

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

Digitální technologie ve vzdělávání
Omezení možností digitálních technologií technickými
a přenosovými podmínkami v učebnách

Diplomová práce

Autor: Jiří Drahorád
Studijní program: N7504 Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství pro střední školy - základy techniky
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - anglický jazyk a literatura
Vedoucí práce: doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Pedagogická fakulta
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Drahorád**
Osobní číslo: **P15P0434**
Studijní program: **N7504 Učitelství pro střední školy**
Studijní obory: **Učitelství pro střední školy - základy techniky**
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - anglický jazyk a literatura
Název tématu: **Digitální technologie ve vzdělávání. Omezení možností digitálních technologií technickými a přenosovými podmínkami v učebnách.**
Zadávací katedra: **Katedra technických předmětů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vyučovací proces představuje v technickém pojetí informační transfer ve smyslu jednosměrného či obousměrného Shannon-Weaverova modelu komunikace. Při komplexním hodnocení přenosu informací obvykle využíváme Lasswellův model komunikace. Pro dosažení maximálního účinku můžeme na základě formální podoby obou modelů odvodit požadavek na prakticky bezztrátový přenos informací. Přestože se stupňují požadavky na multimediální podporu výuky, na zvyšování kvality a efektivity vzdělávání, není tvorbě pracovního prostředí v kontextu požadavků ČSN EN ISO 9001, čl. 6.3 - Infrastruktura a 6.4 - Pracovní prostředí, a vyhlášek MMR č.137/1998 Sb. a MZ č.108/2001 Sb. věnována dostatečná pozornost. V případě pedagogických výzkumů potom zpravidla nejsou objektivně popsány vstupní podmínky. Ty však mohou zásadním způsobem ovlivnit výsledky prováděného výzkumu. Cílem diplomové práce je zhodnocení přenosových parametrů učeben základních a středních škol s instalovanou audiovizuální technikou. Pomocí jednoduchých testů a objektivních měření bude provedeno zhodnocení reálných možností aplikace digitálních technologií v učebnách a jejich porovnání s didaktickými požadavky na viditelnost a slyšitelnost.

Osnova diplomové práce Úvod a cíle práce. Nejpoužívanější digitální technologie ve výuce. Základní požadavky na přenos informací. Metodika měření přenosových parametrů učeben. Podmínky přenosu obrazu a zvuku v učebnách základních a středních škol. Omezení využití digitálních technologií ve výuce - zhodnocení omezujících přenosových podmínek. Návrh možných úprav pro zlepšení využití digitálních technologií ve výuce. Závěr.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce:

doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.

Katedra technických předmětů

Datum zadání diplomové práce: **12. prosince 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2017**

doc. PhDr. Pavel Vacek, Ph.D.
děkan

L.S.

prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
vedoucí katedry

V Hradci Králové dne 12. prosince 2014

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- ASCHOFF, V. Hörsaalplanung. Essen. Vulkan-Verlag. 1971. ISBN 3-8027-3124-7. ČSN EN ISO 9001. Systémy managementu kvality - Požadavky. Praha. ČNI. 2010. Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj, č.137/1998 Sb., ze dne 9.června 1998, o obecných technických požadavcích na výstavbu. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, č.108/2001 Sb., ze dne 9.března 2001, kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení. DRTINA, R. Možnosti a omezení elektronické podpory kvality vzdělávání. Praha. ExtraSYSTEM. 2011. ISBN 978-80-87570-01-2. DRTINA, R. et al. Auditoriologie učeben nejen pro učitele. Praha. ExtraSYSTEM. 2015. ISBN 978-80-87570-29-6. DRTINA, R. et al. Objektivizace vstupních podmínek pedagogického výzkumu: Testy srozumitelnosti řeči pro zvukové výukové materiály. Media4u Magazine, 1/2015. s.19-27. ISSN 1214-9187. DOSTÁL, J. - MACHÁČKOVÁ, P. Systémové pojetí edukačního procesu a možnosti měření jeho efektivnosti. In Systémové přístupy. Praha. VŠE. 2005. ISBN 80-245-1012-X. ČSN ISO 5725-1. Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 1: Obecné zásady a definice. Praha. ÚNMZ.1997 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. ČSN ISO 21748. Návod pro použití odhadů opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a pravdivosti při odhadování nejistoty měření. Praha. ÚNMZ. 2012. ČSN ISO 2602. Statistická interpretace výsledků zkoušek. Odhad průměru. Konfidenční interval. Praha. ČNI. 1993. ČSN ISO 2854. Statistická interpretace údajů. Odhady a testy středních hodnot a rozptylů. Praha. ČNI. 1994. DRTINA, R. Moderné trendy v auditoriológii učebni pre výučbu technických predmetov. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa. Pedagogická fakulta, 2011. BOROVIČKOVÁ, B. - MALÁČ, V. Fonetická problematika měření indexu poznatelnosti. Slovo a slovesnost, ročník 22/1961, č.1, s.41-48. Praha. ÚJČ CSAV. 1961. KOLMER, F. - KYNCL, J. Prostorová akustika. Praha. SNTL/ALFA. 1982. SMETANA, C. Praktická elektroakustika. Praha. SNTL/ALFA. 1981. ČSN 19 8010. Kinematografie. Montáž, kontrola, obsluha a údržba kinematografických zařízení v kinech. Praha. ČNI. 1995. ČSN 73 0525. Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady. Praha. ČNI. 1998. ČSN 73 0527. Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely. Praha. ČNI. 2005. ČSN EN 61947-1. Elektronická projekce - Měření a dokumentace klíčových vlastností - Část 1: Projektory s pevnou rozlišovací schopností. Praha. ČNI. 2003. ISO 2969. Cinematography - B-chain electro-acoustic response of motionpicture control rooms and indoor theatres - Specifications and measurements. 1987. ISO 22234. Cinematography. Relative and absolute sound pressure levels. 2005. ČSN EN 61672-1 Elektroakustika - Zvukoměry - Část 1: Technické požadavky. Praha. ČNI. 2003. ČSN EN 60268-16. Elektroakustická zařízení - Část 16: Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči. Praha. ÚNMZ. 2012. ČSN 19 8020. Kinematografie. Jas promítací plochy pro promítání kinematografických filmů a klasifikace promítacích ploch. Praha. ČNI. 1995. ČSN 73 5245. Kulturní objekty s hledištěm. Podmínky viditelnosti. Praha. ČNI. 1998. ČSN 36 0450. Umělé osvětlení vnitřních prostorů. Praha. ÚNMZ. 1986. ČSN 36 0011-3. Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů.

Praha. ÚNMZ. 2014. ČSN 36 0015. Měření umělého osvětlení. Praha. ÚNMZ.
1971. ČSN EN 1838. Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení. Praha. ÚNMZ.
2000. ČSN EN ISO 3382-2. Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky -
Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech. Praha. ÚNMZ. 2009. ČSN ISO
226. Akustika - Normované křivky stejné hlasitosti. Praha. ÚNMZ. 2005.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

Poděkování

Děkuji kolegyni Bc. Kamile Saučukové za spolupráci na specifickém výzkumu.

Anotace

DRAHORÁD, Jiří. *Digitální technologie ve vzdělávání. Omezení možností digitálních technologií technickými a přenosovými podmínkami v učebnách*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2017. 138 s. Diplomová práce.

Cílem diplomové práce je zhodnocení přenosových parametrů učeben základních a středních škol s instalovanou audiovizuální technikou. Pomocí jednoduchých testů a objektivních měření je provedeno zhodnocení reálných možností aplikace digitálních technologií v učebnách a jejich porovnání s didaktickými požadavky na viditelnost a slyšitelnost.

Klíčová slova: digitální technologie, přenos informací, srozumitelnost, akustika, doba dozvuku.

Annotation

DRAHORÁD, Jiří. *Digital technologies in education. Limiting scope the digital technologies of the transmission and technical conditions in classrooms*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2017. 138 pp. Diploma Thesis.

The aim of this Diploma Thesis is to evaluate the transmission parameters of primary and secondary schools' classrooms with installed audiovisual equipment. By means of simple tests and objective measurements will be carried out the evaluation of possible applications of digital technologies in classrooms with comparison to the teaching requirements regarding visibility and audibility.

Keywords: digital technology, the transmission of information, acoustics, reverberation time, intelligibility.

OBSAH

Obsah	6
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	11
Seznam použitých symbolů a zkratk	13
ÚVOD	15
1 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE VE VÝUCE	16
1.1 Osobní počítač	16
1.2 Dataprojektory	16
1.2.1 Zobrazovací technologie	17
1.3 Interaktivní tabule	22
1.3.1 Druhy snímání pohybu	22
2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA PŘENOS INFORMACÍ	26
2.1 Normativní požadavky pro akustický přenos informací	27
2.2 Normativní požadavky pro optický přenos informací	28
3 METODIKA MĚŘENÍ PŘENOSOVÝCH PARAMETRŮ UČEBEN	30
3.1 Metodika měření akustických parametrů učeben	30
3.1.1 Měření doby dozvuku	30
3.1.2 Měření srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči	32
3.2 Metodika měření optických parametrů učeben	35
3.2.1 Objektívni metody měření	35
3.2.2 Subjektívni metody měření	36
4 OMEZENÍ VYUŽITÍ DIGITÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ VE VÝUCE - ZHODNOCENÍ OMEZUJÍCÍCH PŘENOSOVÝCH PODMÍNEK	38
4.1 Základní parametry a výsledky měření vybraných učeben	41
4.1.1 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 102	41
4.1.2 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 5.A	42
4.1.3 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 202	43
4.1.4 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 205	45
4.1.5 Gymnázium J. K. Tyla - učebna Š 215	46
4.1.6 Gymnázium J. K. Tyla - učebna D 214	47
4.1.7 Gymnázium J. K. Tyla - učebna Z 213	48
4.1.8 Gymnázium J. K. Tyla - učebna A 212	50
4.1.9 Gymnázium J. K. Tyla - učebna A 211	51
4.1.10 Gymnázium J. K. Tyla - učebna F 417	52
4.1.11 Gymnázium J. K. Tyla - učebna E 416	53
4.1.12 Základní škola Pohádka (Mandysova)- učebna 203	55
4.1.13 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 029	56
4.1.14 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 014	57
4.1.15 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 015	59

4.1.16	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 409	60
4.1.17	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 407	61
4.1.18	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - aula 515	62
4.1.19	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 505	64
4.1.20	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 507	65
4.1.21	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 506	66
4.1.22	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 3201	68
4.1.23	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 4213	69
4.1.24	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2218 (A3)	70
4.1.25	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2310	71
4.1.26	SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2309	73
4.1.27	První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 14	74
4.1.28	První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 15	75
4.1.29	První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna 19	76
4.1.30	První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 16	77
4.1.31	Základní škola Předměřice nad Labem - učebna přírodopisu	79
4.1.32	Základní škola Předměřice nad Labem - učebna 18	80
4.1.33	Základní škola Sever - učebna VII.B	81
4.1.34	Základní škola Sever - učebna zeměpisu	82
4.1.35	Základní škola Sever - učebna VIII.A	83
4.1.36	Základní škola Sever - učebna VIII.B	85
4.1.37	Univerzita Hradec Králové, budova S - elektrotechnická laboratoř S52	86
4.1.38	Univerzita Hradec Králové, budova S - laboratoř AV techniky S50	87
	ZÁVĚR	89
	Použité zdroje	90
	Příloha A - Výsledky subjektivních testů	92
	Příloha B - Hodnotící tabulka pro subjektivní testy	97
	Příloha C - Záznamy z měření	98

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 LCD projektory	17
Obr.2 DLP projektor	18
Obr.3 3DLP projektor	19
Obr.4 LCoS Dataprojektor	20
Obr.5 CRT Dataprojektor	21
Obr.6 Odporová technologie	22
Obr.7 Elektromagnetická technologie	23
Obr.8 Kapacitní technologie	24
Obr.9 Jednosměrný Shannon-Weaverův model komunikace	26
Obr.10 Obousměrný Shannon-Weaverův model komunikace	26
Obr.11 Lasswellův komunikační model	27
Obr.12 Optimální doba dozvuku pro prostory ve školách	27
Obr.13 Přípustné toleranční pásmo poměru reálné a optimální doby dozvuku T/T0	28
Obr.14 Porovnání změřené a odhadované doby dozvuku	31
Obr.15 Kvalitativní pásma a orientační stupnice míry srozumitelnosti	33
Obr.16 Princip měření indexu přenosu řeči	34
Obr.17 Kontrolní body na projekční ploše formátu 4:3	35
Obr.18 Zkušební obrazce pro testy rozlišitelnosti	37
Obr.19 Měřicí souprava NTi	38
Obr.20 Koaxiální budící jednotka RCF NX10-SMA	39
Obr.21 Digitální luxmetr Voltcraft FX-101	40
Obr.22 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 102	41
Obr.23 Doba dozvuku učebny 5.A	42
Obr.24 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 202	43
Obr.25 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 205	44
Obr.26 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny Š 215	46
Obr.27 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny D 214	47
Obr.28 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny Z 213	48
Obr.29 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny A 212	49
Obr.30 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny A 211	51
Obr.31 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny F 417	52
Obr.32 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 416	53
Obr.33 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 203	55
Obr.34 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 029	56
Obr.35 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 014	57
Obr.36 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 015	58
Obr.37 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 409	60
Obr.38 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 407	61
Obr.39 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky auly 515	62

Obr.40 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 505	63
Obr.41 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 507	65
Obr.42 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 506	65
Obr.43 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 3201	67
Obr.44 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 4213	68
Obr.45 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2218 (A3)	70
Obr.46 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2310	70
Obr.47 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2309	72
Obr.48 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 14	74
Obr.49 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 15	75
Obr.50 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 14	75
Obr.51 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 16	76
Obr.52 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny přírodopisu	78
Obr.53 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 18	79
Obr.54 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VII.B	80
Obr.55 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny zeměpisu	82
Obr.56 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VIII.A	82
Obr.57 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VIII.B	84
Obr.58 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky elektrotechnické laboratoře	85
Obr.59 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny S50	87
Obr.60 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Pohádka	91
Obr.61 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na Gymnáziu J. K. Tyla	92
Obr.62 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na SOŠ Hradební	93
Obr.63 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na SPŠ Strojnická	94
Obr.64 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na 1. SJG	94
Obr.65 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Předměřice	94
Obr.66 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Sever	95
Obr.67 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na UHK - budova S	95
Obr.68 Záznam z měření č. 1	97
Obr.69 Záznam z měření č. 2	98
Obr.70 Záznam z měření č. 3	99
Obr.71 Záznam z měření č. 4	100
Obr.72 Záznam z měření č. 5	101
Obr.73 Záznam z měření č. 6	102
Obr.74 Záznam z měření č. 7	103
Obr.75 Záznam z měření č. 8	104
Obr.76 Záznam z měření č. 9	105
Obr.77 Záznam z měření č. 10	106
Obr.78 Záznam z měření č. 11	107
Obr.79 Záznam z měření č. 12	108

Obr.80 Záznam z měření č. 13	109
Obr.81 Záznam z měření č. 14	110
Obr.82 Záznam z měření č. 15	111
Obr.83 Záznam z měření č. 16	112
Obr.84 Záznam z měření č. 17	113
Obr.85 Záznam z měření č. 18	114
Obr.86 Záznam z měření č. 19	115
Obr.87 Záznam z měření č. 20	116
Obr.88 Záznam z měření č. 21	117
Obr.89 Záznam z měření č. 22	118
Obr.90 Záznam z měření č. 23	119
Obr.91 Záznam z měření č. 24	120
Obr.92 Záznam z měření č. 25	121
Obr.93 Záznam z měření č. 26	122
Obr.94 Záznam z měření č. 27	123
Obr.95 Záznam z měření č. 28	124
Obr.96 Záznam z měření č. 29	125
Obr.97 Záznam z měření č. 30	126
Obr.98 Záznam z měření č. 31	127
Obr.99 Záznam z měření č. 32	128
Obr.100 Záznam z měření č. 33	129
Obr.101 Záznam z měření č. 34	130
Obr.102 Záznam z měření č. 35	131
Obr.103 Záznam z měření č. 36	132
Obr.104 Záznam z měření č. 37	133
Obr.105 Záznam z měření č. 38	134

SEZNAM TABULEK

Tab.1 Výhody a nevýhody LCD projektorů	18
Tab.2 Výhody a nevýhody DLP projektorů	19
Tab.3 Výhody a nevýhody LCoS projektorů	20
Tab.4 Výhody a nevýhody CRT projektorů	21
Tab.5 Výhody a nevýhody odporové technologie	22
Tab.6 Výhody a nevýhody elektromagnetických tabulí	23
Tab.7 Výhody a nevýhody kapacitních tabulí	24
Tab.8 Výhody a nevýhody kapacitních tabulí	24
Tab.9 Výhody a nevýhody ultrazvukových tabulí	25
Tab.10 Požadavky na prostory ve školách	27
Tab.11 Požadavky na prostory ve školách	29
Tab.12 Minimální počty nezávislých míst měření	32
Tab.13 Příklady kvalifikačních skupin a typických aplikacích	34
Tab.14 Základní světelně-technické parametry	35
Tab.15 Příklad hodnotící tabulky sémantického diferenciálu	37
Tab.16 Základní a změřené parametry učebny 102	40
Tab.17 Základní a změřené parametry učebny 5.A	42
Tab.18 Základní a změřené parametry učebny 202	43
Tab.19 Základní a změřené parametry učebny 205	44
Tab.20 Základní a změřené parametry učebny Š 215	45
Tab.21 Základní a změřené parametry učebny D 214	47
Tab.22 Základní a změřené parametry učebny Z 213	48
Tab.23 Základní a změřené parametry učebny A 212	49
Tab.24 Základní a změřené parametry učebny A 211	50
Tab.25 Základní a změřené parametry učebny F 417	52
Tab.26 Základní a změřené parametry učebny E 416	53
Tab.27 Základní a změřené parametry učebny 203	54
Tab.28 Základní a změřené parametry učebny 029	56
Tab.29 Základní a změřené parametry učebny 014	57
Tab.30 Základní a změřené parametry učebny 015	58
Tab.31 Základní a změřené parametry učebny 409	59
Tab.32 Základní a změřené parametry učebny 407	61
Tab.33 Základní a změřené parametry auly 515	62
Tab.34 Základní a změřené parametry učebny 505	63
Tab.35 Základní a změřené parametry učebny 505	64
Tab.36 Základní a změřené parametry učebny 506	66
Tab.37 Základní a změřené parametry učebny 3201	67
Tab.38 Základní a změřené parametry učebny 4213	68
Tab.39 Základní a změřené parametry učebny 2218 (A3)	69

Tab.40 Základní a změřené parametry učebny 2310	71
Tab.41 Základní a změřené parametry učebny 2309	72
Tab.42 Základní a změřené parametry učebny E 14	73
Tab.43 Základní a změřené parametry učebny E 15	74
Tab.44 Základní a změřené parametry učebny 19 (Vaj)	76
Tab.45 Základní a změřené parametry učebny E 16	77
Tab.46 Základní a změřené parametry učebny přírodopisu	78
Tab.47 Základní a změřené parametry učebny 18	79
Tab.48 Základní a změřené parametry učebny VII.B	80
Tab.49 Základní a změřené parametry učebny zeměpisu	81
Tab.50 Základní a změřené parametry učebny VIII.A	83
Tab.51 Základní a změřené parametry učebny VIII.B	84
Tab.52 Základní a změřené parametry elektrotechnické laboratoře S52	85
Tab.53 Základní a změřené parametry učebny S50	86

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	celková pohltivost
BW	šířka pásma
b	šířka
b_{px}	horizontální rozlišení obrazu
c	rychlost šíření zvuku
CR_{min}	minimální požadovaný kontrast
d_{min}	minimální vzdálenost mikrofону od zdroje
E_B	osvětlenost projekční plochy při zobrazení černé
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
E_W	osvětlenost projekční plochy při zobrazení bílé
f_m	modulační frekvence
h	výška
h_{px}	vertikální rozlišení obrazu
\bar{I}_0	okamžitá intenzita na přijímací straně
\bar{I}_i	okamžitá intenzita
k	kontrast
k_0	maximální dosažitelný kontrast obrazu
k_D	provozní kontrast při denním osvětlení
k_L	provozní kontrast při umělém osvětlení
k_Z	provozní kontrast při zatemnění
l	délka
L_a	hladina akustického tlaku
$L_{eq,T}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku
L_L	jas displeje na nízké úrovni
L_{pAeq}	ekvivalentní hladina akustického tlaku pozadí
L_v	požadovaný jas v dokonale zatemněném prostoru
m_i	modulační index
$p(t)$	okamžitý akustický tlak v čase t
p_0	referenční akustický tlak
S	plocha
S_i	plocha daného pohlcujícího materiálu
T	doba dozvuku
T_0	optimální doba dozvuku
T_E	doba dozvuku podle Eyringa

T_M	doba dozvuku podle Millingtona
T_S	doba dozvuku podle Sabinea
T_{ZSS}	maximální dobu dozvuku při přípustné ztrátě srozumitelnosti souhlásek
V	objem
ZSS	ztráta srozumitelnosti souhlásek
α	činitel pohltivosti osoby v daném kmitočtovém pásmu
α_i	činitel pohltivosti daného materiálu
α_S	střední činitel zvukové pohltivosti
ϵ, ϵ_{min}	kritický detail
Φ	světelný tok
CIS	Common Intelligibility Scale - hodnota srozumitelnosti
FFT	Fast Fourier Transform - rychlá Fourierova transformace
FHD	Full High Definition
MLS	Maximum Length Sequence - pseudonáhodný signál
STI	Speech Transmission Index - index přenosu řeči
STIPA	Speech Transmission Index for Public Address Systems
STITEL	Speech Transmission Index for Telecommunication Systems
WUXGA	Widescreen Ultra Extended Graphics Array
WXGA	Wide Extended Graphics Array
XGA	Extended Graphics Array

ÚVOD

Vzdělávací proces na školách všech stupňů je v zásadě založen na vnímání obrazu a zvuku. Z technického hlediska jde o optický a akustický přenos informací ve smyslu jedno-směrného či obousměrného Shannon-Weaverova modelu komunikace. Pro komplexní zhodnocení přenosu informací se obvykle používá Lasswellův model komunikace. V rámci digitalizace školství, která je dána moderní dobou i zvyšováním požadavků na multimediální podporu výuky, jsou žákům dennodenně předkládány obrazové a zvukové informace. Především učitelé přírodovědných a technických předmětů využívají jak obrazové informace, tak i průvodní slovo (komentář, výklad, hodnocení). Mnohdy je však problém tak velké množství informačních technologií efektivně zvládnout a v praxi využít.

Na téma zvyšování kvality a efektivity vzdělávání vzniká celá řada pedagogických výzkumů. U většiny z nich však není věnována dostatečná pozornost objektivnímu popsání vstupních podmínek. Ty mohou zásadním způsobem ovlivnit výsledky prováděného výzkumu a není zajištěna ani jeho opakovatelnost za stejných vstupních podmínek.

Cílem diplomové práce je zhodnocení přenosových parametrů obrazu a zvuku v učebnách základních a středních škol s instalovanou audiovizuální technikou. Pomocí jednoduchých testů a objektivních měření je provedeno zhodnocení reálných možností aplikace digitálních technologií v učebnách a jejich porovnání s didaktickými požadavky na viditelnost a slyšitelnost.

Diplomová práce přináší výsledky měření optického a akustického přenosu ve 36 učebnách základních a středních škol v Hradci Králové. Pro srovnání jsou do diplomové práce zařazena i měření ve dvou nových specializovaných učebnách budovy Přírodovědecké fakulty UHK (budova S). Měření byla realizována v rámci projektu specifického výzkumu Omezující přenosové podmínky digitálních technologií v učebnách základních a středních škol a systematické možnosti jejich zlepšení. Projekt specifického výzkumu je výzkumnou částí diplomové práce a autor je hlavním řešitelem tohoto projektu.

Diplomová práce je rozdělena do 4 kapitol. V první kapitole jsou popsány nejpoužívanější digitální technologie ve školství, jejich vlastnosti a principy. Druhá kapitola je zaměřena na normativní požadavky pro akustický i optický přenos informací. Ve třetí kapitole je přehled normované metodiky měření přenosových parametrů učeben. Čtvrtá kapitola uvádí zpracované výsledky rozsáhlého deskriptivního výzkumu v oblasti přenosových parametrů učeben základních a středních škol s instalovanou audiovizuální technikou. S ohledem na rozsah diplomové práce jsou uváděny pouze sumární výsledky bez dalších detailů.

1 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE VE VÝUCE

Informační a komunikační technologie zažily v nedávných dobách výrazný nárůst používání jak v domácnostech, tak v rámci českého i světového školství. Mezi nejpoužívanější digitální technologie využívané v učebnách škol patří: počítač (popřípadě notebook), dataprojektor a interaktivní tabule, u nichž popíšeme jejich základní rozdělení, vlastnosti a principy.

1.1 Osobní počítač

Nejběžnější digitální technologií je osobní počítač. Jedná se o digitální technologii, ke které je možné připojit další přídavná zařízení, která se ve školství používají ve značném (dataprojektory, interaktivní tabule - viz kap. 1.2, 1.3). Osobní počítač (dále jen počítač) je možné formálně rozdělit do třech základních bloků: hardware, software a na pomezí hardwaru a softwaru - firmware.

Hardware lze popsat jako „*souhrn hmotných technických prostředků umožňujících nebo rozšiřujících provozování počítačového systému. Hardware je vše kromě programového vybavení (software)*“ [1]. Z toho vyplývá, že se jedná o veškeré komponenty počítače, bez kterých by PC nemohlo pracovat. Mezi interní komponenty patří veškerý hardware, který najdeme uvnitř PC skříně (notebooku). Jedná se o základní desku, procesor, grafickou kartu, pevný disk, operační paměť, zdroj, optické mechaniky, popřípadě síťové a zvukové karty. Externí komponenty jsou přípojná zařízení nacházející se vně PC skříně. Jedná se o monitor, klávesnici, myš či reproduktory.

Hlavenka obecně [1] popsal software jako „*jakékoli programové vybavení. Oblast softwaru zahrnuje programy od základních vstupně/výstupních systémů (BIOS), přes operační systémy (DOS, OS/2, System 7, atd.), grafická rozhraní (Windows) a veškeré aplikace, od jednoduchých utilit až po komplexní programové systémy. Software sám je vždy „nehmotný“, software ke svému šíření a používání vždy potřebuje hardware. Software lze rozdělit do dvou základních kategorií: systémový a aplikační. Systémový software nám zajišťuje chod samotného počítače, jeho styk s okolím či spouštění aplikací. Aplikační software (aplikace) nám umožňuje provádět nějakou užitečnou činnost. Tyto aplikace však nelze spustit bez systémového softwaru.*

Na pomezí mezi hardwarem a softwarem leží tzv. firmware. Podle Hlavenky [1] se jedná o základní programové vybavení počítače (BIOS) uložené v paměti ROM. Firmware leží na pomezí softwaru a hardwaru, neboť sice obsahuje programy a funkce vytvořené softwarově, ale na druhé straně jsou tyto programy běžnými uživatelskými postupy neměnné a nevyjímatelné.

1.2 Dataprojektory

Dataprojektor je zařízení sloužící ke zprostředkování obrazu pomocí promítání, jehož zdrojem může být osobní počítač (notebook) eventuálně DVD přehrávač. Promítání probíhá na plátně, zdi, popřípadě na interaktivní tabuli, které jsou nedílnou součástí interaktivní sestavy. Z pedagogického hlediska patří správná volba datového projektoru společně s velikostí interaktivní tabule k nejdůležitějším faktorům, které jsou nutné při pořizování a instalaci zvážít.

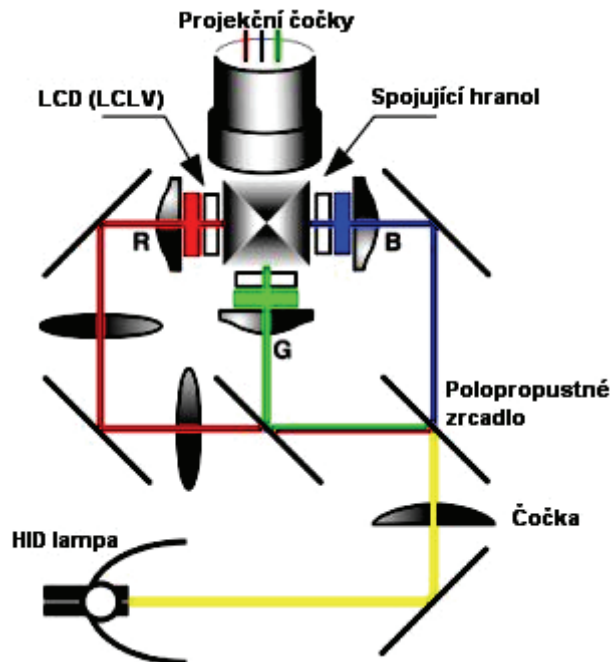
1.2.1 Zobrazovací technologie

V současné době existuje několik druhů výrobních technologií, každá založená na rozdílném principu včetně různorodých vlastností.

LCD projektory

Jádrem LCD projektorů jsou tři tzv. dichroická zrcadla a LCD panely. Dichroická zrcadla dokáží odrazit a propouštět světlo v závislosti na vlnových délkách. Zdrojem světla je výkonná metalhalogenidová výbojka, která vytvoří velmi intenzivní světlo s naprosto ideálním barevným tónem. Světlo z výbojky následně prochází přes dichroická zrcadla, která rozdělí bílé světlo na červenou, zelenou a modrou složku. Ty postupují do příslušného LCD panelu. Tři základní barvy jsou potom pomocí spojovacího hranolu spojeny do jednoho světelného paprsku a procházejí objektivem ven na projekční plochu [2].

LCD projektory jsou stále nejpoužívanější zobrazovací jednotkou ve školních učebnách především vzhledem k nižší pořizovací ceně než u modelů DLP a LCoS. Mezi výhody patří nižší hlučnost, ostrý a jasný obraz, nevytvářejí duhový efekt a mají jemnější podání odstínů šedi vlivem prakticky neomezené regulace jasu. Největší nevýhodou, danou samotným principem LCD projektorů, je tzv. screen door effect jedná se o viditelnost mřížky mezi jednotlivými pixely především při pozorování z malé vzdálenosti. Z důvodu potřeby napájení každého pixelu zvláště je tento efekt prakticky nemožné eliminovat. Mezi další nevýhody patří vypalování displeje s rostoucím počtem vysvícených hodin a tím klesající kvalita podání barev, dále výskyt mrtvých pixelů či náchylnost ke ztrátě kvality obrazu v prašném prostředí [3]. Princip LCD projektorů je na obrázku 1. Výhody a nevýhody LCD projektorů shrnuje tabulka 1.



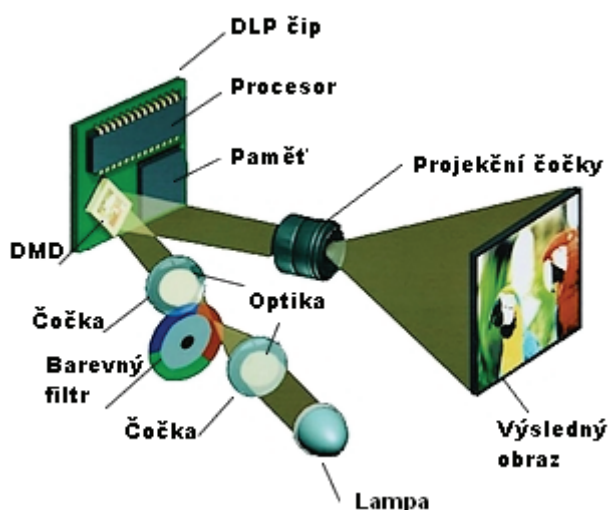
Obr.1 LCD projektor
podle [2]

Tab.1 Výhody a nevýhody LCD projektorů

výhody	nevýhody
nižší pořizovací cena	screen door effect
nižší hlučnost	vypalování displeje
ostrý a jasný obraz	postupně klesající kvalita podání barev
nevyskytující se duhový efekt	výskyt mrtvých pixelů
jemnější podání odstínu šedi	náchylnost na prašné prostředí

DLP projektory

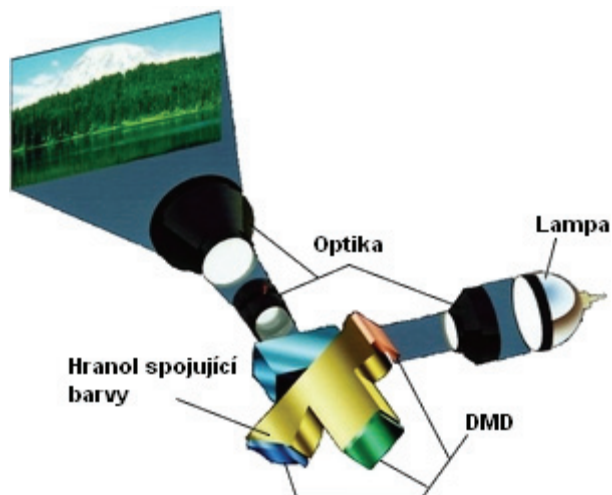
DLP (Digital Light Processing) projektory jsou založené na principu, kdy se obraz vytváří na sadě tisíců mikroskopických zrcadel umístěných v matici na polovodičovém čipu, jedná se o tzv. DMD čipy (Digital Micromirror Device). Každé ze zrcátek zastupuje jeden obrazový bod (pixel). Zdrojem světla je opět lampa. Světlo prochází přes optickou čočku a dopadá na rotující barevný kotouč. Kotouč se obvykle skládá ze 3 RGB barev (červená, zelená, modrá) a jedné čiré části pro zvýšení jasu. Existují i tzv. RGBRGB kotouče pro zvýšení kvality podání barev a omezení duhového efektu. Filtrované světlo postupuje do další čočky, která ho nasměruje na DMD čip. Mikroskopická zrcátka jsou pak nastavena tak, aby buď odrážela nebo neodrážela barvené světlo do objektivu. Zrcátka se dokáží naklánět přibližně o 10 stupňů. Pohyb kotouče i zrcadel je velmi přesně synchronizován. Čím déle je zrcátko vystaveno světlu, tím světlejší odstín získáme. Největší nevýhodou DLP projektorů s jedním DMD čipem je tzv. duhový efekt. Tento jev je možné sledovat např. při zobrazení bílých či světlých scén na tmavém pozadí či při rychlém pohybu v projekci. V těchto scénách mohou hrany pohybujícího se objektu vyzařovat jednotlivé barvy kotouče. DLP projektory s jedním čipem zvládnou teoreticky zobrazit 16,7 miliónů barev [3]. Princip DLP projektoru s jedním DMD čipem je na obrázku 2.



Obr.2 DLP projektor
podle [2]

V DLP projektorech ve vyšší cenové relaci jsou umístěny 3 DMD čipy a každý pracuje s jednou barevnou složkou RGB. Světlo z lampy přijde na hranol, který jej rozdělí do tří směrů a následně pomocí zrcadel navede na jednotlivé DMD čipy. Technologie 3DMD

eliminuje vznik duhového efektu, protože všechny barvy jsou zpracovány naráz a čip nemusí neustále přepínat mezi několika barvami, ale má vždy jeden celý snímek k tomu, aby nastavil pixely do potřebné polohy. 3 DLP projektory mohou teoreticky zobrazit až 35 bilionů barevných odstínů [2]. Zjednodušený princip 3 DLP projektoru je na obr.3.



Obr.3 3DLP projektor
podle [2]

Mezi výhody DLP projektorů patří především jemný a málo viditelný rastr (viditelný pouze z malé vzdálenosti), vysoký kontrast a při dlouhodobém používání netrpí vypalováním obrazu. Mezi největší nevýhody patří dříve popsány duhový efekt, menší ostrost obrazu a nižší světelný výkon [3]. Výhody a nevýhody DLP projektorů shrnuje tab.2.

Tab.2 Výhody a nevýhody DLP projektorů

výhody	nevýhody
jemný a málo viditelný rastr	duhový efekt (s 1 DMD čipem)
vysoký kontrast	menší ostrost obrazu
stálost barev	nižší světelný výkon

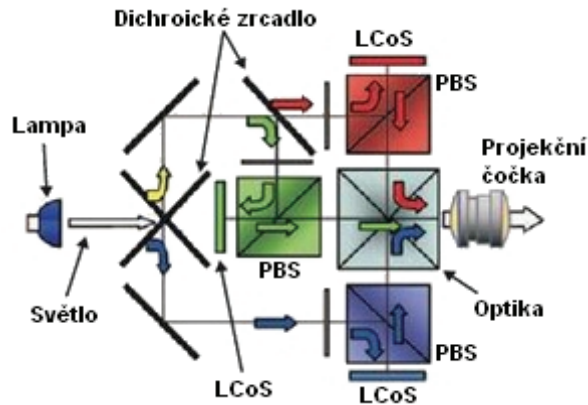
DLP projektory s LED diodami

V podstatě se jedná o DLP projektory, kde je lampa nahrazená LED diodami. Výhody jsou především malé rozměry, absence lampy a nízká spotřeba. Značnou nevýhodou je velmi malá světelnost pohybující se v desítkách lumenů [3].

LCoS projektory

LCoS (Liquid Crystal on Silicon) projektory představují technologické spojení LCD a DLP projektoru. Technologie využívá čip složený z tekutých krystalů na reflexní metalické vrstvě tvořené řadou elektrod. Zdrojem světla je opět lampa. Dichroická zrcadla rozdělí světlo na 3 barvy (červená, zelená, modrá) jako u LCD projektorů. Světelné paprsky dopadnou na LCoS displej a od toho se, podobně jako u DLP projektorů, odrazí. Běžně se setkáváme se třemi LCoS displeji, každý pracující s jednou RGB složkou. LCoS čipy pracují na principu odstínů šedi. Čím světlejší barva, tím více světla se od

LCoS displeje odrazí, černá barva se neodrazí. Odražené světlo pak projde přes optický hranol, tam se spojí všechny barevné složky, a nakonec projde optikou ven na plátno [3]. LCoS projektory dosahují vysokého rozlišení, disponují vynikajícím barevným podáním, eliminují mřížku mezi pixely, dosahují vysokého kontrastu a nemají duhový efekt. V současné době je největší nevýhodou především cena. Princip LCoS projektoru je na obrázku 4. Výhody a nevýhody LCoS projektorů shrnuje tabulka 3.



Obr.4 LCoS projektor
podle [3]

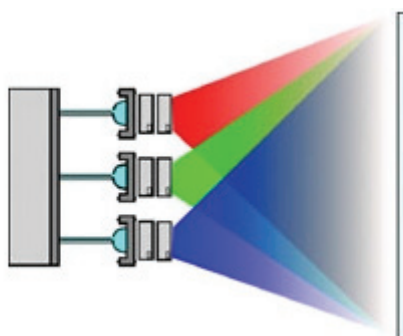
Tab.3 Výhody a nevýhody LCoS projektorů

výhody	nevýhody
vysoké rozlišení	vysoká cena
vynikající barevné podání	
vysoký kontrast	
nemají duhový efekt	

CRT projektory

CRT (Cathod Ray Tube) projektory jsou založeny na principu tří nezávislých vysokojašících projekčních obrazovek, kdy každá zobrazuje jednu ze tří základních RGB barev. Vstupní videosignál je rozdělen podle RGB složek a poslán příslušné obrazovce, výsledný obraz je pak složen až na projekční ploše. Můžeme dosáhnout prakticky jakékoliv barevné kombinace, protože obrazovky promítají současně [2].

Hlavní výhoda CRT projektorů je dána jejich principem. Na rozdíl od ostatních technologií datových projektorů se jedná o analogovou (spojitou) zobrazovací metodu. CRT projektor je schopen zobrazit výsledný obraz v jakémkoliv rozlišení (až $1\,920 \times 1\,200$ bodů). Mají dlouhou životnost, disponují jednoznačně nejlepší černou barvou, která je opravdu černá, a obnovovací frekvence se nemusí nijak modulovat. CRT projektory jsou však velmi rozměrné a těžké, vyžadují podstatně složitější montáž, seřízení a kalibraci všech tří obrazů. Princip CRT projektoru je na obrázku 5. Výhody a nevýhody CRT projektorů shrnuje tabulka 4.



Obr.5 CRT projektor
podle [3]

Tab.4 Výhody a nevýhody CRT projektorů

Výhody	nevýhody
vysoké rozlišení i kontrast	větší rozměry a hmotnost
vysoká kvalita reprodukce barev	složitá montáž, seřízení a kalibrace
dlouhodobá životnost	
spolehlivost	

1.3 Interaktivní tabule

Interaktivní tabule je promítací plocha, na kterou promítáme obraz pomocí dataprojektoru. Co znamená pojem interaktivní? Hlavenka [1] uvádí, že jde o způsob komunikace uživatele s počítačem, ve kterém počítač ihned reaguje na podmínky uživatele. Z technického hlediska lze interaktivní tabule definovat jako „dotykově-senzitivní plochu, prostřednictvím které probíhá vzájemná aktivní komunikace mezi uživatelem a počítačem s cílem zajistit maximální možnou míru názornosti zobrazovaného obsahu“ [4]. Z toho plyne, že pokud bychom promítli obraz na jinou plochu nežli interaktivní (např. projekční plátno), viděli bychom stejný obraz jako na interaktivní tabuli, ale nebyli bychom schopni ovlivňovat činnost počítače.

1.3.1 Druhy snímání pohybu

Ovládání interaktivní tabule je dáno technologií, kterou je daný typ tabule zhotoven. V dnešní době se vyskytuje několik druhů interaktivních tabulí, které se technologicky dělí podle snímání pohybu.

Odporová technologie

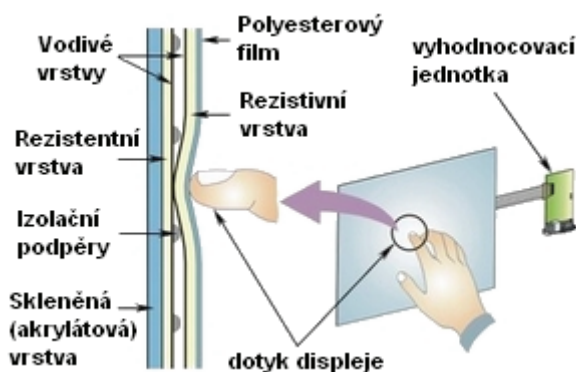
Maněnová [5] a Žežulková [6] označují tuto technologii jako nejrozšířenější v učebnách škol. Základem jsou dvě elektricky vodivé plochy pod membránou, které jsou odděleny malou vzduchovou mezerou. Stlačením membrány vznikne kontakt mezi oběma vodivými vrstvami a z poměrů elektronických odporů měřených od rohů nebo od okrajů tabule, elektronika tabule vypočte, kde ke kontaktu došlo. Odstraní se vzduchová mezera a tím dojde k uzavření elektrického obvodu. Pro aktivaci bodu na tabuli je zapotřebí určitý, ale nijak velký, tlak.

K propojení vodivých vrstev lze použít jakýkoliv předmět - holý prst, nehet, prst v rukavici, kolík z jakéhokoliv materiálu, zavřený popisovač nebo zavřenou propisovací tuž-

ku. Pomocí této technologie dokážeme využívat všech vlastností jako má myš u počítače (levý a pravý klik, pohyb kurzoru, rolování kolečkem myši). Užívání této technologie je velmi komfortní a snadné. Vlivem pružnosti vrstev jsou vodivé plochy náchylné na poškrábání či dokonce i k proražení. Například při použití klasického kružítka (vybaveného přísavkou) může dojít k proražení tabule. Odporové interaktivní tabule neobsahují žádnou feromagnetickou vrstvu, z toho důvodu neumožňují obvykle pracovat s obyčejnými magnetkami. Postupem času mohou také nastat mírné změny ve vodivosti fólií, je tudíž nezbytné občas kalibrovat systém. Kalibrace je však velmi snadná a časově nenáročná. Princip odporové technologie je na obrázku 6. Výhody a nevýhody odporových dotykových tabulí shrnuje tabulka 5.

Tab.5 Výhody a nevýhody odporové technologie

Výhody	nevýhody
Ize ovládat prakticky čímkoliv	náchylné na poškrábání či proražení
dokážeme využívat všech vlastností jako má myš u počítače	neumožňují pracovat s magnetkami
velmi komfortní a snadné užívání	povrch je pružný - omezené možnosti využití
menší hmotnost	nutnost kalibrace systému



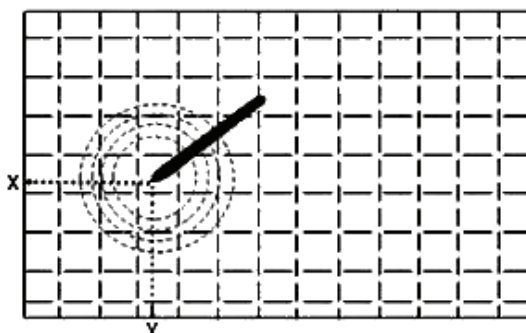
Obr.6 Odporová technologie
podle [7]

Elektromagnetická technologie

Elektromagnetická tabule se skládá z velmi jemné sítě vodičů pod speciální krycí vrstvou. Síť vodičů vytváří slabé elektromagnetické pole, které vyplňuje prostor několika milimetrů před tabulí. Pro práci s tabulí je nutné vlastnit speciální magnetické pero, které může být aktivní (napájeno z baterií či ze sítě) nebo pasivní. V těle pera je uložen stálý (permanentní) magnet, který při přiblížení pera narušuje elektromagnetické pole interaktivní tabule. Ze změněných hodnot elektromagnetického pole pak elektronika interaktivní tabule odečte polohu pera [6].

Dokážeme využívat všech vlastností jako má myš u počítače. Elektronika tabule je schopna rozlišit, zda se elektromagnetické pole narušilo pouze v jeho okrajové části (hrot pera se k tabuli pouze přiblíží), nebo zda došlo k narušení elektromagnetické zóny v celé její vrstvě (hrot pera se tabule přímo dotkne). Získaná data software interaktivní tabule vyhodnotí buď pouze jako požadavek na zobrazení kurzoru a pohybu s ním

(v podstatě pohyb počítačové myši), nebo jako kliknutí levým tlačítkem myši (případně jako kliknutí a tažení či dvojklik počítačové myši). Povrch tabule je vyroben z velmi tvrdého materiálu odolného proti poškrábání, nárazům a otřesům. Na tabuli lze psát i běžnými popisovači určenými pro klasické ocelové nebo keramické tabule. Můžeme pracovat s klasickými magnetkami, slupovacími barvami, nebo s modelovací hmotou, případně i s přísavným kružítkem s popisovačem nebo s klasickými pravítky. K ovládní interaktivní tabule je zapotřebí magnetické pero. Práce s takovým perem ovšem vyžaduje cvik. Interaktivní tabule má větší hmotnost a vyžaduje občasnou kalibraci systému, kvůli mírné nestálosti magnetického pole generovaného tabulí. I zde však jde o kalibraci velmi snadnou a časově nenáročnou. Princip elektromagnetické technologie od firmy Dolbib je na obrázku 7. Výhody a nevýhody elektromagnetických tabulí shrnuje tab. 6.



Obr.7 Elektromagnetická technologie
podle [8]

Tab.6 Výhody a nevýhody elektromagnetických tabulí

Výhody	nevýhody
odolné proti poškrábání, nárazům a otřesům	k ovládní je potřeba magnetické pero
dokážeme využívat všech vlastností jako má myš u počítače	práce s perem vyžaduje cvik
na tabuli lze psát i běžnými popisovači	větší hmotnost
lze využívat slupovací barvy, magnetky, či modelovací hmotou	nutnost kalibrace systému

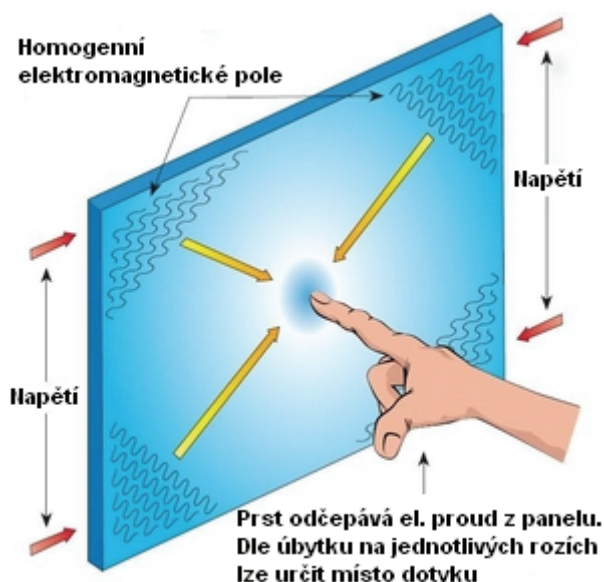
Kapacitní technologie

Kapacitní technologie pracuje na podobném principu jako elektromagnetická, kdy soustava vodičů je opět umístěna za plochou, ale v tomto případě dochází k ovlivnění elektrického pole pouhým prstem uživatele. Základem je změna kapacity dotykem prstu uživatele [5]. Žežulková [6] dále rozvádí, že elektronika měří poměr vysokofrekvenčních proudů tekoucích z rohů nebo okrajů tabule přes odporovou vrstvu do země. Spojnicí mezi tabulí a zemí je pak prst uživatele.

Kapacitní technologie patří k nejodolnějším. Vnější vrstva v kombinaci s tvrzeným sklem je značně odolná. K ovládní nám postačí holý prst, ale nemůžeme využít kolíky a podobné pomůcky. Nevýhodou je především cena. Velkorozměrové tabule tohoto typu se nevyplácí vyrábět. Princip kapacitní technologie je na obrázku 8. Výhody a nevýhody kapacitních dotykových tabulí shrnuje tabulka 7.

Tab.7 Výhody a nevýhody kapacitních tabulí

Výhody	nevýhody
velice odolná technologie	nelze využívat kolíky a podobné pomůcky
k ovládnání postačí pouhý prst	nevyrábějí se velkorozměrové tabule
	cena



Obr.8 Kapacitní technologie
podle [9]

Laserová technologie

Interaktivní tabule s laserovou technologií mají umístěné laserové vysílače a snímače zpravidla v obou horních rozích tabule nebo obrazovky. Pomocí natáčení otáčivých zrcátek jsou laserové paprsky promítány před celou plochu. Pasivní pero má na sobě umístěny reflektory, které odrážejí paprsek zpět do zdroje, a jeho pozice se vypočítá triangulací. Povrch tabule je tvrdý (keramika nebo ocel), mají nejdelší životnost a nejsnáze se udržují. Nevýhodou je nutnost používání pouze reflexního pera [10]. Výhody a nevýhody laserových dotykových tabulí shrnuje tabulka 8.

Tab.8 Výhody a nevýhody kapacitních tabulí

výhody	nevýhody
povrch tabule je tvrdý	nutnost používání reflexního pera
nejdelší životnost	
nejsnazší údržba	

Ultrazvuková technologie

Ultrazvukové interaktivní tabule jsou založeny na principu šíření ultrazvukové vlny. Ke své činnosti využívají povrchovou ultrazvukovou vlnu, která se šíří po čířem skle většinou v kombinaci s infračerveným paprskem. Ultrazvukový a současně infračervený sig-

nál je vyslán při dotyku tabule perem. Následně jsou tyto reakce příslušnými signály zaznamenány a prodleva mezi nimi udává přesnou polohu pera [5].

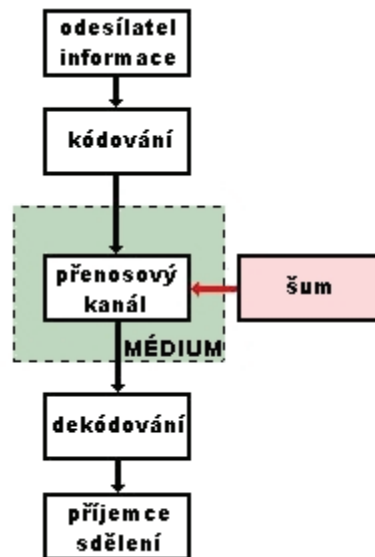
Povrch tabule dokáže snímat sílu přitlaku pera, není však citlivý na tlak. Oproti všem výše zmíněným technologiím tento typ tabule nevyžaduje kalibraci. Technologie je citlivá na silné znečištění a poškrábání. Tabule není vhodná pro umístění do tříd, především proto, že se vyrábí v menších rozměrech vybavených zadní projekcí (např. internetové kiosky). Výhody a nevýhody ultrazvukových dotykových tabulí shrnuje tabulka 9.

Tab.9 Výhody a nevýhody ultrazvukových tabulí

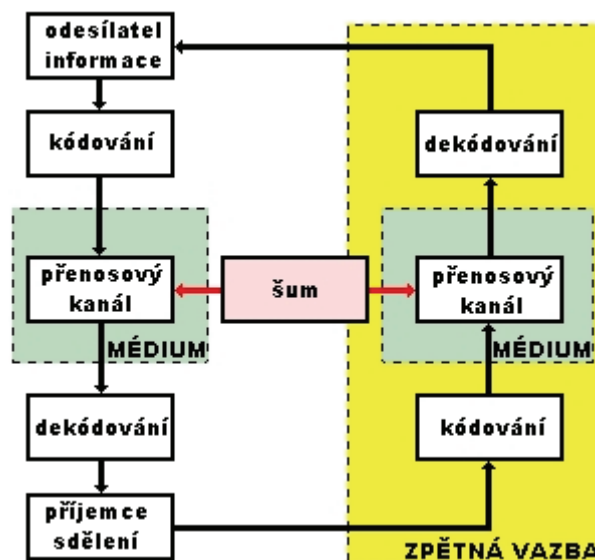
výhody	nevýhody
vysoká trvanlivost	malé rozměry
dokáže snímat sílu přitlaku pera	citlivost na poškrábání a znečištění
nevyžaduje kalibrace	

2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA PŘENOS INFORMACÍ

S růstem využívání informačních technologií a rozvojem elektronických komunikací se pojem informace stává technickým pojmem. Základem pro přenos informací je soustava vysílač (kodér) - přenosový kanál - přijímač (dekodér). Z technického hlediska je každý vyučovací proces prezentován podle jednosměrného (obr.9) či obousměrného (obr.10) Shannon-Weaverova modelu komunikace.



Obr.9 Jedsměrný Shannon-Weaverův model komunikace podle [15]



Obr.10 Obousměrný Shannon-Weaverův model komunikace podle [15]

Existuje i řada dalších komunikačních modelů, za zmínku stojí Gerbnerův generální model, konceptuální model od Westleyeho a McLeana, Danceův spirálovitý model či různé multidimenzionální modely komunikace [14]. Pro svou přehlednost a ilustrativnost využíváme především Shannon-Weaverův model komunikace či Lasswellův komunikační

model (obr.11) pro komplexní hodnocení přenosu informací. V této kapitole popíšeme normativní požadavky pro akustický (zvukový) i pro optický (obrazový) přenos informací.



Obr.11 Lasswellův komunikační model
podle [16]

2.1 Normativní požadavky pro akustický přenos informací

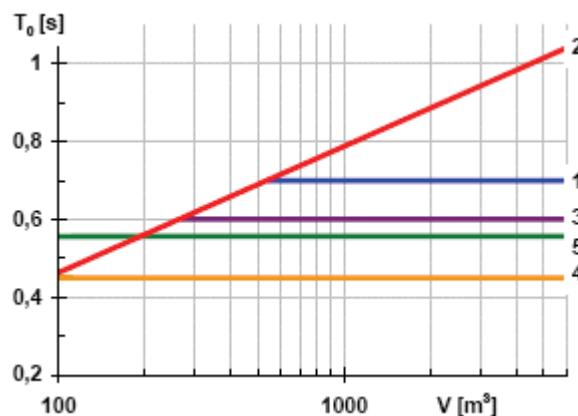
Hlavní zásady a požadavky pro akustiku v prostorách škol stanoví aktualizovaná norma ČSN 73 0527 [17]. Hlavní požadavkem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je tzv. optimální doba dozvuku. Jedná se doporučenou hodnotu, která se liší podle využití a objemu dané učebny (tab.10). Zvuk v uzavřené místnosti po vypnutí zdroje zvuku doznívá a po určité době zanikne. Jedná se o dobu, za kterou hladina akustického tlaku poklesne v dané místnosti o 60 dB po vypnutí zdroje zvuku [20]. S využitím rovnice (1) z ČSN 73 0527 určíme optimální dobu dozvuku T_0 v prostorech pro přenos řeči s objemem 100 až 6 000 m³ (průběh 2 na obr.12)

$$T_0 = 0,3424 \log V - 0,185 \text{ [s]} \quad (1)$$

Tab.10 Požadavky na prostory ve školách podle ČSN 73 0527 [17]

účel učebny	objem (m ³)	doba dozvuku T_0 (s)	průběh na obr.12
učebna a posluchárna	do 250	0,7	1
posluchárna	přes 250	$T_0 = 0,3424 \log V - 0,185$	2
audiovizuální učebna	200	0,6	3
jazyková učebna	130 až 180	0,45	4

Jednotlivé průběhy doby dozvuku, rozdělené podle kategorií učeben, jsou naznačeny na obrázku 12.



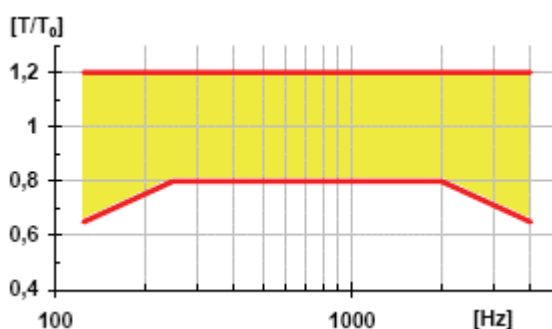
Obr.12 Optimální doba dozvuku pro prostory ve školách podle ČSN 73 0527 [17]

1 - učebna a posluchárna (do 250 m³), 2 - posluchárna (přes 250 m³), 3 - audiovizuální učebna,
4 - jazyková učebna, 5 - doba dozvuku pro ztrátu srozumitelnosti souhlásek 5 %.

Průběh 5 naznačuje maximální přípustnou dobu dozvuku vypočítanou ze ztráty srozumitelnosti souhlásek v difúzním poli. Srozumitelnost řeči je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující kvalitu akustického přenosu informací, která definuje úroveň, jak dobře je řeč v místnosti slyšitelná a srozumitelná. Sledujeme také poměr mezi užitečným signálem (zvuk, který chceme slyšet) a hlukem (např. hluk na pozadí, odrazy zvuku, dozvuk, šum atd.) Srozumitelnost řeči nepříznivě ovlivňuje hluk pozadí, pronikající od zdrojů uvnitř budovy (vzduchotechnická zařízení, a strojnická zařízení) nebo z venkovního prostoru (doprava). Rušivost hluku závisí na délce a druhu produkce či na nárocích na kvalitu. Dle ČSN 73 0527 [17] je pro čítárny a studovny nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku pozadí $L_{pAeq} = 40$ dB, pro tělocvičny $L_{pAeq} = 60$ dB. Požadované limity lze zvýšit o 3 až 5 dB, pokud se jedná o řídce se vyskytující hluky nebo hluky s výrazně proměnným charakterem. S přímou ztrátou srozumitelnosti souvisí především ztráta srozumitelnosti souhlásek (dále jen ZSS). Pro velmi dobrou srozumitelnost se udává hodnota ZSS menší než 5 %, pro dobrou srozumitelnost do 8 %, za vyhovující srozumitelnost považujeme ZSS do 15 %. Hodnoty ZSS nad 15 % jsou již považovány za nevyhovující [18]. Pro maximální dobu dozvuku T_{ZSS} při přípustné ztrátě srozumitelnosti souhlásek ZSS v difúzním poli platí rovnice (145) z publikace [18].

$$T_{ZSS} = \frac{ZSS}{9} \text{ [s]} \quad (2)$$

Výpočtem z rovnice (2) tak pro ZSS = 5 % vychází maximální přípustná doba dozvuku $T_{ZSS} = 556$ ms (průběh 5 na obr.12). ČSN 73 0527 dále stanovuje i přípustné toleranční pásmo poměru reálné a optimální doby dozvuku T/T_0 (obr.13). V reálných podmínkách se vždy doporučuje pohybovat se spíše při dolní hranici tolerančního pásma, tedy v poměru $T/T_0 = 0,8$ až 1.



Obr.13 Přípustné toleranční pásmo poměru reálné a optimální doby dozvuku T/T_0 podle ČSN 73 0527 [17]

2.2 Normativní požadavky pro optický přenos informací

Hlavní zásady a požadavky na světelné prostředí učeben a přednáškových sálů v prostorech škol stanoví aktualizovaná norma ČSN EN 12665 [21]. Norma stanovuje základní termíny a definice používané ve všech osvětlovacích aplikacích. Dále stanovuje základní rámec pro specifikaci požadavků na osvětlení s uvedením podrobností týkajících se hledisek, která mají být uvažována při stanovování těchto požadavků.

Při osvětlování je potřeba zajistit 3 základní požadavky na uspokojení lidských potřeb:

- zrakovou pohodu pro uživatele prostoru (nepřímo přispívá k větší produktivitě a kvalitě práce)
- zajištění podmínek pro usnadnění zrakového výkonu a vnímání barev
- odpovídající osvětlení pro bezpečnost a pohyb

Druhá významná norma je ČSN EN 12464-1 [22], která stanovuje požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu osob s normálním zrakem. Podle charakteru učebny se minimální hladina osvětlenosti pohybuje v rozmezí 300-750 lx. Specifickým požadavkem pro většinu učeben je možnost regulace osvětlení. Požadavky na jednotlivé prostory jsou shrnuty do tabulky 11.

Tab.11 Požadavky na prostory ve školách podle ČSN EN 12464-1 [22]

účel učebny	udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)
učebny, konzultační místnosti	300
auditoria a posluchárny	500
místnosti pro výtvarnou výchovu	500 až 750
jazykové učebny	300
kreslírny pro technické kreslení	750
místnosti pro praktickou výuku a laboratoře	500
místnosti pro hudební cvičení	300
počítačové učebny	300
sportovní haly, tělocvičny, plavecké bazény	300

V učebnách škol se setkáváme se dvěma zcela odlišnými požadavky při využívání jakéhokoliv typu projekce. V jedné učebně je potřeba zajistit minimální provozní osvětlenost na pracovištích dle ČSN EN 12464-1 a zároveň mít prakticky nulovou parazitní osvětlenost na projekční ploše. Ve školní praxi je prakticky nemožné zajistit nulovou parazitní osvětlenost. Dokonce i v dokonale zatemněném prostoru je na projekční ploše větší či menší parazitní světlo, které snižuje kvalitu promítaného obrazu. Dle standardu SMPTE ST 196 [23] je požadovaný jas projekční plochy v dokonale zatemněném prostoru $L_v = 55 \pm 7 \text{ cd/m}^2$. Na okrajích projekční plochy může být jas o 10-25 % nižší, ale nesmí klesnout pod 32 cd/m^2 . Pro stanovení minimálního potřebného kontrastu kritického detailu pro objekt velikosti 1' použijeme rovnici D.8 z ČSN EN ISO 9241-303 [24].

$$CR_{\min} = 2,2 + 4,48 \cdot L_L^{-0,65} \quad (3)$$

kde L_L je jas displeje na nízké úrovni (jas nejtmašího místa projekční plochy při zobrazení černé). Přijatelná kvalita obrazových prezentací se pohybuje na úrovni poměru osvětleností projekční plochy.

$$k = \frac{E_B}{E_W} = 1 : 20 \quad (4)$$

kde E_B je osvětlenost projekční plochy při zobrazení černé a E_W je osvětlenost projekční plochy při zobrazení bílé. Výsledek je normován pro $E_B = 1$. Pro kontrast podle ČSN EN ISO 9241-303 potom platí $CR = 1/k$.

3 METODIKA MĚŘENÍ PŘENOSOVÝCH PARAMETRŮ UČEBEN

Metodiku měření rozdělíme na metodiku měření akustických parametrů a metodiku měření optických parametrů.

3.1 Metodika měření akustických parametrů učeben

Norma ČSN EN ISO 3382-2 [25] stanovuje metody měření doby dozvuku v uzavřených prostorech. Popisuje postup měření, potřebné zařízení, požadovaný počet míst měření, metodu vyhodnocování údajů a protokolu o měření. Norma ČSN EN 60268-16 ed.2 [26] specifikuje objektivní metody hodnocení STI v oblasti zvuku, komunikací a akustiky.

3.1.1 Měření doby dozvuku

Orientační výpočet doby dozvuku by měl být nezbytný před každým praktickým měřením akustiky učebny. Pro výpočet doby dozvuku existuje několik metod a vztahů. Jednoduchý Sabineův vztah (5) dává poměrně přijatelné výsledky pro doby dozvuku nad 2 s. Nevýhodou je malá přesnost pro krátké doby dozvuku [19]

$$T_S = \frac{0,164 \cdot V}{A} \quad (5)$$

T_S je doba dozvuku podle Sabinea, V objem daného prostoru a A celková pohltivost.

Složitější Eyringův vztah (6) již počítá se střední volnou dráhou zvuku a více souhlasí s praktickým měřením doby dozvuku do 2 s [19]

$$T_E = \frac{0,164 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_S)} \quad (6)$$

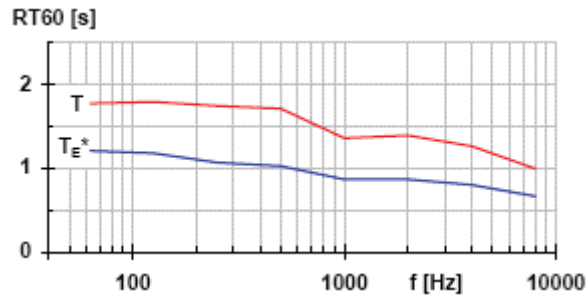
T_E je doba dozvuku podle Eyringa, V objem daného prostoru, S celková pohltivá plocha a α_S střední činitel zvukové pohltivosti. U běžné učebny o šířce b , délce l a výšce h uvažujeme pro zvuk pohlcující plochu S včetně rozvinutých ploch školního nábytku a ostatních zařizovacích předmětů rovnicí (7)

$$S = 3bl + 2h(b + l) \quad (7)$$

Pomocí rovnic (6) a (7) dokážeme odhadnout dobu dozvuku T_E^* podle obsazení učebny počtem n osob

$$T_E^* = \frac{0,164blh}{-S \ln \left(e^{\frac{-0,164blh}{T_E^*[3bl+2h(b+l)]}} - \frac{n\alpha}{3bl + 2h(b+l)} \right)} \quad (8)$$

α je činitel pohltivosti osoby v daném kmitočtovém pásmu. Porovnání změřené doby dozvuku a vypočítané doby dozvuku v učebně obsazené 30 žáky je na obrázku 14.



Obr.14 Porovnání změřené a odhadované doby dozvuku

S využitím počítače není problém pro výpočet doby dozvuku použít Millingtonův vztah (9), který respektuje i značně nerovnoměrné rozložení jednotlivých pohltivých povrchů v daném prostoru [19].

$$T_M = \frac{0,164 \cdot V}{4\delta V - \sum_{i=1}^n S_i \cdot \ln(1 - \alpha_i)} \quad (9)$$

V je objem daného prostoru, S_i plocha daného pohlcujícího materiálu. α_i činitel pohltivosti tohoto materiálu a aditivní člen $4\delta V$ respektuje útlum zvuku šířením ve vzduchu. Norma ČSN EN ISO 3382-2 [25] určuje dva způsoby pro praktická měření doby dozvuku. Metodu přerušovaného šumu a metodu integrované impulsové odezvy. Pokaždé potřebujeme zdroj zvuku pro vytvoření akustického pole, mikrofon pro zachycení dozívání a vyhodnocovací jednotku. Kmitočtový rozsah závisí na účelu měření. U orientační metody se udává rozsah nejméně 250 Hz až 2 kHz. U inženýrské a přesné metody by měl rozsah pokrývat nejméně 125 Hz až 4 kHz v oktákových pásmech, nebo 100 Hz až 5 kHz v třetinooktákových pásmech.

Metoda přerušovaného šumu

Pro vybuzení prostoru se používá jako zdroj zvuku reproduktor a signál do něho přiváděný musí být odvozen z širokopásmového náhodného nebo pseudonáhodného elektrického šumu. Hladina akustického tlaku musí být vybuzena tak, abychom byli schopni získat křivky poklesu bez narušení hlukem pozadí. Pokud křivka poklesu dosahuje 5 dB až 25 dB označuje se T_{20} . Jsou-li použity hodnoty křivky poklesu 5 dB až 35 dB označuje se T_{30} . Při měření T_{20} a T_{30} je minimální hladina vybuzení 35 dB respektive 45 dB nad hladinou akustického tlaku v pozadí.

Spektrum širokopásmového šumu má většinou podobu růžového šumu s dostatečně plochou frekvenční charakteristikou v konkrétním oktákovém pásmu. Šířka pásma signálu v oktákových pásmech je větší nebo rovna jedné oktávě. Pro měření v třetinooktákových pásmech musí být šířka pásma signálu větší nebo rovna jedné třetině oktávy.

Doba buzení uzavřeného prostoru musí být natolik dostačující, aby zvukové pole dosáhlo ustáleného stavu před vypnutím zdroje. Minimální doba vyzařování šumu se udává časem $T/2$, kde T je doba dozvuku. V prostorech s velkým objemem musí být doba buzení několik až sekund.

Metoda integrované impulsové odezvy

Impulsová odezva z místa zdroje zvuku do místa příjmu v uzavřeném prostoru lze generovat rozličnými způsoby: výstřelem z pistole, jiskrovým výbojem, silným tlesknutím (v tomto případě nemusí být vybudování prostoru nemusí dostatečné), pseudonáhodným signálem generovaným posuvnými registry (MLS), atd. Zdroj impulsu opět musí zajistit spektrum natolik široké, aby křivka poklesu začínala minimálně 35 dB při T_{20} nebo 45 dB při T_{30} nad hlukem pozadí.

Místa měření

Zdroj zvuku se nejčastěji nachází v rohu místnosti. Mikrofonní místa mají být od sebe vzdálená na polovinu vlnové délky (min. 2 m pro obvyklý kmitočtový rozsah). Vzdálenost místa mikrofonu k nejbližšímu odrazujícímu povrchu se uvádí jako čtvrtina vlnové délky (kolem 1 m). Místa mikrofonu nesmí být příliš blízko u sebe. Minimální vzdálenost mikrofonu od zdroje, který nesmí být umístěn příliš blízko lze vypočítat z rovnice (10)

$$d_{\min} = 2\sqrt{\frac{V}{cT}} \quad (10)$$

V je objem daného prostoru, c rychlost šíření zvuku a T odhad očekávané doby dozvuku. Minimální počty nezávislých míst měření jsou uvedeny v tabulce 12.

Tab.12 Minimální počty nezávislých míst měření

	orientační	inženýrské	přesné
kombinace zdroj - mikrofon	2	6	12
místa zdroje	≥ 1	≥ 2	≥ 2
místa mikrofonu	≥ 2	≥ 2	≥ 3
počet poklesů v každém místě (metoda přerušovaného šumu)	1	2	3

podle [25]

Přístrojové vybavení

Zdroje zvuku musí být co nejvíce všesměrové a musí vybudit dostatečnou hladinu akustického tlaku pro pořízení křivek poklesu bez narušení. Mikrofony musí být také všesměrové s výstupem přímo do zesilovače, filtru a systému pro zobrazení křivek poklesu nebo do analyzátoru pro odvození impulzových odezvy, popřípadě do záznamníku signálu pro pozdější analýzu.

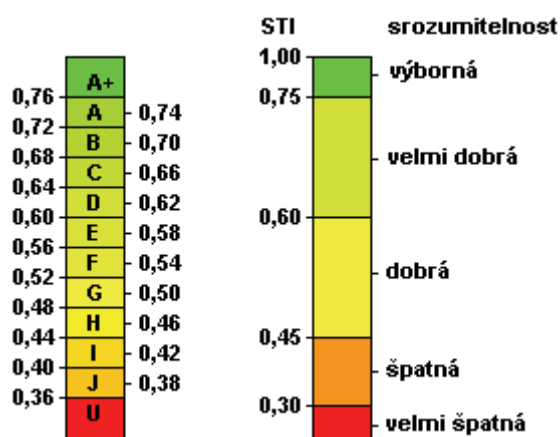
Obsazenost místnosti

Počet přítomných lidí má silný vliv na dobu dozvuku. Měření doby dozvuku by mělo probíhat v neobsazené místnosti (přítomnost dvou lidí představuje prostor bez lidí).

3.1.2 Měření srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči

Měření míry srozumitelnosti řeči provádíme podle normy ČSN EN 60268-16 ed.2 [26]. Index přenosu řeči (STI) je objektivní měření pro určení kvality přenosu řeči, které vyčíslí srozumitelnost řeči. STI metoda využívá specifického testovacího signálu simulující lidskou řeč, který je vysílán zdrojem zvuku do přenosového kanálu a následně vy-

hodnocen přijímačem. Signál STI tvoří sedm oktáv hlukového pásma, které korespondují s oktávovými pásmy od 125 Hz do 8 kHz. Každé pásmo je modulováno jednou nebo více modulačními frekvencemi v třetinooktávových intervalech v rozmezí 0,63 až 12,5 Hz [19]. Kvalita přenosu řeči je metricky tříděna od 0 (zcela nesrozumitelné) do 1 (vynikající srozumitelnost) podle které se určí srozumitelnost řeči. Kvalitativní pásma a orientační stupnice míry srozumitelnosti jsou na obrázku 15.



Obr.15 Kvalitativní pásma a orientační stupnice míry srozumitelnosti [19]

Slabiková srozumitelnost by v rámci vzdělávacího procesu neměla klesnout pod 95 % [27]. Při využití rovnic (149) a (150) z publikace [19] by měl být index přenosu řeči větší než 0,75. Tato hodnota spadá do kvalitativního pásma A+ až A, která v orientační stupnici odpovídá výborné srozumitelnosti. Hodnota 0,75 je však v učebnách škol těžko dosažitelná. ČSN EN 60268-16 ed.2 [26] uvádí přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům od A+ do D. V orientační stupnici hodnocena jako velmi dobrá. Příklady kvalifikačních skupin a typických aplikací jsou uvedeny v tabulce 13. Norma ČSN EN 60268-16 ed.2 vymezuje 3 metody měření indexu přenosu řeči [26].

Metoda STI (Full STI)

Metoda STI se používá pro odhad a měření indexu přenosu řeči 14 modulačních kmitočtů v rozsahu sedmi oktávových pásem.

Metoda STIPA

Metoda STIPA určuje index přenosu řeči pro veřejné ozvučovací systémy. Jedná se o zestručněnou verzi metody STI, ale přesto citlivou ke zkreslením nalezeným v akustice místnosti a/nebo ve veřejných ozvučovacích místnostech. Metoda STIPA používá dvě unikátní modulační frekvence ke každé ze sedmi oktávových pásem. Celkově je tedy použito 14 modulačních frekvencí. Testovací signál se prozatím vyskytuje pouze pro spektrum mužské řeči s dobou měření přibližně 15-20 s.

Metoda STITEL

Metoda STITEL určuje index přenosu řeči pro telekomunikační systémy taktéž využívající zestručněnou verzi metody STI, ale přesto citlivou ke zkreslením nalezeným v komunikačních systémech.

Tab.13 Příklady kvalifikačních skupin a typických aplikací

pásma	typ informace	typická aplikace	komentář
A+ (> 0,76)		nahrávací studia	vynikající srozumitelnost, těžce dosažitelná ve většině prostředí
A (0,74)	komplexní zprávy, neznámá slova	divadla, parlament, soudy, auditoria	výborná srozumitelnost
B (0,7)			
C (0,66)			
D (0,62)	komplexní zprávy, známá slova	učebny, přednáškové sály, koncertní sály	velmi dobrá až dobrá srozumitelnost
E (0,58)	komplexní zprávy známý kontext	koncertní sály, moderní kostely	PA systémy s vysokou kvalitou
F (0,54)		rozhlas v obchodních střediscích, kanceláře, katedrály, evakuační rozhlas	PA systémy s dobrou kvalitou
G (0,5)		obchodní střediska, kanceláře, evakuační rozhlas	cílová hodnota pro evakuační rozhlas
H (0,46)	jednoduché zprávy, známý kontext	rozhlas a evakuační rozhlas ve složitých akustických podmínkách	spodní hranice hodnoty pro evakuační rozhlas
I (0,42)	jednoduché zprávy, známý kontext	rozhlas a evakuační rozhlas ve velmi těžkých podmínkách	
J (0,38)		nevhodné pro rozhlas	
U (< 0,36)		nevhodné pro rozhlas	

podle [26]

Princip měření

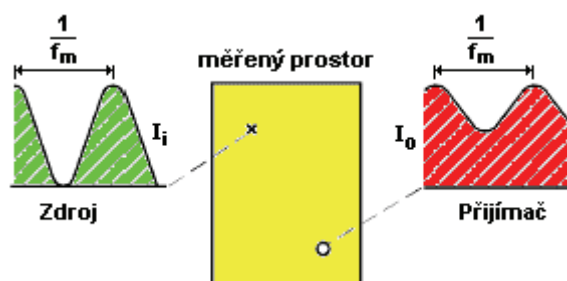
Princip měření spočívá ve vyzařování testovacího signálu zdrojem zvuku, který má modulační index m_i a kterému odpovídá okamžitá intenzita I_i (11) [19]

$$\overline{I_i} = \overline{I_{i\max}} \cdot [1 + m_i \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)] \quad (11)$$

kde f_m je modulační frekvence. Pomocí mikrofonu přijmeme tento signál se zpožděním τ a změněným modulačním indexem $m_0 < 1$. Tomu potom odpovídá okamžitá intenzita na přijímací straně I_0 (11) [19]

$$\overline{I_0} = \overline{I_{0\max}} \cdot [1 + m_0 \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot (t + \tau))] \quad (12)$$

Princip měření indexu přenosu řeči je znázorněn na obrázku 16.



Obr.16 Princip měření indexu přenosu řeči [19]

3.2 Metodika měření optických parametrů učeben

Měření osvětlenosti projekční plochy se provádí pomocí aplikované metodiky ze souboru norem ČSN 36 0011-1 [28], ČSN 36 0011-2 [29] a ČSN 36 0011-3 [30]. Měření osvětlenosti se vždy uskutečňuje v devíti bodech podle aplikované metodiky z ČSN 19 8020 [31]. Při posuzování kvality optického přenosu mohou být použity objektivní i subjektivní metody měření.

3.2.1 Objektivní metody měření

Pro měření osvětlení daného prostoru se používají fotoelektrické luxmetry a jasoměry. Úkolem měření je zjistit rovnoměrnost osvětlení projekční plochy a dosažitelný kontrast. Pro orientační měření postačuje změřit osvětlenosti v referenčním bodu (střed projekční plochy). Pro přesnější výsledky je nutné měřit v devíti bodech podle ČSN 19 8020 [31] (obr.17). Hodnota parazitní osvětlenosti při zatemnění učebny by v žádném místě projekční plochy neměla přesáhnout 10 lx, která je ve školní praxi poměrně nereálná hodnota.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Obr.17 Kontrolní body na projekční ploše formátu 4:3

Ve sledovaných prostorech se měří osvětlenost projekční plochy za různých provozních podmínek. Přehled základních měřených světelně-technických parametrů uvádí tab.14.

Tab.14 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

Nejprve se pro každou měřenou veličinu vypočítá průměrná hodnota osvětlenosti (13).

$$E_x = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 E_{xi} \quad (13)$$

Následně stanovíme dosažitelné kontrasty obrazové projekce v různých provozních podmínkách. Provozní kontrast při denním osvětlení (14)

$$k_D = 1 : \frac{E_{DZW} + E_D - E_{DZ}}{E_{DZB} + E_D - E_{DZ}} \quad (14)$$

Provozní kontrast při umělém osvětlení (15)

$$k_L = 1 : \frac{E_{DZW} + E_{DZL} - 2E_{DZ}}{E_{DZB} + E_{DZL} - 2E_{DZ}} \quad (15)$$

Provozní kontrast při zatemnění učebny (16)

$$k_Z = 1 : \frac{E_{DZW}}{E_{DZB}} \quad (16)$$

Maximální dosažitelný kontrast obrazu (při dokonalém zatemnění) (17)

$$k_0 = 1 : \frac{E_{DZW} - E_{DZ}}{E_{DZB} - E_{DZ}} \quad (17)$$

Kontrast se v běžné praxi udává číselným poměrem úrovně černé k úrovni bílé, kdy úroveň černé má hodnotu 1 (např. 1:100). Z uvedených veličin jsme schopni vypočítat i průměrný světelný tok projektoru (18)

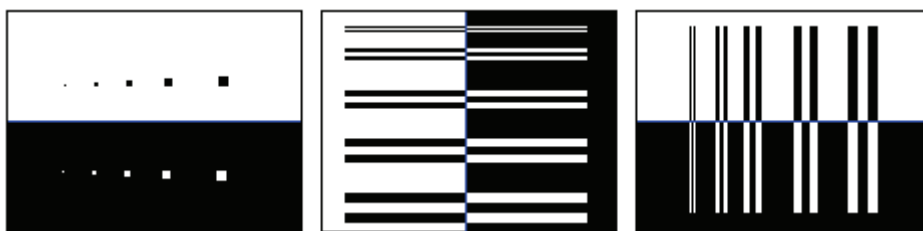
$$\Phi = S \cdot (E_{DZW} - E_{DZ}) \quad (18)$$

S je plocha obrazu.

3.2.2 Subjektivní metody měření

Subjektivní hodnocení doplňují provedená objektivní měření. Jedna z nejrozšířenějších metod je použití sémantického diferenciálu. Její výhodou je především relativně snadné vyhodnocení i statistické zpracování. Na druhou stranu vyžaduje jistou zkušenost v daném oboru hodnocení. Příklad sémantického diferenciálu je v tabulce 15.

Pro hodnocení rozlišitelnosti obrazu jsme použili tři jednoduché testy. Obrazový test 1 zjišťuje rozlišitelnost bodů o rozměrech 1×1 , 2×2 , 3×3 , 4×4 a 5×5 pixelů. Druhý test zjišťuje rozlišitelnost dvojice vodorovných čar tloušťky 1, 2, 3, 4 a 5 pixelů se stejně širokou mezerou mezi nimi. Třetí test zjišťuje rozlišitelnost svislých čar se stejnými parametry jako v druhém testu. Všechny testy jsou provedeny v pozitivu a negativu. Vzhledem k tomu, že testy jsou vytvořeny v bitmapové grafice, změna rozlišení grafické karty neovlivňuje kvalitu ani rozměry bodů a čar. Pro zajištění 100% rozlišitelnosti kritického detailu (bod 1×1 pixel) musí být všechna hodnocení v sémantickém diferenciálu (tab.15) na stupni 1 nebo 2, přičemž četnost hodnocení 2 by neměla přesáhnout 15 % [19]. Zkušební obrazce pro testy rozlišitelnosti jsou na obrázku 18.



Obr.18 Zkušební obrazce pro testy rozlišitelnosti

Tab.15 Příklad hodnotící tabulky sémantického diferenciálu

globální subjektivní hodnocení	výborný	velmi dobrý	dobry (průměrný)	postačující	nevyhovující
obraz na projekční ploše - body (pozitiv)	1	2	3	4	5
obraz na projekční ploše - body (negativ)	1	2	3	4	5
obraz na projekční ploše - čáry vodorovně (pozitiv)	1	2	3	4	5
obraz na projekční ploše - čáry vodorovně (negativ)	1	2	3	4	5
obraz na projekční ploše - čáry svisle (pozitiv)	1	2	3	4	5
obraz na projekční ploše - čáry svisle (negativ)	1	2	3	4	5

4 OMEZENÍ VYUŽITÍ DIGITÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ VE VÝUCE - ZHODNOCENÍ OMEZUJÍCÍCH PŘENOSOVÝCH PODMÍNEK

V dnešní době se neustále zvyšují nároky na multimediální podporu výuky a s tím spojenou digitalizaci školství. Efektivní využití tak velkého množství informačních technologií v praxi však bývá stěžejně zvládnutelné. Pedagogické výzkumné projekty zaměřené na efektivitu vzdělávání, kvalitu školy či management kvality zpravidla bývají bez objektivně popsanych vstupních podmínek, které mohou zásadním způsobem ovlivnit výsledky výzkumu [32].

V rámci projektu specifického výzkumu s názvem Omezující přenosové podmínky digitálních technologií v učebnách základních a středních škol a systematické možnosti jejich zlepšení jsme měřili základní akustické parametry, charakterizující přenosové vlastnosti učeben (dobu dozvuku, index přenosu řeči STIPA a z něho odvozenou srozumitelnost CIS). V učebnách s instalovaným ozvučením byla změřena frekvenční přenosová charakteristika. Pro měření byl použit analyzátor NTi XL2 s kalibrovaným měřícím mikrofonem NTi M2210 (obr.19).



Obr.19 Měřicí souprava NTi [33]
analyzátor NTi XL2 s měřícím mikrofonem NTi M2210, generátor NTi Minirator MR-PRO
a referenční akustický zářič NTi TalkBox

Měření doby dozvuku bylo provedeno v oktávoých pásmech metodou přerušovaného růžového šumu v souladu s ČSN EN ISO 3382-2 [25]. Zdrojem šumového signálu byl generátor NTi Minirator MR-PRO (obr.19) s koaxiální budící jednotkou RCF NX10-SMA (obr.20).



Obr.20 Koaxiální budící jednotka RCF NX10-SMA [34]

Referenční hladina pro měření byla nastavena na úroveň $L_a = 110$ dB. Pro měření STIPA podle ČSN EN 60268-16 ed.2 [26], byl jako zdroj signálu použit referenční zářič NTi TalkBox (obr.19). V učebnách, kde bylo nainstalováno ozvučení, byla STIPA změřena také přes elektroakustický řetěz učebny. Ekvivalentní hladina akustického tlaku, podle rovnice (19), byla v souladu s normou nastavena na úroveň $L_{eq,T} = 70$ dB ve vzdálenosti 1 m od zdroje zvuku

$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \quad (19)$$

$p(t)$ je okamžitý akustický tlak v čase t , $T = t_2 - t_1$ udává délku časového intervalu, po který se určuje ekvivalentní hladina akustického tlaku, a p_0 je referenční akustický tlak (20 μ Pa). Ze zjištěných hodnot STIPA byla automaticky generována i hodnota srozumitelnosti CIS podle ČSN EN 60849 [35]. Vzhledem k relativně velkým omezením normované metody STIPA včetně její necitlivosti na omezení frekvenční charakteristiky nemohou být výsledky měření přímo srovnávány s reálnou srozumitelností, která by byla určena pomocí logatomických testů. Frekvenční charakteristika byla měřena bílým šumem metodou rychlé Fourierovy transformace (Fast Fourier Transform - FFT). Hladina akustického tlaku byla nastavena podle možností učebny na úroveň $L_a = 70-90$ dB. V první etapě projektu specifického výzkumu bylo podrobně zmapováno 26 učeben a dílčí výsledky byly publikovány na mezinárodní konferenci International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2016) [36].

Pro posouzení kvality optického přenosu byly použity objektivní i subjektivní metody. Ve sledovaných prostorech byla změřena osvětlenost projekční plochy za různých provozních podmínek a dále byla testována rozlišitelnost bodů, vodorovných a svislých čar v negativní i pozitivní verzi. Pro měření byl použit digitální luxmetr Voltcraft FX-101 (obr.21). Také dílčí výsledky měření optického přenosu byly publikovány na mezinárodní konferenci International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2016) [37].



Obr.21 Digitální luxmetr Voltcraft FX-101

4.1 Základní parametry a výsledky měření vybraných učeben

Vybrané základní parametry a výsledky měření učeben jsou uvedeny v tabulkách a grafech včetně hodnocení daných učeben. V přílohách jsou jednotlivé dílčí výsledky měření.

4.1.1 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 102

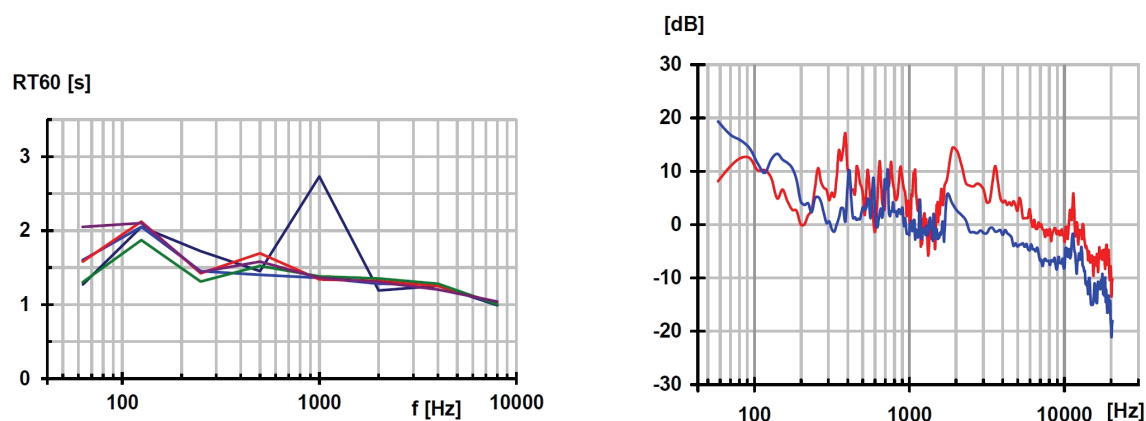
V učebně 102 o rozměrech $8,57 \times 7,33 \times 3,25$ m a objemu $204,16 \text{ m}^3$ (tab.16) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,81$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:5,08$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:34,11$.

Tab.16 Základní a změřené parametry učebny 102

Základní škola a Mateřská škola Pohádka (Mandysova)		
učebna	102	
datum měření	9. 8. 2016	
délka učebny	l	8,57 m
šířka učebny	b	7,33 m
výška učebny	h	3,25 m
objem učebny	V	$204,16 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,26 (U)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,51 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	41 % (U)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	71 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	104 Hz - 4,2 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	120 × 91 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:2,81
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:5,08
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:34,11
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:194,92
velikost kritického detailu	ϵ	1,17 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	2,57 mm

V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:194,92$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.60, příloha A).

Učebna 102 má průměrnou dobu dozvuku 1,5 s, u vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.22). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,51 při použití referenčního zářiče a naprosto nedostatečných 0,26 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.22). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.



Obr.22 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 102

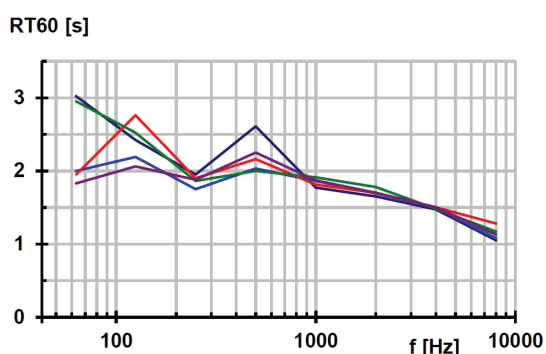
4.1.2 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 5.A

V učebně 5.A o rozměrech $8,75 \times 6,6 \times 3,27$ m a objemu $188,84 \text{ m}^3$ (tab.17) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,63$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:3,25$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:16,08$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:190,37$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu (obr.60, příloha A) ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení.

Učebna 5.A má v pásmu 60 Hz až 1 kHz dobu dozvuku 2 až 2,5 s, u vyšších frekvencí se doba dozvuku výrazně zkracuje (obr.23). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřená hodnota byla 0,43 při použití referenčního zářiče. Učebna byla bez ozvučovacího systému.

Tab.17 Základní a změřené parametry učebny 5.A

Základní škola a Mateřská škola Pohádka (Mandysova)		
učebna	5.A	
datum měření	9. 8. 2016	
délka učebny	l	8,75 m
šířka učebny	b	6,6 m
výška učebny	h	3,27 m
objem učebny	V	188,84 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	neměřeno
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,43 (I)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	neměřeno
srozumitelnost - TalkBox	CIS	64 % (I)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	neměřeno
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	180 × 110 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,63
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:3,25
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:16,08
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:190,37
velikost kritického detailu	ε	1,40 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,63 mm



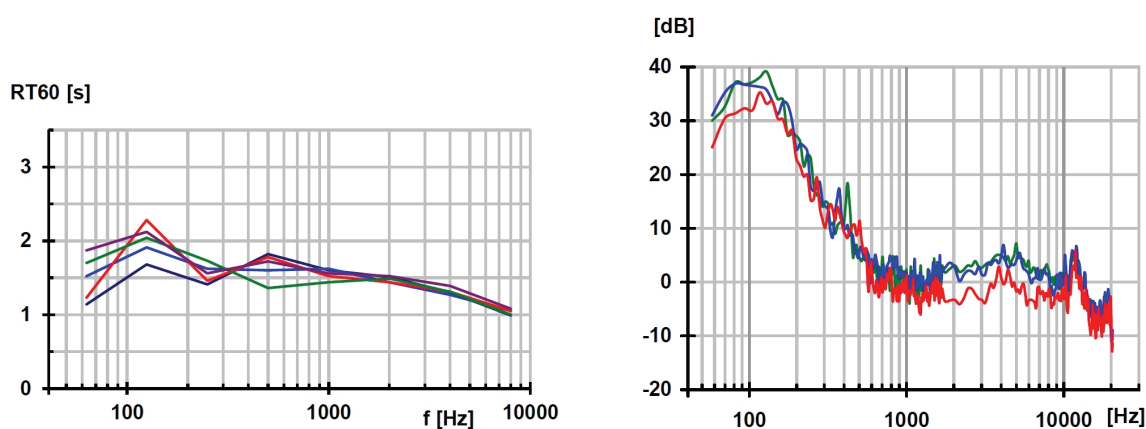
Obr.23 Doba dozvuku učebny 5.A

4.1.3 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 202

V učebně 202 o rozměrech $8,4 \times 7,34 \times 3,26$ m a objemu $200,99 \text{ m}^3$ (tab.18) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,07$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,71$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:36,27$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:173,54$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje velmi dobré hodnocení (obr.60, příloha A).

Tab.18 Základní a změřené parametry učebny 202

Základní škola a Mateřská škola Pohádka (Mandysova)		
učebna	202	
datum měření	9. 8. 2016	
délka učebny	l	8,4 m
šířka učebny	b	7,34 m
výška učebny	h	3,26 m
objem učebny	V	200,99 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,27 (U)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,49 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	44 % (U)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	69 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	69 Hz - 14,5 kHz
rozlíšení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	180 × 110 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:2,07
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:4,71
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:36,27
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:173,54
velikost kritického detailu	ε	1,40 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,52 mm



Obr.24 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 202

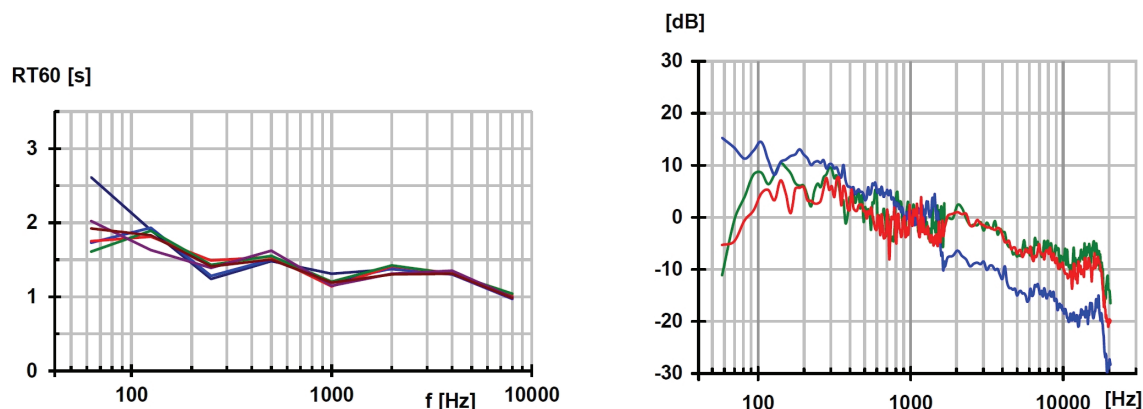
Učebna 202 má dobu dozvuku kolem 1,5 s, u vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.24). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,49 při použití referenčního zřídla a naprosto nedostatečných 0,27 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na středních a vyšších frekvencích (obr.24). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.4 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 205

V učebně 205 o rozměrech $8,75 \times 7,32 \times 3,29$ m a objemu $210,72 \text{ m}^3$ (tab.19) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,90$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,49$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:32,40$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:63,79$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.60, příloha A).

Tab.19 Základní a změřené parametry učebny 205

Základní škola a Mateřská škola Pohádka (Mandysova)		
učebna	205	
datum měření	9. 8. 2016	
délka učebny	l	8,75 m
šířka učebny	b	7,32 m
výška učebny	h	3,29 m
objem učebny	V	$210,72 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,52 (F)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,57 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	72 % (F)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	75 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	175 Hz - 2,4 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	157 × 117 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,90
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:4,49
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:32,40
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:63,79
velikost kritického detailu	ϵ	1,53 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	2,63 mm



Obr.25 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 205

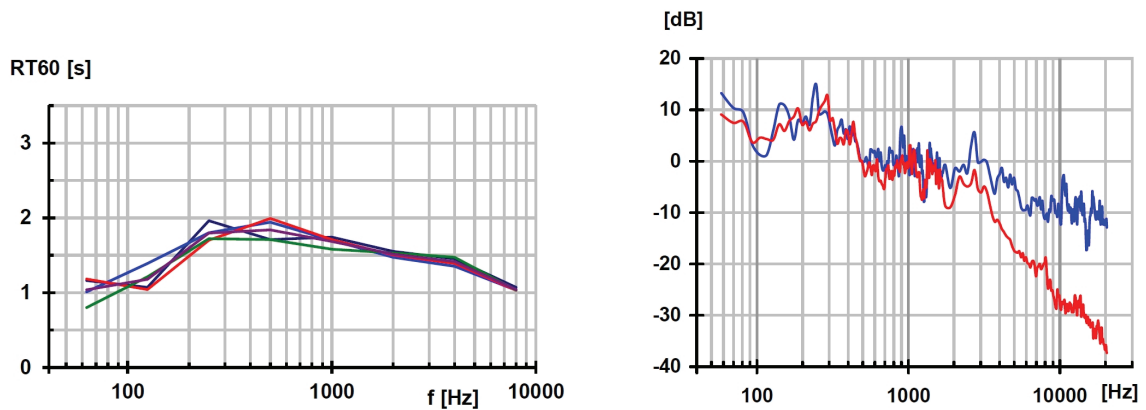
Učebna 205 má průměrnou dobu dozvuku kolem 1,5 s, na nižších frekvencích dosahuje doba dozvuku 2 s, u vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.25). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou pod spodní hranicí normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,57 při použití referenčního zářiče a 0,52 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.25). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.5 Gymnázium J. K. Tyla - učebna Š 215

V učebně Š 215 o rozměrech 6,55 × 6,51 × 3,68 m a objemu 156,92 m³ (tab.20) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,75$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,89$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:3,50$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:19,31$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2 × 2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.61, příloha A).

Tab.20 Základní a změřené parametry učebny Š 215

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	Š 215	
datum měření	15. 8. 2016	
délka učebny	l	6,55 m
šířka učebny	b	6,51 m
výška učebny	h	3,68 m
objem učebny	V	156,92 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,19 (U)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,48 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	28 % (U)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	72 % (F)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	151 Hz - 3,15 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	240 × 230 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,75
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:4,89
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:3,50
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:19,31
velikost kritického detailu	ϵ	1,88 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	1,97 mm



Obr.26 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny Š 215

Učebna Š 215 má atypický průběh doby dozvuku. V pásmu 200 Hz až 4 kHz je doba dozvuku 1-1,5 s. Na frekvencích pod 200 Hz klesá na 1 s, stejně jako u vyšších frekvencí (obr.26). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,48 při použití referenčního zářiče a naprosto nedostatečných 0,19 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.26). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující směrovou a frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

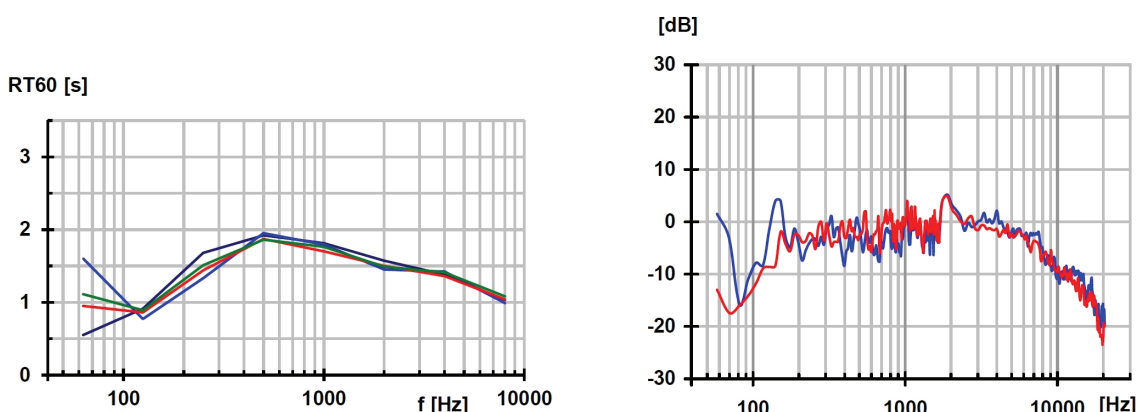
4.1.6 Gymnázium J. K. Tyla - učebna D 214

V učebně D 214 o rozměrech $5,79 \times 6,5 \times 3,66$ m a objemu $137,74 \text{ m}^3$ (tab.21) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,94$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:7,95$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:3,31$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:23,97$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné a průměrné hodnocení (obr.61, příloha A).

Učebna D 214 má atypický průběh doby dozvuku. Doba dozvuku je cca 1 s na frekvencích 60-150 Hz, 1,5-2 s na středních frekvencích s mírným zkrácením na vyšších frekvencích (obr.27). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,47 při použití referenčního zářiče a nedostatečných 0,43 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je celkem vyrovnaná frekvenční charakteristika s určitým poklesem vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.27). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.21 Základní a změřené parametry učebny D 214

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	D 214	
datum měření	15. 8. 2016	
délka učebny	l	5,79 m
šířka učebny	b	6,5 m
výška učebny	h	3,66 m
objem učebny	V	137,74 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,43 (I)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,47 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	63 % (I)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	68 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	112 Hz - 6,25 kHz
rozdílení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	194 × 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,94
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:7,95
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:3,31
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:23,97
velikost kritického detailu	ε	1,52 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	1,74 mm



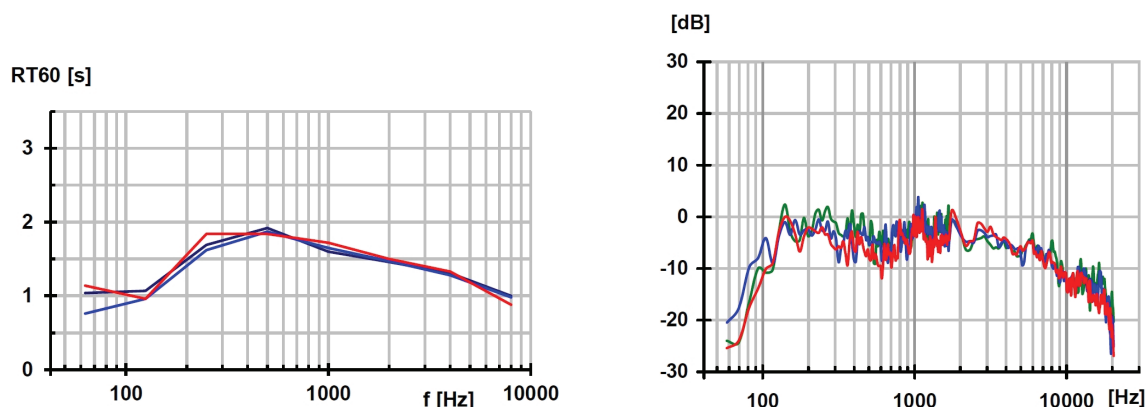
Obr.27 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny D 214

4.1.7 Gymnázium J. K. Tyla - učebna Z 213

V učebně Z 213 o rozměrech 5,5 × 6,51 × 3,66 m a objemu 131,05 m³ (tab.22) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty k_D = 1:1,57. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:3,66. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:2,29. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:5,42. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2 × 2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje velmi dobré hodnocení (obr.61, příloha A).

Tab.22 Základní a změřené parametry učebny Z 213

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	Z 213	
datum měření	15. 8. 2016	
délka učebny	l	5,5 m
šířka učebny	b	6,51 m
výška učebny	h	3,66 m
objem učebny	V	131,05 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,50 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,45 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	70 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	66 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	105 Hz - 6,1 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	194 × 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,57
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:3,66
provozní kontrast (zatmění)	k _Z	1:2,29
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:5,42
velikost kritického detailu	ε	1,52 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	1,65 mm



Obr.28 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny Z 213

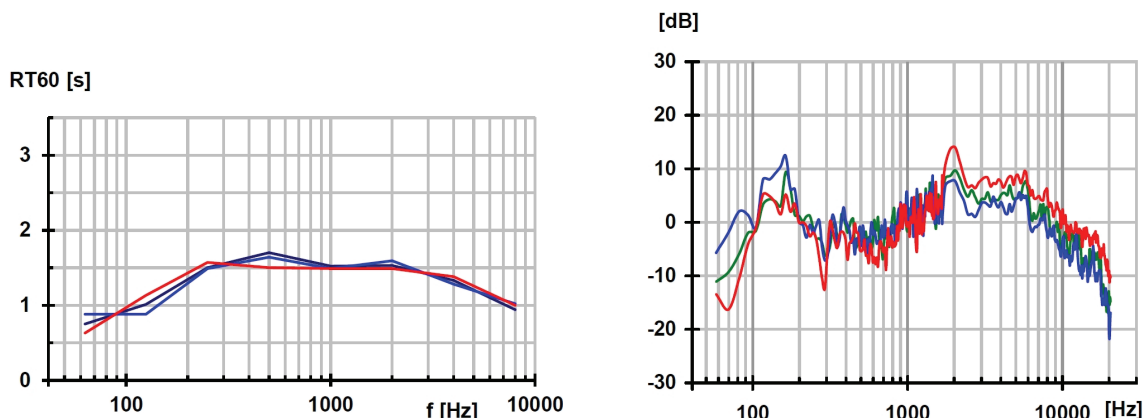
Učebna Z 213 má atypický průběh doby dozvuku. Doba dozvuku je cca 1 s na frekvencích 60-150 Hz, 1,5-2 s na středních frekvencích s mírným zkrácením na vyšších frekvencích (obr.28). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úroveň normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,45 při použití referenčního zářiče a 0,50 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je celkem vyrovnaná frekvenční charakteristika s určitým poklesem vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.28). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.8 Gymnázium J. K. Tyla - učebna A 212

V učebně A 212 o rozměrech $5,69 \times 6,5 \times 3,66$ m a objemu $135,37 \text{ m}^3$ (tab.23) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,41$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:2,93$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:2,11$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:25,60$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky při velikosti detailu 4×4 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.61, příloha A).

Tab.23 Základní a změřené parametry učebny A 212

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	A 212	
datum měření	15. 8. 2016	
délka učebny	l	5,69 m
šířka učebny	b	6,5 m
výška učebny	h	3,66 m
objem učebny	V	$135,37 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,51 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,47 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	71 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	66 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	90 Hz - 8,6 kHz
rozlíšení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	$b \times h$	240 × 230 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,41
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:2,93
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:2,11
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:25,60
velikost kritického detailu	ϵ	1,88 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	1,71 mm



Obr.29 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny A 212

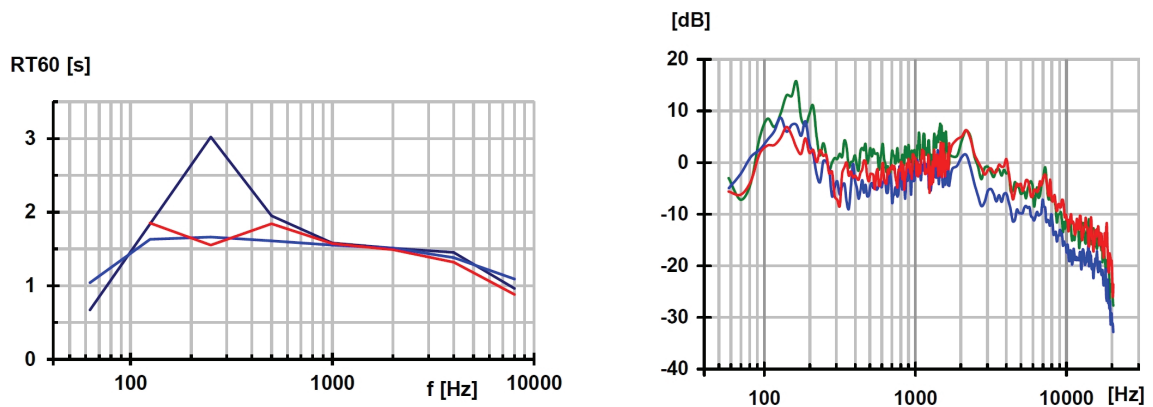
Učebna A 212 vyrovnanou dobu dozvuku v pásmu 200 Hz až 3 kHz (1,5 s), směrem k nižším a vyšším frekvencím se doba dozvuku zkracuje na 1 s (obr.29). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,47 při použití referenčního zářiče a 0,51 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.29). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.9 Gymnázium J. K. Tyla - učebna A 211

V učebně A 211 o rozměrech $5,88 \times 6,5 \times 3,68$ m a objemu $140,65 \text{ m}^3$ (tab.24) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,77$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,60$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:3,17$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:10,76$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.61, příloha A).

Tab.24 Základní a změřené parametry učebny A 211

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	A 211	
datum měření	15. 8. 2016	
délka učebny	l	5,88 m
šířka učebny	b	6,5 m
výška učebny	h	3,68 m
objem učebny	V	$140,65 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,51 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,48 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	71 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	68 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	80 Hz - 4,1 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 \times 800 px
rozměr obrazu	b \times h	240 \times 230 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,77
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,60
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:3,17
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:10,76
velikost kritického detailu	ϵ	1,88 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	1,76 mm



Obr.30 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny A 211

Učebna A 211 má dobu dozvuku kolem 1,5 s, na nižších a vyšších frekvencích se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.30). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,48 při použití referenčního zářiče a 0,51 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.30). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

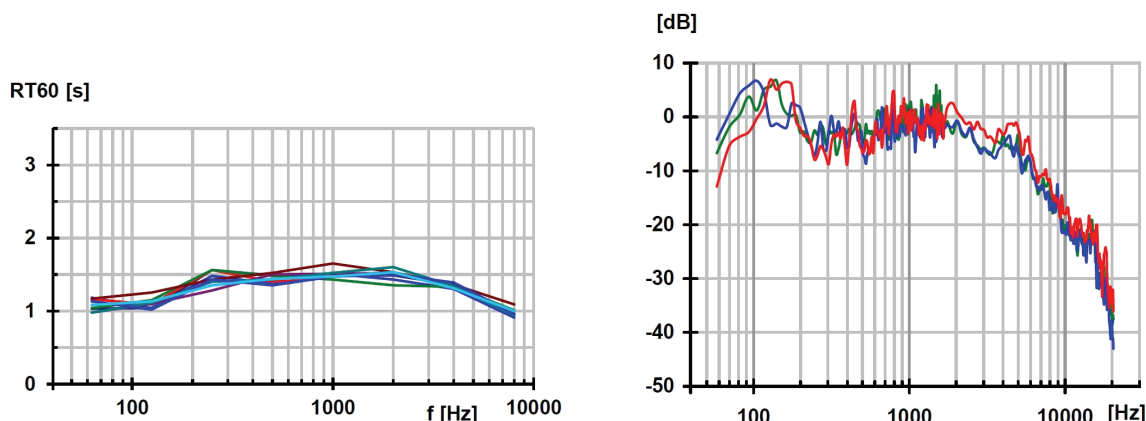
4.1.10 Gymnázium J. K. Tyla - učebna F 417

V učebně F 417 o rozměrech $12,21 \times 6,66 \times 3,78$ m a objemu $307,38 \text{ m}^3$ (tab.25) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:5,95$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:3,94$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:13,81$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:28,21$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.61, příloha A).

Učebna F 417 má v celém prostoru vyrovnanou dobu dozvuku 1,5 s, na nižších a vyšších frekvencích se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.31). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,50 při použití referenčního zářiče a 0,49 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.31). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.25 Základní a změřené parametry učebny F 417

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	F 417	
datum měření	16. 8. 2016	
délka učebny	l	12,21 m
šířka učebny	b	6,66 m
výška učebny	h	3,78 m
objem učebny	V	307,38 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,49 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,50 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	69 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	70 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	80 Hz - 3,4 kHz
rozdílení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	300 × 220 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:5,95
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:3,94
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:13,81
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:28,21
velikost kritického detailu	ε	2,34 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	3,66 mm



Obr.31 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny F 417

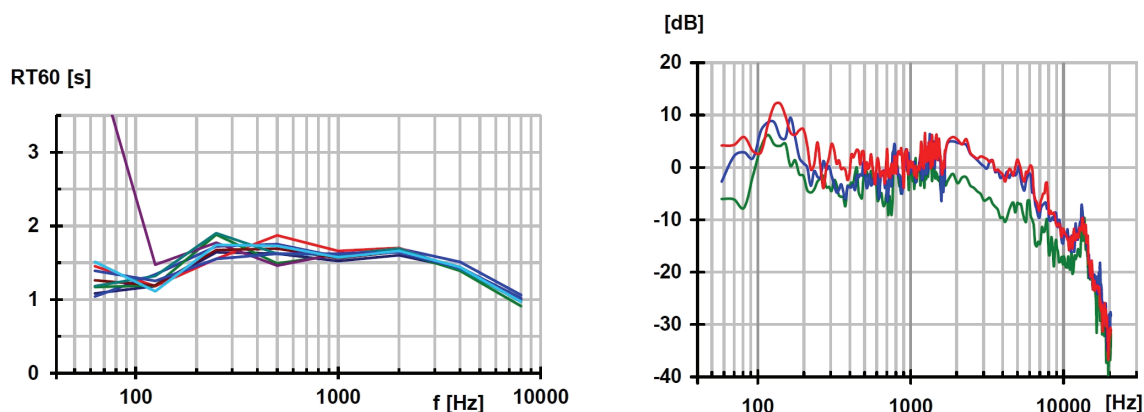
4.1.11 Gymnázium J. K. Tyla - učebna E 416

V učebně E 416 o rozměrech 12,31 × 7,15 × 3,64 m a objemu 320,38 m³ (tab.26) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,18$. Vzhledem k tomu, že učebna nebyla vybavena zatemněním, jsou následující výsledky pouze orientační. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,16$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v přitemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:1,37$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:1,37$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky při velikosti detailu 4 × 4 pixelů. V celkovém

subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení (obr.61, příloha A).

Tab.26 Základní a změřené parametry učebny E 416

Gymnázium J.K. Tyla		
učebna	E 416	
datum měření	16. 8. 2016	
délka učebny	l	12,31 m
šířka učebny	b	7,15 m
výška učebny	h	3,64 m
objem učebny	V	320,38 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,48 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,49 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	68 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	69 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	75 Hz - 2,7 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	300 × 220 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,18
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,16
provozní kontrast (zatmění)	k _Z	1:1,37
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:1,37
velikost kritického detailu	ε	2,34 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	3,69 mm



Obr.32 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 416

Učebna E 416 má dobu dozvuku kolem 1,5 s, na nižších a vyšších frekvencích se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.32). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,49 při použití referenčního zariadení a 0,48 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.32). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací sys-

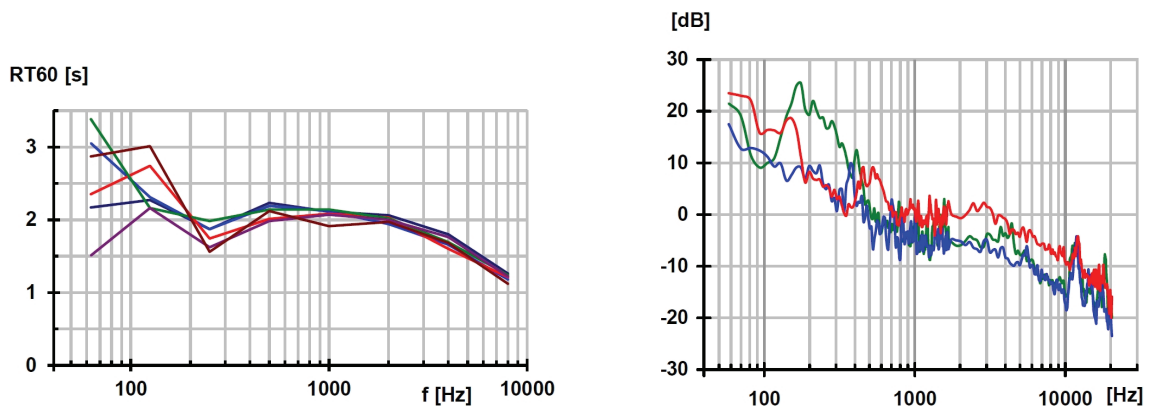
tém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.12 Základní škola Pohádka (Mandysova) - učebna 203

V učebně 203 o rozměrech $8,76 \times 7,15 \times 3,25$ m a objemu $203,56 \text{ m}^3$ (tab.27) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,26$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,96$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:8,45$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:46,10$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.60, příloha A).

Tab.27 Základní a změřené parametry učebny 203

Základní škola a Mateřská škola Pohádka (Mandysova)		
učebna	203	
datum měření	23. 8. 2016	
délka učebny	l	8,76 m
šířka učebny	b	7,15 m
výška učebny	h	3,25 m
objem učebny	V	$203,56 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,36 (U)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,44 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	56 % (U)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	65 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	116 Hz - 5,5 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 \times 800 px
rozměr obrazu	$b \times h$	300 \times 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,26
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,96
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:8,45
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:46,10
velikost kritického detailu	ϵ	2,34 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	2,63 mm



Obr.33 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 203

Učebna 203 má dlouhou dobu dozvuku na nízkých frekvencích (až 3 s), na středních frekvencích je průběh doby dozvuku ustálen kolem 2 s, na vyšších frekvencích se doba dozvuku zkracuje (obr.33). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,44 při použití referenčního zářiče a nedostatečných 0,36 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.33). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

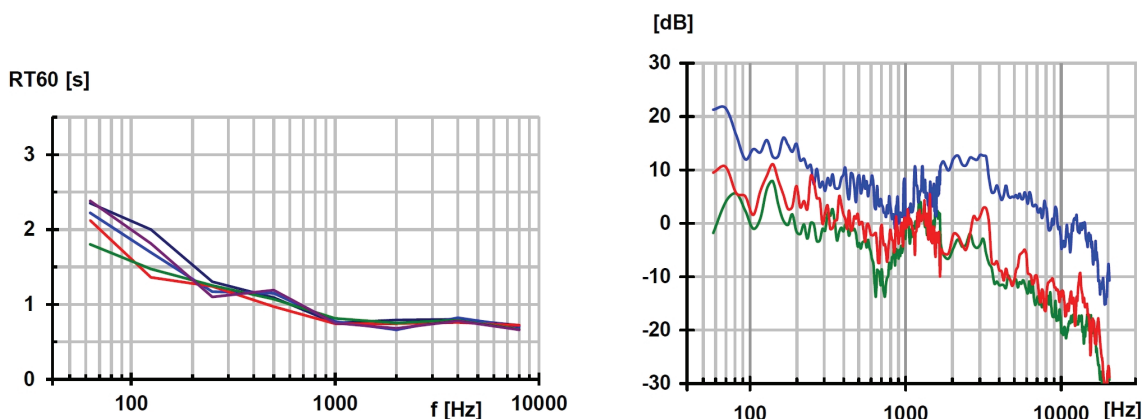
4.1.13 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 029

V učebně 029 o rozměrech $9,85 \times 5,44 \times 2,41$ m a objemu $129,14 \text{ m}^3$ (tab.28) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:5,37$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,33$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:24,39$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:56,77$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na podprůměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).

Učebna 029 má v pásmu 200 Hz až 8 kHz dobu dozvuku v rozmezí 750-1 250 ms. Na nízkých frekvencích doba dozvuku dosahuje 2 s (obr.34). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou na spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,61 při použití referenčního zářiče a 0,58 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.34). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.28 Základní a změřené parametry učebny 029

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	029	
datum měření	29. 8. 2016	
délka učebny	l	9,85 m
šířka učebny	b	5,44 m
výška učebny	h	2,41 m
objem učebny	V	129,14 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,58 (E)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,61 (D)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	77 % (E)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	79 % (D)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	93 Hz - 8 kHz
rozdílení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	180 × 180 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:5,37
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,33
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:24,39
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:56,77
velikost kritického detailu	ε	1,76 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,96 mm



Obr.34 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 029

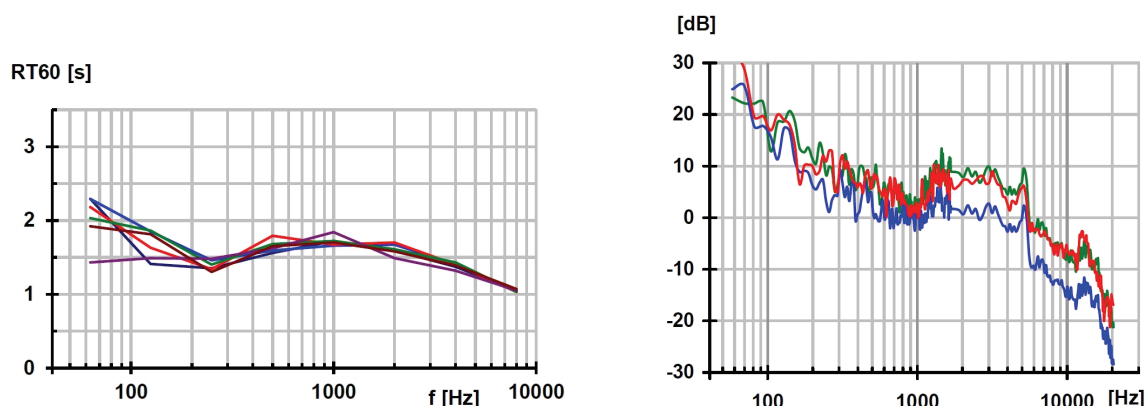
4.1.14 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 014

V učebně 014 o rozměrech $9,41 \times 5,8 \times 2,99$ m a objemu $163,19 \text{ m}^3$ (tab.29) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:3,10$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:2,21$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:9,76$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:29,27$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).

Učebna 014 má dobu dozvuku kolem 1,5 s, na nižších frekvencích dosahuje doba dozvuku až 2 s na vyšších frekvencích klesá na 1 s (obr.35). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,47 při použití referenčního zářiče a 0,46 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.35). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.29 Základní a změřené parametry učebny 014

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	014	
datum měření	29. 8. 2016	
délka učebny	l	9,41 m
šířka učebny	b	5,8 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	163,19 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,46 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,47 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	66 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	67 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	160 Hz - 5,4 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	b × h	200 × 142 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:3,10
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:2,21
provozní kontrast (zatmění)	k_Z	1:9,76
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:29,27
velikost kritického detailu	ϵ	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,82 mm



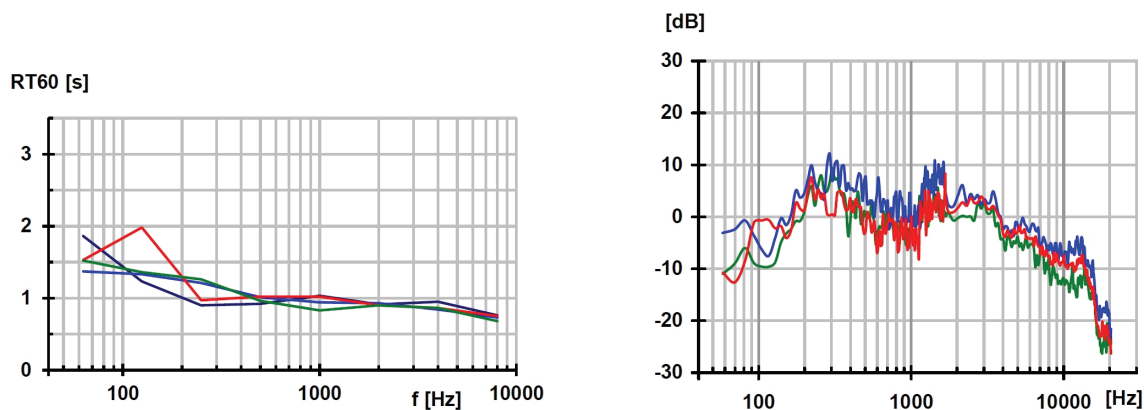
Obr.35 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 014

4.1.15 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 015

V učebně 015 o rozměrech $6,58 \times 5,81 \times 2,91$ m a objemu $111,25 \text{ m}^3$ (tab.30) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:3,30$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,74$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:5,07$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:31,67$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).

Tab.30 Základní a změřené parametry učebny 015

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	015	
datum měření	29. 8. 2016	
délka učebny	l	6,58 m
šířka učebny	b	5,81 m
výška učebny	h	2,91 m
objem učebny	V	$111,25 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,58 (E)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,57 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	76 % (E)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	75 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	160 Hz - 7,3 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	$b \times h$	200 × 142 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:3,30
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,74
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:5,07
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:31,67
velikost kritického detailu	ϵ	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	1,97 mm



Obr.36 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 015

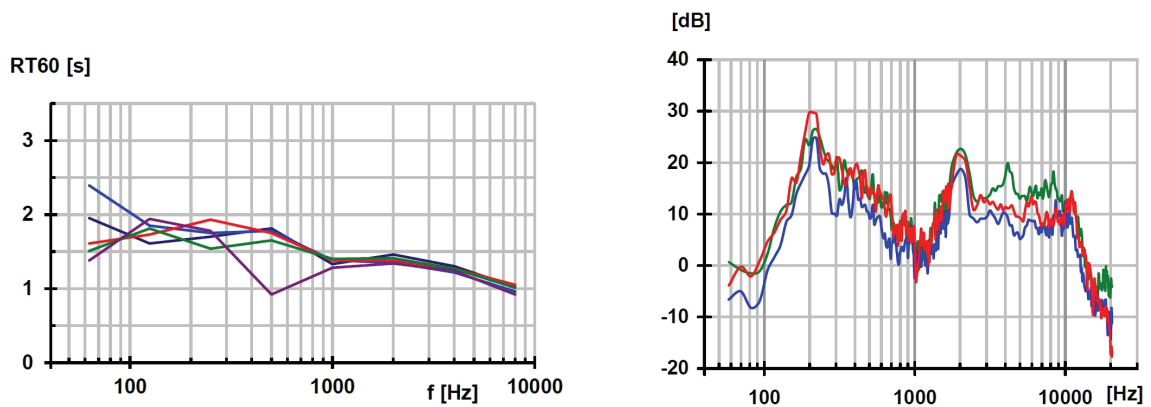
Učebna 015 má krátkou dobu dozvuku (kolem 1 s), na nižších frekvencích doba dozvuku mírně roste (obr.36). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou lehce pod spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,57 při použití referenčního zářiče a 0,58 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.36). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.16 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 409

V učebně 409 o rozměrech $9,83 \times 3,56 \times 2,98$ m a objemu $104,28 \text{ m}^3$ (tab.31) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,61$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,82$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:8,58$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:30,57$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.62, příloha A).

Tab.31 Základní a změřené parametry učebny 409

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	409	
datum měření	29. 8. 2016	
délka učebny	l	9,83 m
šířka učebny	b	3,56 m
výška učebny	h	2,98 m
objem učebny	V	$104,28 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,49 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,52 (F)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	69 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	72 % (F)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	186 Hz - 13,7 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	FHD 1920×1080 px
rozměr obrazu	$b \times h$	200×130 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,61
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,82
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:8,58
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:30,57
velikost kritického detailu	ϵ	1,04 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,95 mm



Obr.37 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 409

Učebna 409 má dobu dozvuku kolem 1,5 s na nízkých a nižších středních frekvencích, u vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.37). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,52 při použití referenčního zářiče a 0,49 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výrazným rozdílům v hladinách akustického tlaku. Na středních frekvencích dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu, na vyšších středních frekvencích dochází k nárůstu a následně ke strmému poklesu vyzářeného výkonu na vysokých frekvencích (obr.37). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

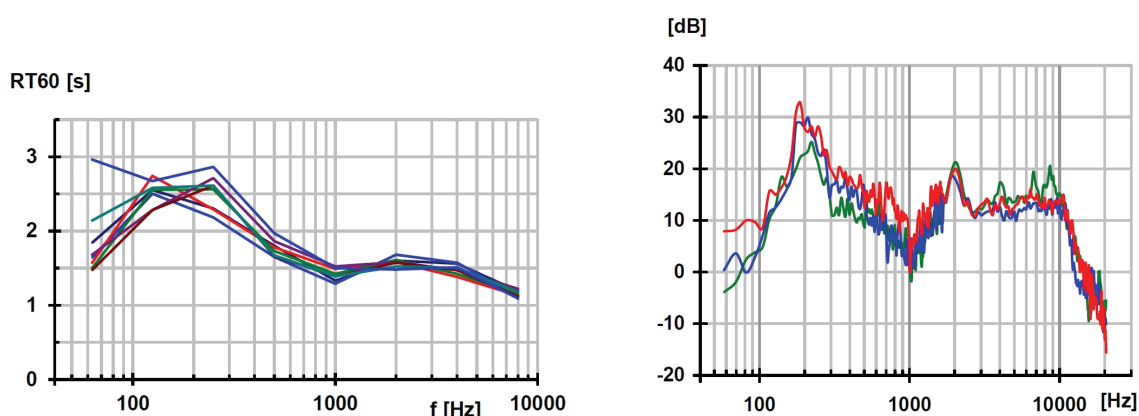
4.1.17 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 407

V učebně 407 o rozměrech $9,98 \times 5,86 \times 2,99$ m a objemu $174,86 \text{ m}^3$ (tab.32) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,48$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,43$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:2,47$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:6,98$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.62, příloha A).

Učebna 407 má v pásmu do 500 Hz dlouhou dobu dozvuku (až 2,5 s), u středních a vyšších frekvencí se doba dozvuku zkracuje až na hodnotu 1,5 s (obr.38). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,47 při použití referenčního zářiče a 0,44 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výrazným rozdílům v hladinách akustického tlaku. Na středních frekvencích dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu, na vyšších frekvencích dochází k nárůstu a opětovnému poklesu vyzářeného výkonu (obr.38). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.32 Základní a změřené parametry učebny 407

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	407	
datum měření	29. 8. 2016	
délka učebny	l	9,98 m
šířka učebny	b	5,86 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	174,86 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,44 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,47 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	65 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	68 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	175 Hz - 12,3 kHz
rozlíšení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	FHD 1920 × 1080 px
rozměr obrazu	b × h	200 × 130 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,48
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,43
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:2,47
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:6,98
velikost kritického detailu	ε	1,04 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,99 mm



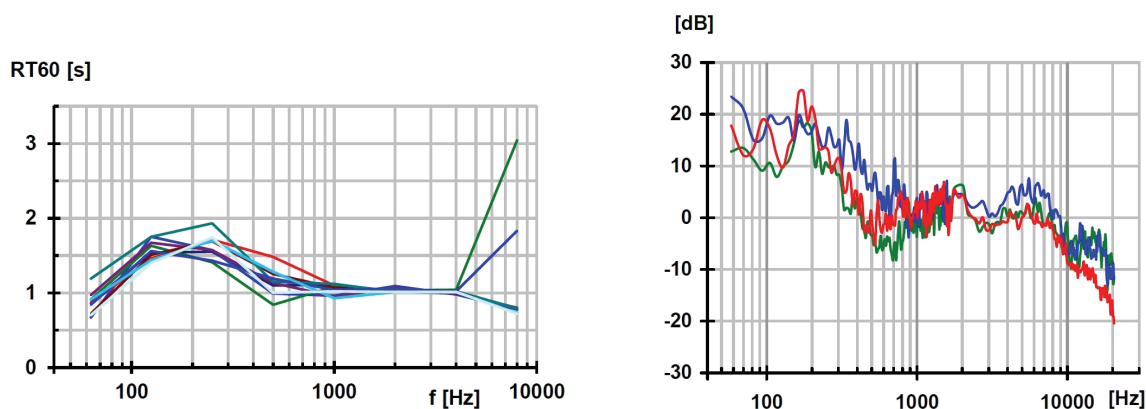
Obr.38 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 407

4.1.18 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - aula 515

V aule 515 o rozměrech 14,76 × 11,91 × 2,99 m a objemu 525,62 m³ (tab.33) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:6,71$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:8,29$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:24,55$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:28,67$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).

Tab.33 Základní a změřené parametry auly 515

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	aula 515	
datum měření	30. 8. 2016	
délka učebny	l	14,76 m
šířka učebny	b	11,91 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	525,62 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,52 (F)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,58 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	72 % (F)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	76 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	160 Hz - 8,2 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	FHD 1920 × 1080 px
rozměr obrazu (interaktivní tabule)	b × h	225 × 132 cm
rozměr obrazu (plátno)	b × h	204 × 154 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:6,71
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:8,29
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:24,55
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:28,67
velikost kritického detailu (IWB)	ε	1,17 mm
velikost kritického detailu (plátno)	ε	1,06 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	4,43 mm



Obr.39 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky auly 515

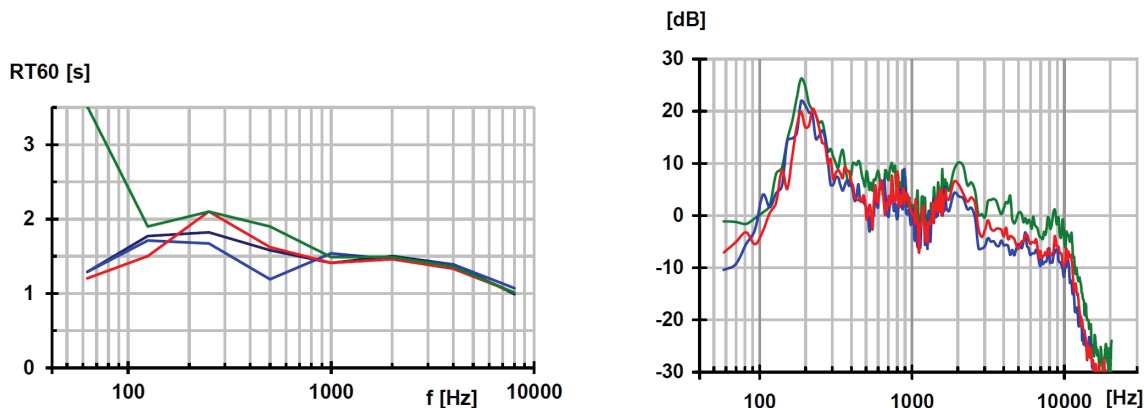
Aula 515 má dobu dozvuku kolem 1,5 s na nižších frekvencích, se zkrácením až na 1 s na nízkých, středních a vyšších frekvencích (obr.39). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,58 při použití referenčního zářiče a 0,52 v rámci ozvučovacího systému učebny. V aule dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.39). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.19 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 505

V učebně 505 o rozměrech $6,59 \times 5,81 \times 2,99$ m a objemu $114,48 \text{ m}^3$ (tab.34) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,44$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,58$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:5,17$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:15,19$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné hodnocení (obr.62, příloha A).

Tab.34 Základní a změřené parametry učebny 505

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	505	
datum měření	30. 8. 2016	
délka učebny	l	6,59 m
šířka učebny	b	5,81 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	$114,48 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,46 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,50 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	66 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	70 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	180 Hz - 5,4 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	FHD 1920×1080 px
rozměr obrazu	$b \times h$	200×130 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:2,44
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,58
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:5,17
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:15,19
velikost kritického detailu	ϵ	1,04 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	1,98 mm



Obr.40 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 505

Učebna 505 má dobu dozvuku 1,5 s, na nižších frekvencích doba dozvuku mírně roste, u vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje (obr.40). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,50 při použití referenčního zářiče a 0,46 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.40). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.20 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 507

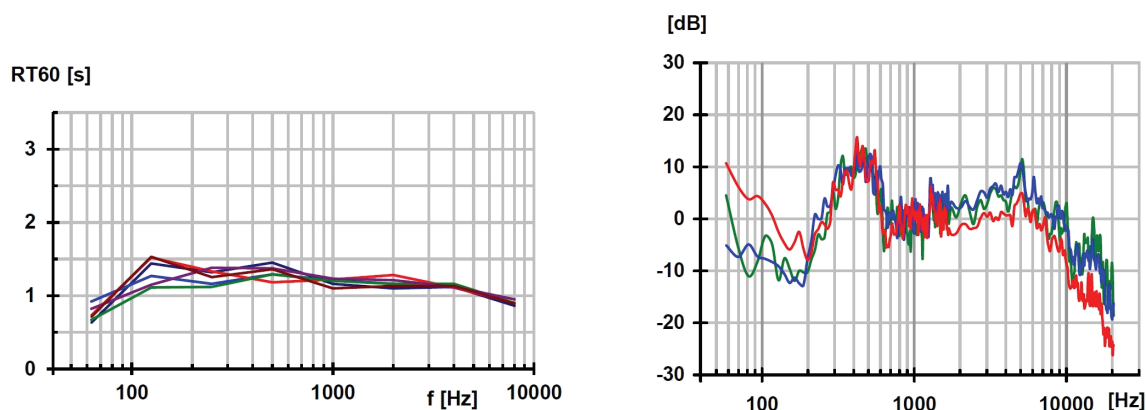
V učebně 507 o rozměrech $13,48 \times 4,05 \times 2,99$ m a objemu $163,24 \text{ m}^3$ (tab.35) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,08$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,97$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:2,66$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:7,56$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).

Tab.35 Základní a změřené parametry učebny 505

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	507	
datum měření	30. 8. 2016	
délka učebny	l	13,48 m
šířka učebny	b	4,05 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	$163,24 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,50 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,56 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	70 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	75 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	220 Hz - 7,3 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	FHD 1920×1080 px
rozměr obrazu	$b \times h$	150×120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:2,08
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,97
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:2,66
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:7,56
velikost kritického detailu	ϵ	0,78 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	4,04 mm

Učebna 507 má dobu dozvuku 1,2 s (obr.41). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípust-

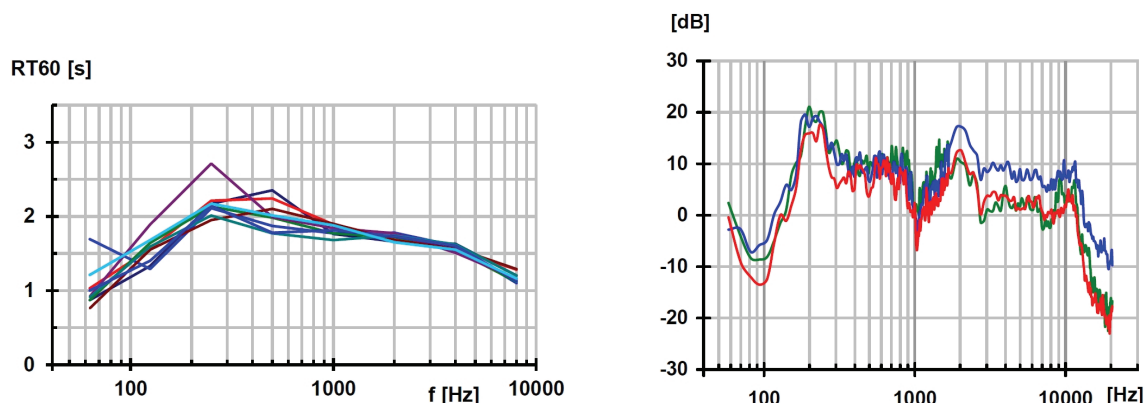
ný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,56 při použití referenčního zářiče a 0,50 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k určitému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.41). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.



Obr.41 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 507

4.1.21 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební) - učebna 506

V učebně 506 o rozměrech $13,05 \times 11,95 \times 3$ m a objemu $467,84 \text{ m}^3$ (tab.36) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,51$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,78$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:4,94$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:121,64$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.62, příloha A).



Obr.42 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 506

Učebna 506 má dobu dozvuku 1,5-2 s na nižších a středních frekvencích, u nízkých a vyšších frekvencí se doba dozvuku zkracuje (obr.42). Výsledky měření kvality přenosu

řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,46 při použití referenčního zářiče a 0,48 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k určitému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.42). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.36 Základní a změřené parametry učebny 506

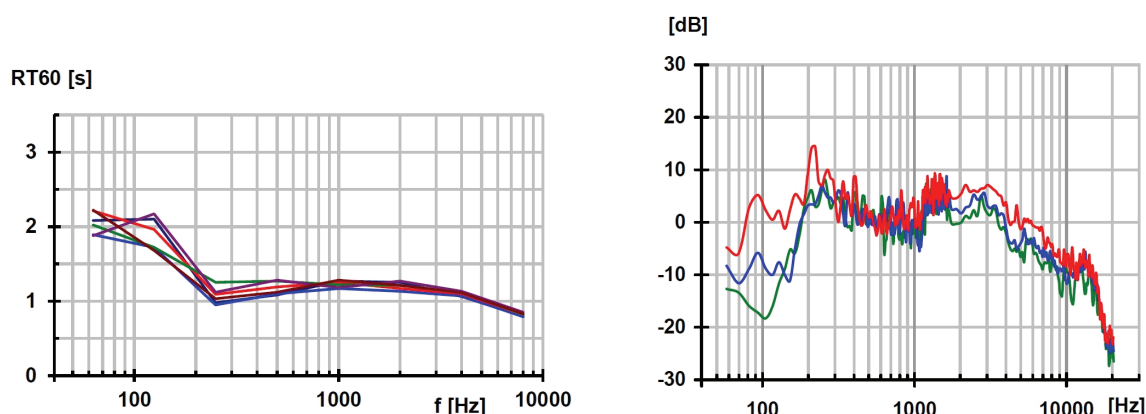
SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SOŠ Hradební)		
učebna	506	
datum měření	30. 8. 2016	
délka učebny	l	13,05 m
šířka učebny	b	11,95 m
výška učebny	h	3 m
objem učebny	V	467,84 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,48 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,46 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	68 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	66 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	163 Hz - 12,3 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	FHD 1920 × 1080 px
rozměr obrazu	b × h	196 × 125 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,51
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,78
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:4,94
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:121,64
velikost kritického detailu	ε	1,02 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	3,92 mm

4.1.22 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 3201

V učebně 3201 o rozměrech 9,31 × 6,82 × 3,33 m a objemu 211,44 m³ (tab.37) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty k_D = 1:1,32. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:2,61. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:3,29. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:9,16. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.63, příloha A).

Tab.37 Základní a změřené parametry učebny 3201

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická)		
učebna	3201	
datum měření	31. 8. 2016	
délka učebny	l	9,31 m
šířka učebny	b	6,82 m
výška učebny	h	3,33 m
objem učebny	V	211,44 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,52 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,52 (F)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	72 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	72 % (F)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	175 Hz - 4 kHz
rozdílení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	202 × 153 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,32
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:2,61
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:3,29
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:9,16
velikost kritického detailu	ε	1,97 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,79 mm



Obr.43 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 3201

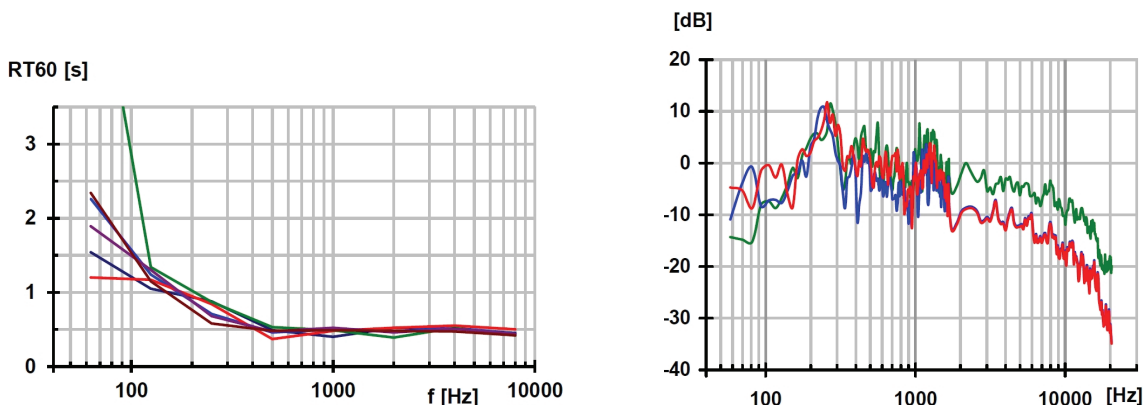
Učebna 3201 má na nízkých frekvencích dobu dozvuku 2 s, u středních a vyšších frekvencí se doba dozvuku výrazněji zkracuje na hodnotu kolem 1,2 s (obr.43). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,52 při použití referenčního zářiče a 0,52 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k relativně strmému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.43). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.23 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 4213

V učebně 4213 o rozměrech $11,75 \times 7,04 \times 3,07$ m a objemu $253,95 \text{ m}^3$ (tab.38) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,41$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,82$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:2,41$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:2,92$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky při velikosti detailu 4×4 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení (obr.63, příloha A).

Tab.38 Základní a změřené parametry učebny 4213

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická)		
učebna	4213	
datum měření	31. 8. 2016	
délka učebny	l	11,75 m
šířka učebny	b	7,04 m
výška učebny	h	3,07 m
objem učebny	V	$253,95 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,57 (E)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,71 (B)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	76 % (E)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	85 % (B)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	192 Hz - 12 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	200 × 150 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:1,41
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,82
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:2,41
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:2,92
velikost kritického detailu	ϵ	1,95 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	3,53 mm



Obr.44 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 4213

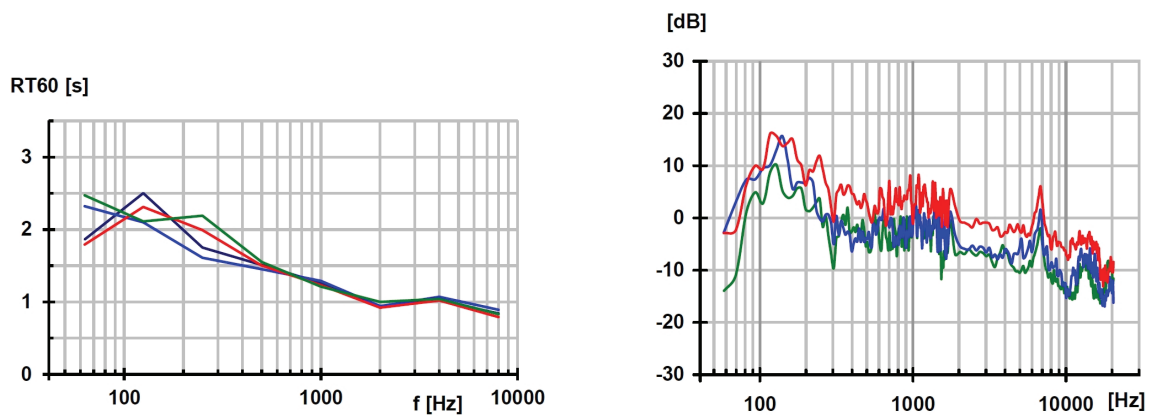
Učebna 4213 má na středních a vyšších frekvencích velice krátkou dobu dozvuku kolem 500 ms, na nízkých frekvencích doba dozvuku dosahuje 2 s (obr.44). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou při použití TalkBoxu v rozmezí normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,71 při použití referenčního zářiče a lehce pod hranicí 0,57 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.44). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.24 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2218 (A3)

V učebně 2218 (A3) o rozměrech $5,66 \times 6,66 \times 4,32$ m a objemu $162,84 \text{ m}^3$ (tab.39) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,68$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,49$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:4,83$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:15,05$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje výborné a velmi dobré hodnocení (obr.63, příloha A).

Tab.39 Základní a změřené parametry učebny 2218 (A3)

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická)		
učebna	2218 (A3)	
datum měření	31. 8. 2016	
délka učebny	l	5,66 m
šířka učebny	b	6,66 m
výška učebny	h	4,32 m
objem učebny	V	$162,84 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,49 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,54 (F)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	69 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	73 % (F)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	128 Hz - 3,5 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 \times 800 px
rozměr obrazu	$b \times h$	200 \times 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:2,68
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:4,49
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:4,83
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:15,05
velikost kritického detailu	ϵ	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	1,70 mm

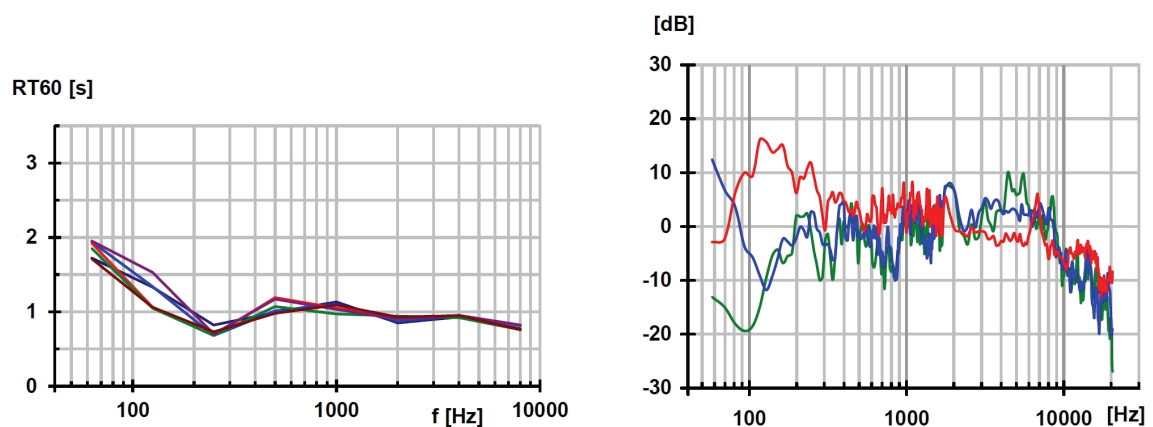


Obr.45 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2218 (A3)

Učebna 2218 (A3) má delší dobu dozvuku na nižších frekvencích (2 s), u středních a vyšších frekvencí se doba dozvuku výrazněji zkracuje na hodnotu kolem 1 s (obr.45). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,54 při použití referenčního zářiče a 0,49 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k postupnému poklesu vyzářeného výkonu směrem k vyšším frekvencím (obr.45). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.25 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2310

V učebně 2310 o rozměrech $8,37 \times 6,79 \times 2,93$ m a objemu $223,35 \text{ m}^3$ (tab.40) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:1,50$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,97$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:2,15$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:4,92$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky při velikosti detailu 4×4 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.63, příloha A).



Obr.46 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2310

Učebna 2310 má dobu dozvuku kolem 1 s, na nízkých frekvencích doba dozvuku dosahuje až 2 s (obr.46). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,59 při použití referenčního zářiče a 0,52 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází ke strmému poklesu vyzářeného výkonu na vysokých frekvencích (obr.46). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.40 Základní a změřené parametry učebny 2310

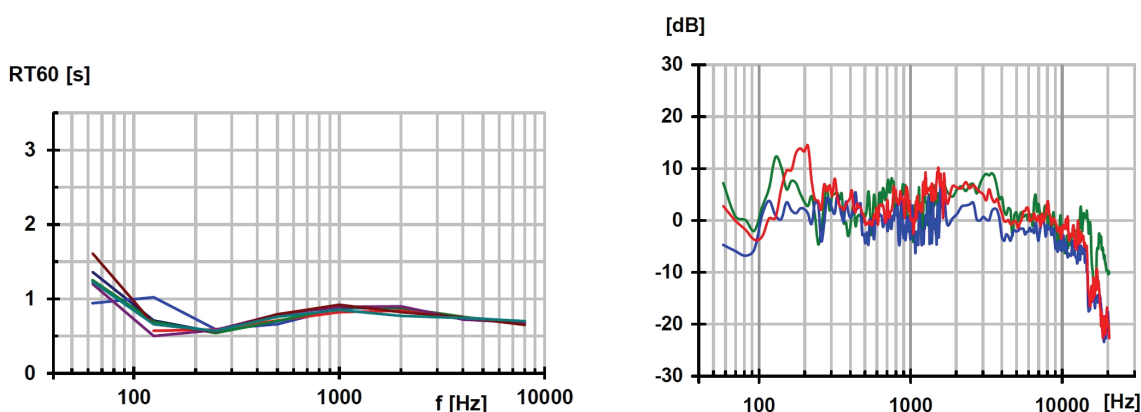
SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická)		
učebna	2310	
datum měření	31. 8. 2016	
délka učebny	l	8,37 m
šířka učebny	b	6,79 m
výška učebny	h	2,93 m
objem učebny	V	223,35 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,52 (F)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,59 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	72 % (F)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	77 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	140 Hz - 9,6 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	160 × 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,50
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,97
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:2,15
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:4,92
velikost kritického detailu	ε	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,51 mm

4.1.26 SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická) - učebna 2309

V učebně 2309 o rozměrech 9,16 × 8,6 × 3,94 m a objemu 310,38 m³ (tab.41) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty k_D = 1:1,27. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:1,73. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:3,55. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:35,67. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.63, příloha A).

Tab.41 Základní a změřené parametry učebny 2309

SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové (SPŠ Strojnická)		
učebna	2309	
datum měření	31. 8. 2016	
délka učebny	l	9,16 m
šířka učebny	b	8,6 m
výška učebny	h	3,94 m
objem učebny	V	310,38 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,64 (C)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,61 (D)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	81 % (C)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	78 % (D)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	140 Hz - 14,1 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	200 × 150 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:1,27
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,73
provozní kontrast (zatmění)	k _Z	1:3,55
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:35,67
velikost kritického detailu	ε	1,95 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,75 mm



Obr.47 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 2309

Učebna 2309 má v pásmu 120 Hz až 8 kHz dobu dozvuku 500-800 ms, na nízkých frekvencích se doba dozvuku prodlužuje až na 1,5 s (obr.47). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou na spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,61 při použití referenčního zářiče a 0,64 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je celkem vyrovnaná frekvenční charakteristika s mírným poklesem vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.47).

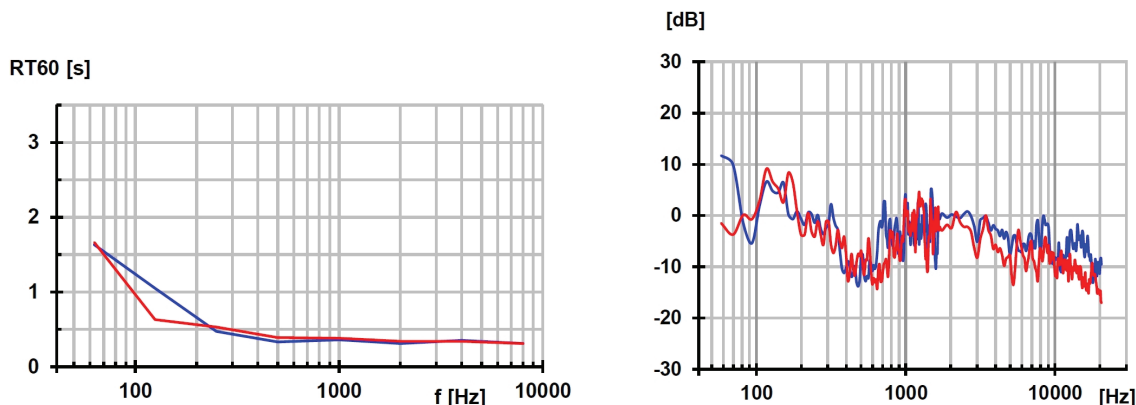
4.1.27 První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 14

V učebně E 14 tvaru L a rozměrech $5,8(4,12) \times 3,14(4,56) \times 2,8$ m a objemu $103,60 \text{ m}^3$ (tab.42) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:5,44$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:2,80$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:23,92$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:276,06$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.64, příloha A).

Tab.42 Základní a změřené parametry učebny E 14

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	E 14	
datum měření	20. 10. 2016	
délka učebny (1)	l	5,8 m
délka učebny (2)	l	4,12 m
šířka učebny (1)	b	3,14 m
šířka učebny (2)	b	4,56 m
výška učebny	h	2,8 m
objem učebny	V	$103,60 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,79 (A+)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,71 (B)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	90 % (A+)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	85 % (B)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	81 Hz - 5 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	160 × 126 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:5,44
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:2,80
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:23,92
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:276,06
velikost kritického detailu	ϵ	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	1,74 mm

Učebna E 14 má dobu dozvuku 500 ms. Na nízkých frekvencích se doba dozvuku prodlužuje až na 1,5 s (obr.48). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou na horní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,71 při použití referenčního zářiče a vynikajících 0,79 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je celkem vyrovnaná frekvenční charakteristika bez výrazné ztráty vyzařeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.48).



Obr.48 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 14

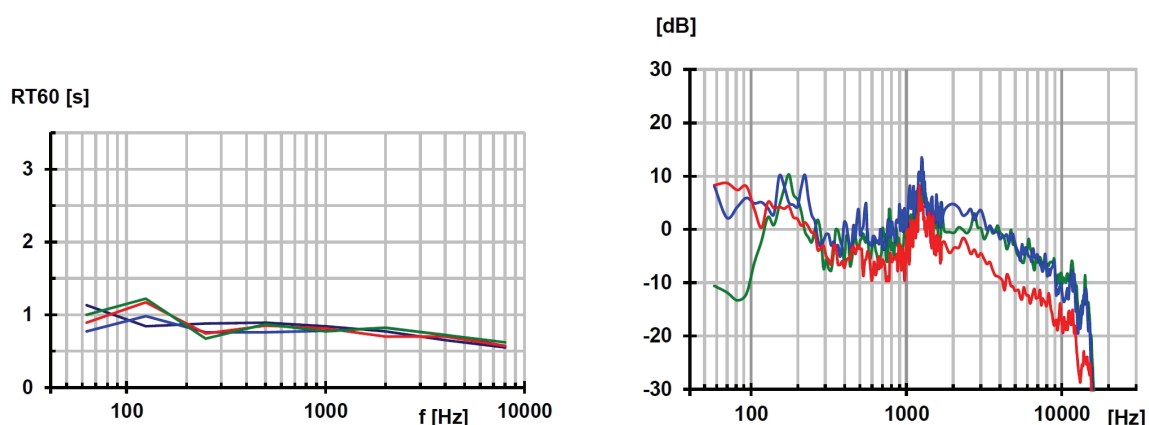
4.1.28 První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 15

V učebně E 15 o rozměrech $7,94 \times 5,92 \times 2,92$ m a objemu $137,25 \text{ m}^3$ (tab.43) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:4,33$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,53$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:9,66$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:23,05$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje velmi dobré hodnocení (obr.64, příloha A).

Tab.43 Základní a změřené parametry učebny E 15

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	E 15	
datum měření	20. 10. 2016	
délka učebny	l	7,94 m
šířka učebny	b	5,92 m
výška učebny	h	2,92 m
objem učebny	V	$137,25 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,62 (D)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,58 (E)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	79 % (D)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	76 % (E)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	116 Hz - 4,7 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024 \times 768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	150 \times 150 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:4,33
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,53
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:9,66
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:23,05
velikost kritického detailu	ϵ	1,46 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,38 mm

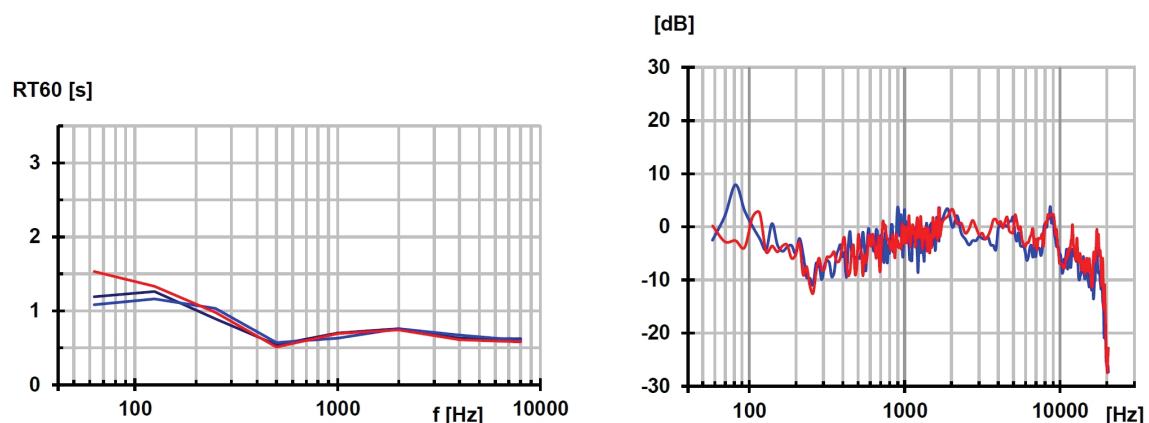
Učebna E 15 má krátkou a frekvenčně vyrovnanou dobu dozvuku pod 1 s, na vyšších frekvencích se doba dozvuku mírně zkracuje na hodnotu kolem 600 ms (obr.49). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou na spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,58 při použití referenčního zářiče a 0,62 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.49). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.



Obr.49 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 15

4.1.29 První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna 19 (Vaj)

V učebně 19 (Vaj) o rozměrech $3,99 \times 6,03 \times 2,85$ m a objemu $68,57 \text{ m}^3$ (tab.44) nebyla instalovaná projekce. Učebna má krátkou dobu dozvuku (500-700 ms) na středních a vyšších frekvencích. Směrem k nízkým frekvencím se doba dozvuku prodlužuje na 1,25 s (obr.50). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou lehce nad spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,62 při použití referenčního zářiče a 0,68 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je vyrovnaná frekvenční charakteristika bez ztráty vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.50).



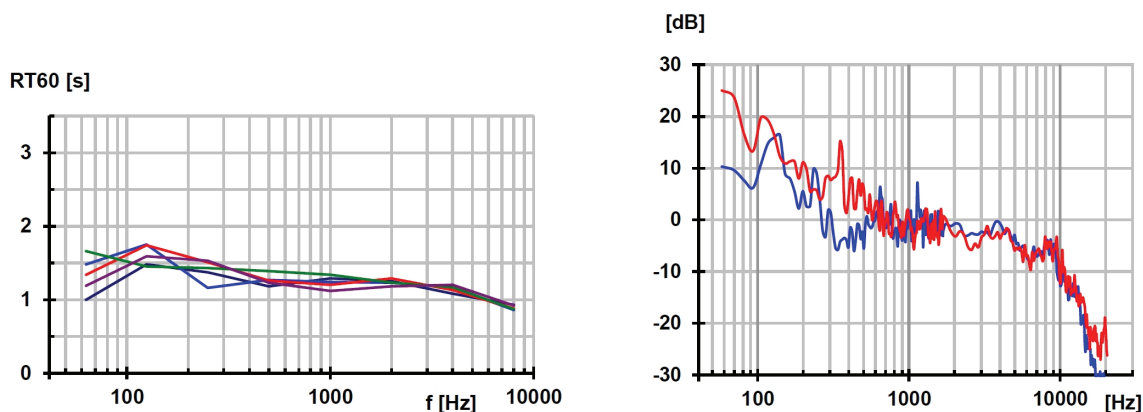
Obr.50 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 14

Tab.44 Základní a změřené parametry učebny 19 (Vaj)

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	19 (Vaj)	
datum měření	20. 10. 2016	
délka učebny	l	3,99 m
šířka učebny	b	6,03 m
výška učebny	h	2,85 m
objem učebny	V	68,57 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,66 (C)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,62 (D)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	82 % (C)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	80 % (D)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	104 Hz - 16,1 kHz
rozdílení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	bez projekce
rozměr obrazu	b × h	bez projekce
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	bez projekce
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	bez projekce
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	bez projekce
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	bez projekce
velikost kritického detailu	ε	bez projekce
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	bez projekce

4.1.30 První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové - učebna E 16

V učebně E 16 o rozměrech 8,06 × 6,26 × 2,99 m a objemu 150,86 m³ (tab.45) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty k_D = 1:10,09. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:2,44. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:34,14. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:54,30. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.64, příloha A).



Obr.51 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny E 16

Tab.45 Základní a změřené parametry učebny E 16

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	E 16	
datum měření	20. 10. 2016	
délka učebny	l	8,06 m
šířka učebny	b	6,26 m
výška učebny	h	2,99 m
objem učebny	V	150,86 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,50 (G)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,53 (F)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	70 % (G)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	72 % (F)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	104 Hz - 4,8 kHz
rozlíšení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	160 × 120 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:10,09
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:2,44
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:34,14
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:54,30
velikost kritického detailu	ε	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,42 mm

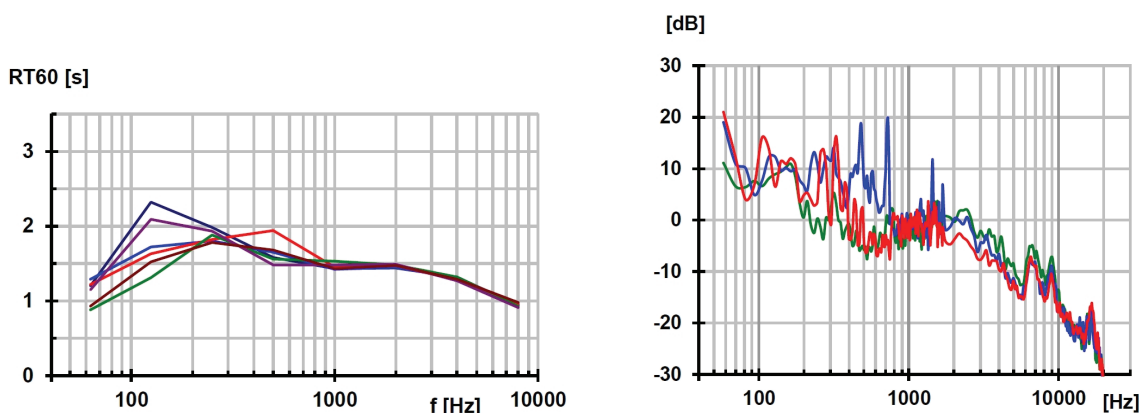
Učebna E 16 má vyrovnanou dobu dozvuku v rozmezí 1-1,5 s v celém kmitočtovém pásmu (obr.51). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,53 při použití referenčního zářiče a 0,50 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.51). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.31 Základní škola Předměřice nad Labem - učebna přírodopisu

V učebně přírodopisu o rozměrech 12,18 × 6,46 × 3,17 m a objemu 249,42 m³ (tab.46) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty k_D = 1:3,82. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:1,56. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:16,65. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:50,44. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.65, příloha A).

Tab.46 Základní a změřené parametry učebny přírodopisu

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	přírodopis	
datum měření	1. 11. 2016	
délka učebny	l	12,18 m
šířka učebny	b	6,46 m
výška učebny	h	3,17 m
objem učebny	V	249,42 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,47 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,51 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	67 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	71 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	104 Hz - 4,4 kHz
rozlišení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	FHD 1920 × 1080 px
rozměr obrazu	b × h	157 × 117 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	1:3,82
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:1,56
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:16,65
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:50,44
velikost kritického detailu	ε	0,82 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	3,65 mm



Obr.52 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny přírodopisu

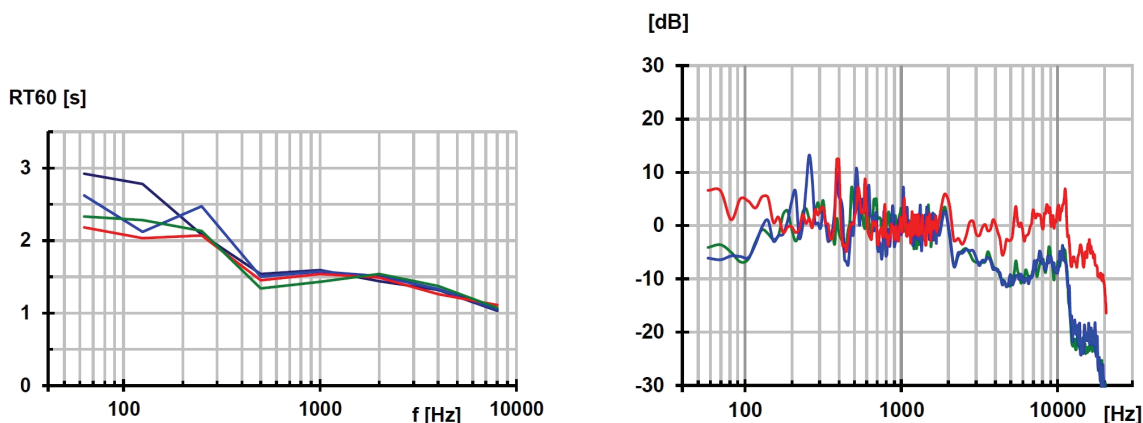
Učebna přírodopisu má v dolní části spektra dobu dozvuku 1,5-2 s, na vyšších frekvencích se doba dozvuku mírně zkracuje na hodnotu kolem 1-1,5 s (obr.52). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,51 při použití referenčního zářiče a 0,47 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.52). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.32 Základní škola Předměřice nad Labem - učebna 18

V učebně 18 o rozměrech $8,68 \times 7,05 \times 3,22$ m a objemu $197,04 \text{ m}^3$ (tab.47) nebyla instalovaná projekce. Učebna má dlouhou dobu dozvuku (2,5 s) na nízkých frekvencích, u středních a vyšších frekvencí se doba dozvuku mírně zkracuje na hodnotu 1,5 s (obr.51). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,49 při použití referenčního zářiče a nedostatečných 0,39 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází v některých místech k výraznému poklesu vyzářeného výkonu již od frekvence 2 kHz (obr.53). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující směrovou charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

Tab.47 Základní a změřené parametry učebny 18

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové		
učebna	18	
datum měření	1. 11. 2016	
délka učebny	l	8,68 m
šířka učebny	b	7,05 m
výška učebny	h	3,22 m
objem učebny	V	$197,04 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,39 (J)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,49 (G)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	60 % (J)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	69 % (G)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	106 Hz - 11,4 kHz
rozlišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	bez projekce
rozměr obrazu	$b \times h$	bez projekce
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	bez projekce
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	bez projekce
provozní kontrast (zatmění)	k_Z	bez projekce
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	bez projekce
velikost kritického detailu	ϵ	bez projekce
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	bez projekce



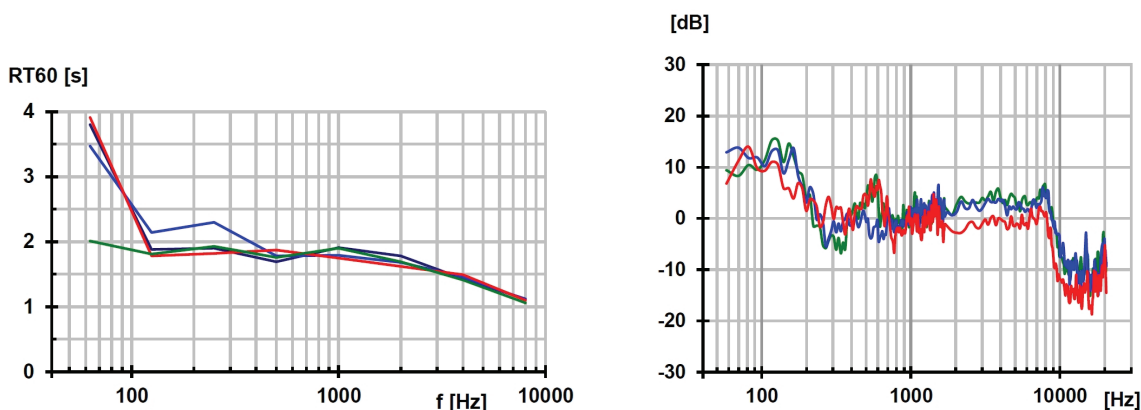
Obr.53 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny 18

4.1.33 Základní škola Sever - učebna VII.B

V učebně VII.B o rozměrech $8,76 \times 6,40 \times 3,33$ m a objemu $186,69 \text{ m}^3$ (tab.48) probíhalo měření ve večerních hodinách. Provozní kontrast k_D při denním osvětlení nebyl tedy zjištěn. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,73$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:208,17$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:415,33$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.66, příloha A).

Tab.48 Základní a změřené parametry učebny VII.B

Základní škola Sever		
učebna	VII.B	
datum měření	23. 11. 2016	
délka učebny	l	8,76 m
šířka učebny	b	6,40 m
výška učebny	h	3,33 m
objem učebny	V	$186,69 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,44 (l)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,45 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	64 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	66 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	82 Hz - 8,8 kHz
rozlíšení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024×768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	180×128
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	večerní měření
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:4,73
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:208,17
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:415,33
velikost kritického detailu	ϵ	1,76 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,62 mm



Obr.54 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VII.B

Učebna VII.B má výrazně dlouhou dobu dozvuku v pásmu pod 125 Hz (až 4 s). Na nižších a středních frekvencích je doba dozvuku kolem 1,8 s a u vyšších frekvencí dále klesá (obr.54). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,45 při použití referenčního zářiče a 0,44 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně je překvapivě vyrovnaná frekvenční charakteristika v pásmu 200 Hz až 8 kHz. Nad 8 kHz dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu (obr.54). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především výrazným úbytkem vysokých frekvencí a neopodstatněným zdůrazněním frekvencí pod 200 Hz instalovaného ozvučovacího systému.

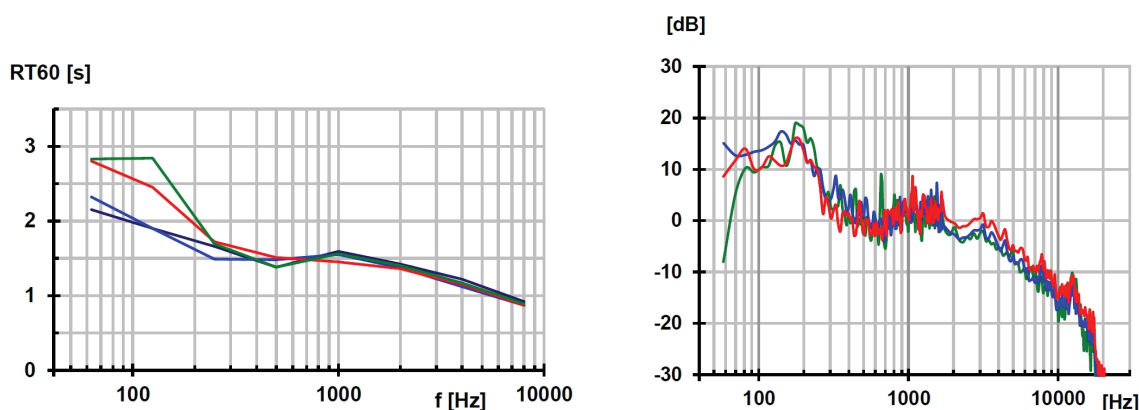
4.1.34 Základní škola Sever - učebna zeměpisu

V učebně zeměpisu o rozměrech $8,78 \times 6,37 \times 3,35$ m a objemu $187,36 \text{ m}^3$ (tab.49) probíhalo měření ve večerních hodinách. Provozní kontrast k_D při denním osvětlení tedy nebyl zjištěn. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:4,18$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:199,94$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:398,89$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.66, příloha A).

Tab.49 Základní a změřené parametry učebny zeměpisu

Základní škola Sever		
učebna	zeměpis	
datum měření	23. 11. 2016	
délka učebny	l	8,78 m
šířka učebny	b	6,37 m
výška učebny	h	3,35 m
objem učebny	V	$187,36 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,44 (I)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,48 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	64 % (I)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	68 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	140 Hz - 4 kHz
rozlíšení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	XGA 1024×768 px
rozměr obrazu	$b \times h$	160×117 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	večerní měření
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:4,18
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:199,94
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:398,89
velikost kritického detailu	ϵ	1,56 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,63 mm

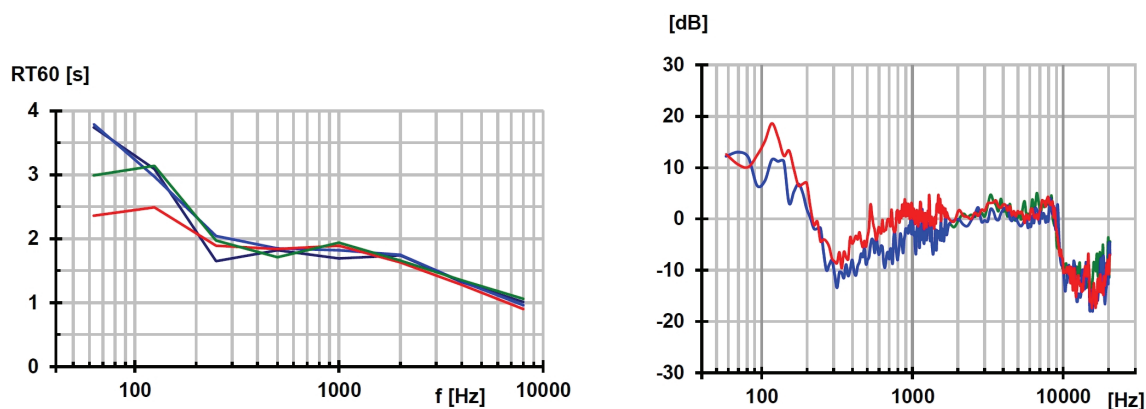
Učebna zeměpisu má na nízkých frekvencích dobu dozvuku kolem 2,5 s. Na nižších středních a vyšších frekvencích se doba dozvuku zkracuje na hodnotu kolem 1,5 s (obr. 55). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,48 při použití referenčního zářiče a 0,44 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu už od frekvence 2 kHz (obr.55). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.



Obr.55 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny zeměpisu

4.1.35 Základní škola Sever - učebna VIII.A

V učebně VIII.A o rozměrech $8,78 \times 6,38 \times 3,38$ m a objemu $189,34 \text{ m}^3$ (tab.50) probíhalo měření ve večerních hodinách. Provozní kontrast k_D při denním osvětlení tedy nebyl zjištěn. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:2,39$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:92,44$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:183,89$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.66, příloha A).



Obr.56 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VIII.A

Tab.50 Základní a změřené parametry učebny VIII.A

Základní škola Sever		
učebna	VIII.A	
datum měření	23. 11. 2016	
délka učebny	l	8,78 m
šířka učebny	b	6,38 m
výška učebny	h	3,38 m
objem učebny	V	189,34 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,44 (H)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,45 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	65 % (H)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	66 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	140 Hz - 10 kHz
rozlíšení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	200 × 160 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	večerní měření
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:2,39
provozní kontrast (zatemnění)	k _Z	1:92,44
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:183,89
velikost kritického detailu	ε	1,95 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,63 mm

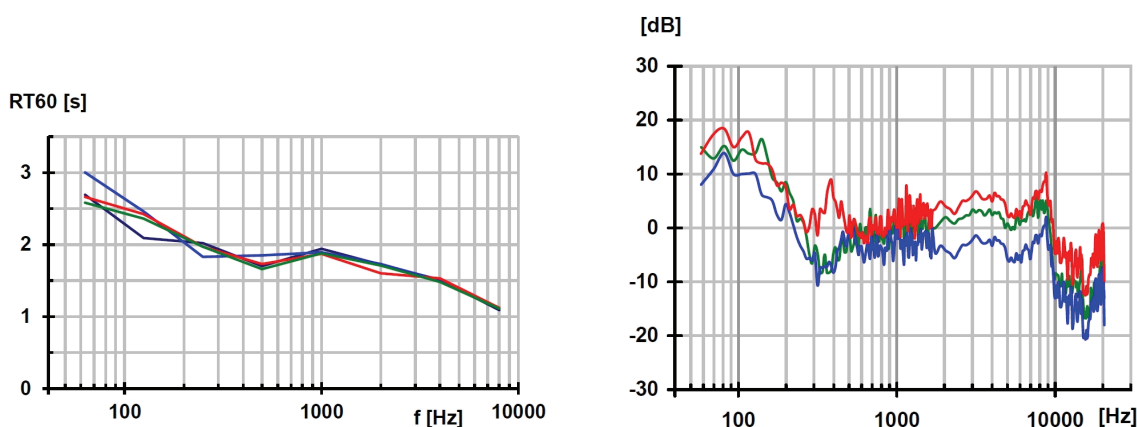
Učebna VIII.A má v pásmu pod 200 Hz dlouhou dobu dozvuku v průměru až 3 s. Na středních frekvencích se doba dozvuku zkracuje na 2 s a směrem k vyšším frekvencím klesá na 1 s (obr.56). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,45 při použití referenčního zářiče a 0,44 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází ke strmému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.56). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.36 Základní škola Sever - učebna VIII.B

V učebně VIII.B o rozměrech 8,98 × 6,39 × 3,39 m a objemu 194,53 m³ (tab.51) probíhalo měření ve večerních hodinách. Provozní kontrast k_D při denním osvětlení nebyl tedy zjištěn. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty k_L = 1:6,69. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty k_Z = 1:190,52. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty k₀ = 1:285,28. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5 × 5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje nevyhovující hodnocení (obr.66, příloha A).

Tab.51 Základní a změřené parametry učebny VIII.B

Základní škola Sever		
učebna	VIII.B	
datum měření	23. 11. 2016	
délka učebny	l	8,98 m
šířka učebny	b	6,39 m
výška učebny	h	3,39 m
objem učebny	V	194,53 m ³
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,43 (I)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,46 (H)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	63 % (I)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	67 % (H)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	140 Hz - 9,7 kHz
rozlíšení dataprojektoru	b _{px} × h _{px}	XGA 1024 × 768 px
rozměr obrazu	b × h	120 × 90 cm
provozní kontrast (denní světlo)	k _D	večerní měření
provozní kontrast (umělé světlo)	k _L	1:6,69
provozní kontrast (zatmění)	k _Z	1:190,52
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k ₀	1:285,28
velikost kritického detailu	ε	1,17 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ε _{min}	2,69 mm



Obr.57 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny VIII.B

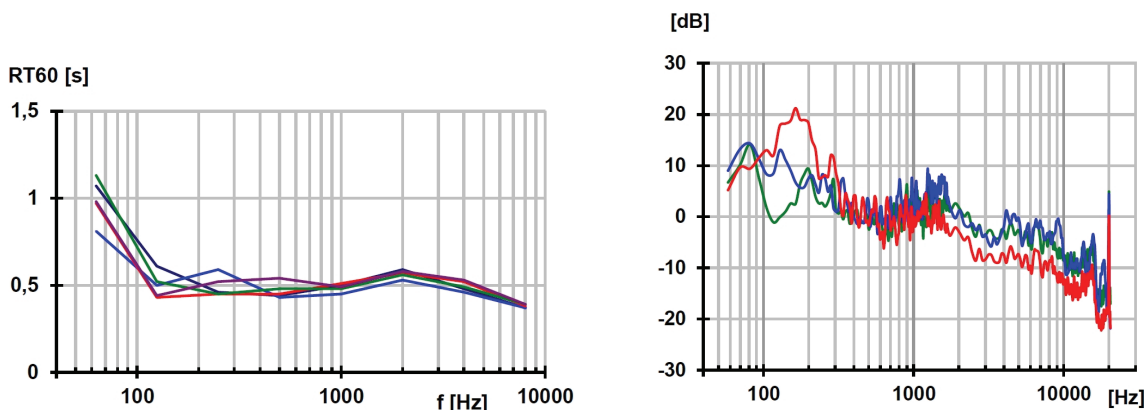
Učebna VIII.B má dlouhou dobu dozvuku (kolem 2 s) až do frekvence 1 kHz. U vyšších frekvencí se doba dozvuku zkracuje až na hodnotu kolem 1 s (obr.57). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou značně pod úrovní normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,46 při použití referenčního zářiče a 0,43 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na vyšších frekvencích (obr.57). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému.

4.1.37 Univerzita Hradec Králové, budova S - elektrotechnická laboratoř S52

V elektrolaboratoři S52 o rozměrech $8,55 \times 5,96 \times 2,79$ m a objemu $142,17 \text{ m}^3$ (tab.52) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:2,20$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:1,38$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:3,64$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:72,39$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na velmi dobré výsledky při velikosti detailu 2×2 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje velmi dobré hodnocení (obr.67, příloha A).

Tab.52 Základní a změřené parametry elektrotechnické laboratoře S52

Univerzita Hradec Králové, budova S		
učebna	S52	
datum měření	6. 12. 2016	
délka učebny	l	8,55 m
šířka učebny	b	5,96 m
výška učebny	h	2,79 m
objem učebny	V	$142,17 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,65 (C)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,66 (C)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	81 % (C)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	82 % (C)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	128 Hz - 10 kHz
rozišení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WXGA 1280 × 800 px
rozměr obrazu	$b \times h$	231 × 130
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:2,20
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:1,38
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:3,64
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:72,39
velikost kritického detailu	ϵ	1,8 mm
potřebný kritický detail pro rozišení 1 px	ϵ_{min}	2,57 mm



Obr.58 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky elektrotechnické laboratoře S52

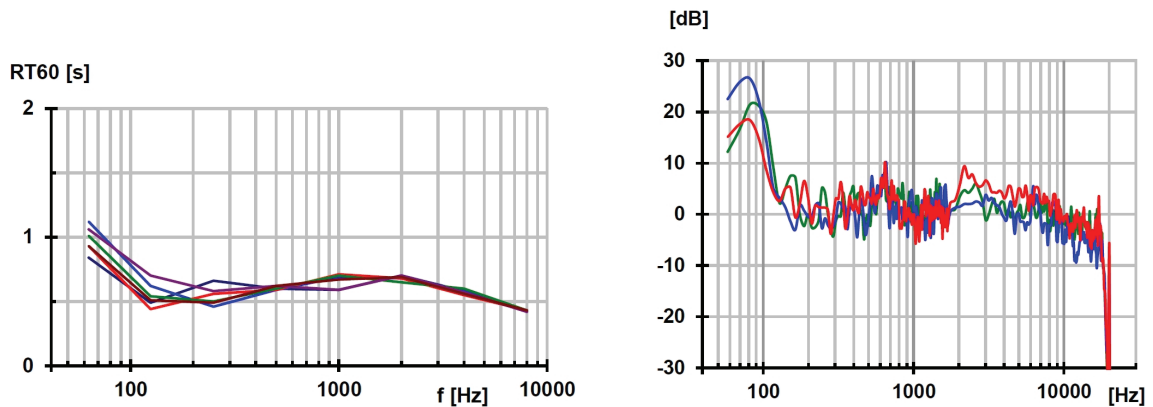
Elektrotechnická laboratoř má krátkou dobu dozvuku (kolem 500 ms). Na nízkých frekvencích se doba dozvuku zvyšuje na 1 s (obr.58). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou lehce nad spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,66 při použití referenčního zářiče a 0,65 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně dochází k výraznému poklesu vyzářeného výkonu na středních a vyšších frekvencích (obr.58). Problematické výsledky při měření přes ozvučovací systém učebny jsou dány především nesprávným výběrem komponent, špatnou instalací a nevyhovující frekvenční charakteristikou instalovaného ozvučovacího systému, což je u nově postavené a nově vybavené učebny těžko pochopitelné.

4.1.38 Univerzita Hradec Králové, budova S - laboratoř AV techniky S50

V učebně S50 o rozměrech $9,70 \times 5,93 \times 3$ m a objemu $172,56 \text{ m}^3$ (tab.53) dosáhl provozní kontrast při denním osvětlení hodnoty $k_D = 1:5,28$. V případě umělého osvětlení učebny dosáhl provozní kontrast hodnoty $k_L = 1:2,85$. Minimální požadovaná kvalita obrazové projekce se v praxi udává kontrastem 1:5. Provozní kontrast v zatemněné učebně při vypnutém umělém osvětlení dosáhl hodnoty $k_Z = 1:13,05$. V praxi se udává minimální kontrast 1:20. Vypočítaný maximální dosažitelný kontrast při dokonalém zatemnění dosáhl hodnoty $k_0 = 1:266,06$. Subjektivní testy rozlišitelnosti obrazu ukazují na průměrné výsledky i při velikosti detailu 5×5 pixelů. V celkovém subjektivním dojmu z promítaného obrazu převažuje průměrné a nevyhovující hodnocení (obr.67, příloha A).

Tab.53 Základní a změřené parametry učebny S50

Univerzita Hradec Králové, budova S		
učebna	S50	
datum měření	6. 12. 2016	
délka učebny	l	9,70 m
šířka učebny	b	5,93 m
výška učebny	h	3 m
objem učebny	V	$172,56 \text{ m}^3$
index přenosu řeči STIPA - AV učebny	STI	0,68 (C)
index přenosu řeči STIPA - TalkBox	STI	0,69 (B)
srozumitelnost - AV učebny	CIS	83 % (C)
srozumitelnost - TalkBox	CIS	84 % (B)
šířka pásma - AV učebny (10 dB)	BW	80 Hz - 13,6 kHz
rozlíšení dataprojektoru	$b_{px} \times h_{px}$	WUXGA 1920 × 1200 px
rozměr obrazu	$b \times h$	270 × 152
provozní kontrast (denní světlo)	k_D	1:5,28
provozní kontrast (umělé světlo)	k_L	1:2,85
provozní kontrast (zatemnění)	k_Z	1:13,05
dosažitelný kontrast (černá/bílá)	k_0	1:266,06
velikost kritického detailu	ϵ	1,4 mm
potřebný kritický detail pro rozlišení 1 px	ϵ_{min}	2,97 mm



Obr.59 Doba dozvuku a frekvenční charakteristiky učebny S50

Učebna S50 má poměrně krátkou dobu dozvuku kolem 700 ms. Na nízkých frekvencích se prodlužuje na hodnotu 1 s (obr.59). Výsledky měření kvality přenosu řeči metodou STIPA jsou lehce nad spodní hranici normativních požadavků. Norma připouští přípustný pokles indexu srozumitelnosti až k hodnotě 0,6 odpovídající kvalitativním pásmům A+ až D. Naměřené hodnoty byly 0,69 při použití referenčního zářiče a 0,68 v rámci ozvučovacího systému učebny. V učebně se dá docílit vyrovnané frekvenční charakteristiky v pásmu 80 Hz až 13 kHz (obr.59). Vzhledem k tomu, že AV laboratoř měla mít po obrazové i akustické stránce parametry kina, je obrazová projekce i reprodukce nízkých a vysokých frekvencí naprosto nedostatečná.

U učebny S50 byla navíc změřena i vzduchová neprůzvučnost mezi učebnou a chodbou. Požadavek byl stanoven na minimální útlum 70 dB, aby provoz učebny, kdy v režimu Kino dosahuje hladina akustického tlaku až 110-115 dB, nerušil okolí. Neprůzvučnost byla stanovena na 20 dB. Při hladině akustického tlaku v učebně na úrovni 110 dB byla hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 1 m od dveří 90 dB.

ZÁVĚR

Přírodovědné a zvláště pak technické předměty vyžadují především precizní zobrazení pro rozlišení technických výkresů a schémat. U humanitních předmětů a zejména při výuce cizích jazyků bychom měli nekompromisně požadovat dokonalou srozumitelnost řeči. Například při výuce anglického jazyka je nutné dokonale rozpoznat umístění přízvuku slova pro následné rozeznání toho, o jaký slovní druh se jedná. Pokud nejsou zajištěny požadavky pro dokonalou srozumitelnost řeči v učebně, tak i sebelepší učitel není schopen kvalitně předat požadované informace.

Výsledky měření stávajícího stavu akustického přenosu ukazují, že většina učeben nespĺňuje ani základní požadavky na kvalitní přenos informací. Hlavní příčinou neuspokojivého stavu akustického přenosu je špatně řešená (většinou vůbec neřešená) prostorová akustika učeben, která vede k dlouhým dobám dozvuku a vysokému vlastnímu hluku učeben. Nesprávný výběr komponent a jejich špatná instalace která je následně realizována v rozporu se zásadami pro ozvučování a bez jakékoliv akustické studie, také nepřispívá ke kvalitnímu akustickému přenosu. Použité komerční akustické zářiče (reproduktory a reproduktorové soustavy) nejsou schopny pracovat v oblasti vysokých frekvencí s potřebnou účinností, což obvykle vede k výraznému poklesu vyzářeného výkonu v oblasti vyšších frekvencí.

Pro nápravu stávajícího stavu je potřeba postupné řešení celé problematiky prostorové akustiky učeben a jejich ozvučování, tj. výběr a instalace elektroakustického řetězu:

- návrh akustických úprav učebny pro frekvenčně vyrovnanou a krátkou dobu dozvuku,
- návrh ozvučovacího systému a jeho odborná instalace,
- finální seřízení signálových úrovní a nastavení výsledné vyrovnané frekvenční charakteristiky.

Výsledky měření stávajícího stavu optického přenosu ukazují, že většina učeben nespĺňuje prakticky ani minimální požadavky na kvalitní přenos optických informací. Hlavní příčinou neuspokojivého stavu je velká parazitní osvětlenost jak v případě denního, tak umělého osvětlení, a vzhledem k provozním podmínkám malý světelný tok použitých projektorů. Instalace projekční techniky v učebnách není podložena světelně-technickou studií, osvětlovací a zatemňovací soustavy učeben nejsou adaptovány na potřeby kvalitní projekce a ze zcela pochopitelných finančních důvodů jsou používány relativně levné a málo výkonné projektory.

Pro nápravu stávajícího stavu je potřeba postupného řešení celé problematiky světelně-technických parametrů a osvětlování učeben:

- návrh zatemnění,
- návrh segmentované osvětlovací soustavy,
- návrh vyzářovacích diagramů a clonění parazitního světla,
- návrh barevné úpravy prostředí,
- návrh omezení odrazu a rozptylu světla,
- odborná instalace a seřízení dostatečně výkonného projektoru.

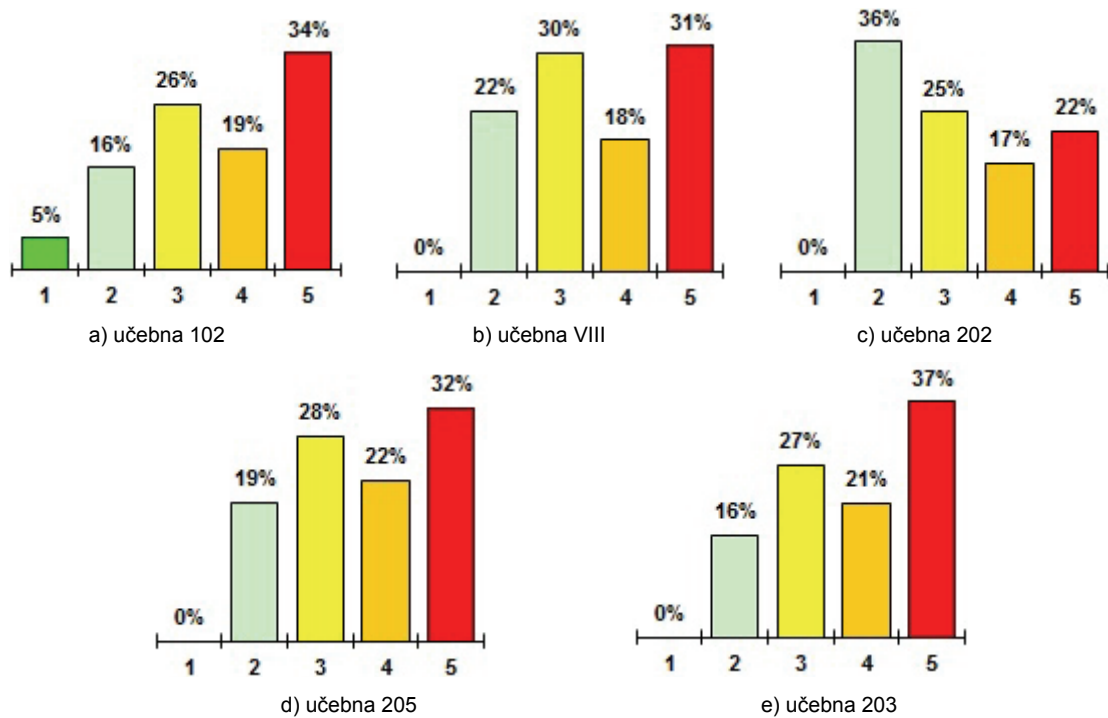
Vzhledem k velice neuspokojivým výsledkům měření akustického i optického přenosu informací považujeme za nezbytné, aby vedení škol nebo příslušných útvarů začalo přemýšlet nad normativními požadavky a více se koncentrovalo na odbornost při instalaci nového vybavení. Je potřeba dbát na dodržení všech návrhů úprav stávajících učeben a pokud možno předcházet univerzálnímu řešení technického vybavení, které je vždy buď neúměrně drahé nebo nekvalitní. Budovat specializované učebny pro jednotlivé předměty je z ekonomického hlediska výhodnější. Klíčovým cílem a naprostou samozřejmostí by mělo být zajištění profesionálních vstupních podmínek pro každého učitele.

POUŽITÉ ZDROJE

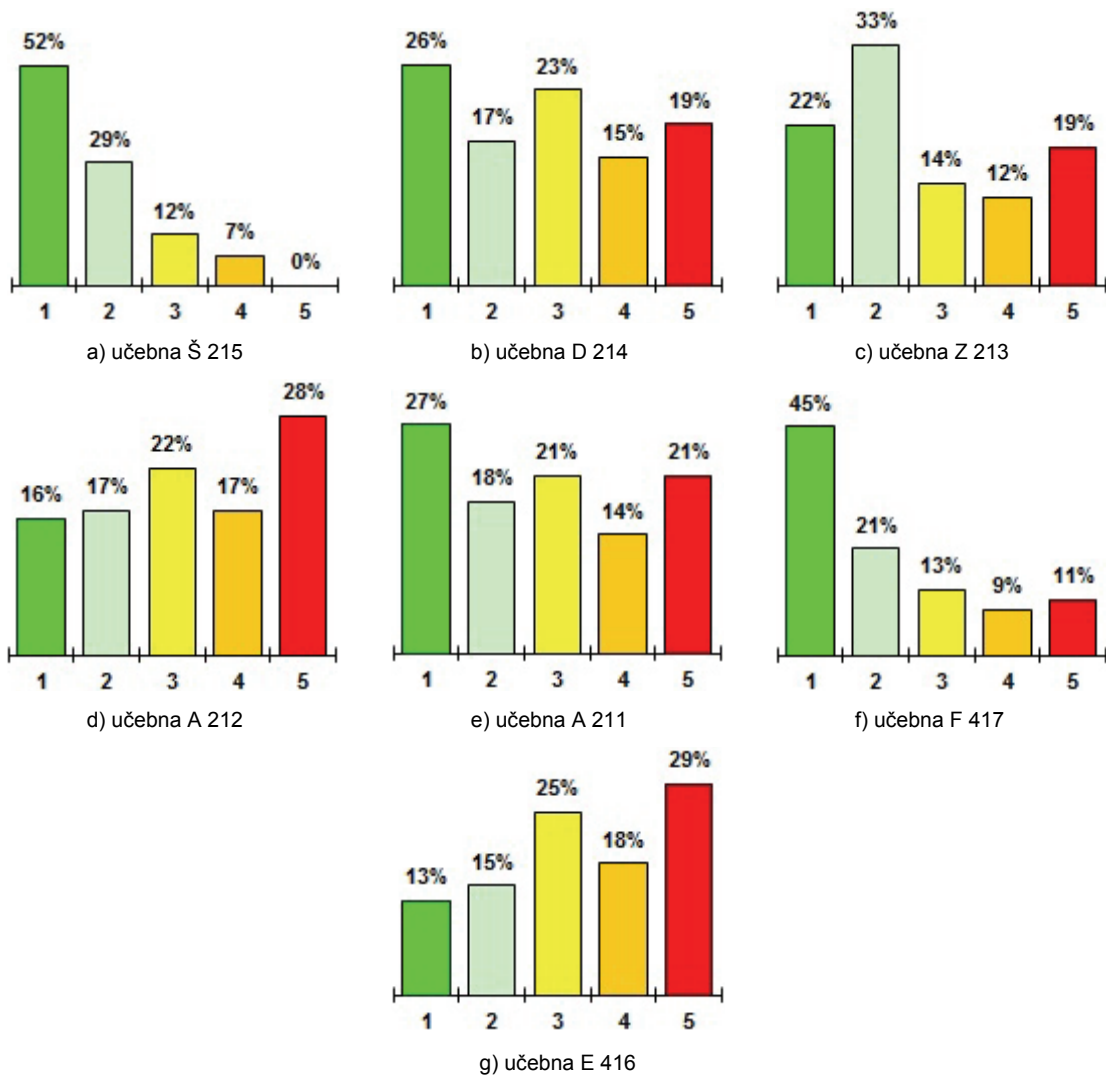
- [1] HLAVENKA, J. *Výkladový slovník výpočetní techniky a komunikací*. Praha. Computer Press. 1997. ISBN 80-722-6023-5.
- [2] KUCHAR, M. *Technologie projektorů a jejich kvality*. In *Pctuning.tyden.cz*. [online]. 2008. [cit. 2014-05-03]. ISSN 1214-0201. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/monitory-lcd-panely/12213-technologie_projektoru_a_jejich_kvality?start=2>
- [3] KOLÁČEK, M. - PAPEŽ, P. *Projektory: technologie promítání obrazu*. In *Tvfreak.cz*. [online]. [cit. 2016-10-25]. ISSN 1802-1328. Dostupné z: <<http://www.tvfreak.cz/projektory-technologie-promitani-obrazu/2737>>
- [4] DOSTÁL, J. *Interaktivní tabule - významný přínos pro vzdělávání*. In *Časopis Ceskaskola.cz*. [online]. [cit. 2016-10-30]. ISSN 1213-6018. Dostupné z: <<http://www.ceskaskola.cz/2009/04/jiri-dostal-interaktivni-tabule.html>>
- [5] MANĚNOVÁ, M. *ICT a učitel 1. stupně základní školy*. Brno. Computer Press. 2009. ISBN 978-80-251-2802-2.
- [6] ŽEŽULKOVÁ, L. - BENIAČOVÁ, L. - KYNCL, J. *Technologie interaktivní tabule*. In *Základní škola Krouna*. [online]. 2006. [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <<http://zskrouna.cz/projekt1/technika.htm>>
- [7] PAVLIS, J. *Dotykové displeje - z mobilů na velké plochy*. In *Notebook.cz*. [online]. 2013. [cit. 2016-10-30]. ISSN 1214-2875. Dostupné z: <<http://notebook.cz/clanky/technologie/2013/dotykovye-displeje-z-mobilu-na-velke-plochy>>
- [8] DOLBIB INTEGRATED SERVICES (WA) LIMITED. *Products*. [online]. 2010. [cit. 2016-11-17]. Dostupné z: <<http://www.dolbib.com/eiw.html>>
- [9] KURUC, J. *Ovládání dotykem a gesty: od mobilů a her míří k počítači*. In *Zive.cz*. [online]. 2010. [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <www.zive.cz/clanky/ovladani-dotykem-a-gesty-od-mobilu-a-her-miri-k-pocitaci/kapacitni-displeje-ovladani-pohybem-tela/sc-3-a-152778-ch-71900/default.aspx>
- [10] WAGNER, J. *Interaktivní tabule v roce 2011*. In *Časopis Česká škola*. [online]. 2011. [cit. 2016-10-30]. ISSN 1213-6018. Dostupné z: <<http://www.ceskaskola.cz/2011/02/jan-wagner-interaktivni-tabule-v-roce.html>>
- [14] KAMINSKI, S. H. *Communication models*. [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <<http://www.shkaminski.com/Classes/Handouts/Communication%20Models.htm>>
- [15] CHROMÝ, J. - DRTINA, R. *Vybrané souvislosti výuky a přenosového modelu komunikace*. Media4u magazine. 4/2010. s.89-92. ISSN 1214-9187.
- [16] Příspěvatelé Wikisofia. *Lasswellův model*. [online]. [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <https://wikisofia.cz/index.php?title=Lasswell%C5%AFv_model&oldid=17955>
- [17] ČSN 73 0527. *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely*. Praha. ČNI. 2005.
- [18] SMETANA, C. *Ozvučování*. Praha. SNTL. 1987.
- [19] DRTINA, R. et al. *Auditoriologie učeben nejen pro učitele*. Praha. ExtraSystem. 2015. ISBN 978-80-87570-29-6.
- [20] REICHL, J. - VŠETIČKA, M. *Dozvuk, doba dozvuku*. In: *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/1182-dozvuk-doba-dozvuku>>
- [21] ČSN EN 12665. *Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [22] ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [23] ST 196:2003. *Motion-Picture Film - Indoor Theater and Review Room Projection - Screen Luminance and Viewing Conditions*. NY. SMPTE. 2003.

- [24] ČSN EN ISO 9241-303. *Ergonomie systémových interakcí člověka - Část 303: Požadavky na elektronické zobrazovací displeje*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [25] ČSN EN ISO 3382-2. *Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech*. Praha. ÚNMZ. 2009.
- [26] ČSN EN 60268-16 ed.2. *Elektroakustická zařízení - Část 16: Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči*. Praha. ÚNMZ. 2012.
- [27] DRTINA, R. *Možnosti a omezení elektronické podpory kvality vzdělávání*. Praha. Extrasystem. 2012. ISBN 978-80-87570-01-2.
- [28] ČSN 36 0011-1. *Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení*. Praha. ČNI. 2014.
- [29] ČSN 36 0011-2. *Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha. ČNI. 2014.
- [30] ČSN 36 0011-3. *Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení*. Praha. ČNI. 2014.
- [31] ČSN 19 8020. *Kinematografie. Jas promítající plochy pro promítání kinematografických filmů a klasifikace promítacích ploch*. Praha. ČNI. 1995.
- [32] 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.
- [33] NTi AUDIO AG. *Products*. [online]. 2017. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: <<http://www.nti-audio.com/en/products.aspx>>
- [34] RCF. *NX 10-SMA*. [online]. 2017. [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: <<http://www.rcf.it/products/pro-speaker-systems/nx-series/nx-10-sma>>
- [35] ČSN EN 60849. *Nouzové zvukové systémy*. Praha. ČNI. 1999.
- [36] DRAHORÁD, J. - SAUČUKOVÁ, K. - DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. - SCHLOSSER, M. *Limiting Acoustic Conditions the Transfer of Information in the Digitalised Classrooms*. In International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2016). Xiamen. China. DEStech Publication. 2017. (v tisku).
- [37] SAUČUKOVÁ, K. - DRAHORÁD, J. - DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. *Objective Limiting Light Conditions the Transfer of Information in the Digitalised Classrooms*. In International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2016). Xiamen. China. DEStech Publication. 2017. (v tisku).

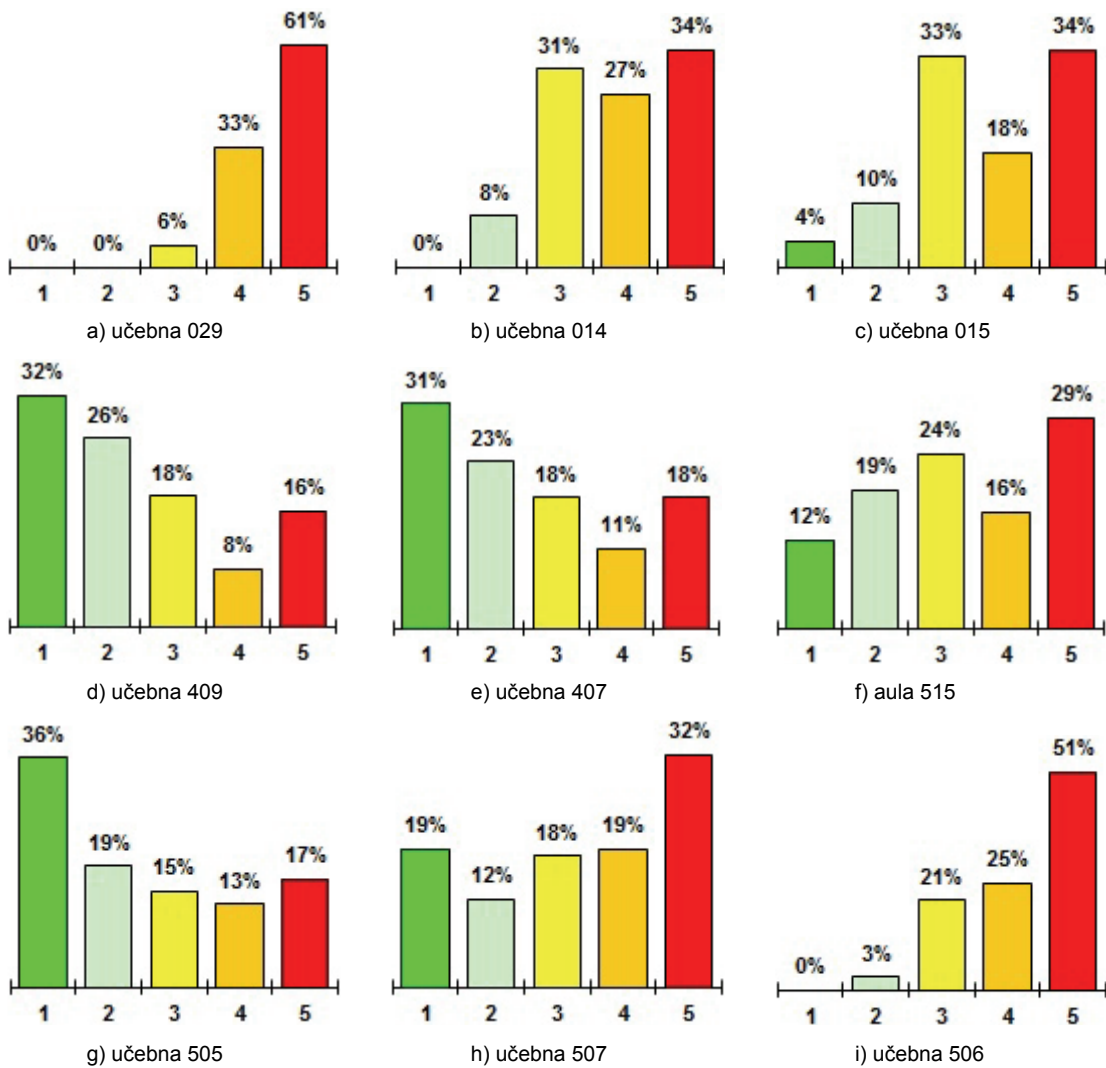
PŘÍLOHA A - VÝSLEDKY SUBJEKTIVNÍCH TESTŮ



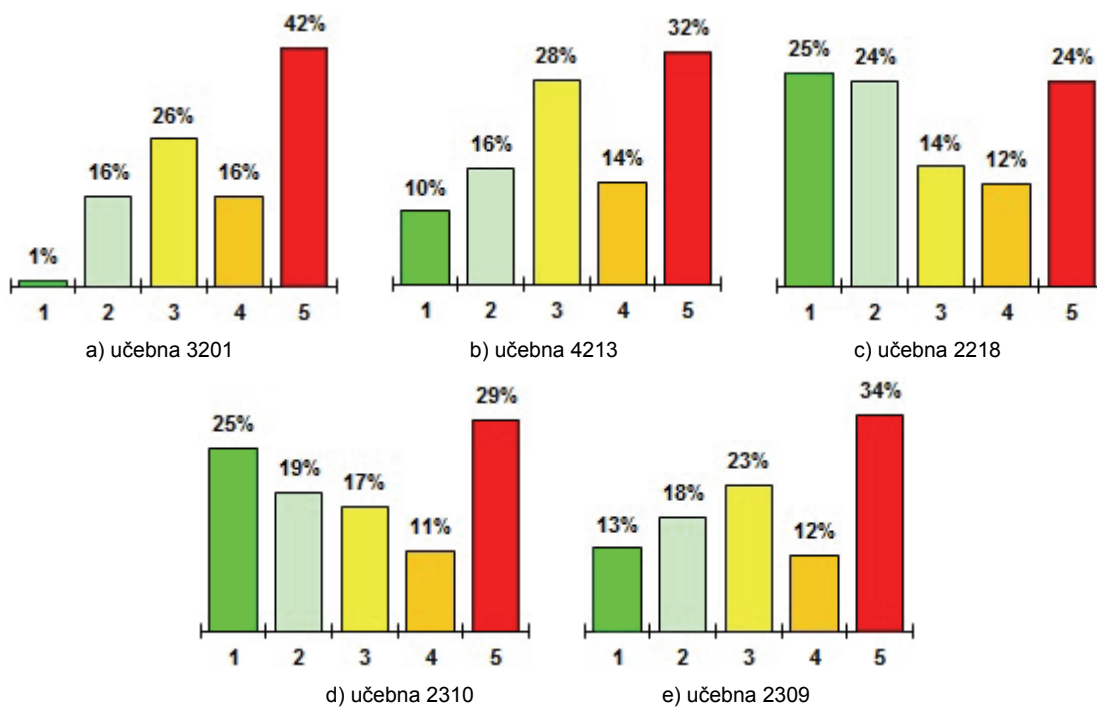
Obr.60 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Pohádka
1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



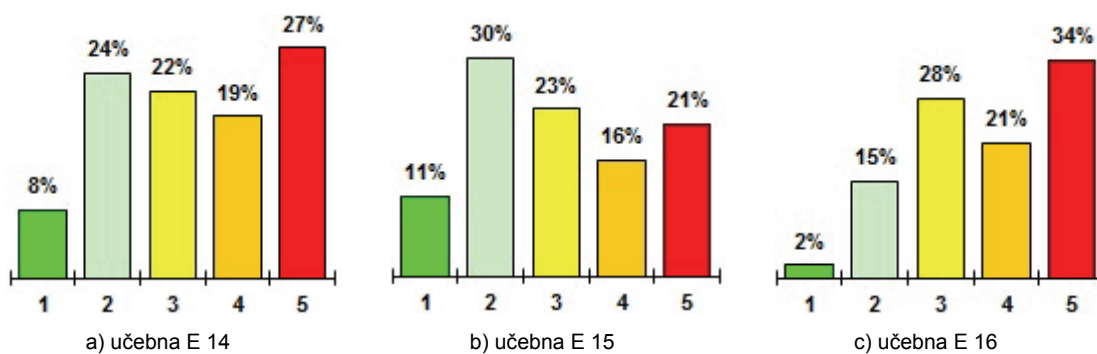
Obr.61 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na Gymnáziu J. K. Tyla
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



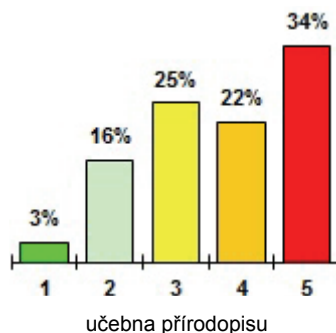
Obr.62 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na SOŠ Hradební
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



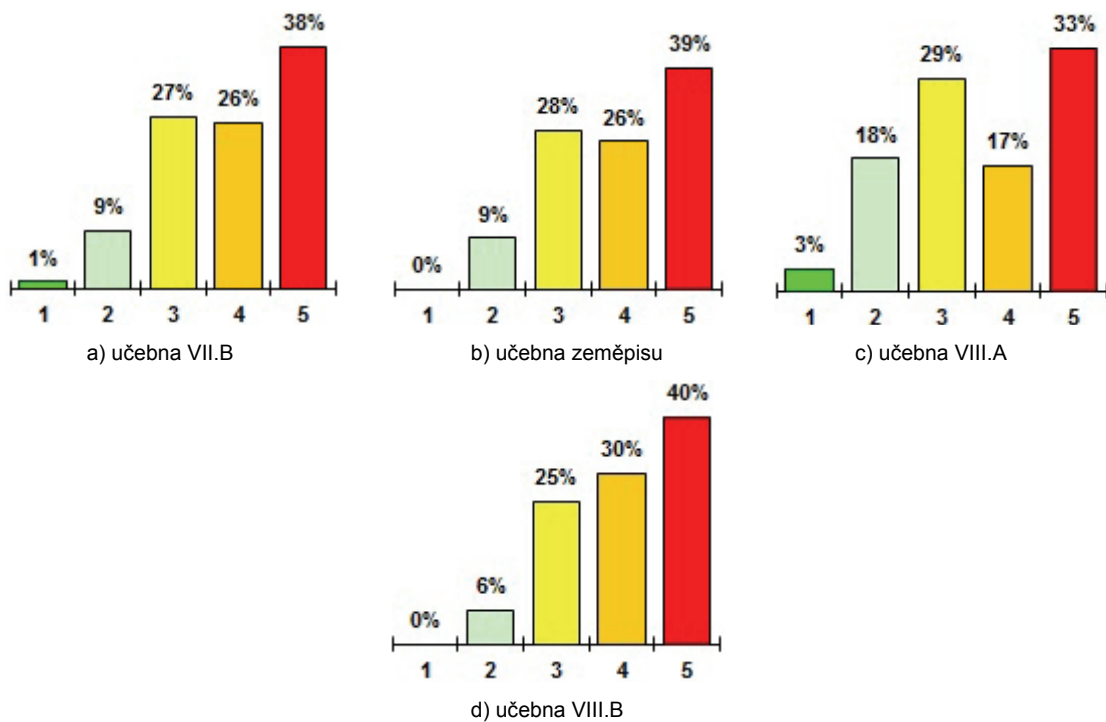
Obr.63 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na SPŠ Strojnická
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



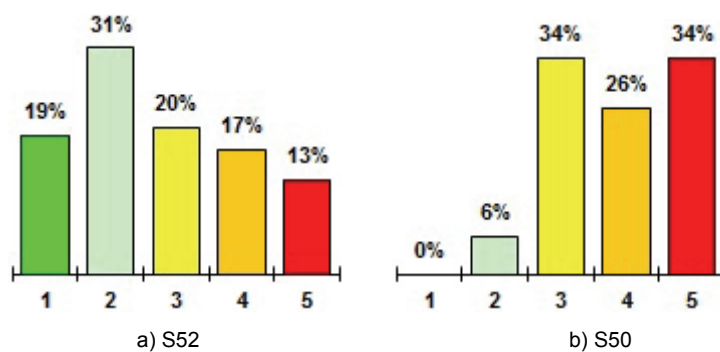
Obr.64 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na 1. SJG
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



Obr.65 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Předměřice
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



Obr.66 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na ZŠ Sever
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující



Obr.67 Četnost celkového hodnocení obrazové rozlišitelnosti na UHK - budova S
 1 - výborné, 2 - velmi dobré, 3 - dobré, 4 - postačující, 5 - nevyhovující

PŘÍLOHA B - HODNOTÍCÍ TABULKA PRO SUBJEKTIVNÍ TESTY

Subjektivní hodnocení																	
Rozlišitelnost čar vodorovně						Rozlišitelnost čar svisle						Rozlišitelnost bodů					
První řada						První řada						První řada					
	1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1 × 1	2 × 2	3 × 3	4 × 4	5 × 5
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					
Třetí řada						Třetí řada						Třetí řada					
	1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1 × 1	2 × 2	3 × 3	4 × 4	5 × 5
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					
Pátá řada						Pátá řada						Pátá řada					
	1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1-1-1	2-2-2	3-3-3	4-4-4	5-5-5		1 × 1	2 × 2	3 × 3	4 × 4	5 × 5
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					
Pozitiv						Pozitiv						Pozitiv					
Negativ						Negativ						Negativ					