

## Výroční zpráva projektu specifického výzkumu na rok 2016 - zakázka č. 2126

**Název projektu:** Omezující přenosové podmínky digitálních technologií v učebnách základních a středních škol a systematické možnosti jejich zlepšení

### Specifikace řešitelského týmu

Odpovědný řešitel:	doc. dr. René Drtina, Ph.D.
Studenti magisterského studia na PdF UHK:	Bc. Jiří Drahorád, P15P0434, IN-ZT (hlavní řešitel projektu) Bc. Kamila Saučuková, P15P0345, VV-ZT
Externí spolupráce:	Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D., Ing. Oldřich Tureček, Ph.D. Ing. Martin Schlosser, Ing. Ladislav Zuzjak, Ing. Jan Karel
Celková částka přidělené dotace	105 495 Kč (vč. navýšení rozpočtu projektu)

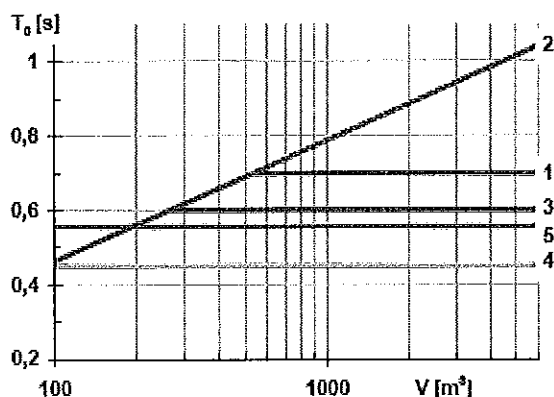
### Východiska projektu

Projekt specifického výzkumu navazuje na projekty PdF 2123/2011, 2129/2012, 2131/2013, 2134/2014 a 2133/2015, které sledovaly srozumitelnost řeči v učebnách a posluchárnách. Vychází ze zjištění, že výzkumné projekty zaměřené na efektivitu vzdělávání, kvalitu školy, management kvality ve školách různých stupňů, rozvoj a aplikace multimediálních podpor výuky nemají objektivně popsány vstupní podmínky [1]. Není tak možné opakovat experiment při technicky stejných parametrech. Obvykle také není deklarováno, že řešení záměru, zpracování a následná interpretace výsledků je podpořena normovanou metodikou ve smyslu ČSN ISO 5725-1 [2], ČSN ISO 5725-2 [3], ČSN ISO 21748 [4], ČSN ISO 2602 [5], ČSN ISO 2854 [6] a souvisejících norem. Zpravidla také nejsme schopni garantovat technickou kvalitu výukových materiálů ve smyslu ITU-R BT.500-11 [7], ITU-R BT.1359-1 [8], EBU TR R 128 [9] a souvisejících dokumentů.

### Postup při řešení projektu

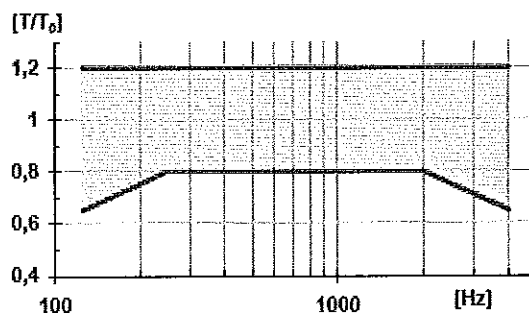
Řešení projektu bylo rozděleno do dvou hlavních oblastí: hodnocení podmínek přenosu zvukových informací a hodnocení podmínek přenosu obrazových informací. Stávající měřicí technika byla doplněna dvěma koaxiálními budicími jednotkami NX-10 a celý soubor byl kalibrován v akustických laboratořích FEL ZČU v Plzni.

Měření akustických parametrů bylo realizováno normovanými a standardizovanými metodami podle ČSN EN ISO 3382-2 [10], ČSN ISO 1996-2 [11], ČSN EN 60268-16 [12] a souvisejících norem: doba dozvuku metodou přerušovaného šumu, frekvenční charakteristiky metodou FFT a srozumitelnost indexem přenosu řeči. Podobně byla, podle ČSN 36 0011-3 [13], ČSN 19 8020 [14], ČSN EN 61947-1 [15] a souvisejících norem, realizována světelně-technická měření určující parametry obrazové projekce. Objektivní metody byly u obrazového přenosu doplněny ještě subjektivním hodnocením kvality obrazu podle standardizovaných testů rozlišitelnosti bodů, vertikálních a horizontálních čar [16].



Obr.1 Optimální doby dozvuku pro prostory ve školách podle ČSN 73 0527 [6]

- 1 - učebna a posluchárna (do 250 m<sup>3</sup>), 2 - posluchárna (přes 250 m<sup>3</sup>),
- 3 - audiovizuální učebna, 4 - jazyková učebna,
- 5 - doba dozvuku pro ztrátu srozumitelnosti souhlásek 5 %



Obr.2 Přípustné toleranční pásmo poměru reálné a optimální doby dozvuku T/T<sub>0</sub> podle ČSN 73 0527 [6]

Projekt specifického výzkumu představoval nejrozsáhlejší akustická a světelně-technická měření v historii výzkumných projektů Pedagogické fakulty (následně Univerzity). Provedená měření měla prokázat, že při zavádění digitálních technologií do škol a jejich aplikaci do vzdělávacího procesu jsou souběžně vytvářeny potřebné provozní podmínky pro jejich efektivní využívání v kontextu požadavků ČSN EN ISO 9001 [17], článek 7.1.3 - Infrastruktura

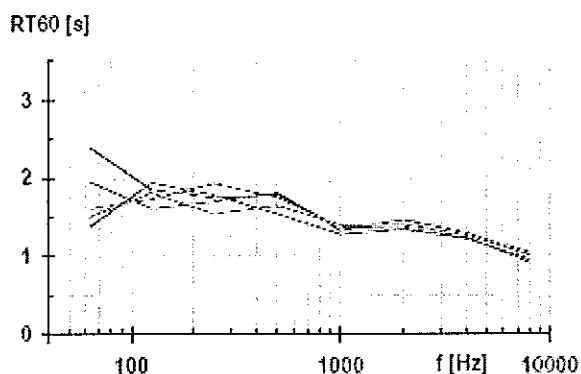
a 7.1.4 - Pracovní prostředí. Změřeno bylo 36 učeben základních a středních škol na území Hradce Králové a nové učebny KTP v budově Přírodovědecké fakulty (C4.079 a C4.084). Referenční hodnoty akustických parametrů pro akustické prostředí učeben a přednáškových sálů určuje novelizovaná norma ČSN 73 0527 [18] (obr.1, 2; tab.1).

Tab.1 Požadavky na prostory ve školách podle ČSN 73 0527 [18]

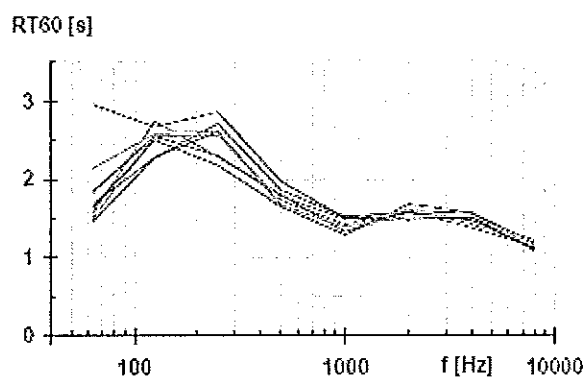
prostor	doba dozvuku $T_0$ [s]	průběh na obr.1
učebna a posluchárna (do 250 m <sup>3</sup> )	0,7	1
posluchárna (přes 250 m <sup>3</sup> )	$0,3424 \cdot \log V - 0,185$	2
audiovizuální učebna	0,6	3
jazyková učebna	0,45	4

## Dosažené výsledky

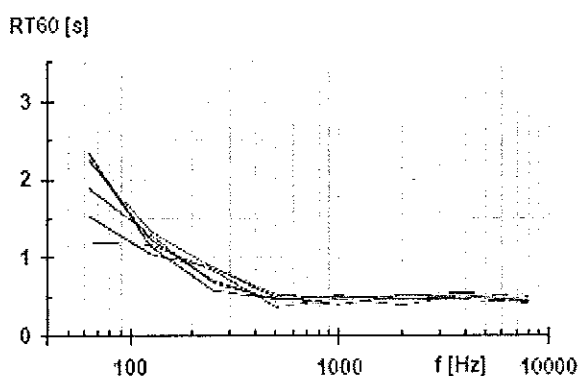
Většina z měřených učeben má dobu dozvuku kolem 1,5 s. Delší doba dozvuku je zpravidla na nižších frekvencích, u vyšších frekvencí se doba dozvuku naopak zkracuje. Průměrné rozdíly doby dozvuku vůči středu pásma (1 kHz) jsou  $\pm 30\%$  (obr.3). V řadě případů je doba dozvuku výrazně vyšší (obr.4), celkem výjimečné jsou učebny s krátkou a frekvenčně vyrovnanou dobou dozvuku (obr.5). Výsledky měření ukazují, že i učebny s dílčími akustickými úpravami nejsou dostatečně tlumeny na nízkých frekvencích (obr.6).



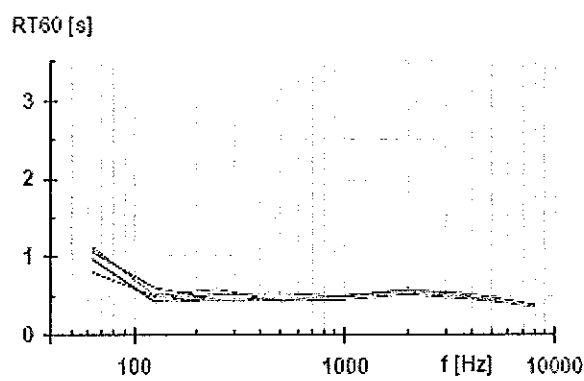
Obr.3 Typické průběhy doby dozvuku v měřených učebnách



Obr.4 Dlouhá doba dozvuku na nižších frekvencích



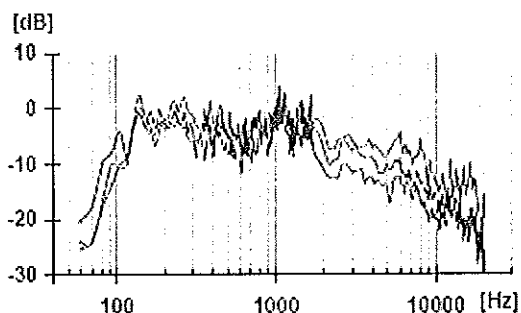
Obr.5 Učebny s krátkou dobou dozvuku



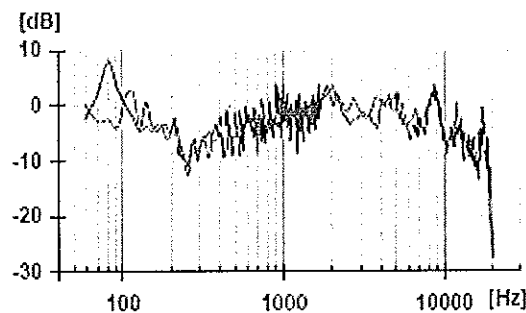
Obr.6 Doba dozvuku v učebně C4.084

Ozvučovací systémy učeben jsou vesměs řešeny amatérsky, bez základních znalostí akustiky, na bázi komerčních produktů, které nejsou určeny pro ozvučování velkých prostorů. Typický je průběh frekvenční charakteristiky s poklesem na nízkých a na vyšších středních a vysokých frekvencích (obr.7). Výjimečně jsme naměřili relativně vyrovnané charakteristiky v malých učebnách pro 10 žáků (obr.8). Řada ozvučovacích systémů potom vykazuje výrazný zdvih na nízkých frekvencích způsobený nevhodnými korekcemi a soustavný pokles úrovně k vysokým frekvencím (obr.9), a to i systémů "profesionálně" instalovaných na nové budově Přírodovědecké fakulty (obr.10).

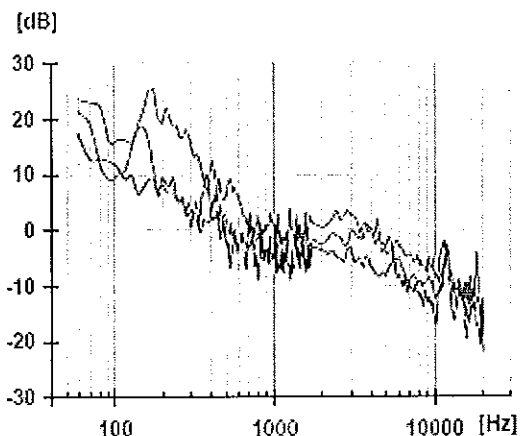
Přenosové vlastnosti učeben hodnocené metodou STIPA [12] se při simulaci frontální výuky pohybovaly v rozmezí 0,45-0,77 (stupeň kvality H-A), což podle konverzních křivek [19] odpovídá srozumitelnosti CIS [20] 65-89 %. Při použití ozvučovacích systémů učeben dosahovaly hodnoty STIPA 0,23-0,68 (stupeň kvality U-C) a dosažitelná srozumitelnost CIS byla na úrovni 35-84 %. Požadujeme-li ve smyslu didaktických zásad kvalitu přenosu řeči v běžné učebně na minimální úrovni B-A+ (STIPA 0,70-1; CIS 92-100 %) a v jazykových učebnách na úrovni A-A+ (STIPA 0,87-1; CIS 95-100 %) [16], vyplývá z výsledků měření, že ani samotné učebny nesplňují požadavky na kvalitní přenos řeči a ozvučovací systémy učeben kvalitu přenosu dále zhoršují.



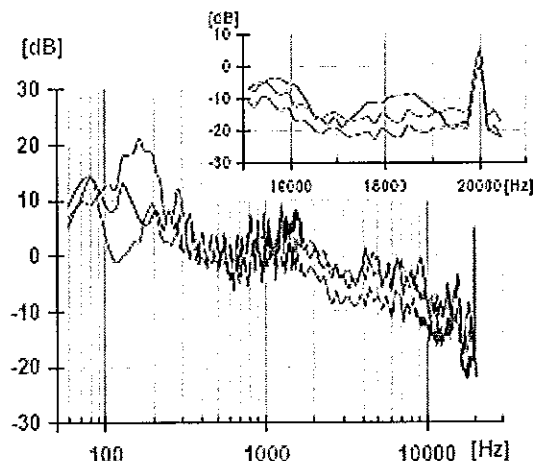
Obr.7 Typické průběhy frekvenčních charakteristik v měřených učebnách



Obr.8 Frekvenční charakteristiky v malé učebně



Obr.9 Frekvenční charakteristiky se zdvihem na nízkých frekvencích



Obr.10 Frekvenční charakteristiky v učebně C4.084

Pro obrazový přenos jsou za referenční hodnoty považovány rozlišitelnost kritického detailu 1 px a minimální kontrast promítaného obrazu 1:20 [16]. Měřeny byly základní světelně-technické parametry podle tabulky 2 v devíti bodech projekční plochy a pro každou měřenou veličinu byla vypočtena průměrná hodnota osvětlenosti.

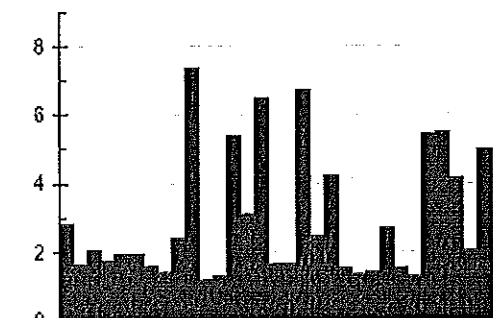
Tab.2 Základní světelně-technické parametry

veličina	parametr
$E_D$	parazitní osvětlenost projekční plochy denním světlem
$E_{DZ}$	parazitní osvětlenost projekční plochy při zatemnění učebny
$E_{DZL}$	parazitní osvětlenost projekční plochy umělým osvětlením při zatemnění učebny
$E_{DZB}$	osvětlenost projekční plochy při zatemnění učebny a projekci černé
$E_{DZW}$	osvětlenost projekční plochy při zatemnění učebny a projekci bílé

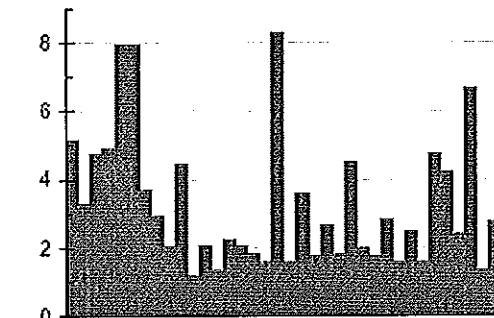
Z průměrných hodnot jsme lineárním součtem hladin osvětlenosti určili dosažitelné kontrasty obrazové projekce:

- provozní kontrast při denním osvětlení  $k_D = 1: \frac{E_{DZW} + E_D - E_{DZ}}{E_{DZB} + E_D - E_{DZ}}$  (obr.11)

- provozní kontrast při umělém osvětlení  $k_L = 1: \frac{E_{DZW} + E_{DZL} - 2E_{DZ}}{E_{DZB} + E_{DZL} - 2E_{DZ}}$  (obr.12)

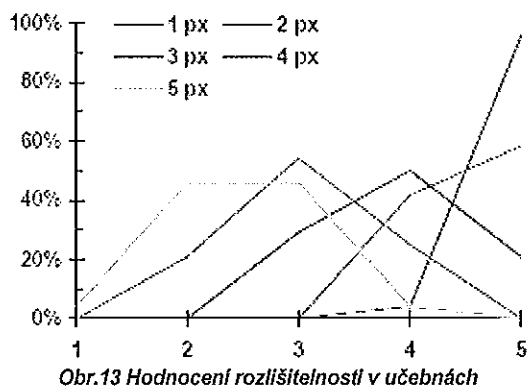


Obr.11 Provozní kontrast v učebnách při denním světle

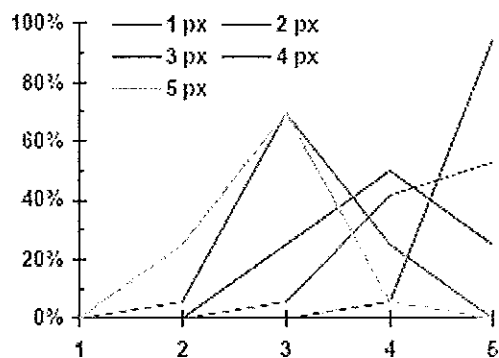


Obr.12 Provozní kontrast v učebnách při umělém osvětlení

Provozní kontrast  $k_D$  v měřených učebnách dosahuje při denním osvětlení hodnot od 1:1,18 do 1:7,36 (obr.11). Pouze v pěti učebnách přesahuje provozní kontrast při denním osvětlení hodnotu 1:5, což dokládá i medián hodnot na úrovni 2,06. V případě umělého osvětlení učeben (obr.12) dosahuje provozní kontrast  $k_L$  hodnot od 1:1,16 do 1:8,29. Rozptyl hodnot je tedy vyšší než v případě denního osvětlení, medián kontrastu při umělém osvětlení je 2,53 a pouze v pěti učebnách přesahuje provozní kontrast při umělém osvětlení hodnotu 1:5. Žádná z učeben nespĺňuje požadavek 100% rozlišitelnosti kritického detailu, což se projevuje i negativním subjektivním hodnocením obrazových testů (obr.13), kdy nově postavená specializovaná audiovizuální učebna vykazuje horší hodnocení než běžné učebny (obr.14).



Obr.13 Hodnocení rozlišitelnosti v učebnách



Obr.14 Hodnocení rozlišitelnosti v audiovizuální učebně C4.079

## Výstupy projektu

V rámci řešení projektu byly zpracovány následující publikace - výsledek kategorie D (přijaty na konferenci ICEEA 2016, publikováno bude v lednu-únoru 2017):

ID E138: Jiří Drahorád, Kamila Saučuková, René Drtina, Josef Šedivý, Martin Schlosser.

*Limiting Acoustic Conditions the Transfer of Information in the Digitalised Classrooms.*

ID E139: Kamila Saučuková, Jiří Drahorád, René Drtina, Josef Šedivý.

*Objective Limiting Light Conditions the Transfer of Information in the Digitalised Classrooms.*

## Přehled realizovaných výdajů

a) osobní náklady nebyly pro administrativní náročnost a nutné odvody nárokovány.

b) po schválení změn a navýšení rozpočtu byla navýšena částka na stipendia na 29 525 Kč. Stipendia byla přiznána studentům P15P0434 - Bc. Jiří Drahorád a P15P0345 - Bc. Kamila Saučuková za řešení úkolu: kalibrace techniky a měření v akustických laboratořích FEL ZČU, měření přenosových parametrů učeben základních a středních škol, měření učeben na budově nové PĚF (světelně-technická a akustická měření, záznam signálové odezvy, vyhodnocení přímých měření, spolupráce na signálových analýzách, zajištění transportu měřicí techniky a řešitelů, zajištění drobných nákupů a drobné servisní práce, zpracování publikačních výstupů a překlad článků pro konferenci ICEEA 2016, příprava podkladů pro další publikační výstupy.

c) měřicí technika byla doplněna o 2 koaxiální budicí jednotky NX-10. Jedna hrazena z prostředků SV, druhá jednotka byla hrazena z prostředků VaV KTP.

d) výdaje na služby ve výši 15 000 Kč, zahrnují pronájem akustických laboratořích FEL ZČU, kalibraci měřicí techniky a analýzy signálové odezvy z problematických prostorů.

e) konferenční poplatky dosáhly výše 29 915,26 Kč. Oba články budou publikovány začátkem roku 2017.

g) plánované cestovní náklady byly v rámci schválených změn rozpočtu přesunuty do stipendií.

Přídělená dotace ve výši 105 495 Kč byla po schválených změnách v rozpočtu projektu zcela vyčerpána. Podrobný přehled čerpání je uveden v tabulce 3.

## Závěr

Doposud zpracované výsledky potvrzují naše dosavadní negativní zkušenosti se zaváděním digitálních technologií do vzdělávání. Při instalaci techniky nejsou vytvářeny odpovídající provozní podmínky, rekonstrukce učeben jsou prováděny spíše náhodně, bez vazby na účel učebny a instalovanou techniku. Také nově projektované učebny, kde by se oprávněně předpokládalo respektování didaktických a současně (v didaktickém kontextu) provozně-technických požadavků, nespĺňují ani základní požadavky. V řadě případů tak diletantská řešení učeben představují plýtvání finančními prostředky, kterých školy rozhodně nemají nadbytek. Použitá zvuková technika je často na úrovni podprůměrného domácího vybavení k počítači, navíc i chybně instalovaná. Projektory obvykle mají vzhledem k danému prostoru a velikosti obrazu nedostatečný světelný tok, velikost obrazu a jeho kvalita nespĺňuje po-

žadavek 100% rozlišení kritického detailu pro všechna místa v učebně a velmi častým problémem je degradace kvality obrazu, ke které dochází při digitální konverzi obrazového formátu mezi počítačem a projektořem.

Systematické zlepšení přenosových podmínek v učebnách vybavených digitálními technologiemi je samozřejmě možné. Základním předpokladem je ale komplexní řešení úprav stávajících učeben (akustické úpravy, osvětlovací soustava, zatemňovací systém, respektování audiovizuálních chybových úhlů, viditelnost projekční plochy, odpovídající technické vybavení) a skutečně odborné projektování nových učeben v kontextu požadavků oborové didaktiky. Normativní podklady poskytují dostatečně široké základní informace, potřebné technické prostředky jsou zpravidla bez problémů dostupné a ani finanční náklady na rekonstrukci a vybavení nemusejí být nepřiměřeně vysoké.

Tab.3 Přehled nákladů projektu 2126

položka	náklady
koaxiální budíci jednotka NX-10	28 895,00
FEL ZČU v Plzni, kalibrace měřicí techniky, analýza výsledků	15 000,00
konferenční a bankovní poplatky	29 915,26
stipendia	29 525,00
NTI zdroj	1 200,02
SONY MDW80	960,00
<b>celkové náklady</b>	<b>105 495,28</b>
přečerpano	-0,28

## Použité zdroje

- [1] DRTINA, R. - SCHLOSSER, M. et al. *Objektivizace vstupních podmínek pedagogického výzkumu. Testy srozumitelnosti řeči pro zvukové výukové materiály*, Media4u Magazine 1/2015. s.19-27. ISSN 1214-9187.
- [2] ČSN ISO 5725-1. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 1: Obecné zásady a definice*. Praha. ÚNMZ.1997
- [3] ČSN ISO 5725-2. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření*. Praha. ÚNMZ. 1997.
- [4] ČSN ISO 21748. *Návod pro použití odhadů opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a pravdivosti při odhadování nejistoty měření*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [5] ČSN ISO 2602. *Statistická interpretace výsledků zkoušek. Odhad průměru. Konfidenční interval*. Praha. ČNI. 1993.
- [6] ČSN ISO 2854. *Statistická interpretace údajů. Odhady a testy středních hodnot a rozptylů*. Praha. ČNI. 1994.
- [7] ITU-R BT.500-11. *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures*. 2002.
- [8] ITU-R BT.1359-1. *Relative timing of sound and vision for broadcasting*. 1998.
- [9] EBU. *Technical Recommendation R 128: Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals*. 2010.
- [10] ČSN EN ISO 3382-2. *Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech*. Praha. ÚNMZ. 2009.
- [11] ČSN ISO 1996-2. *Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí*. Praha. ÚNMZ. 2009.
- [12] ČSN EN 60268-16. *Elektroakustická zařízení - Část 16: Objektívní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [13] ČSN 36 0011-3. *Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů*. Praha. ÚNMZ. 2014.
- [14] ČSN 19 8020. *Kinematografie. Jas promítací plochy pro promítání kinematografických filmů a klasifikace promítacích ploch*. Praha. ČNI. 1995.
- [15] ČSN EN 61947-1. *Elektronická projekce - Měření a dokumentace klíčových vlastností - Část 1: Projektoř s pevnou rozlišovací schopností*. Praha. ČNI. 2003.
- [16] DRTINA, R. et al. *Auditoriologie učeben nejen pro učitele*. Praha. ExtraSystem. 2015. ISBN 978-80-87570-29-6.
- [17] ČSN EN ISO 9001. *Systémy managementu kvality - Požadavky*. Praha. ÚNMZ. 2016.
- [18] ČSN 73 0527. *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely*. Praha. ÚNMZ. 2005.
- [19] DRTINA, R. et. al. *STIPA method in public adress sound systems and voice alarm systems - Part 2: Conversion curves and bandwidth effect*. Trans Tech Publications. 2015. Advanced Materials Research. Vol. 1082, pp.574-580. ISSN 978-3-03835-367-6.
- [20] IEC 60849. *Sound systems for emergency purposes*. Geneva. IEC. 1998.

Datum: 29. prosince 2016



doc. dr. René Drtina, Ph.D.