vozovky jsou vystaveny rozkmitům napětí odpovídajícím proměnnému dopravnímu zatížení vlivu proměnných teplotních a vlhkostních gradientů). Za účelem vývoje návrhové metody pro prosté CB desky spojené ve svých spárách trny, sestavili Darter a Barenberg [2] výsledky únavových testů prováděných na trámečcích do rovnice:

$$\log N_{lim} = 17.61 \times \left(1 - \frac{\sigma}{f_{fl, beam}} \right) \quad (1)$$

kde N_{lim} je počet opakování zatížení do porušení, σ je maximální hodnota ohybového napětí, $f_{fl, beam}$ je hodnota pevnosti v tahu za ohybu stanovena na nosníkových vzorcích. Tato únavová rovnice předpovídá dovolený počet zatěžovacích cyklů s padesátiprocentní pravděpodobností. Roeslerovy

¹ Ing. Petr Pánek, Ph.D., Katedra silničních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, tel.: (+420) 224 354 418, e-mail: petr.panek@fsv.cvut.cz.

² Doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc., Katedra silničních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, tel.: (+420) 224 354 421, e-mail: vebr@fsv.cvut.cz.

(2005) únavové testy prováděné na deskách [3], potvrdily předchozí předpoklady, že CB deska vykazuje větší únavovou odolnost, než je ta předpovídaná únavovými křivkami získanými z trámečků. Hlavním důvodem tohoto rozporu bylo nesprávné uvažování statické pevnosti desky získané pomocí ohybové pevnosti na trámečcích. Z výsledků testů vyplynulo, že ohybová pevnost desky byla přibližně 2.8krát vyšší než ta stanovená na trámečcích. Proto byla rovnice únavy přepsána do následujícího tvaru:

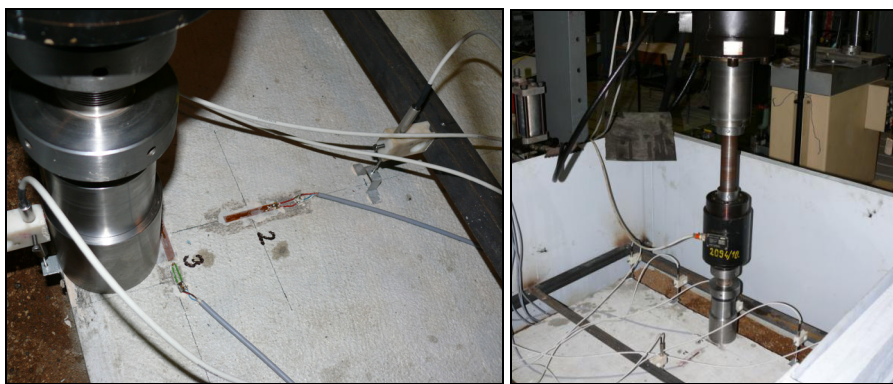
$$\log N_{lim} = 17.61 \times \left(1 - \frac{\sigma}{\kappa f_{fl,beam}} \right) \quad (2)$$

κ je faktor “zvětšení únavového odporu desky” a je roven 2.8. Cílem našeho současného výzkumu bylo připravit a provést experiment, který by ověřil informace o zvýšené únavové odolnosti CB desek.

2 ZKOUŠENÍ CB DESEK

K ověření efektu zvýšené únavové odolnosti cementobetonových desek, bylo v rámci tohoto výzkumu testováno celkem osm desek. Rozměry desek byly 1.1 m x 1.4 m, sedm desek (zde uvedených) bylo tloušťky 10cm. Desky byly vybetonovány v dřevěných formách a po řádném vytvrdnutí byly následně uloženy na vrstvu šterkopísku ve zkušebním dřevoocelovém boxu (modul přetvárnosti šterkopísku $E_{def,2} \approx 60$ MPa). Desky byly osazeny tenzometry a snímači posunů.

Zatížení bylo přenášeno na desku pomocí hydraulického lisu s dosedací kruhovou plochou o průměru 10cm. Pro prvních pět desek byla zvolena středová pozice zatížení na příčné hraně desky (obr. 1), zatím co pro desky č. 6 a č. 7 byla pozice zatížení zvolena ve středu podélné hrany. Z technických důvodů musela být zavedena zrychlená frekvence zatěžování, která se pohybovala mezi 4.5 Hz až 7.2 Hz.



Obr. 1: Zatěžování CB desky ve zkušebním boxu

Výsledkem složení cementového betonu na 1 m³: cement 390 kg, voda 190 kg, kamenivo 1785 kg (drobné kamenivo 0-4: 830 kg, hrubé kamenivo 8-16: 955 kg), byly následující mechanické vlastnosti (ohybová pevnost byla stanovena jako 0.10 – 0.15 f_c):

pevnost v tlaku:	$f_c \approx 60$ MPa,
objemová hmotnost:	$\rho_c \approx 2350$ kg.m ⁻³ ,
ohybová pevnost:	$f_{fl,beam} \approx 6$ MPa.

Proces přípravy i zhodnocení testů CB desek byl podporován výpočty MKP analýzy (CB deska na elastickém poloprostoru). Deska byla analyzována (v rozsahu možností Kirchhoffovi teorie) pomocí MKP s užitím trojúhelníkového dělení desky. Kontakt desky s podložím je uskutečněn pomocí kontaktních tlaků, které jsou lineárně proměnné uvnitř hranic trojúhelníkových elementů. Využitím normativních hodnot vlastností cementového betonu dle technických podmínek TP 170 [4],

byla pomocí MKP vypočtena maximální velikost zatížení $Q_{max} = 8.5$ kN ($Q_{min} = 0.5$ kN) jako hodnota, při které je předpokládáno únavové porušení desky po počtu opakování zatížení $N_{lim} \approx 10^5$. Tato hodnota byla tedy vybrána jako počáteční pro zatěžování první desky.

3 VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Výsledky testování prvních pěti desek jsou uvedeny v Tab. 1. Uvedeno je maximální zatížení Q_{max} ($Q_{min} \approx 0.5$ kN), zatížením vyvolaná napětí σ^* , frekvence zatěžovacích cyklů, N^* počet opakování zatížení a κ^* faktor „zvětšení únavového odporu desky“ určený z rovnice (2) za použití substituce $N_{lim} = N^*$, $\sigma = \sigma^*$. Hodnota $\kappa^* = 2.66$ pro pátou desku je již velmi blízko hodnotě $\kappa = 2.8$, kterou stanovil Roesler (2005). Navíc je nutno poznamenat, že zatěžování desky skončilo při 1×10^6 zatěžovacích cyklů, bez únavového porušení desky.

Tab. 1: Výsledky únavového experimentu desky 1 až 5

Slab No.	Maximální zatížení Q_{max} [kN]	napětí σ^* [MPa] FEM	frekvence [Hz]	N^*	κ^*
1	8.5	2.65	4.5	1×10^6	-
2 – 4	17.0	5.28	7.2	1×10^6	1.33
5	34.0	10.55	7.0	1×10^6	2.66

Vyšší zatížení bylo aplikováno na desku č. 6. Krátce po začátku zatěžování (ještě ve fázi zvyšování zatížení) deska praskla. Proto byla deska č. 7 zatěžována plynuleji, resp. byla postupně zvyšována hodnota Q_{max} . Výsledky zatěžování jsou v Tab. 2.

Tab. 2: Výsledky únavového experimentu desky 6 až 7

i	deska 6		deska 7	
	σ^*_i [MPa]	N^*_i	σ^*_i [MPa]	N^*_i
1	6.28	110	2.22	2.5×10^5
2	7.50	55 ⁺	4.40	2.5×10^5
3			6.46	2.5×10^5
4			8.50	8.5×10^5
	$\hat{\kappa} = 1.387$		$\hat{\kappa} = 2.136$	

Faktor „zvětšení únavového odporu desky“ $\hat{\kappa}$ je určen z nelineární rovnice vyjadřující Minerovu hypotézu o postupném hromadění poškození během zatěžování.

$$\sum_{i=1}^k \frac{N_i^*}{N_{lim,i}} = 1, \quad \log N_{lim,i} = 17.61 \times \left(1 - \frac{\sigma_i^*}{\hat{\kappa} f_{fl,beam}} \right) \quad (3)$$

Výsledky Tab. 2 ukazují a to i v případě desky č. 6, že únavová odolnost desek je mnohem vyšší než předpovídaly klasické únavové křivky [1]. Výsledky ukázané v Tab. 1 a 2 plně podporují Roeslerova zjištění o zvýšené ohybové pevnosti desek [1].

4 DŮSLEDKY PRO NÁVRH

Únavové vlastnosti hrají důležitou roli v postupech navrhování vozovek. Zjištěná vyšší odolnost může tedy přinést úspory při navrhování tloušťky desek. Nicméně vložení těchto výstupů přímo do návrhové metody by vyžadovalo ještě další podrobnější testování s důrazem na přesnou simulaci kontaktu deska/podložní systém a dále na testování dalších poloh zatížení. Při navrhování CB vozovky musí být brán ohled na oslabená místa vzniklá při smršťování, nebo vlivem horších vlastností betonové směsi, atd. Uvažováno by mělo být také možné počáteční poškození povrchu desky, které ovlivňuje výslednou únavovou únosnost. Pro názornost je zde ukázána možnost začlenění zvětšené únavové odolnosti CB desek do návrhu vozovky. Např. katalogová vozovka D0-T-1-S z předpisu TP170 [4] byla znovu “přeočítána” s využitím několika hodnot faktoru zvětšené únavové odolnosti κ ($\kappa = 1.1$ a $\kappa = 1.25$). Vypočtené tloušťky desek dle klasické návrhové metody TP 170 [4] jsou ukázány v Tab. 3, uvažovaná skladba konstrukce vozovky je: CB I 27 cm - CB deska, KSC I 15 cm - kamenivo zpevněné cem., ŠD 15 cm - šterkodrt', PII - podloží s modulem přetvárnosti 60 MPa.

Tab. 3: Tloušťka h_{CB} CB desky v závislosti na hodnotě faktoru κ

	Faktor zvětšení únavového odporu desky		
	1.0 (TP170)	1.1	1.25
h_{CB}	27 cm	25 cm	23 cm

5 ZÁVĚR

Tento pilotní experimentální výzkum potvrdil předpoklady o zvýšené únavové odolnosti CB desek. Další výzkum v tomto směru je však nezbytný z důvodu ověření aplikovatelnosti zvýšené únavové odolnosti CB desek, tak aby bylo možno zefektivnit návrhovou metodu pro CB vozovky. Tento výzkum bude využit také pro navazující vědecké úkoly, jakými je např. využití uhelných popílků jakožto pojiva do cementobetonových desek vozovek pozemních komunikací. V těchto navazujících projektech budou porovnávány únavové vlastnosti popílko-cementobetonových desek, s výše testovanými deskami z prostého cementového betonu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek byl vytvořen za podpory grantové agentury GAČR (projekt č. 103/09/1746).

LITERATURA

- [1] EVANGELISTA, Francisco, Jr.; and ROESLER, Jeffery. Top-Down Cracking Predictions for Airfield Rigid Pavements. Transportation Research Record, 2009, no. 2095, pp. 13-23. ISSN 0361-1981.
- [2] DARTER, M. I., BARENBERG, E. J. (1977), "Design of Zero-Maintenance Plain Jointed Concrete Pavement", Report No. FHWA-RD-77-111, Vol. 1; Federal Highway Administration.
- [3] ROESLER, J. R., HILLER, J. E., LITTLETON, P.C. (2005), "Large-Scale Airfield Concrete Slab Fatigue Tests", Int. J. Concrete Pavements, 1, pp. 66-87.
- [4] TP 170 (2004), Návrh vozovek pozemních komunikací: Technické podmínky. Praha: MDČR, Dostupné z: www.pjpk.cz.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Dr. Jozef Komačka, Katedra cestného stavitel'stva, Stavebná fakulta, ŽU v Žiline.

Prof. Ing. Jan Kudrna, CSc., Ústav pozemních komunikací, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Jan PETRŮ¹

NADMĚRNÉ A NADROZMĚRNÉ NÁKLADY A JEJICH PŘEPRAVNÍ TRASY

EXCESSIVE AND OVERSIZED LOAD AND TRANSPORT ROUTES

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou nadměrných a nadrozměrných nákladů a snaží se upozornit na nutnost vybudování „páteřových tras“ pro tuto přepravu. Klíčové trasy používané k přepravě nadměrných a nadrozměrných nákladů, často nesplňují potřebné parametry pro jejich průjezd, jedná se především o nedostatky stavebního uspořádání, svíslé dopravní značky, objekty na trase a nevyhovující křižovatky. Strojírenství a těžký průmysl mají v České republice dlouholetou tradici. V současné době nastává pro tyto podniky v tomto rezortu velký hendikep v možnostech přepravitelnosti svých produktů po pozemních komunikacích. Následkem těchto problémů dochází k snižování jejich konkurenceschopnosti zmíněných podniků.

Klíčová slova

Páteřové trasy, pozemní komunikace, křižovatky, nadměrná přeprava, nadměrný náklad, nadrozměrný náklad, prostorové parametry pozemních komunikací.

Abstract

The article deals with the problem of excessive and oversized load and trying to draw attention to the need to build the "backbone routes" for this transport. Key routes used for transporting excess load and oversize load, often do the necessary parameters for their passage, it is mainly the lack of building layout, traffic signs, objects on the route and inconvenient intersection. Engineering and heavy industry in the Czech Republic has a long tradition. Currently occurs for these businesses in the resort great handicap in the possibilities of its transportability of products on the road. As a result of these problems is to reduce the competitiveness of the companies.

Keywords

Backbone routes, roads, intersections, excess transportation, excess load, oversized load, spatial data infrastructure.

1 ÚVOD

Trasy pro přepravu nadměrných a nadrozměrných nákladů mají svůj počátek již v historii. Na území České republiky se nacházely tzv. „páteřové trasy“, které byly chráněny Ministerstvem dopravy. Trasy byly využívány pro převoz vojenské techniky. Změna nastala po roce 1992, kdy od těchto tras bylo upuštěno.

V současnosti je komunikační síť pro přepravu nadměrných a nadrozměrných nákladů nevyhovující a to zejména prostorovými parametry křižovatek a komunikací, na kterých je častý výskyt zmíněných přeprav. Nesmíme také opomenout nevyhovující únosnost a špatný stav mostních objektů.

¹ Ing. Jan Petrů, Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 336, e-mail: jan.petr@vsb.cz.

Česká republika má dlouholetou tradici ve strojírenství a průmyslu. Tato odvětví produkují často výrobky, které svými rozměry (v těchto případech se jedná o nadrozměrné náklady) i hmotností (v těchto případech se jedná o nadměrné náklady) můžeme požadovat za nadstandardní. U zmíněných výrobků nastává problematika jejich přepravy. Vzhledem k průjezdným průřezům je obtížné využít železniční přepravu. Vodní přepravu nelze také v našich podmínkách uvažovat. Přepravu je nutné uskutečňovat po vybraných trasách pozemních komunikací.

Pro představu je důležité znát kolik přeprav je uskutečněno ročně. Dostáváme se k číslu 15 až 20 tisíc přeprav ročně. Z tohoto počtu je cca 5 tisíc přeprav s nároky nadstandardních prostorových požadavků. Jedná se nejen o přepravy výrobků, ale také přepravy stavebních strojů, mobilních jeřábů, které překračují svoji hmotností nebo rozměry maximální standardně povolené limity [1].

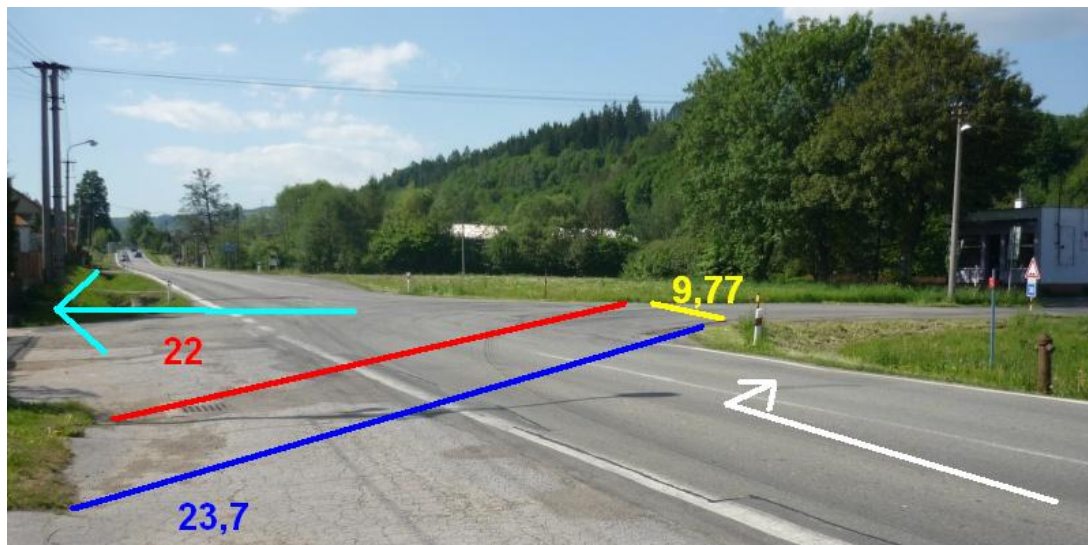
Na zmíněné skutečnosti u členských států poukazuje Evropská směrnice osvědčené praxe pro přepravu nadměrných nákladů po pozemních komunikacích ze dne 17. 5. 2006 [6], ta doporučuje členským státům vybudovat celoevropskou síť koridorů pro přepravu nadměrných nákladů.

2 PROBLEMATICKÝ PRŮJEZD NA ČASTÝCH TRASÁCH

Průjezd nadměrných a nadrozměrných nákladů na komunikacích byl v rámci řešení problematiky podrobně projednáván s firmami a společnostmi zabývajícími se touto problematikou. Byly kontaktovány firmy na doprovody nákladů, jako jsou firmy ČEREŠŇÁK s.r.o., GARANTRANS s.r.o., DOPROVODY s.r.o. Dále byli osloveni také samotní přepravci - společnost NOSRETI a.s., Petr Březina APB Plzeň a.s. a firma DAN-CZECH SPECIALTRANSPORT s.r.o., kteří patří mezi členy Sdružení dopravců těžkých a nadměrných nákladů.

2.1 Výběr trasy

Výběr trasy závisí na typu nákladu, jeho rozměrech a hmotnosti. Váha nákladu ovlivňuje výběr trasy vzhledem na únosnost mostních objektů. Trasu vybírá dopravce, nebo také pracovník najatého subjektu (doprovodu). Souhlas s navrhovanou trasou udělí příslušný orgán dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích [12]. Přepravce zodpovídá za její výběr a je povinen den před uskutečněním přepravy vybranou trasu překontrolovat. Samotný výběr návrhu trasy se statickými výpočty mostů může trvat i několik měsíců a z hlediska finančního může být dražší než samotná přeprava.



Obr. 1: Schéma rozměrů křižovatky při trasování (autor: Bc. Čerešňák)

2.2 Svislé dopravní značení

Svislé dopravní značení bývá jedním z nejčastějších problémů při průjezdu nadrozměrných nákladů. Značení je umísťováno ve většině případů v těsné blízkosti komunikace, kde znemožňuje průjezd nákladu. Toto značení je nutno demontovat a po průjezdu opět uvést do původního stavu. Často ale bývají sloupky svislého dopravního značení osazeny napevno a tím znemožňují jeho manipulaci. Vhodné je na těchto častých trasách použít značení, které lze snadno demontovat. Ovšem také u demontovatelného značení mohou nastat komplikace. Jedná se především o sloupky svislého dopravního značení, kde jsou kotevní šrouby osazeny na patce, která je ukotvena do betonového základu. Na tento základ je následně osazen sloupek. Kotevní šrouby vyčnívají a vozidlo má znemožněn průjezd. Nutné je tato místa na trase vypodkládat. Zmíněné řešení ovšem nelze vždy použít.



Obr. 2: Demontáž svislého dopravního značení a podkládání ostrůvku (Foto: Ing. Petřů)

Problém působí nejen svislé dopravní značení, ale také značení, které je osazeno na výložníku nad komunikací. Jsou to především nově budované, nebo rekonstruované přechody pro chodce. Výložník je svařen a znemožňuje jakékoliv natočení při průjezdu soupravy. Pokud nelze vybrat jinou objízdnu trasu, je nutné přistoupit k demontáži výložníku. V takovýchto případech dochází k časovým i finančním ztrátám.

2.3 Stavební prvky na komunikacích

Přepravci se také potýkají i s problematickými prvky pro přepravu nákladu po pozemních komunikacích. Do těchto prvků patří především osvětlení, zábradlí, nemobilní prvky, okrasné prvky a zeleň.

Osvětlení na komunikacích přináší obdobné problémy jako dopravní značení. Stožáry osvětlení jsou umístěny blízko komunikace. Demontáž osvětlení je velmi složitá a vynucuje si účast příslušných odborných pracovníků. Ve většině případů při nevhodném umístění osvětlení je znemožněn průjezd a je nutno vybrat jinou variantu trasy.

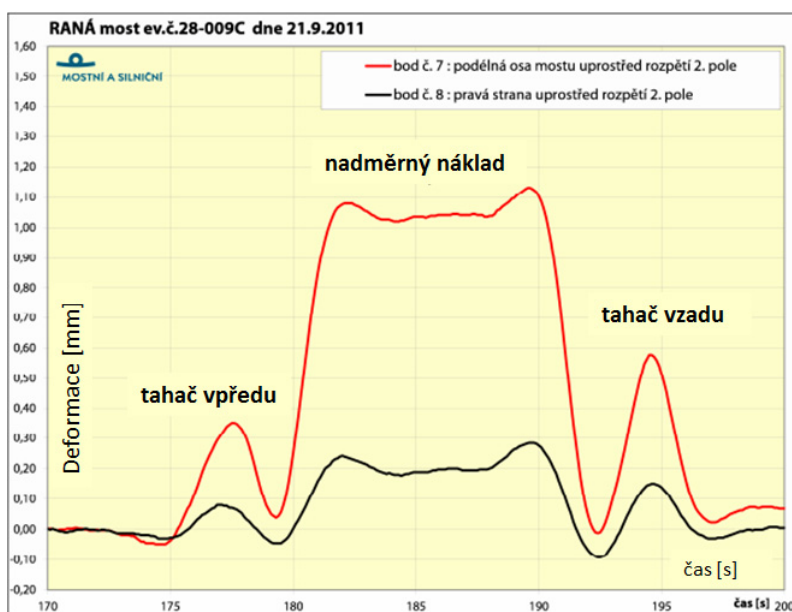
Nedemontovatelná zábradlí, která brání průjezdu nákladu a další nemobilní prvky na trase velice ztěžují přepravu. A to nejen časově při vlastním průjezdu, ale také při samotném trasování. V takovýchto případech se stává daný úsek, nebo křižovatka pro soupravu neprůjezdná.

2.4 Mostní objekty

Trasy pro přepravu jsou vybírány také vzhledem k mostním objektům. Nejedná se jen o jejich únosnost, ale také o podjezdnou výšku.

Nedostatečná únosnost mostních objektů znemožňuje vést trasu v příznivých prostorových parametrech pro nadměrnou přepravu. Pokud nebudeme brát zřetel na nynější stav mostních objektů, ale budeme se jen bavit o samotném návrhu. Zjistíme, že mosty na toto zatížení nejsou navrhovány, jelikož nejsou známy časté trasy nadměrných nákladů a také přepravci nejsou oslovováni při jejich návrhu nebo rekonstrukci. Přitom normy ČSN EN 1991-2 [11] a ČSN 73 6222 [9] stanovují zatěžovací schéma pro zvláštní soupravu pro vybrané trasy, na kterých se předpokládá přejezd těchto nákladů [5].

Stavy mostů se již před samotným přejezdem soupravou monitorují a provádí se statický přepočít mostní konstrukce. Při průjezdu soupravy dochází opět k sledování průhybů a deformací mostovky jak je již patrné z obr. 3. Některé mostní objekty je nutno při přepravě podepřít. Tyto úkony vyžadují nemalé množství času, ale také velkou finanční zátěž pro konečného zákazníka. Navyšuje se cena výrobku a tím snižuje jeho konkurenceschopnost. Paradoxní je, že stejné mosty je nutné podepřít i několikrát do roka. Po přepravě jsou objekty mostů uvedeny do původního stavu, aniž by následně docházelo k zlepšení jejich stavebního stavu. Jednou z podmínek při přejezdu nákladu přes mostní objekty je to, že přeprava nesmí změnit původní stav. Sledováním deformací mostů při přejezdech nadměrných nákladů se také zabývá organizace Mostní a silniční, s.r.o. [8].



Obr. 3: Přejezd nadměrného nákladu – rozložení tlaků soupravy včetně tahačů (autoři: Ing. I. Suza, Ing. D. Suza, Adam Mikulík, Mostní a silniční, s.r.o) [8]

S mostními objekty souvisí také jejich podjezdná výška. Ta se stanovuje dle normy ČSN 73 6201 Projektování mostních konstrukcí [10]. V normě jsou uvedeny podjezdné výšky na těchto pozemních komunikacích:

- Dálnice, rychlostní silnice a silnice I. a II. třídy 4,80 m,
- Silnice III. třídy a místní komunikace rychlostní a sběrné 4,50 m,
- Místní komunikace obslužné a veřejné účelové komunikace 4,20 m,
- Podjezdy pod lehkými dopravníkovými mosty a podobným zařízením, ochrannými sítěmi, potrubím a jiným vedením 5,85 m.

2.5 Mýtné brány, elektrické rozvody a jiná vedení

S problematikou podjezdů výšek u mýtných bran a vedení se přepravci setkávají na přepravních trasách velice často. Tyto podjezdné výšky omezují průjezd nákladu na jednotlivých komunikacích a mnohdy vyžadují asistenci jiných subjektů [1] [2].

Pokud se jedná o mýtné brány, ty jsou standardně konstruovány na podjezdnou výšku 5,50 m. Nadměrné náklady, i přes využití nejmodernějších typů podvalníků, vyžadují výšku vyšší. Na síti komunikací, proto nalezneme i portály uzpůsobené pro tuto přepravu. Jejich výška se mezi nejvyšším bodem komunikace a osazenou technologií pohybuje od 5,50 m do 5,90 m bez úpravy mýtné brány. Po úpravě dosahuje výška 7,85 m nebo až po zcela volný výškový prostor. S těmito branami se můžeme setkat na úsecích komunikací I/47, I/48, I/55, I/58 a D11. Ne vždy jsou, ale tyto mýtné brány vhodně osazeny do „páteřových tras“. Při nutnosti uvolnění průjezdu nadrozměrného nákladu pod jedním portálem je stanovena orientační cena na 63 000,- Kč bez DPH.

Sítě výškového elektrického vedení, trakčního vedení nebo kabelů v mnoha místech ztěžují přepravu. V těchto případech je nutné zajištění pomoci odborníků. Kabely jsou při přepravě nadzvednuty. Nastávají i situace, kdy je nutnost vypnutí elektrické sítě.

2.6 Okružní křižovatky

Tento typ křižovatky je na našich komunikacích velmi využíván [2]. Okružní křižovatky jsou zejména ve velké míře využívány v obcích, městech a také na významných komunikacích. Okružní křižovatka přináší zklidnění dopravy a má významný vliv na bezpečnost provozu. Ovšem při návrhu tohoto typu křižovatek zpravidla nebývá myšleno na nadrozměrnou přepravu.

Problematické jsou především parametry poloměrů na vjezdu/výjezdu, geometrické uspořádání, samotná velikost okružní křižovatky, komplikace se zvýšeným středovým ostrovem a dělicími ostrůvky [7]. Vzrostlá zeleň při okrajích křižovatky může také působit nemalé komplikace.

Na příkladu je vidět problematický průjezd okružní křižovatkou v Litomyšli. Křižovatka se nachází na „páteřové trase“ nadrozměrných přeprav. Na obr. 4 je vidět patrný zmíněný problematický průjezd, kde vozidlo při výjezdu z okružní křižovatky přejíždí nezpevněné nároží v šířce 2,45 m a následně najíždí na ostrůvek pro chodce. Druhé vozidlo, které slouží jako pomocné vozidlo k tlačení nákladu (postrk) je nuceno při nájezdu do této křižovatky přejet nároží v šířce 1,15 m [3]. Problematika prvků, které se nachází na okružní křižovatce, jako jsou svislé dopravní značky, stožáry veřejného osvětlení a další nemobilní prvky byly již popsány v předchozích kapitolách. Bohužel tyto situace s přejezdem nároží křižovatek, nebo dělicích ostrůvků nastávají nejen u nadrozměrných nákladů, ale často také u kamionové přepravy. Vlastním geometrickým návrhem křižovatek a návrhem pro kamionovou přepravu se zabývají i v zahraničí [3] [4].



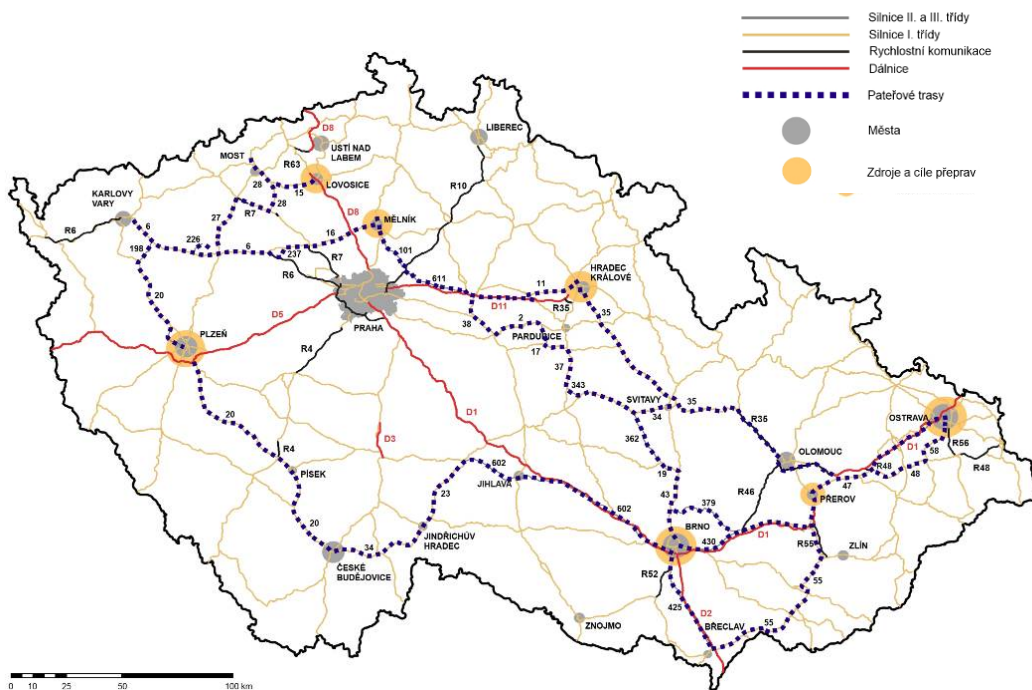
Obr. 4: Problematický průjezd okružní křižovatkou v Litomyšli (Foto: Ing. Petrů, Ing. Zeman)

3 PÁTEŘOVÉ TRASY

Reakcí na stávající problematiku je apelace na vytvoření páteřových tras pro nadměrnou a nadrozměrnou přepravu. Na obr. 5 vidíme zpracované příklady páteřových tras. Za Sdružení dopravců těžkých a nadměrných nákladů vyhodnotily společnosti NOSRETI a.s. a RÁDL s.r.o. tyto trasy jako příklady páteřových tras. Trasy vedou po pozemních komunikacích, které jsou nejvíce využívány v ČR pro nadměrnou a nadrozměrnou přepravu. Právě tyto příklady tras by měly být uzpůsobeny pro nadměrné přepravy. Jedná se především o typy souprav, které přesahují následující parametry:

- Celková délka soupravy je větší než 35 m
- Celková výška soupravy je větší než 7 m
- Celková šířka soupravy je širší než 7 m

Mostní objekty na trasách nadměrných souprav by měly být projektovány na výjimečná zatížení. Objekty na páteřních trasách byly již zmíněny výše v textu. Jedná se o zajištění podjezdů výšek, úprav dopravního značení, parametrů průjezdu úrovnových, mimoúrovňových, ale také okružních křižovatek na trase. Zajištění odstupu stožárů veřejného osvětlení a mobilních prvků.



Obr. 5: Páteřové trasy nadměrných a nadrozměrných nákladů (mapa Ing. Petřů, páteřové trasy společnosti NOSRETI a.s. a RÁDL s.r.o.)

3.1 Rozdělení tras dle měst

Níže jsou popsány příklady páteřových tras dle měst a nejčastějšího směru přepravy. Tyto trasy je samozřejmě možno kombinovat pro napojení na jednotlivé zdroje nebo cíle přepravy. Trasy využívají silniční síť, která je patrna z již zmíněného obr. 5.

1. Páteřové trasy Ostrava: Ostrava – Mělník, Ostrava – Lovosice, Ostrava – Sudoměřice (směr přístav Bratislava)

2. Páteřové trasy Brno: Brno – Mělník, Brno – Sudoměřice (směr přístav Bratislava)
3. Páteřové trasy Plzeň: Plzeň – Mělník, Plzeň – Lovosice, Plzeň – České Budějovice – Jihlava – Brno – Sudoměřice
4. Páteřové Trasy Hradec Králové: Hradec Králové – Mělník

3.2 Významné zdroje a cíle přeprav

Zdroje a cíle nadměrných a nadrozměrných nákladů můžeme rozčlenit do několika hlavních kategorií. Jedná se zejména o tyto kategorie:

1. Významné podniky sídlící ve městech a jejich okolí: Brno, Hradec Králové, Ostrava, Plzeň, Praha, Přerov
2. Významné cíle přeprav: Jaderné elektrárny Temelín, Dukovany, Mochovce, Jaslovské Bohunice, Prunéřov, Ledvice, Počerady
3. Přístavy: Brandýs nad Labem, Děčín, Lovosice, Mělník, Týnec nad Labem a zahraniční přístav Bratislava
4. Hraniční přechody využívané přepravci nadměrných nákladů: Břeclav – Kúty, Český Těšín, Dolní Dvořiště, Náchod, Rozvadov, Rumburk, Sudoměřice

3 ZÁVĚR

Ve článku je popsána problematika průjezdu nadměrných a nadrozměrných nákladů na jejich častých trasách. Zdůrazněny jsou prvky, problematická místa a mostní objekty. Poukázány jsou také těžkosti, se kterými se musí firmy a společnosti zabývající se nadměrnou a nadrozměrnou přepravou při výběru trasy potýkat. Je ovlivněna již zmíněná konkurenceschopnost podniků, které tyto výrobky vyrábějí. Změnit stávající neutěšenou situaci by měla právě inicializace a vytvoření páteřových tras. Trasy by byly uzpůsobeny pro tento typ přepravy. Nemělo by docházet k situacím, jako jsou např. výstavby nových křižovatek, nebo rekonstrukce stávajících, které v některých případech paradoxně před změnou tomuto typu přepravy vyhovovaly. V současné době se Sdružení dopravců těžkých a nadměrných nákladů snaží vytvořit technický přepis, který by stanovoval parametry pozemních komunikací a mostních objektů uzpůsobených pro průjezd nadměrných a nadrozměrných nákladů.

Evidence přepravních tras není bohužel vedena. Projektanti řešící projekty na těchto trasách nejsou obeznámeni s tímto typem přepravy. Řídí se jen pokyny zadavatele s ohledem na bezpečnost a co nejmenší náklady na výstavbu, bez ohledu na tento typ přepravy. Je důležité si uvědomit, že tyto trasy se nevytváří jen pro přepravce, ale také pro investory a výrobní podniky, pro zlepšení konkurenceschopnosti českých výrobků a také podporu české ekonomiky.

Tato problematika je řešena v rámci disertační práce Ing. Jan Petřů z VŠB – TU Ostrava, ale také ve výzkumné činnosti skupiny Dopravního stavitelství v rámci projektu Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO, ve Studentské grantové soutěži pro rok 2012 s názvem Vlečné křivky návrhového vozidla nadměrné přepravy a ve Studentské grantové soutěži pro rok 2013 s názvem Mobilní kamera pro dopravní a stavební průzkum. Výsledky výzkumné činnosti by mohly sloužit, jako jeden z podkladů pro řešení této problematiky.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl realizován za pomoci Studentské grantové soutěže s názvem Vlečné křivky návrhového vozidla nadměrné přepravy. (SP2012/134)

LITERATURA

- [1] MAHDALOVÁ, I., PETRŮ, J., Nadměrná přeprava v podmínkách České republiky. *Silniční obzor*. 2011, roč. 72, č. 12, s. 355-358. ISSN 0322-7154.
- [2] PETRŮ, J., ZEMAN, K., KRAMNÝ, J. Problematika přeprav nadměrných a nadrozměrných nákladů po pozemních komunikacích. *SILNICE – ŽELEZNICE*. Ostrava: KONSTRUKCE Media, s. r. o., 2013, roč. 8, č. 2, s. 66-69. ISSN 1801-822X.
Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/problematika-preprav-nadmernych-a-nadrozmernych-nakladu-po-pozemnich-komunikacich/>
- [3] WADDELL, E., GINGRICH, MA., LANTERS, M. Trucks in Roundabouts: Pitfalls in Design and Operations. *ITE JOURNAL-INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS*. 2009, Vol. 79, No. 2, pp. 40-45. ISSN 0162-8178.
- [4] EASA, S., MEHMOOD, A. Optimizing geometric design of single-lane roundabouts: consistency analysis. *CANADIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*. 2004. Vol. 31, No. 6, pp. 1024-1038. ISSN 0315-1468.
- [5] PETRŮ, J., ZEMAN K., KRAMNÝ, J. Nadrozměrná přeprava v intravilánu měst, In: *IX. International Scientific Conference FCE TUKE* [CD]. Košice: TUKE, Stavebná fakulta, 2012. ISBN 978-80-553-0905-7.
- [6] European Best Practice Guidelines for Abnormal Road Transports. European Commission Directorate - General for Energy and Transport, 2006. [cit. 2013-01-30].
Dostupné z: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/doc/abnormal_transport_guidelines_en.pdf
- [7] HANNA, S., Erikoiskuljetustoiminta tienpitäjän näkökulmasta. *Tiehallinnon selvityksiä*, 2003 [cit. 2013-01-30].
Dostupné z: http://www.ely-keskus.fi/fi/Liikenne/Lupaasiat/Erikoiskuljetukset/Tilastot/Documents/Erikoiskuljetukset_tienpitajan_nakokulmasta.pdf
- [8] SUZA. I., SUZA, D., MIKULÍK, A. Metody sledování deformací mostů při přejezdech nadměrných břemen.
Dostupné z: <http://www.mostni-silnici.cz/doc/2013-metody-sledovani-deformaci-mostu-pri-prejezdech-nadmernych-bremen.pdf>
- [9] ČSN 73 6222. Zatížitelnost mostů pozemních komunikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [10] ČSN 73 6201. Projektování mostních objektů. Praha: Český normalizační institut, 2008
- [11] ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, Praha: Český normalizační institut, 2005. a spojů, 2002.
- [12] Zákon č. 13/1997 Sb., O pozemních komunikacích, Praha: Ministerstvo dopravy a spojů, 1997.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Daniela Ďurčanská, CSc., Katedra cestného staviteľstva, Stavebná fakulta, ŽU v Žiline.

Ing. Petr Pánek, Ph.D., Katedra silničních staveb, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Karel ZEMAN¹, Jan PETRŮ², Jan KRAMNÝ³

BEZPEČNOST PROVOZU NA ZASTÁVKÁCH MHD

TRAFFIC SAFETY AT PUBLIC TRANSPORT STOPS

Abstrakt

Příspěvek upozorňuje na špatný stav zastávek, který vnikl po dobu jejich používání, ale i na špatně provedené rekonstrukce. Chyby při těchto rekonstrukcích znesnadňují používání jak cestujícími tak dopravci. Dříve vybudované zastávky již nevyhovují nově provozovaným vozidlům a některé nové zastávky jsou vybudovány v rozporu z ČSN 73 6425-1 pro jejich projektování. Tyto nedostatky způsobují nebezpečné situace a to při velké četnosti spojů na zastávkách nelze opomíjet.

Klíčová slova

Městská doprava, zastávka, bezpečnost, autobus, trolejbus, nedostatek.

Abstract

This article highlights the poor state of the bus stops, which occurs during their use, but also poorly made reconstructions. Mistakes in these reconstructions impede the use both for passengers and carriers. Formerly built stations no longer meet the size of newly operated vehicles and some new stations are built in contravention of CSN 73 6425-1 for their design. These deficiencies cause dangerous situations during the high bus frequency at bus stops and can not be ignored.

Keywords

City transport, bus stop, safety, bus, trolley bus.

1 ÚVOD

Problematika špatně projektovaných i špatně zhotovených zastávek je dlouhodobým problémem, který se snažíme zmapovat v rámci projektu Mladí výzkumníci na FAST, VŠB – TU Ostrava [7]. Zjištění hlavních příčin a nedostatků je prvním krokem k jejich zmapování a následnému nalezení nových řešení. Nedostatky a nesprávná řešení často zpomalují pohyb vystupujících a nastupujících cestujících, znesnadňují příjezd a odjezd vozidel do zastávek a zastávkových zálivů.

Článek poukazuje na několik velmi častých nedostatků, s kterými se můžeme setkat v mnoha městech, kde je v provozu MHD. Tento problém se netýká pouze cestujících a provozovatelů. Můžeme se s ním setkat i jako chodci, kteří procházejí po zastávkách nebo pod přístřešky. Dále jako řidiči motorových vozidel, když nás omezuje vozidlo MHD, které zastaví v zastávce jiným způsobem, než je běžné a blokuje jízdní pruhy, přestože je zastávka se zálivem.

¹ Ing. Karel Zeman, Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 336, e-mail: karel.zeman@vsb.cz.

² Ing. Jan Petrů, Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 336, e-mail: jan.petru@vsb.cz.

³ Ing. Jan Kramný, Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 336, e-mail: jan.kramny@vsb.cz.

Problematika navrhování a hodnocení stavu povrchu krytů vozovek autobusových zastávek byla již v minulosti řešena. Největší pozornost byla věnována asfaltovým vozovkám a vozovkám z dlažby. Při používání asfaltových směsí na vozovky zastávkových zálivů, vznikají po určité době používání vyjeté koleje, které zhoršují průjezdné vlastnosti vozovky (voda v kolejích apod.), ale též jejich estetický vzhled [1] [2].

2 NAVRHOVÁNÍ AUTOBUSOVÝCH, TROLEJBUSOVÝCH ZASTÁVEK

Navrhování musí respektovat zásady bezpečnosti silničního provozu a drážní dopravy:

- stavebně přiměřeným řešením oddělení pohybu chodců, vozidel a cyklistů. Umístěním přístřešků pro cestující.
- zabezpečením přehledu o výstupu a nástupu cestujících z místa řidiče.
- zabezpečením plynulého, logického, bezpečného a pohodlného pohybu chodců a v odůvodněných případech možným osazováním zábran proti jejich nežádoucímu pohybu, zvláště se zřetelem na bezpečnost cestujících při nastupování a vystupování.
- navržením (převedením) případných cyklistických pruhů nebo pásů v okolí zastávky.
- navržením (provedením) bezbariérového přístupu a užívání osobami s omezenou schopností pohybu a orientace – osoby postižené pohybově, zrakově, sluchově, osoby pokročilého věku, těhotné ženy a osoby doprovázející dítě v kočárku, dítě do tří let, popřípadě osobou s mentálním postižením. Obdobné požadavky jako tyto osoby mají osoby se zavazadly nebo osoby s dočasným pohybovým omezením.
- použitím nejvíce dvou barev v ploše nástupiště. Hranice bezpečnostního odstupu musí být vyznačena vizuálně kontrastním pruhem se zarovnanými okraji o šířce nejméně 0,15 m. Pro tento účel může být použita třetí barva. Pás šířky 0,6 m navazující na vyznačení bezpečnostního odstupu musí být jednobarevný a nesmí v něm být použity žádné vzory. Standardní řešení úprav pro nevidomé a slabozraké při hraně zastávky BUS, TRAM, TROLEJBUS je v detailním popisu a zobrazení obecně platných zásad.
- dopravním značením a případným umístěním dopravního značení.
- kvalitním povrchem vozovek a ploch pro cestující.
- účinným odvodněním, tak aby byli cestující chráněni před odstříkující vodou [5].

3 ZHODNOCENÍ NEJČASTĚJŠÍCH CHYB PŘI PŘÍPRAVĚ A REALIZACI ZASTÁVEK

Zastávky se zřizují vpravo ve směru jízdy, a to v závislosti na návrhové rychlosti pozemní komunikace v místě nezastavěném (extravilán) nebo zastavěném či zastavitelném (intravilán).

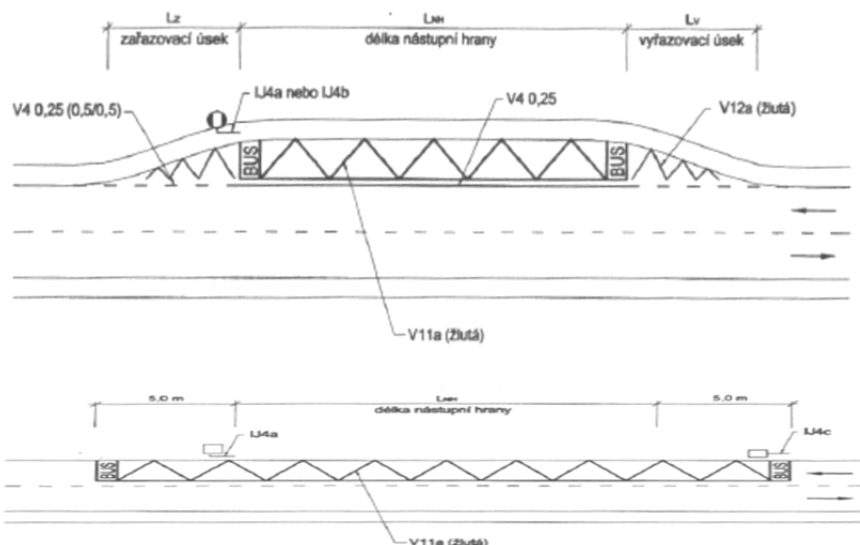
3.1 Délka nástupní hrany

Nejmenší délka nástupní hrany zastávky se rovná součtu délek dvou nejdelších provozovaných vozidel obsluhujících zastávku, zvětšenému o 1 m. Délka nástupní hrany nemá přesáhnout 37 m (rozumí se tím pro jeden označnický zastávkový pruh), pokud to požadavky na provozní podmínky v zastávce umožní. V zastávkách, kde organizace provozu vylučuje sjetí více vozidel současně nebo se jedná o stísněné podmínky, lze nástupní hranu navrhnout na délku jednoho nejdelšího provozovaného vozidla [4] [5].

Délka nástupní hrany na zastávkách se navrhuje podle výhledového počtu současně zastavujících (odbavujících) vozidel. Stání se navrhuje s podélným řazením vozidel těsným, předpokládá-li se odjezd autobusů nebo trolejbusů v pořadí, v jakém na zastávku přijely, nebo polotěsným, má-li být umožněn odjezd vozidel ze zastávky v libovolném pořadí [4] [5].

Nástupní hrana se navrhuje v délce, rovnající se součtu dvou nejdelších vozidel, zvětšenému o 5 m, pro kloubová vozidla zvětšenému o 7 m [4] [5].

Příklady dopravního značení zastávek



Obr. 1: Označení zastávky na zastávkovém zálivu a na jízdním pruhu Zdroj: ČSN 73 6425 – 1 [5]

V následujících případech je vysvětleno, jak nedostatečná délka nástupní hrany ovlivňuje komfort cestujících i řidiče MHD.

V prvním případě se jedná o zastávku na Mezní ulici v městském obvodu Severní Terasa v Ústí nad Labem. Zastávka je vybudována s velmi krátkou nástupní hranou, což má historický původ. V době její výstavby nebyla provozována kloubová vozidla v oblasti Severní Terasy. Nynější provoz je zajišťován především 18 metrovými trolejbusy. Tato vozidla tudíž nemohou celou svou délkou přijet k nástupní hraně zastávky, což způsobuje problémy při vystupování a nastupování cestujících. Na obr. 2 je patrná značná vzdálenost vozidla od nástupní hrany, jelikož 18 m trolejbus nemá možnost se ke 12 m nástupní hraně přiblížit celou délkou [7].



Obr. 2: Příjezd trolejbusu Škoda 25Tr na zastávku Větrná

V druhém případě se jedná o zastávku, která je vybudována s velmi krátkou nástupní hranou, a je ještě zkrácena výjezdem z obratiště Mírová (obr. 3). Nynější provoz je zajišťován především 18 metrovými trolejbusy, to způsobuje značné problémy při zastavení vozidla v zastávce u výjezdu z obratiště. Provozovaná vozidla tudíž nemohou celou svou délkou přijet k nástupní hraně zastávky, která je při výjezdu ještě zalomena do opačného směru než vyjíždí vozidlo z obratiště. Způsob příjezdu vozidla k nástupní hraně činí značné problémy při vystupování a nastupování cestujících, kteří musí nejdříve vstoupit na vozovku a pak teprve do vozidla [7].



Obr. 3: Příjezd trolejbusu Škoda 25Tr na zastávku Mírová z obratiště

V třetím případě se jedná o zastávku Elba na ulici Krušnohorská v Ústí nad Labem, kde na vozovce proběhla výměna asfaltového krytu a v jednom směru jízdy byl dokonce vyměněn označnický přístřešek a prodloužena „nástupní hrana“. Způsob realizace této rekonstrukce ovšem nebral v potaz délku provozovaných vozidel na této zastávce, jedná se především o kloubové trolejbusy (obr. 4). Dále z obr. 5 je patrné, že v opačném směru linek na zastávce Elba nástupní hrana zasahuje do vyřazovacího úseku zastávky, čímž se stává lomenou. Což odporuje normě (viz odst. 2.2.).



Obr. 4: Trolejbus Škoda 15Tr (18 m) u nástupní hrany o délce 12 m



Obr. 5: Prodloužení nástupní hrany do vyřazovacího úseku zastávky

3.2 Tvar nástupní hrany

Nástupní hrana pro kloubové autobusy nebo trolejbusy se navrhuje jako přímá [5].

Mnoho nástupních hran je zaoblených. Toto řešení znemožňuje zastavení vozidla v celé délce u nástupní hrany v zastávce Orlická v Ústí nad Labem (obr. 6).

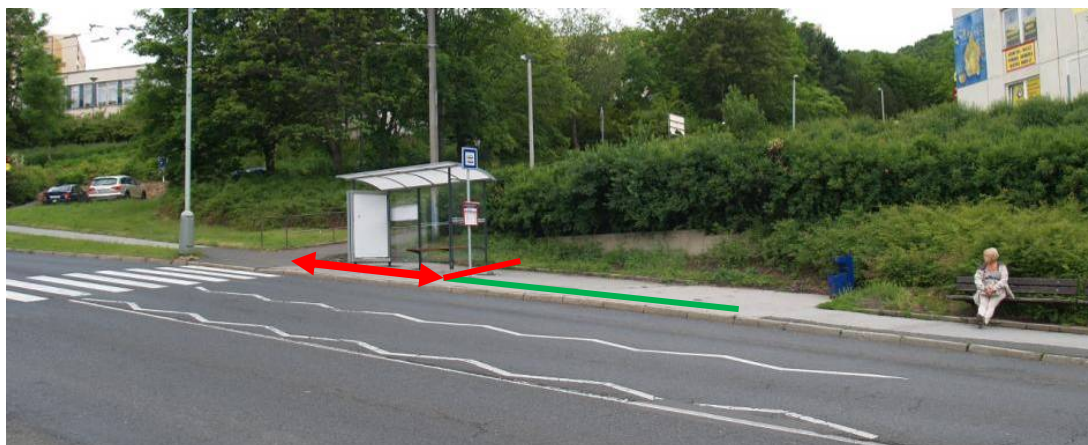


Obr. 6: Zaoblená nástupní hrana v zastávkovém zářivu

3.3 Začátek a konec nástupiště

Začátek nástupiště autobusů a trolejbusů je ze stavebního hlediska, kolmice k ose komunikace zastávky v místě dopravní značky „Zastávka“ IJ4a, nebo IJ4b na označnicku zastávky. Konec nástupiště autobusů a trolejbusů je kolmice k ose komunikace zastávky v místě dopravní značky „Zastávka“ IJ4c [5].

V případech špatně umístěného označnicku je pak situace v provozu velmi nepřehledná. Vozidlo by mělo zastavit kolmo k označnicku, pokud je označnick posunut např. do poloviny rovného úseku nástupiště (obr. 7). Při správném zastavení u označnicku by vozidlo zasahovalo do vyřazovacího úseku zastávky a dokonce část vozidla do průběžného jízdního pruhu pro vozidla. Tento fakt by mohl zmýlit řidiče automobilu jedoucího za vozidlem MHD, který očekává, že celé vozidlo zajede do zastávkového zálivu. Tím vzniká velmi nebezpečná situace.



Obr. 7: Nevhodně umístěný označnick, uprostřed nástupní hrany

3.4 Povrch nástupiště

Povrch nástupiště musí být rovný, neklouzavý a zpevněný s příčným sklonem 0,5 % až 2 % a musí umožnit bezpečné pojiždění osob na vozíku. Podélný sklon nástupiště nemá překročit 4 %, v obtížných terénních podmínkách 6 %. Zpevnění nástupiště se navrhuje obdobně jako na chodnících. Při volbě materiálu pro povrch nástupiště se musí zohlednit oprávněné požadavky osob se sníženou schopností pohybu a orientace. Nerovnost povrchu u krytů z dlažeb musí odpovídat normám [5].



Obr. 8: Nerovný povrch nástupiště zastávky

V následujícím případě (obr. 8) je názorně ukázáno, jak může vypadat nástupiště při nedokonalém provedení jeho povrchu. Povrch nejen, že není rovný, což může způsobit zranění, ale i velmi znesnadňuje pohyb osobám na vozíku.

3.5 Výška nástupní hrany

Výška nástupní hrany nad vozovkou se navrhuje 200 mm. U změn staveb a změn v užívání staveb se v odůvodněných případech tato hodnota může snížit až na 160 mm. Výškový rozdíl mezi nástupní hranou a podlahou nízkopodlažního vozidla může být nejvíce 160 mm a provedení nástupiště musí umožňovat použití výsuvného nájezdu vozidla.

K dosažení úplného bezbariérového užívání zastávky se doporučuje v délce nástupní hrany použít obrubník s naváděcí úpravou pro vozidla [5].

Některé méně frekventované zastávky nejsou pro pohodlí cestujících sice prioritní, ale MHD by měla být přístupná na všech provozovaných linkách a zastávkách. Na obr. 9 je sice zvýšená nástupní hrana, ale v tomto případě již znemožňuje bezpečné přijetí vozidla k ní a hrozí poškození vozidla.



Obr. 9: Vysoká výška nástupní hrany v první polovině zastávky složené s panelů

3.6 Povrch vozovky u zastávek

Vozovky u zastávek a úseky před nimi a za nimi, kde se vozidla rozjíždějí a brzdí, se navrhuje podle třídy dopravního zatížení s přihlédnutím na dobu zatížení (nejméně 60 sekund) a horizontální zatížení. Vozovka má mít zvýšenou odolnost vůči tvorbě trvalých deformací. Na dopravně exponovaných zastávkách se doporučuje omezit používání netuhých konstrukčních vrstev ve větších tloušťkách [5].

Vozovky zastávek se považují za mimořádně namáhané úseky komunikace. Při návrhu vozovky se má zohlednit možnost údržby a opravy krytu několikrát v průběhu návrhového období za účelem zachování provozní způsobilosti. Vozovky zastávek se navrhuje podle zvláštního předpisu [5].

Diagnostika a proces hodnocení vozovek z hlediska protismykových vlastností povrchu, nosnosti je často řešenou problematikou [3].

Některé povrchy zastávek již jsou za svou životností a v těchto případech vznikají tzv. „vyjeté koleje“ ve kterých se může usazovat voda a nebezpečí narušení krytu vozovky je stále větší. (obr. 8)



Obr. 10: Nevyhovující kryt v zastávkovém zálivu, tzv. „vyjeté koleje“

3.7 Čekárny a přístřešky

Přístřešky jsou důležitou součástí, při používání MHD, a jejich kvalita se promítá do celkové kvality dopravy. Pokud jsou přístřešky ve špatném technickém stavu, nastává úbytek cestujících majících možnost jiné přepravy. Pokud ovšem používání těchto zastávek je nutné, hrozí při velmi špatném stavu i zdravotní ohrožení od konstrukcí přístřešku anebo poškození vozidel ze špatných střech přístřešků. (obr. 11 a obr. 12)



Obr. 11: Přístřešek uzavřený pro špatný technický stav



Obr. 12: Strop poškozeného přístřešku s opadávající omítkou a betonem

V těchto případech nastává uzavření přístřešku a přemístění zastávky do nejbližšího možného místa, které ovšem již není navrženo jako zastávka. Tyto provizorní zastávky se nejčastěji nacházejí v jízdních pruzích komunikací a to způsobuje dopravní omezení při zastavení v zastávce. Jedná se především o předjíždění stojícího vozidla a přecházení komunikace cestujícími v místech, která k tomuto účelu nejsou vhodně zařízena.

4 ZÁVĚR

Na závěr příklad správné realizace rekonstrukce zastávky (obr. č. 13) za použití všech prvků pro správný průjezd vozidla i příchod a odchod cestujících i s prvky pro užívání osobami se sníženou schopností pohybu a orientace.



Obr. 13: Správně rekonstruovaná zastávka se všemi prvky pro vozidla i cestující

Problémům toho druhu by se mělo předcházet především již při přípravě těchto staveb, protože zmiňované nedostatky nevznikly až při realizacích, ale již v počátečních návrzích. Některé nedostatky mohou být způsobeny i při realizaci a to především při nedodržení technologických postupů a zvolením nekvalitnějších a levnějších materiálů povrchů krytů vozovek i nástupišť.

Cílem tohoto příspěvku je upozornit na špatný stav zastávek a pokusit se zlepšit stav, jak starých zastávek, které již nevyhovují nově provozovaným vozidlům, tak novým, které jsou vybudovány v rozporu z ČSN pro jejich projektování.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za pomoci projektu Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO (EE2.3.20.0013).

LITERATURA

- [1] DECKÝ, M., GAVULOVÁ, A., PUTIRKA, D., PITOŇÁK, M., VANGEL, J., ZGÚTOVÁ, K.: Navrhovanie a rozpočtovanie asfaltových vozoviek. Žilina: Stavebná fakulta ŽU, 2010. 300 s., ISBN 978-80-970388-0-9
- [2] DECKÝ, M., PITOŇÁK, M.: Navrhovanie a hodnotenie stavu povrchov vozoviek autobusových zastávok/Design and evaluation of surfacing condition of bus stop pavements. In: Perner's Contacts, Ročník 6., Číslo I., duben 2011, s. 51-64, ISSN 1801-674X
- [3] ČELKO, J., ĎURČANSKÁ, D., KOMAČKA, J.: Diagnostics and evaluation of road pavements, *Komunikacie*, Ročník 5, Číslo 3., 2003, s. 55 – 56, ISSN: 13354205
- [4] ĎURČANSKÁ, D., BEZÁK, B., GAVULOVÁ, A., MAHDALOVÁ, I., RADIMSKÝ, M., ŘEZÁČ, M., SMĚLÝ, M.: Mestské komunikácie, Zásady navrhovania, EDIS, vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline v roku 2012, ISBN 978-80-554-0303-8, 328 s
- [5] ČSN 73 6425-1, Autobusové trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště, Část 1: Navrhování zastávek, 2009, ICS 93.080.10
- [6] ČSN 73 6425-2, Autobusové trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště, Část 2: Přestupní uzly a stanoviště, 2009, ICS 93.080.30
- [7] <http://www.mladvizkumnici.cz> (25/8/2012)

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Katarína Bačová, PhD., Katedra dopravných stavieb, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

Doc. Ing. Petr Holcner, PhD., Ústav pozemních komunikací, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Juraj KRÁLIK¹

**NPP SAFETY IN SLOVAKIA ACCORDING TO STRESS TESTS
AFTER ACCIDENT IN FUKUSHIMI**

**BEZPEČNOSTI JE NA SLOVENSKU Z POHLEDU ZÁŤAŽOVÝCH TESTOV
PO NEHODE VO FUKUSHIMI**

Abstract

This paper presents the new requirements to test of the safety and reliability of the NPP structures due to the last nuclear accidents in the world. The accidents of the NPP in Chernobyl and Fukushima give us the new inspiration to verify the safety level of the NPP structures. The probabilistic assessment of NPP structures for PSA level 2 of VVER 440 in the case of LOCA accident is presented. The results of the probabilistic nonlinear analysis of the NPP structures are presented.

Keywords

Stress tests, nuclear accident, safety, probability, nonlinearity, RSM, VVER, NPP.

Abstrakt

Článok sa zaoberá novými požiadavkami na testovanie bezpečnosti a spoľahlivosti konštrukcií JE v dôsledku posledných jadrových nehôd vo svete. Havárie JE v Černobyle a vo Fukushimi dávajú nové inšpirácie pre verifikovanie úrovne bezpečnosti konštrukcií JE. Rozoberá sa pravdepodobnostná metodológia konštrukcií JE pre PSA úroveň 2 reaktora VVER 440 v prípade havárie LOCA. Uvádzajú sa výsledky pravdepodobnostnej nelineárnej analýzy konštrukcií JE.

Kľúčové slová

Záťažové testy, jadrová nehoda, bezpečnosť, pravdepodobnosť, nelinearita, RSM, VVER, JE.

1 INTRODUCTION

The nuclear technology gets us the perspective and effective natural resources of the energy but from other side a same risk for the environment [1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25 and 27]. The first accident in nuclear research facilities was date on 21 may 1946. A nuclear criticality accident occurred at the Los Alamos Scientific Laboratory in New Mexico. Eight people were exposed to radiation, and one, Louis Slotin, died nine days later of acute radiation sickness. The first significant accident of nuclear power plant (NPP) was date on 28 March 1979 in Middletown, Pennsylvania. A series of human and mechanical failures nearly triggered a nuclear disaster. Contaminated coolant water escaped into a nearby building, releasing radioactive gasses, leading as many as 200,000 people to flee the region. The severe problems arrive after an accident in Chernobyl Nuclear Power Plant in Ukraine on 26 April 1986. An explosion and fire released large quantities of radioactive contamination into the atmosphere, which spread over much of Western USSR and Europe. The battle to contain the contamination and avert a greater catastrophe ultimately involved over 500,000 workers and cost an estimated 18 billion rubles. A 2006 report

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, CSc., STU in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Radlinského 11, Bratislava 813 68, SR, e-mail: juraj.kralik@stuba.sk.

predicted 30,000 to 60,000 cancer deaths as a result of Chernobyl fallout. The last NPP accident was date on 11 March 2011 in Fukushima [7 and 23]. Following a major earthquake (a magnitude 7.1), a 15-metre tsunami disabled the power supply and cooling of three Fukushima Dai-ichi reactors, hence causing a nuclear accident. The population within a 20km radius had been evacuated three days earlier. Tepco had checked the radiation exposure of 7500 people who had worked on the site since 11 March.



Fig.1: The Fukushima Dai-ichi NPP accident after the great Japan earthquake and tsunami in 2011

In view of the analysis results of the Fukushima accident the owner and operator of nuclear power plants (NPPs) in Slovakia – joint stock company "Slovenské elektrárne a.s." (SE a.s.) has committed himself to perform so called stress tests on all units in operation or under construction [23]. Main plant equipment (except main circulation pumps) for all units was fabricated either in Czech Republic or in Slovakia.

During the process of plants' design, construction and operation significant safety improvements were implemented compared to initial design, including enhanced resistance to external hazards [5, 17 and 24]. Recently, in addition to previous safety improvements, a number of provisions have been included in the design of VVER 440/V213 units in Slovakia for mitigation of severe accidents as follows: Elimination of high-pressure core-melt scenarios, by fast reactor pressure vessel (RPV) depressurization even in station black-out (SBO) conditions; Adoption of measures to flood the reactor cavity in order to ensure the outside cooling of the RPV and hence its integrity in case of core melt scenarios.

Specifically the information about Fukushima Unit 1 with reactor thermal power (1380 MWt) similar to VVER 440 was taken as a basis for the comparison. Some of the observations are summarized below [23]:

Fukushima as well as Slovak sites have increased level of seismicity. However, seismicity level of Fukushima site is significantly higher, corresponding to 10° MSK 64 (with maximum horizontal acceleration ~0,5 g), while for Bohunice it is 9° MSK 64 (with 0.344 g) and for Mochovce it is 8° MSK 64 (with 0,143 g). Nevertheless the seismicity is the relevant issue for Slovak sites which need to be addressed more in detail. Combination of an earthquake and flooding due to tsunami (main damaging factor in Fukushima) is irrelevant for sites in Slovakia and can be practically eliminated from further considerations. The only meaningful source of external flooding is extreme precipitation. In case of station black-out the heat removal from the primary circuit can be ensured in the Fukushima Unit 1 design by natural circulation of steam and water through 2 isolation condensers (normally separated from the reactor by isolation valves) containing altogether 212 t of water

available for evaporation. In case of VVER 440/V213 residual heat is removed by natural circulation through permanently connected 6 steam generators containing about 330 t of water. Such features are fully covered by the design of EMO34 under construction, and their implementation is ongoing since in all operation units, with completion in V2 and EMO12 in 2013 and 2015, respectively.

4 SAFETY ASSESSMENT OF THE SEISMIC RESISTANCE OF NPP

On the base of the experience from the re-evaluation programs in the membership countries IAEA in Vienna the seismic safety standard No.28 was established at 2003 [4].

Seismic safety evaluation programs should contain three important parts

- The assessment of the seismic hazard as an external event, specific to the seismic-tectonic and soil conditions of the site, and of the associated input motion;
- The safety analysis of the NPP resulting in an identification of the SSSCs (Selected Structures, Systems and Components) appropriate for dealing with a seismic event with the objective of a safe shutdown;
- The evaluation of the plant specific seismic capacity to withstand the loads generated by such an event, possibly resulting in upgrading.

4.2 Seismic Re-Evaluation Program in SR

A re-assessment of the seismic hazard specific to the seismic-tectonic conditions at the site was considered by the SAV (Slovak Academy of Sciences) based on IAEA NUSS SO-SG-S1 and S8 [2]; US NRC-RG 1.60 and NUREG/CR-0098 [17]. IAEA is providing technical assistance to the Slovak regulatory authorities for reviewing the work results. Therefore the RLE (Review Level Earthquake) should correspond to the SL-2 level (Second Seismic Level), directly related to ultimate safety requirements. This is a level of extreme ground motion that shall have a very low probability of being exceeded during the plant lifetime and represents the maximum level of ground motion to be used for design and re-evaluation purposes. For the probability of occurrence a typical value of $10^{-4}/\text{yr}$ is usually used and for the ground response spectra an elastic one is selected.

As formulated by the Slovak authorities, the main objective of the seismic re-evaluation programs of NPP is to enhance the seismic safety of the plant to the level generally accepted by the international community and in compliance with the valid standards and recognized practice. These programs should have three important components:

- i. the re-assessment of the seismic hazard as an external event, specific to the site seismic-tectonic conditions;
- ii. the evaluation of the plant specific seismic capacity to withstand the loads generated by such event;
- iii. upgrading if necessary.

Regarding the first component (i), the geological stability and the ground motion parameters should be assessed according to specific site conditions and in compliance with criteria and methods valid for new facilities. In relation to the second component of the programs (ii) and considering that the plant has been originally designed for an earthquake level lower than the one would preliminarily be established for the site in compliance with IAEA NUSS 50-SG-S1 [17]. On the base of the results of the seismic analysis of the structure capacity the upgrade concept (iii) will be designed.

4.3 Safety Aspects

The decision should be made early on whether either the SPSA (Seismic Probabilistic Safety Assessment), SMA (Seismic Margin Assessment), or EPRI (Electric Power Research Institute) seismic safety evaluation methods are to be used [1, 4, 17 and 25]. These methods have an advantage in that the entire plant may be evaluated as an integrated unit, including system and spatial interactions, common cause failure, human actions, non-seismic failures and operating procedures. The seismic resistance of the existing building structures as well as the technological equipment can be executed by the SMA method, especially its variant known as CDFM (Conservative Deterministic

Failure Margin) depending on HCLPF (High Confidence Low Probability of Failure) determination of the seismic margin values. The CDFM method is based on an assumption that all the building structures and all the technological equipment components were designed properly for any non-seismic loads and conditions.

The concept of the HCLPF (High Confidence Low Probability Failure) capacity is used in the SMA (Seismic Margin Assessment) reviews to quantify the seismic margins of NPPs [25]. In simple terms it corresponds to the earthquake level at which, with high confidence ($\geq 95\%$) it is unlikely that failure of a system, structure or component required for safe shutdown of the plant will occur ($< 5\%$ probability).

Estimating the HCLPF seismic capacity of a system, structure and component requires an estimation of the response, conditional on the occurrence of the RLE. Two candidate procedures to determine the HCLPF seismic capacities for NPP's structures and equipment components have been developed:

- (1) the Fragility Analysis (FA), and
- (2) the Conservative Deterministic Failure Margin (CDFM) method.

The HCLPF approach or an equivalent method may be used to verify the seismic capacity of Mochovce NPP. The general criteria for CDFM approach is contained in [25]. The value of the HCLPF parameter depends on the equipment structure or component resistance (R) and the corresponding effect of action (E) using elastic or inelastic behavior. The following equation follows for the strength and response (R/E) in respect to linear elasticity. Generally the value of HCLPF parameter must always be $HCLPF > PGA$

$$HCLPF(CDFM) = k_D \cdot (FS)_{el} \cdot PGA_{RLE=SL-2} \quad \text{and} \quad (FS)_{el} = (R - E_{NS}) / (E_{Si}^2 + E_{Sa}^2)^{1/2} \quad (1)$$

where k_D is ductility coefficient ($k_D \geq 1.0$), E_{NS} is the nonseismic action, E_{Si} , or E_{Sa} is the seismic response to RLE (SL-2) inertial actions, or corresponding different seismic support movement, respectively, calculated according to linear elasticity.

The HCLPF seismic margin value can also be determined via a non-linear elastic-plastic calculation (e.g. limit analysis defined in the ASME BPVC Section III (ed. 92) – Mandatory Appendix XIII). Generally, such calculation needs to be repeated several times before the seismic margin value is reached. No ductility coefficient is used in these non-linear calculations, of course (ductility coefficients are used only in linear elastic calculations).

4.6 Seismic Input Data

The seismic response can be calculated in the frequency (spectrum response analysis) or time domain (transient analysis) [1, 10 and 17].

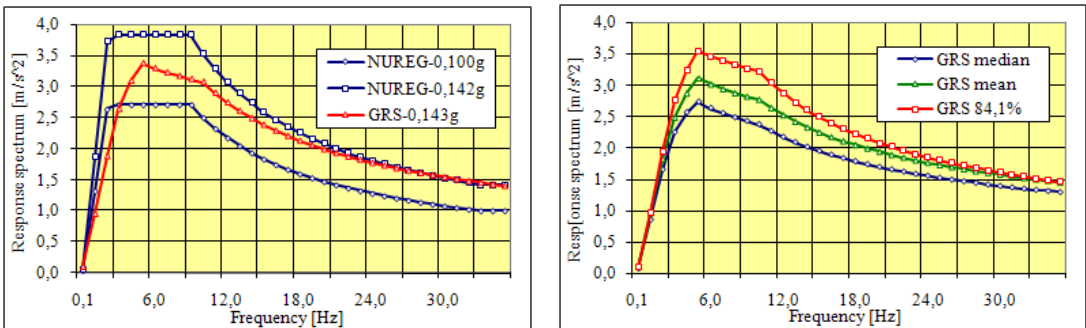


Fig. 2: Comparison of the horizontal and vertical acceleration response spectrum NUREG and GRS

Also, hence the earthquake input must be specified in terms of free-field ground motion accelerograms for time-history dynamic analyses [1, 3, 10 and 17]. The foundation of the reactor building NPP can be embedded into the subsoil. This embedment has generally two effects on the dynamic analysis of the building [17]:

- In comparison to a surface foundation the dynamic behavior of the foundation is different. In the case of rock these differences are minimal. The impedance analysis results in stiffness parameters and damping ratios for the foundation soil system, which are higher than those for a surface foundation.
- The second effect is that the acceleration time histories at foundation level are different from the control motions specified at the surface of the free field.

In the case where structure and soil are idealized in only one Finite Element System or a consistent substructuring analysis the control motion is specified at the top of the surface and the effect of the embedment on both impedance and free field motion are automatically taken into account [10 and 17].

4.7 Calculation model of NPP Structure

The NPP WWER 440 building consists of six objects - reactor building, bubbler tower, air-conditioning centre, turbine building, and lengthwise side electrical building and cross side electrical building [17]. The foundation plate (75,0/43,0m) under building on part V-D/10-22 is on two levels - 8.5m. The foundation plate (39,5m/27,0m) under bubbler tower on part D-E/10-17 is on level -8.5 m too. The foundation strip and foot under columns are in the cross side electrical building and turbine building. The global geometry of the NPP structures in Jaslovské Bohunice and Mochovce is identical, but the bracing system and the section area of the steel elements are different.

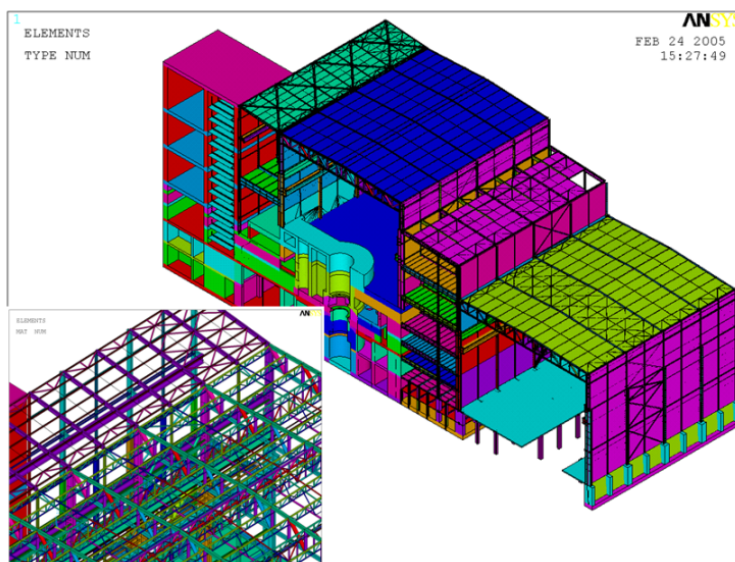


Fig. 3: Calculation model of NPP

The NPP building was discretized [17] by the 3D finite elements model to obtain realistic behavior of structure. The model (VUT Brno and STU Bratislava) consists of 161 856 elements with 440 531 degrees of freedom [15, 17 and 21]. The drawbars are modeled by bilinear elements and contact between bubbler tower and air-conditioning center by gap elements.

The seismic loading was considered by spectrum compatible 3D accelerograms at foundation level to response. The material damping occurring in the soil and the structure mainly involves a frictional loss of energy [17].

4.9 Seismic Resistance of Upgraded Structures of NPP Buildings

On the base of SMA methodology the seismic resistance of the NPP structures in Slovakia was calculated [17]. The seismic load for the NPP site was defined by peak ground acceleration (PGA) and local seismic spectrum in dependence on magnitude and distance from source zone of earthquake. The locality of J. Bohunice and Mochovce are in the different tectonic and seismic site. Also, hence the seismic risk level and the geological condition are different too. The original design seismic load was defined in accordance with the contemporary Soviet standards VSN - 15 - 78 and SNIP-2-7-81.

The following values were defined at that time for the seismic design of seismic category I buildings:

- Design Earthquake-DE, with an intensity 5 in MSK-64 scale;
- Maximal Calculation Earthquake - MCE, with an intensity 6 in MSK-64 scale, and $PGA = 0,05g$ (e.g. $PGA = 0,1g$) for Mochovce (e.g. J.Bohunice).

During the last 30 years the seismic monitoring of these localities were realized under the supervision of the Slovak Academy of Sciences [2, 12 and 17]. On the base of the investigation results and the requirements of the IAEA NUSS SO-SG-S1 (Rev.1) and S8 the RLE correspond to the SL-2 level was established. The new value of the PGA was established using the probabilistic methodology and new results of the seismic monitoring of the locality [17].

In the actual time the new values of the peak ground accelerations were defined – $PGA_{RLE} = 0,35g$ in J.Bohunice and $PGA_{RLE} = 0,14g$ in Mochovce site for the re-evaluation of the seismic resistance of the NPP structures.

Tab. 1: Recapitulation of the seismic resistance of the principal structural elements of EMO12

HCLPF parameters for structural elements [g]					
Columns primary	Vertical bracing	Beams	Plane truss	Roof bracing	Anchors
SO 490 Tools Hall					
0,184	0,240	-	0,468	0,243	-
SO 800 Reactor Hall					
0,235	0,232	-	0,457	0,186	-
SO 800 Ventilation Hall					
0,157	0,173	1,095	-	0,244	-
SO 805 Longitude Gallery					
0,890	0,642	0,715	-	0,228	0,050*) 0,190
SO 806 Transversal Gallery					
0,368	0,235	0,264	-	1,008	0,190

The recapitulation of the HCLPF parameters of principal structure elements of the NPP buildings in Mochovce is demonstrated in [17]. The seismic safety of NPP building, after strengthening of the steel structures of gallery building floors to the concrete structure of the reactor building, is determined by the seismic resistance of the gallery anchors and secondary columns of the ventilating hall.

5 SAFETY ASSESSMENT OF THE NPP RESISTANCE TO LOCA ACCIDENT

The loss of coolant accident (LOCA) scenario was defined by VÚJE Trnava [17] in accordance with code MELCOR 1.8.5. The guillotine cutting of the $\varnothing 13$ mm, $\varnothing 32$ mm, $\varnothing 71$ mm and the large break LOCA of the $2x\varnothing 500$ mm cold leg in the containment were considered. The temperature in the containment increased during the LOCA accident. The peaks of the temperature are equal to $160^{\circ}C$ in the Box SG (Steam generator) by the results of thermodynamic analysis. The

effect of these temperature peaks is minimal during the accident and the acting of the overpressure loads. In the case of the harmonic amplitude of temperature the phase angle for concrete walls is superior to 24 hours. The strength of the concrete after LOCA accident increases about to 10% in consequence of the temperature loads during the accident. The peak of the pressure in the Box SG is equal to 200 kPa (absolute value).

5.1 Failure pressure for Containment

The failure pressure p_u is determined from the assumption, that failure occurs when in the structure the mean resistance counted on the mean material strength R is reached assuming linear relation between the internal overpressure p and action effects E corrected by the action effect reducing coefficient

$$p_u = p_{LOCA} \cdot k_r \left[(R - E_o) / E_p \right] \quad (2)$$

where p_u is failure pressure, p_{LOCA} is pressure in the case of LOCA effect ($p_{LOCA} = 150$ kPa), k_r is reduction factor based on assumption of the stress redistribution due to nonlinear behaviour of material, R is structure resistance (capacity), E_o is effect of initial action (dead loads, temperature, performance loads), E_p is effect of pressure.

5.4 Probabilistic analysis of failure pressure

The general purpose of the probability analysis of the containment integrity was to define the critical places of the structure elements and to estimate the structural collapse. On the basis of previous investigations of VVER 440/213 reactor buildings, carried out in the USA, Slovakia and Hungary [13, 16, 17, 20 and 21] the following critical structures were identified:

- ☉ hermetic doors
- ☉ reactor dome
- ☉ covers of locks (rectangle and circle)
- ☉ tube penetrations
- ☉ boundaries of the hermetic compartment (reinforced concrete structures and the steel liner)

The simple steel structures of the hermetic zone (doors, dome, covers and tube) can be solved on the base of the linear theory of elasticity, but the behaviour of the reinforced concrete structures depend on cracking and crushing process [20, 26 and 27]. The probability check of the structural integrity was realized for the critical places, which were defined from the previous deterministic analysis for LOCA loads. Probabilistic analysis was realized by numerical simulation on the base of LHS method using FReT software [22]. The uncertainties of input variables were taken in the form of histograms with the proposed statistical characteristics [17 and 18].

The probability density of pressure failure $\varphi(p_u)$ is defined in the following form

- steel beams under tanks in the bubbler tower

$$\varphi(p_u) = p_{LOCA} * \frac{f_{var} N_R}{S_{var} N_S} \left(1 - \frac{g_{var} S_{var} M_S}{f_{var} M_R} \right) * R_{var} \quad (3)$$

- reinforced concrete structures of containment

$$\varphi(p_u) = k_{var} k_{red} * p_{LOCA} * \frac{F_{var} f_{tm}}{S_{var} f_{sym}} * R_{var} \quad (4)$$

where variable parameters k_{var} , p_{var} , g_{var} , f_{var} , S_{var} , R_{var} are defined in the form of normalized histograms with mean values equal to one. These parameters present the probability density of input action effect p_{LOCA} , p_g , σ_{am} , f_{sym} and material resistance f_{aym} , f_{tm} , f_{aym} taken with their mean values. The model uncertainties are considered variable values of action effects S_{var} and resistance R_{var} .

The probability density of input values (table 2) is taken in accordance of requirements of literature [8, 9, 17 and 18] and international standards, Eurocodes, JCSS and OECD [17].

Tab.2: Variable coefficients of input parameter uncertainties

Variab.quantity x	Density	Mean μ_x	Variab.coef. σ_x	Note
Action effect				
k_{var}	Normal	1,0	0,100	Variability of force redistribution due to plasticity deformation
g_{var}	Normal	1,0	0,100	Dead load variability
q_{var}	Gumbel	0,6	0,210	Live load variability
t_{var}	Gumbel	0,6	0,210	Temperature effect variability
S_{var}	Normal	1,0	0,100	Model variability
Resistance of reinforced concrete structures				
$f_{c,var}$	Lognormal	1,0	0,111	Variability of concrete strength
$R_{o,var}$	Lognormal	1,2	0,150	Variability of bending resistance
$R_{v,var}$	Lognormal	1,0	0,100	Variability of shear resistance
$R_{n,var}$	Lognormal	1,2	0,150	Variability of compression strength
$R_{sp,var}$	Lognormal	1,0	0,150	Variability of connection resistance
Resistance of steel structures				
f_s,var	Lognormal	1,0	0,083	Variability of steel strength
$R_{o,var}$	Lognormal	1,0	0,050	Variability of bending resistance
$R_{v,var}$	Lognormal	1,0	0,100	Variability of shear resistance
$R_{n,var}$	Lognormal	1,2	0,100	Variability of compression strength
$R_{sp,var}$	Lognormal	1,15	0,200	Variability of connection resistance

Following the results from Loss of Coolant Accident (LOCA) scenarios the probability check of the structural integrity may be realized for the random value of the loads and material properties by modified LHS method [17, 18 and 22]. For a complex analysis of the concrete structure for different kind of loads, ANSYS software and the program CRACK (created by Králik) [13, 16, 17 and 20] were provided to solve this task. The building of the power block was idealized with a discrete model consisting of 28 068 elements with 104 287 DOF (see Fig.4). The probability analysis of the concrete structure integrity was considered. The failure pressure is equal to $p_{u,0,95} = 486$ kPa for 95% probability of penetration.

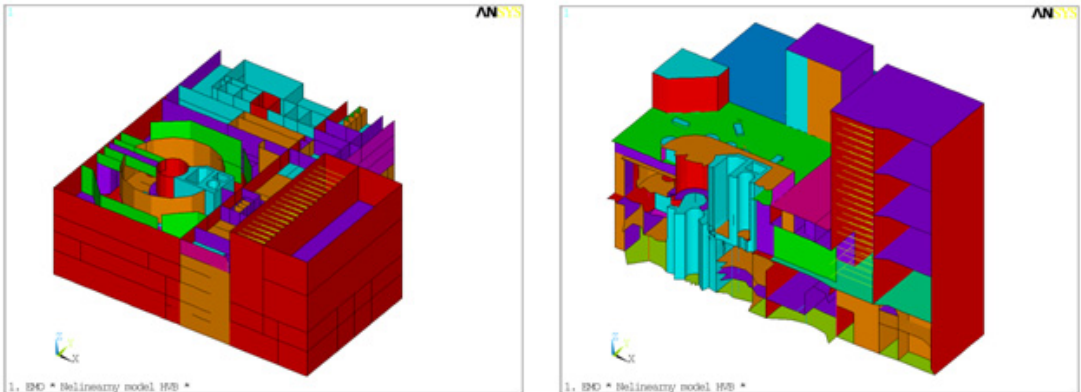


Fig.4: Calculation model of NPP building

6 CONCLUSION

This paper presents the results of the “Stress tests” in Slovakia on the base of Fukushima accidents [7, 23 and 24]. There were proposed the methodology of the risk analysis of the NPP hermetic structures penetration due to the accident events [5, 6, 20, 21 and 24]. There were summarized the works performed by the IAEA in the areas of safety review [17]. The methodology

of the seismic reevaluation of NPP in Slovakia is based on the new results from the geological and seismic-tectonic monitoring of this site. The generation of the seismic loads on the base of probabilistic seismic risk analysis was described. The results from this analysis present the international level of the seismic resistance of the NPP structures in Slovakia. The methodology of the PSA 2 level analysis of the NPP hermetic structures penetration under accident events is discussed. The uncertainties of the loads level (long-time temperature and dead loads), the material properties (concrete cracking and crushing, reinforcement, and liner) and other influences following the inaccuracy of the calculated model and numerical methods. The critical steel segment was the reactor hermetic door with failure pressure $p_{u,0,95} = 839$ kPa (95% failure probability). The critical concrete structures were the walls of the rooms A525 and A526 under steam generator box. Their failure pressure is equal to $p_{u,0,95} = 486$ kPa (95% failure probability).

ACKNOWLEDGEMENT

The project was realized with the financial support of the Grant Agency of the Slovak Republic (VEGA). The project registration number is VEGA 1/1039/12.

REFERENCES

- [1] ASCE 4-98, *Seismic Analysis of Safety Related Nuclear Structures*, ASCE Standard, New York, 1999.
- [2] CIPCIAR, A., LABÁK, P., MOCZO, P., KRISTEKOVÁ, M. Earthquakes in Slovakia and seismic monitoring by the National Network of the Seismic Stations. In: *Proceedings of the CMEP2, Workshop and Computer Simulation Fatra 2001*, 14.-16.5.2001, Bratislava, in CD.
- [3] ČADA, Z. HRADIL, P. KANICKÝ, V. SALAJKA, V. Seismic analysis of a building structure considering uncertainties of its dynamic properties. In *ANSYS Conference and 29. CADFEM Users meeting 2011*. Stuttgart: 2011. p. 1-5. ISBN: 3-937523-08- 1.
- [4] IAEA, Safety Guide No. 28, *Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants*, IAEA, Vienna, 2003.
- [5] IAEA TECDOC-1487, *Advanced nuclear plant design options to cope with external events*, IAEA, Vienna, 2006.
- [6] IAEA, *Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants*. Draft Safety Guide DS393, Draft 6, February, 2008.
- [7] IAEA, *The Great East Japan Earthquake Expert Mission, IAEA International Fact Finding, Expert Mission of the Fukushima Dai-Ichi NPP Accident*, Following The Great East, Japan Earthquake And Tsunami, 24 May – 2 June 2011, Tokyo, Fukushima Dai-ichi, Fukushima Dai-ni and Tokai, Dai-ni, Japan.
- [8] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V. Structural Reliability Assessment Using Direct Determined Fully Probabilistic Calculation. *The Twelfth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*, 2009, p. 1-20.
- [9] KALA, Z., MELCHER, J. PUKLICKÝ, L. Material and geometrical characteristics of structural steels based on statistical analysis of metallurgical products. *Journal of Civil Engineering and Management*, 15, 3, pp.299-307, 2009.
- [10] KAZAKOV, K. On the Total Dynamic Response in Time Domain of Soil-Structure Interaction Systems Using Elastodynamic Infinite Elements with Scaled Bessel Shape Functions, In *AJCM*, Vol. 2, N2, 2012.
- [11] KOTRASOVÁ, K. & KORMANÍKOVÁ, E. The Ground Plate on the Winkler Foundation. In: *Modelování v mechanice*, VŠB TU Ostrava, 19-20.máj 2009, pp. 65-67.
- [12] KRÁLIK, J. & ŠIMONOVÍČ, M. Earthquake response analysis of nuclear power plant buildings with soil-structural interaction. In *Journal: Mathematics and Computers in Simulation 50*. IMACS/Elsevier Science B.V. 1999, pp. 227-236.

- [13] KRÁLIK, J. Probability Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Containment Damage due to High Internal Overpressure. *Engineering mechanics*. Ed. Engineering Academy of the Czech Republic & Association for Engineering Mechanics Brno, ISSN 1210-2717, 2005, Vol.12, No.2, p.113-125.
- [14] KRÁLIK, J. Comparison of Probabilistic and Deterministic Assessments for Evaluation of Seismic Safety of Nuclear Power Plants in Slovakia. In: *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. 3-8 September*, Geneve, Switzerland. Pp 422, 2006.
- [15] KRÁLIK, J. Probability Seismic Hazard Analysis of Nuclear Power Plant Buildings in Mochovce. In: *6th European Solid Mechanics Conference*. Budapest, 28. august – 1. september 2006, CD.
- [16] KRÁLIK, J. Probability Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Containment Damage due to High Internal Overpressure. *Engineering mechanics*. Vol.12, 2005, No.2, p.113-125, EACR Brno 2005, ISSN 1210-2717.
- [17] KRÁLIK, J. Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion. Published by STU Bratislava, 2009, 307pp.
- [18] KRÁLIK, J. *Reliability Analysis of Structures Using Stochastic Finite Element Method*, Published by STU Bratislava, 2009, 143pp.
- [19] KRÁLIK, J. & KRÁLIK, J., jr. Seismic Analysis of Reinforced Concrete Frame-Wall Systems Considering Ductility Effects in Accordance to Eurocode. *Engineering Structures*. Elsevier 2009, ISSN 0141-0296, Vol.31, Issue 12, pp. 2865 - 2872, December 2009.
- [20] KRÁLIK, J. A RSM Method for Nonlinear Probabilistic Analysis of the Reinforced Concrete Structure Failure of a Nuclear Power Plant – Type VVER 440, In: *Engineering mechanics*, Ed. AEM Prague, Vol. 18, 2011, No. 1, ISSN 1802-1484, p.3-22.
- [21] KRÁLIK, J. Risk-Based Safety Analysis of the Seismic Resistance of the NPP Structures, In proc. of *The 8th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN 2011*, Leuven, Belgium, 4-6 July 2011, G. De Roeck, G. Degrande, G. Lombaert, G. Müller (eds.) Vol.2, p.292-299, ISBN 978-90-760-1931-4, Full text in CD.
- [22] NOVÁK, D. VOŘECHOVSKÝ, M. RUSINA, R. Small-sample Probabilistic Assessment – software FReT, *ICASP 9, 9th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*, San Francisco, USA, July 6-9 2003, pp. 91-96.
- [23] NRA SR, *The Stress Tests for Nuclear Power Plants in Slovakia*, sept. 2011, Report NRA Bratislava.
- [24] NUREG/CR-1150. *Severe Accident Risks An Assessment for Five US Nuclear Power Plants, Summary Report*, Final Summary Report, NUREG-1150, Vol.1 and 2, December 1990.
- [25] NUREG/CR-6926. *Evaluation of the Seismic Design Criteria in ASCE/SEI Standard 43-05 for Application to Nuclear Power Plants*, U.S. NRC, Washington, DC 20555-0001, 2007.
- [26] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Approach to the Assessment of Concrete Structures based on Non-Linear Elasto-Plastic Analysis. In *Proceedings of the 12th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*, B.H.V. Topping and M. Papadrakakis, (Editors), Funchal: Civil-Comp Press (Stirlingshire), paper 121. 2009.
- [27] TESÁR, A. & MELCER, J. Dynamic identification of fractal structures. In *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 2007, Vol. 71, p. 1321-1341. (1.497 - IF2006). ISSN 0029-5981.

Reviewers:

Prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina.

Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava.

Sborník vědeckých prací
Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava
číslo 1, rok 2013, ročník XIII, řada stavební

Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava
No. 1, 2013, Vol. XIII, Civil Engineering Series

Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, je členem Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice.
(seznam zřizuje Rada pro výzkum a vývoj vlády ČR)

Redakční rada / Editorial board:

Šéfredaktor / Editor in chief: doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.,
VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

Zástupce šéfredaktora / Deputy editor: doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.,
VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

Členové redakční rady / Members of the editorial board:

- prof. Michael Beer, University of Liverpool, Spojené království
prof. Ing. Radim Čajka, CSc., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Dr. Peter Dusicka, Ph.D., P.E., Portland State University, USA
Pratanu Ghosh, Ph.D., Assistant Professor, California State University, Fullerton, USA
prof. David Hui, University of New Orleans, USA
prof. Chih Chen Chang, Ph.D., FHKIE,
Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong
prof. Qi Chengzhi, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Čína
doc. Ing. arch. Ján Ilkovič, CSc., Fakulta architektúry STU v Bratislave, Slovensko
doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ústav geoniky AV ČR
a VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
prof. Gela Kipiani, Georgian Technical University, Tbilisi, Gruzie
prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Žilinská univerzita v Žiline,
Stavebná fakulta, Slovensko
doc. Ing. Jaroslav Navrátil, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Ing. arch. Hana Pačlová, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Assoc. Prof. Doncho Partov, PhD. Eng., Higher School of Civil Engineering
"Lyuben Karavelov", Sofie, Bulharsko
Ing. Jindřich Pater, ČKAIT, oblastní kancelář Ostrava
prof. Dr.hab. inž. Jaroslav Rajczyk, Fakulta stavební,
Polytechnika Czestochowa, Polsko
doc. Ing. Miloslav Řezáč, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc., Ústav geoniky AV ČR
prof. dr hab. inž. Jerzy Wyrwal, Fakulta stavební, Polytechnika Opole, Polsko

Technický redaktor:

Ing. Markéta Maluchová, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

Publikované články jsou recenzovány.
Za jazykovou správnost odpovídá autor.

Adresa redakce:

Ludvíka Podéště 1875/17
708 33 Ostrava - Poruba
Česká republika

web: <http://www.fast.vsb.cz/cs/okruhy/veda-a-vyzkum/odborna-cinnost-fakulty/sbornik-vedeckych-praci>

© Vydala Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Tisk a vazba: in-PRESS cz, Opletalova 608/2, 736 01 Havířov-Šumbark

Náklad: 110 ks

Neprodejné

ISSN 1213-1962