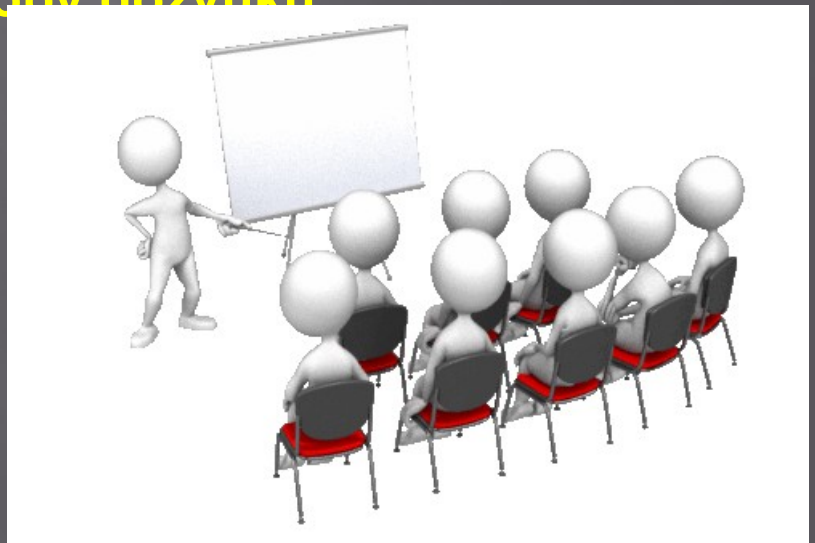
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PROSTOROVÁ AKUSTIKA UČEBNY

JMÉNO: Pavel Turek
OBOR: Konstrukce staveb
ROČNÍK: IV
UČO: 11954

Obsah

- Cíl práce
- Umístění budovy školy a řešené školní učebny
- Popis řešené školní učebny
- Měření doby dozvuku před akustickými úpravami
- Návrh akustických materiálů pomocí softwarové techniky
- Fotodokumentace (po montáži navrženého akustického stropu)
- Měření doby dozvuku po akustických úpravách
- Čistý rozdíl naměřených hodnot doby dozvuku
- Reálný poslech
- Měření hluku + tepová frekvence
- Doplňující dotazy

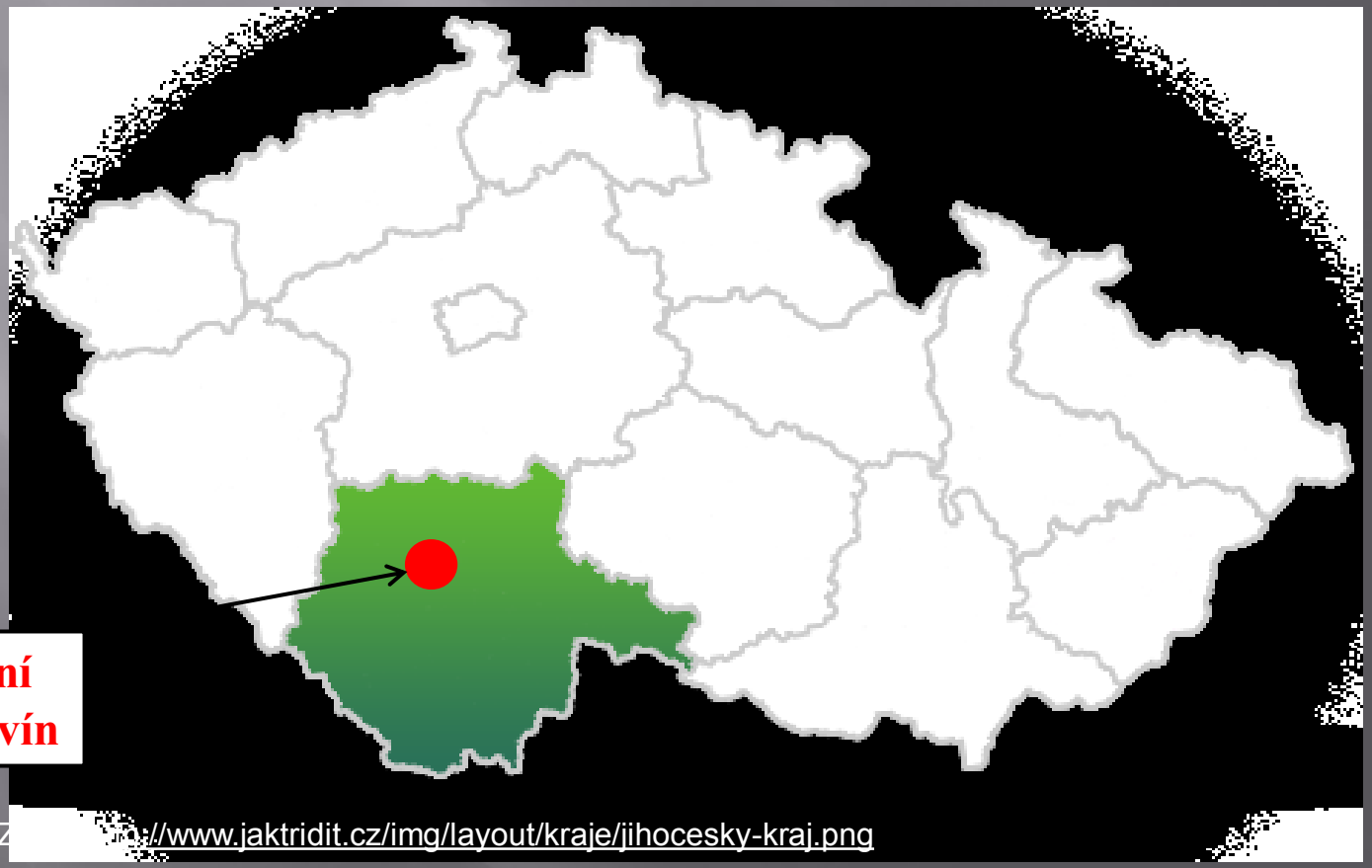


Cíl práce

- vyhodnocení stávajícího stavu školní učebny
- návrh akustických úprav dle ČSN v software ODEON
- vykreslení akustických úprav
- vyhodnocení vlivu akusticky upravené a neupravené učebny na učitele

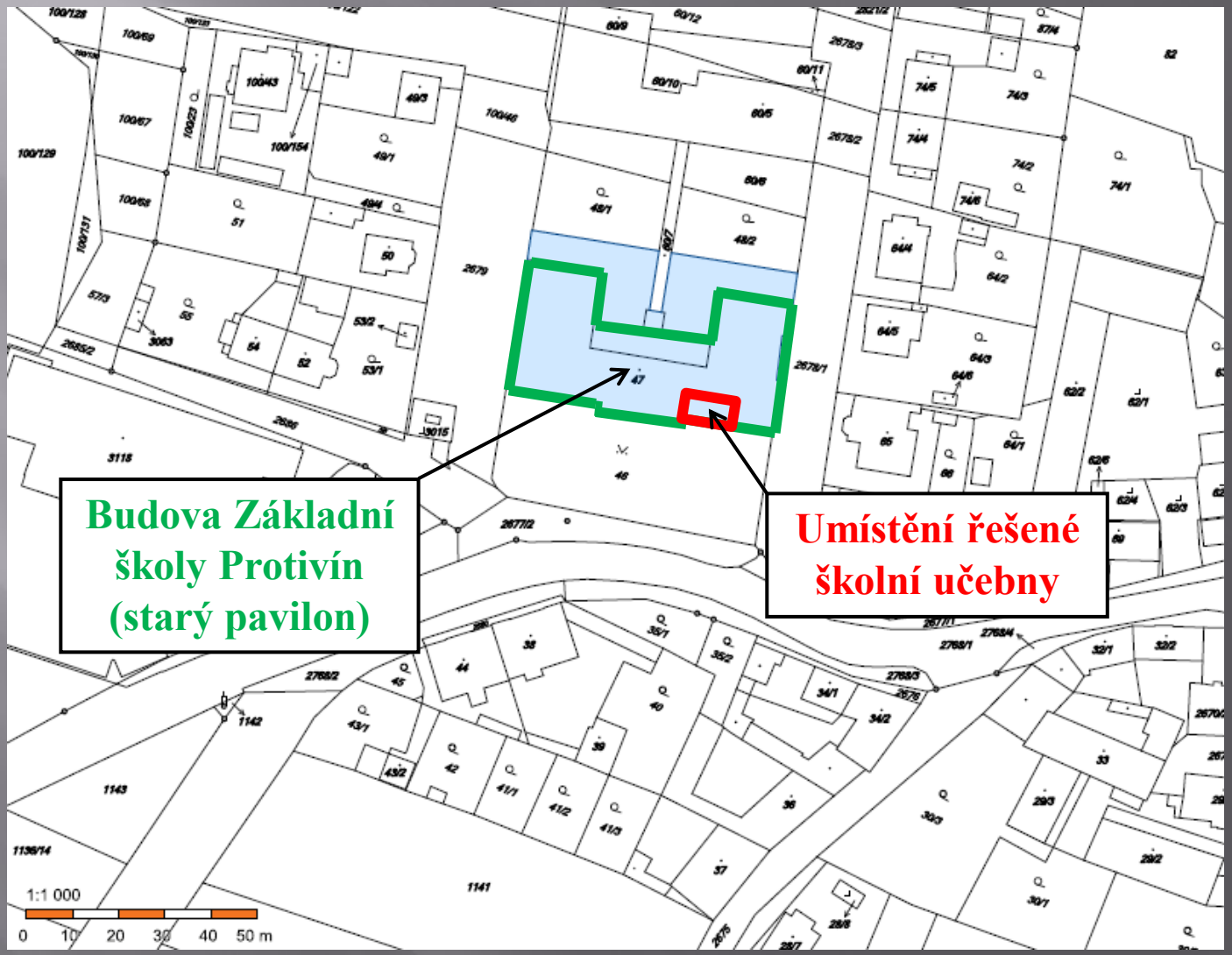
Umístění budovy školy a řešené školní učebny

Kraj: Jihočeský
Adresa školy: Komenského 238, 398 11 Protivín



Zdroj: http://www.jaktridit.cz/img/layout/kraje/jihocesky-kraj.png

Umístění budovy školy a řešené školní učebny



Zdroj: http://www.cuzk.cz/

Umístění budovy školy a řešené školní učebny

Zdroj: autor

Popis řešené školní učebny

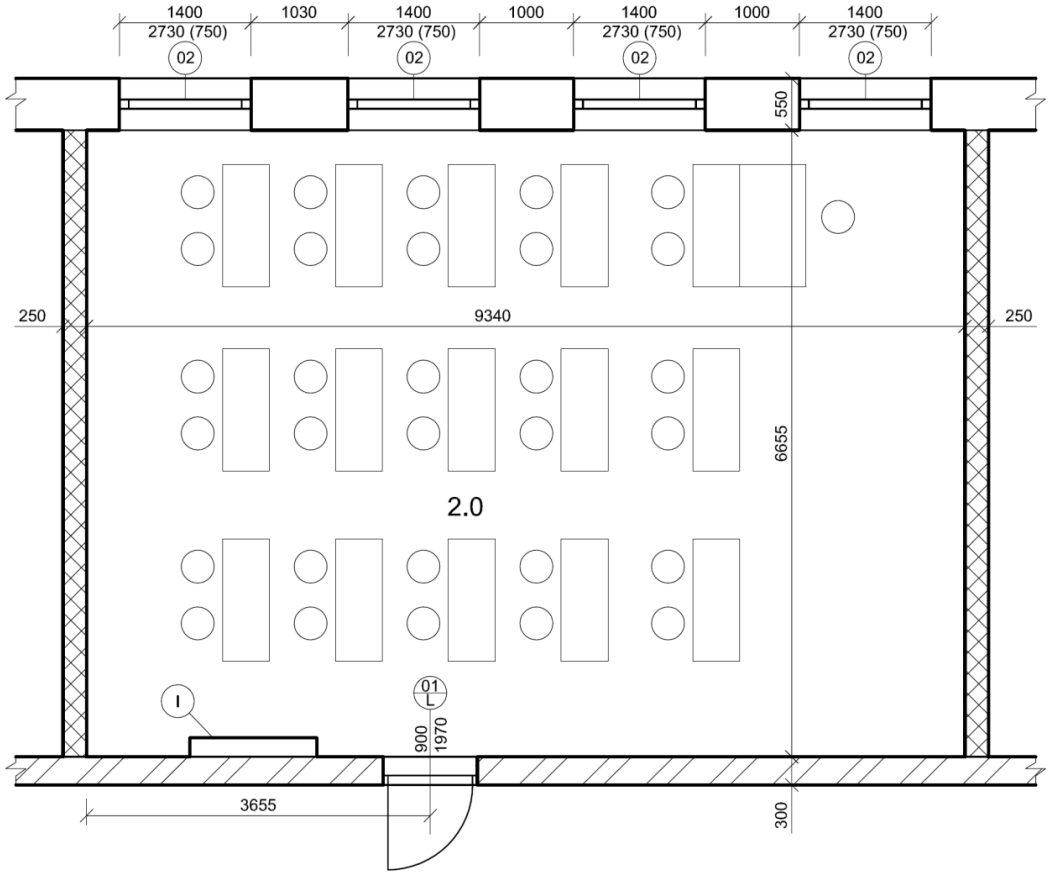
- učebna bez akustických úprav

Zdroj: autor

Popis řešené školní učebny

- učebny bez akustických úprav (výkresová dokumentace)

2. NADZEMNÍ PODLAŽÍ - STÁVAJÍCÍ STAV ŠKOLNÍ UČEBNY



LEGENDA MÍSTNOSTI

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m2)
2.0	UČEBNA	62,16

LEGENDA VÝPLNÍ OTVORŮ

OZN.	POPIS	ROZMĚRY (mm)	KS
02	OKNO DŘEVĚNÉ	1400/2730	4
01	VNITŘNÍ DVEŘE OCELOVÉ	900/1970	1

(I) INSTALACE

S. V. 3 850 mm

Zdroj: autor

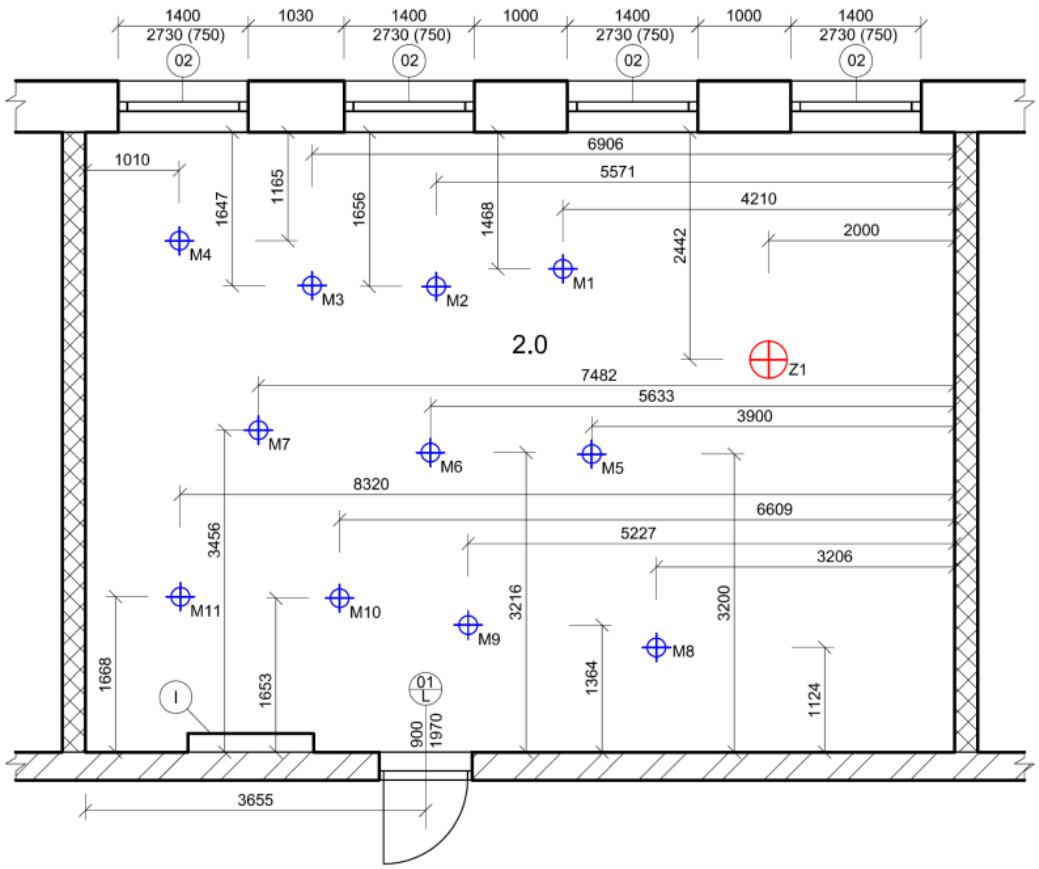
Měření doby dozvuku ve školní učebně před akustickými úpravami

- učebna zcela prázdná (tzn. bez žáků, lavic, židlí, závěsů)
- stanovena průměrná doba dozvuku a další akustické parametry v celé ploše učebny před provedením plánovaných akustických úprav
- jedna poloha všesměrového zdroje
- zvoleno 11 různých poloh mikrofonů
- výška zdroje byla 1,40 (0,05) m
- mikrofon pro každou polohu zdroje, byl ve výšce 1,35 (0,05) m
- osa mikrofonu směrována při každém náměru směrem vzhůru

Měření doby dozvuku ve školní učebně před akustickými úpravami

- (výkresová dokumentace)

STÁVAJÍCÍ STAV- MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU ŠKOLNÍ UČEBNY



LEGENDA MÍSTNOSTI

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m2)
2.0	UČEBNA	62,16

LEGENDA VÝPLNÍ OTVORŮ

OZN.	POPIS	ROZMĚRY (mm)	KS
02	OKNO DŘEVĚNÉ	1400/2730	4
01	VNITŘNÍ DVEŘE OCELOVÉ	900/1970	1

I INSTALACE

Z1- ZDROJ, H=1,4 m

M1-M11- MIKROFON, H=1,35 m

S. V. 3 850 mm

Zdroj: autor

Měření doby dozvuku ve školní učebně před akustickými úpravami

- všesměrový zdroj hluku

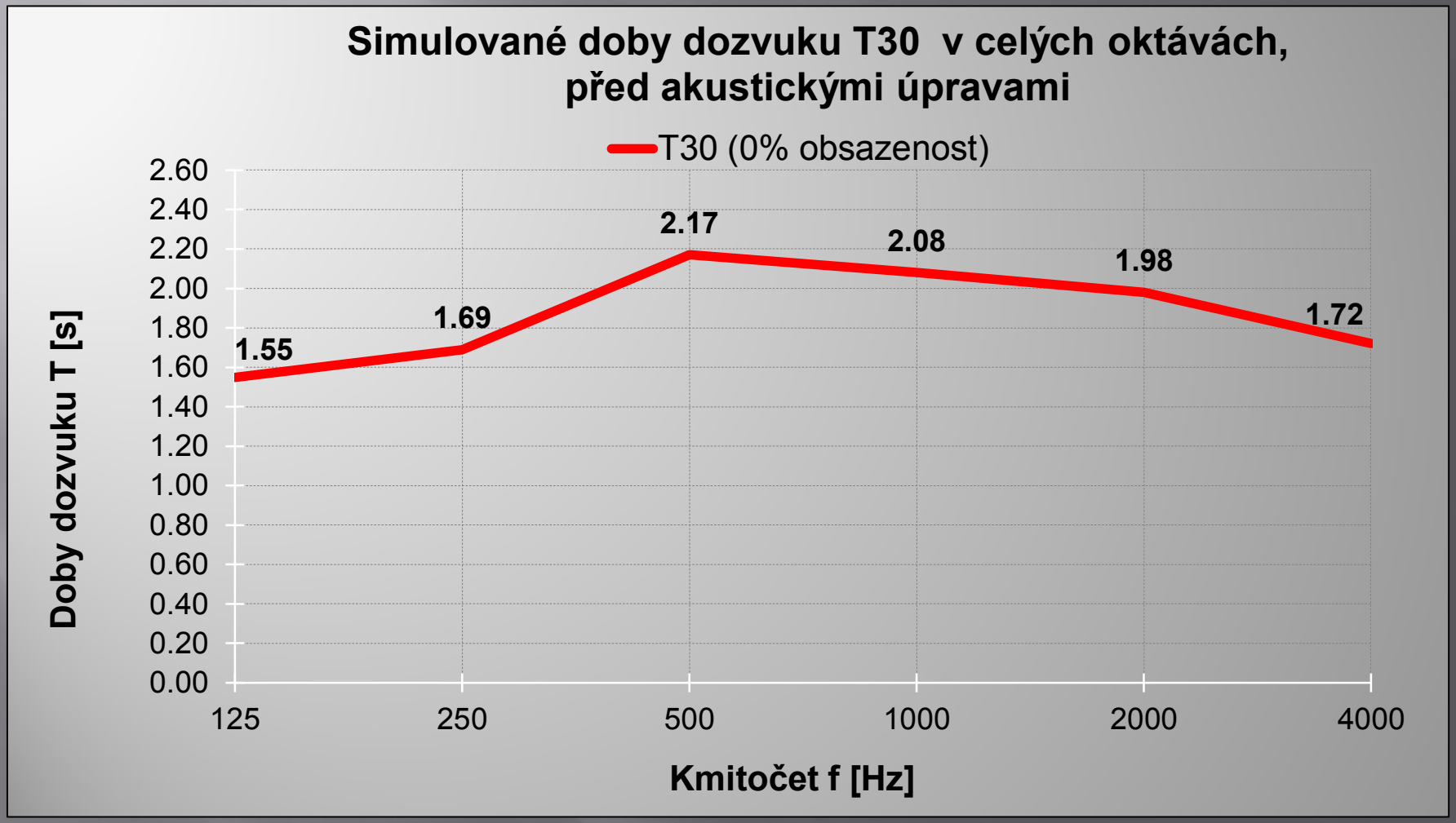
Zdroj: autor

- měřící mikrofon

Zdroj: autor

Měření doby dozvuku ve školní učebně před akustickými úpravami

- Naměřené hodnoty doby dozvuku T_{30} (0% obsazenost)



Zdroj: autor

Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

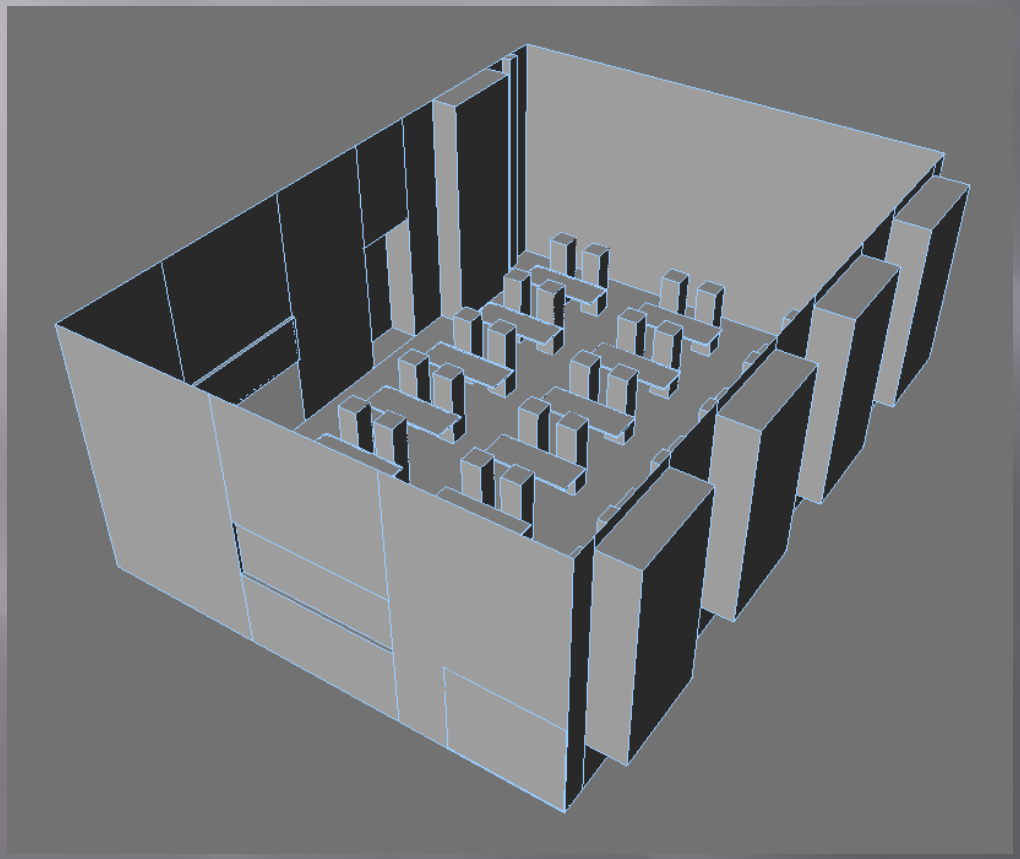
- návrh dle ČSN 73 0527
- komplexně vyvážená školní učebna

Prostor	Objem (m^3) (orientačně)	Doba T_0 (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím hodnot T/T_0	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,7	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 až 180	0,45	A.4	
Audiovizuální učebna	200	0,6	A.4	
Učebna hudební výchovy	200	0,9	A.3	
Učebna hudební výchovy při reprodukované hudbě	200	0,5	A.3	
Učebna hry na individuální nástroje a sólového zpěvu	80 až 120	0,7	A.3	
Učebna orchestrální hry hudebních škol	–	Závislost 2 – A.1	A.2	Objem $V \geq 600$ m^3
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	–	Závislost 5 – A.1	A.8	
Sborovna nebo konferenční místnost	–	(Širokopásmový obklad stropu)	–	
Učebna pracovní výuky	–	„	–	
Učebna gymnastiky a tance	–	„	–	
Místnost pro hry v mateřských školách a školních družinách	130 až 200	„	–	
Denní místnost jeslí	150	„	–	
Školní jídelna, menza	–	„	–	

Zdroj: ČSN 73 0527. Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely. Praha: Česká technická norma (ČSN), 2005

Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

- Počítačové modely školní učebny (CINEMA 4D RELEASE 11, ODEON 12.12 COMBINED)



Zdroj: autor

Zdroj: autor

Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

- spolupráce s firmou Saint Gobain Construction – divize Ecophon
- veškeré rozměry prvků převzaty z navržené výkresové dokumentace

Typ	Rozměr (mm)	Tloušťka (mm)	Celková hloubka systému (mm)
Master™ Rigid E gamma	600 x 600	20	200
Advantage™ E T24 Gen II	600 x 600	15	200
Ecophon Extra Bass	1200 x 600	50	-
Connect Z24	-	-	-
Connect stavitelný závěs	-	-	-
Connect závěs klip	-	-	-
Connect přímá konzole	-	-	-
Connect obv. lišta	-	-	-
Connect stínová lišta	-	-	-
Connect E – vsuvka 058/0154	-	-	-

Zdroj: autor

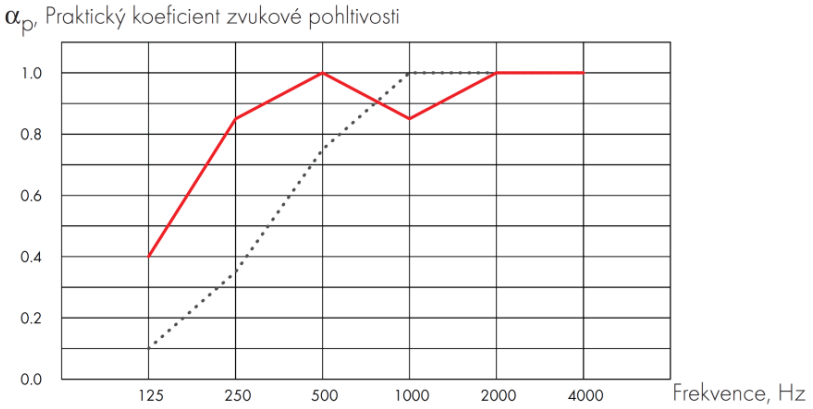
Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

Technický list Advantage™ E:

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354.

Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.



tl. mm	o.d.s. mm	α_p, Praktický koeficient zvukové pohltivosti						α_w	absorpční třída
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
15	60	0.10	0.35	0.75	1.00	1.00	1.00	0.65	C
15	200	0.40	0.85	1.00	0.85	1.00	1.00	0.95	A

tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
15	60	0.85	0.83

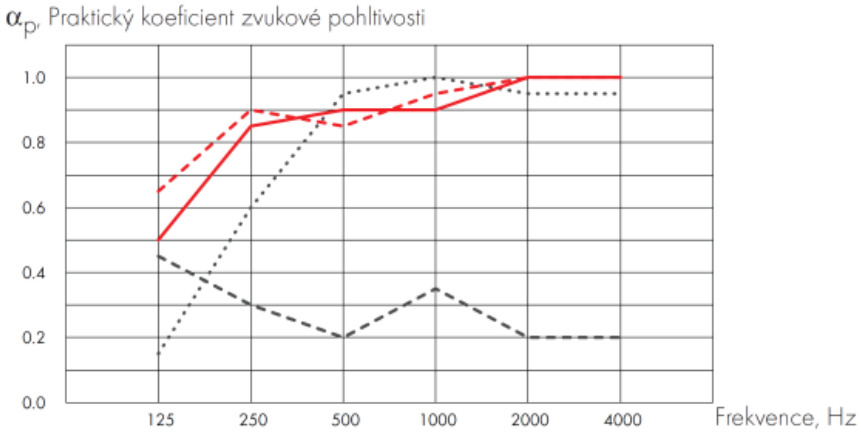
Zdroj: http://www.ecophon.com/cz/vyrobky/Kazetov--podhledy/Advantage/Advantage--Ea/

Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

Technický list Master™ Rigid E gamma:

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s normou EN ISO 354. Klasifikace v souladu s EN ISO 11654.



··· Master Rigid E 20 mm, 60 mm o.d.s.

– Master Rigid E 20 mm, 200 mm o.d.s.

--- Master Rigid E 20 mm + Extra Bass 50 mm, 200 mm o.d.s.

--- Master Rigid E gamma 20 mm, 200 mm o.d.s.

o.d.s = celková hloubka systému

	tl. mm	o.d.s. mm	α_p, Praktický koeficient zvukové pohltivosti						α_w	absorpční třída
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
	20	60	0.15	0.60	0.95	1.00	0.95	0.95	0.90	A
	20	200	0.50	0.85	0.90	0.90	1.00	1.00	0.95	A
+ Extra Bass	70	200	0.65	0.90	0.85	0.95	1.00	1.00	0.90	A
gamma	20	200	0.45	0.30	0.20	0.35	0.20	0.20	0.25	E

Zdroj: http://www.ecophon.com/cz/vyrobky/Kazetov--podhledy/Master/Master--Rigid-E/

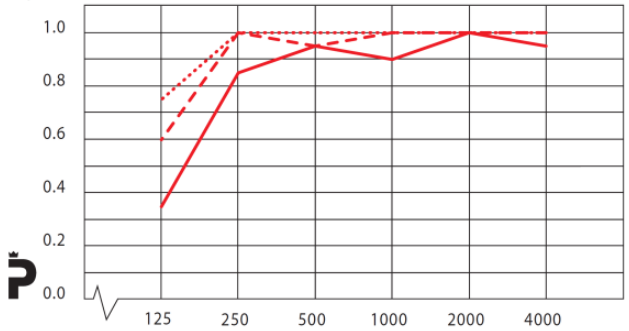
Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

Technický list Ecophon Extra Bass:

Zvuková absorpce: Výsledky zkoušek v souladu s normou EN ISO 354.

Klasifikace v souladu s EN ISO 11654.

α_p Praktický koeficient zvukové pohltivosti



— Ecophon Master Rigid A 200 mm o.d.s.

--- Ecophon Master Rigid A + Ecophon Extra Bass 200 mm o.d.s.

· · · · Ecophon Master Rigid A + 2 Ecophon Extra Bass 200 mm o.d.s.

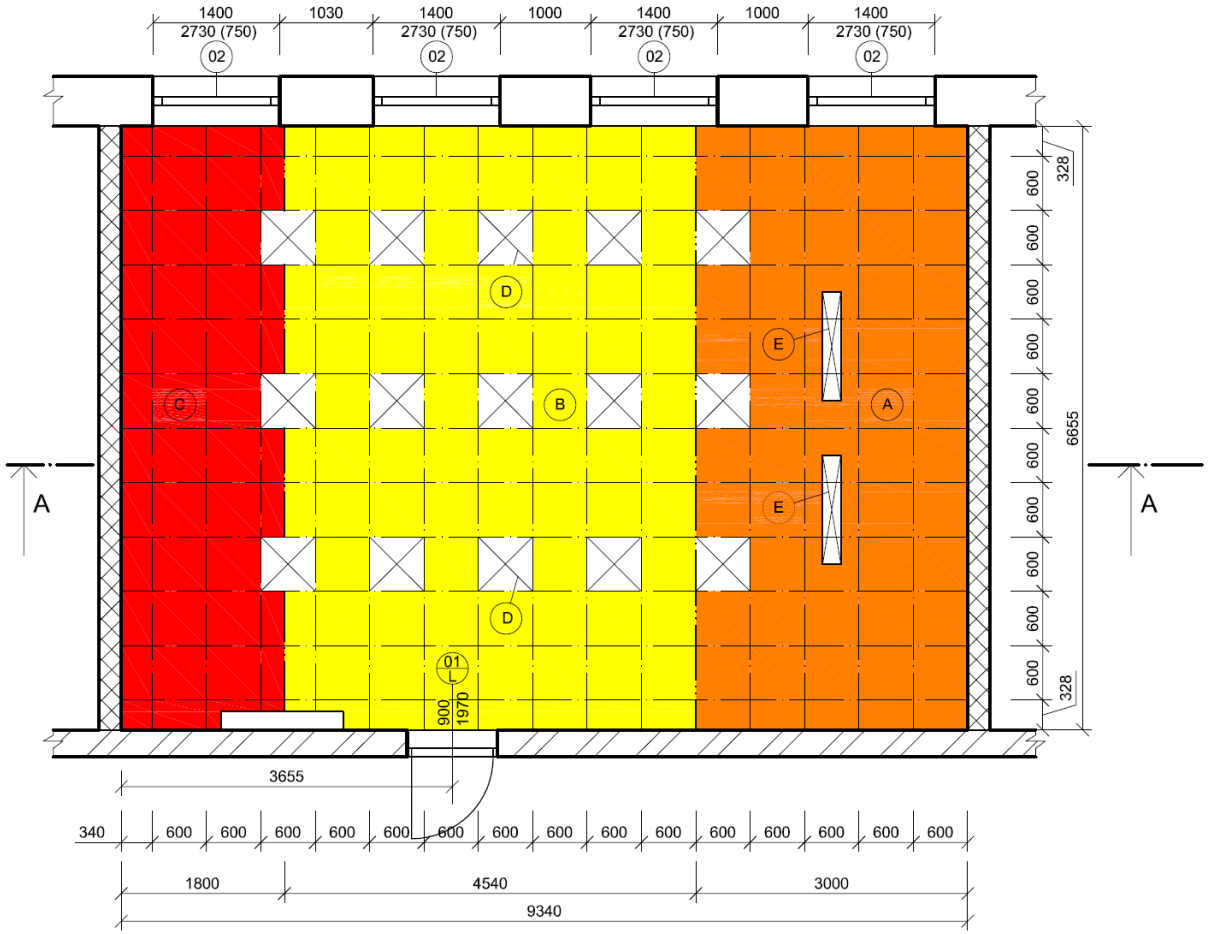
o.d.s = celková hloubka systému

Produkt	Master Rigid A	Master Rigid A +Extra Bass	Master Rigid A / gamma
o.d.s mm	200	200	200
absorpční třída	A	A	D
αw	0,95	1,00	0,35

Zdroj: http://www.ecophon.com/PIM/Extra%20Bass-PRODUCT-CZ.pdf

Návrh akustických materiálů ve školní učebně

2. NADZEMNÍ PODLAŽÍ - AKUSTICKÝ NÁVRH ŠKOLNÍ UČEBNY



LEGENDA VÝPLNÍ OTVORŮ

OZN.	POPIS	ROZMĚRY (mm)	KS
02	OKNO DŘEVĚNÉ	1400/2730	4
01	VNITŘNÍ DVEŘE OCELOVÉ	900/1970	1

A MASTER RIGID_E/GAMMA O.D.S. 200 MM, TL. 20 MM
PLOCHA - 19,97 m2

B ADVANTAGE_E, O.D.S. 200 MM, TL. 15 MM
PLOCHA - 30,21 m2

C ADVANTAGE_E + EXTRA BASS O.D.S. 200 MM
EXTRA BASS TL. 50 MM
PLOCHA - 11,98 m2

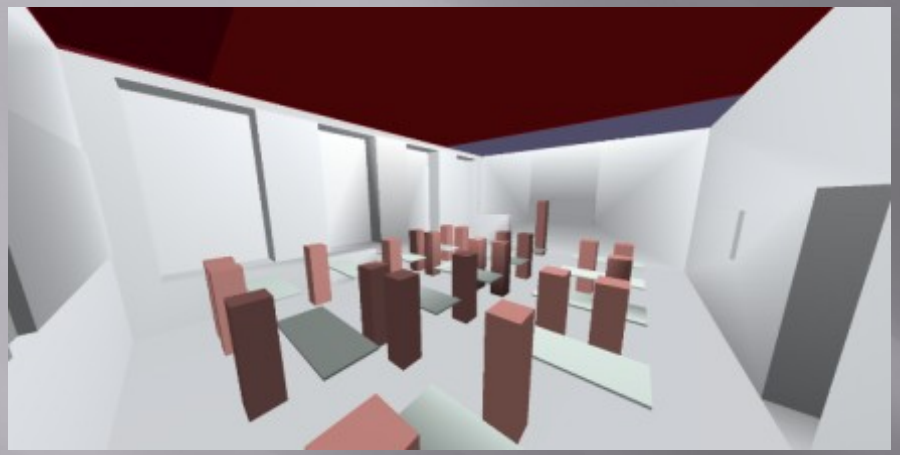
D ZÁŘIVKOVÉ TĚLESO, ROZMĚR 600x600 mm

E ZÁŘIVKOVÉ TĚLESO, ROZMĚR 1200x200 mm

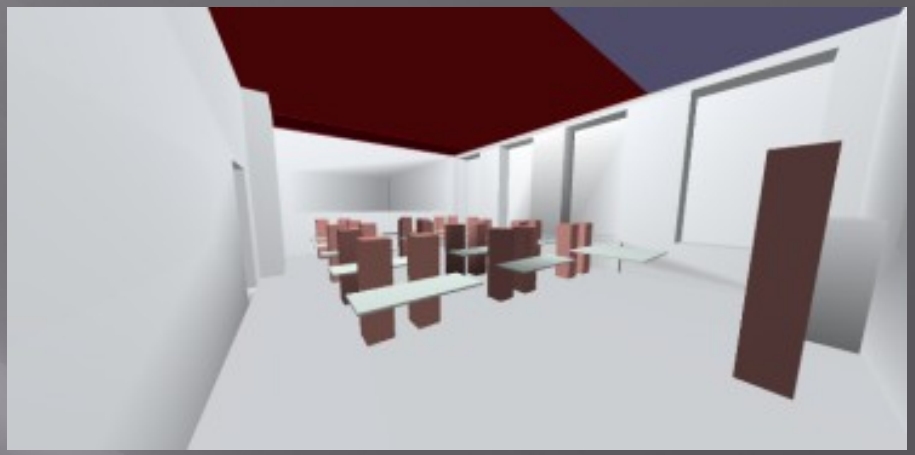
S. V. 3 650 mm

Zdroj: autor

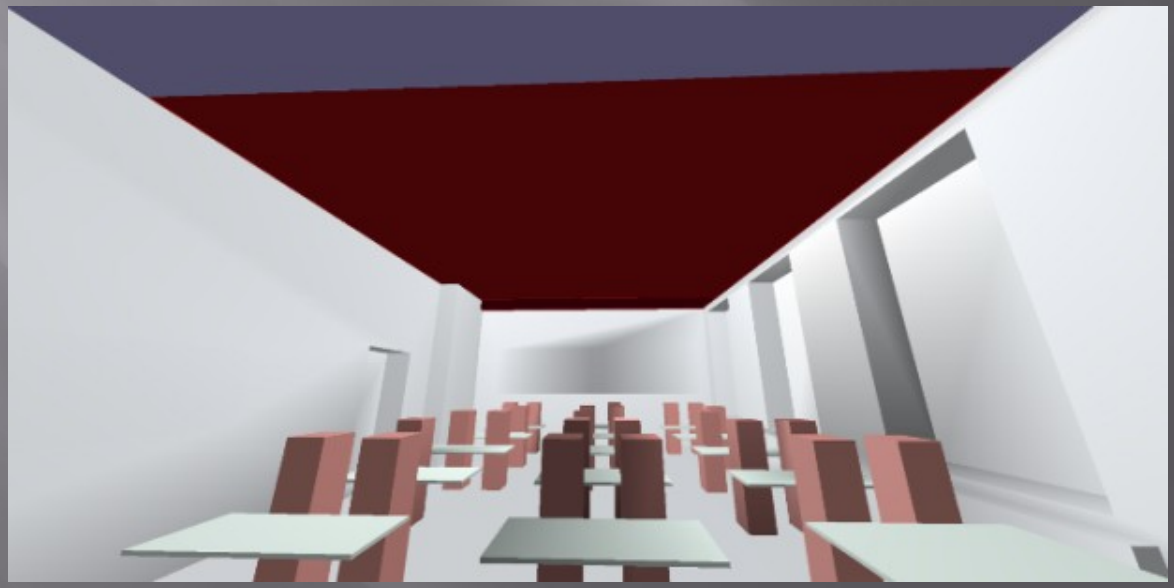
Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky



Zdroj: autor



Zdroj: autor

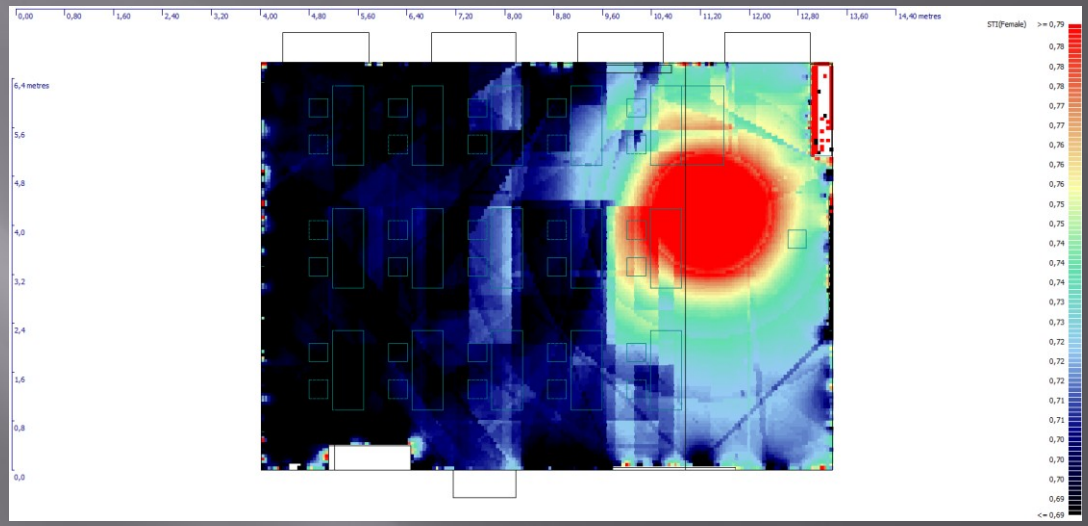


Zdroj: autor

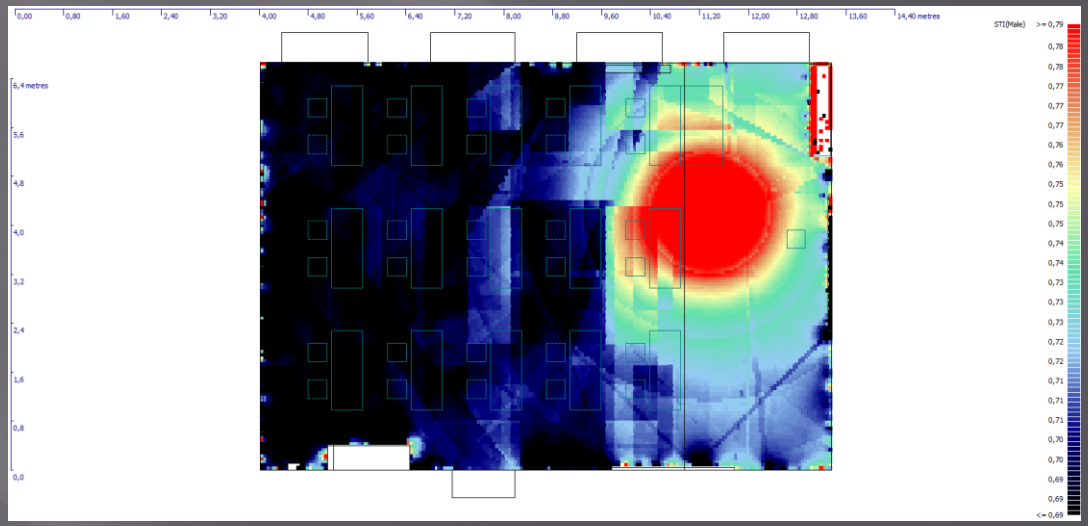
Návrh akustických materiálů ve školní učebně pomocí softwarové techniky

Srozumitelnost STI_{FEMALE}, STI_{MALE} [-]:

Jedná se o procentuální poměr správně zaslechnutých prvků řeči k celkovému počtu vyslovených prvků – slabik, slov nebo vět. Jde tedy o hodnotu, která je pro hodnocení prostoru velice důležitá.



Zdroj: autor



Zdroj: autor

Fotodokumentace (po montáži akustického stropu)

Zdroj: autor

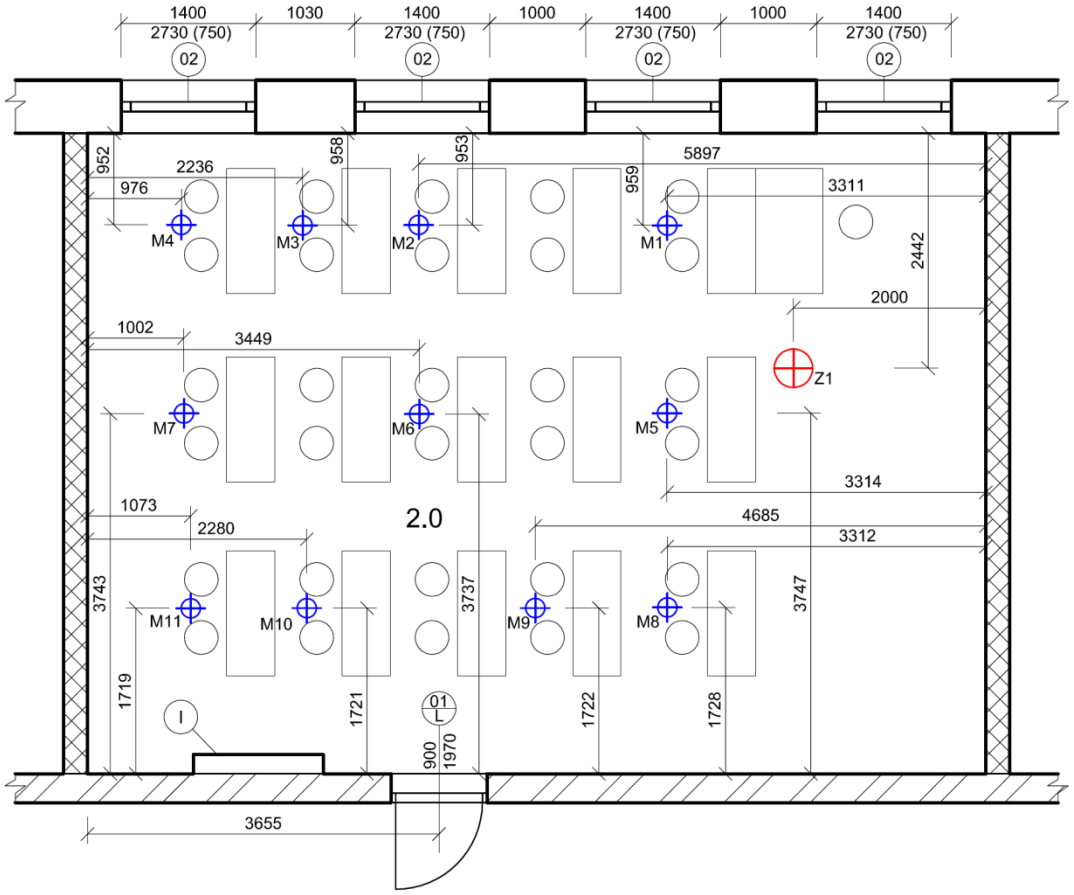
Zdroj: autor

Zdroj: autor

Zdroj: autor

Měření doby dozvuku ve školní učebně po akustických úpravách

AKUSTICKY OŠETŘENÁ ŠKOLNÍ UČEBNA
(PODHLED ECOPHON) - MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU



LEGENDA MÍSTNOSTI

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m2)
2.0	UČEBNA	62,16

LEGENDA VÝPLNÍ OTVORŮ

OZN.	POPIS	ROZMĚRY (mm)	KS
02	OKNO DŘEVĚNÉ	1400/2730	4
01	VNITŘNÍ DVEŘE OCELOVÉ	900/1970	1

I INSTALACE

Z1- ZDROJ, H=1,4 m

M1-M11- MIKROFON, H=1,35 m

S. V. 3 650 mm

Zdroj: autor

Měření doby dozvuku ve školní učebně po akustických úpravách

- všesměrový zdroj hluku

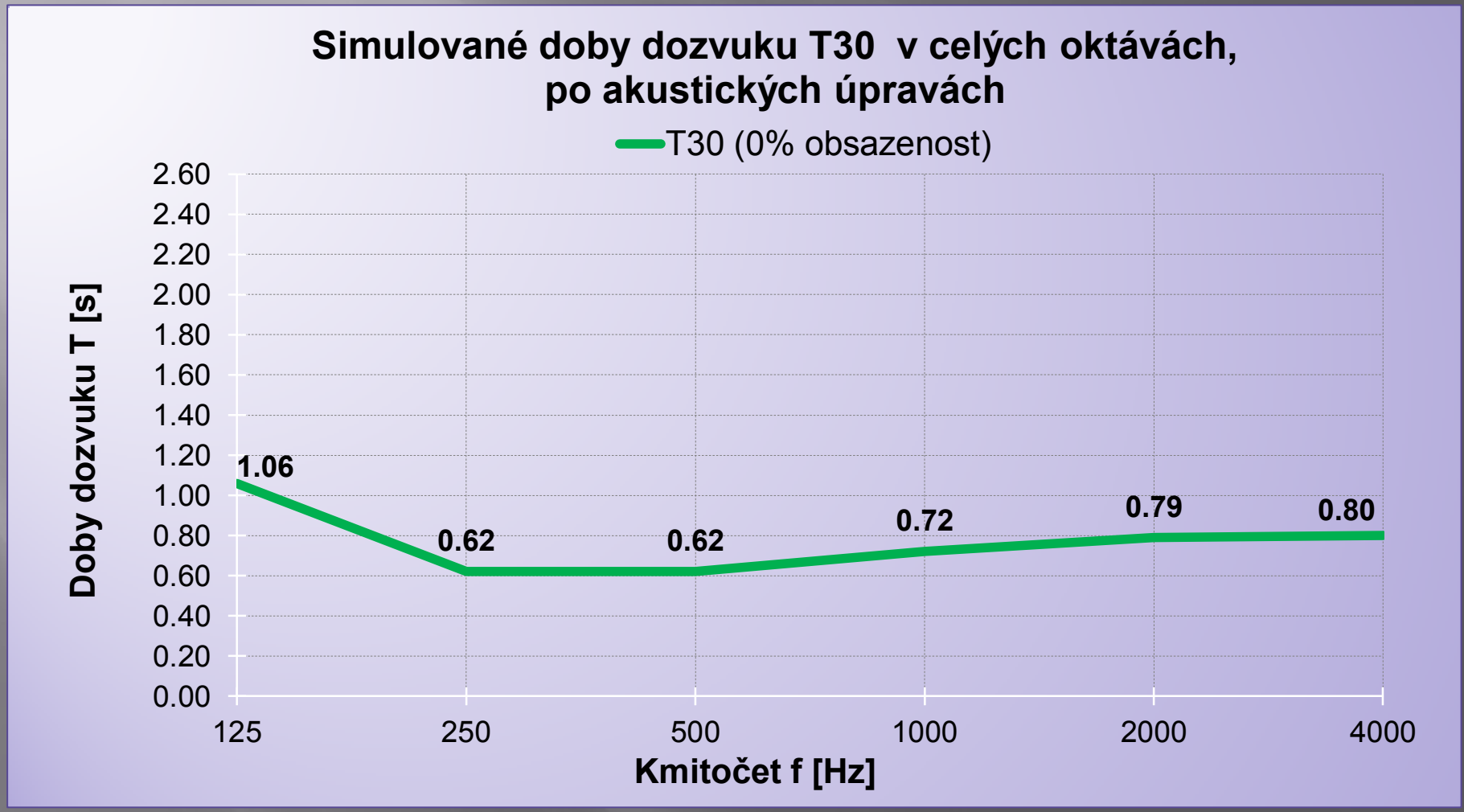
Zdroj: autor

- měřící mikrofon

Zdroj: autor

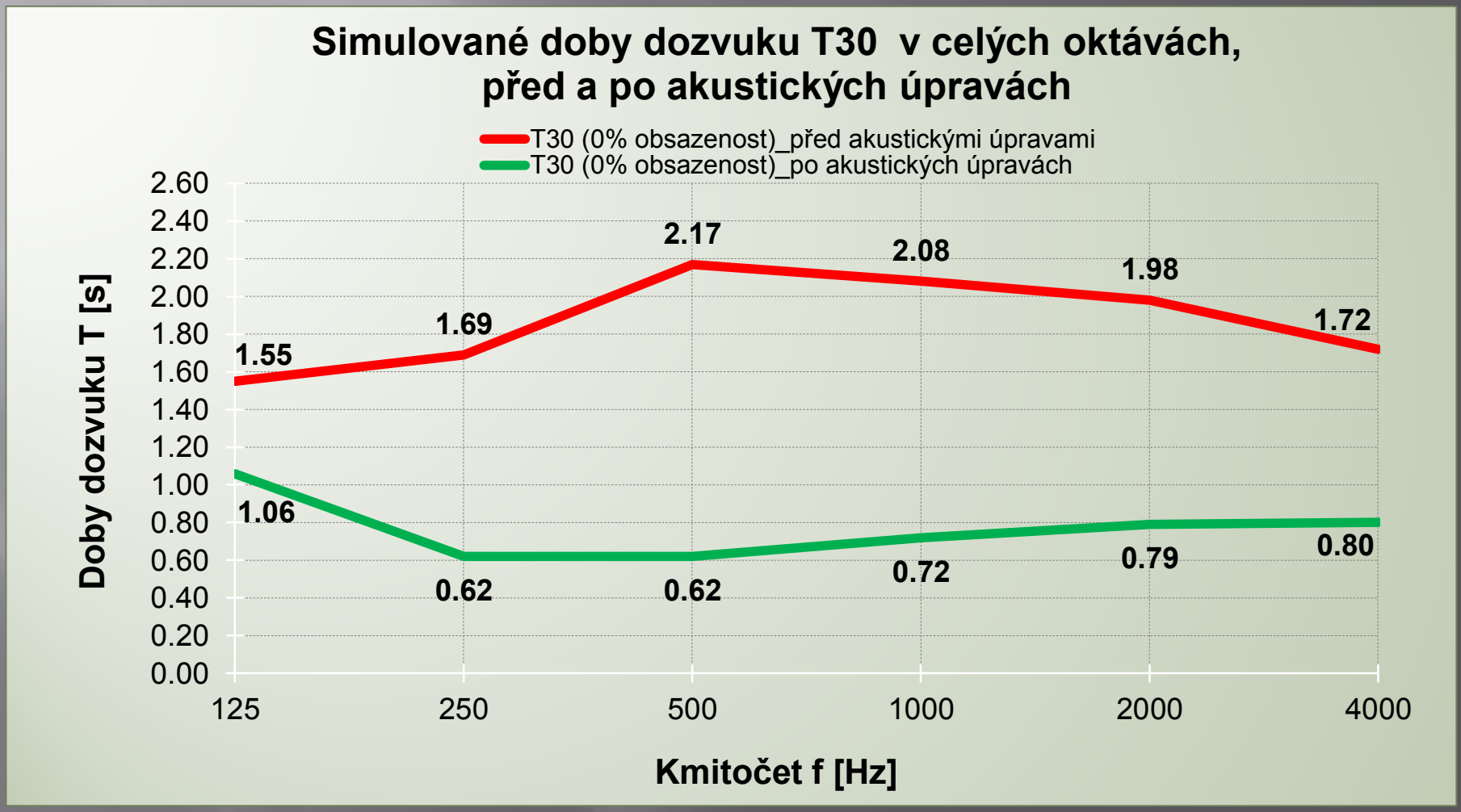
Měření doby dozvuku ve školní učebně po akustických úpravách

- Naměřené hodnoty doby dozvuku T_{30} (0% obsazenost)



Čistý rozdíl naměřených hodnot

- Naměřené hodnoty doby dozvuku T_{30}, před a po akustických úpravách (0% obsazenost)



Reálný poslech

- před akustickými úpravami

- po akustických úpravách

Měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku + tepová frekvence

Fyzické parametry vyučujícího	
Pohlaví	žena
Datum narození	15. 3. 1957
Věk	58 let
Výška	165 cm
Váha	98 kg

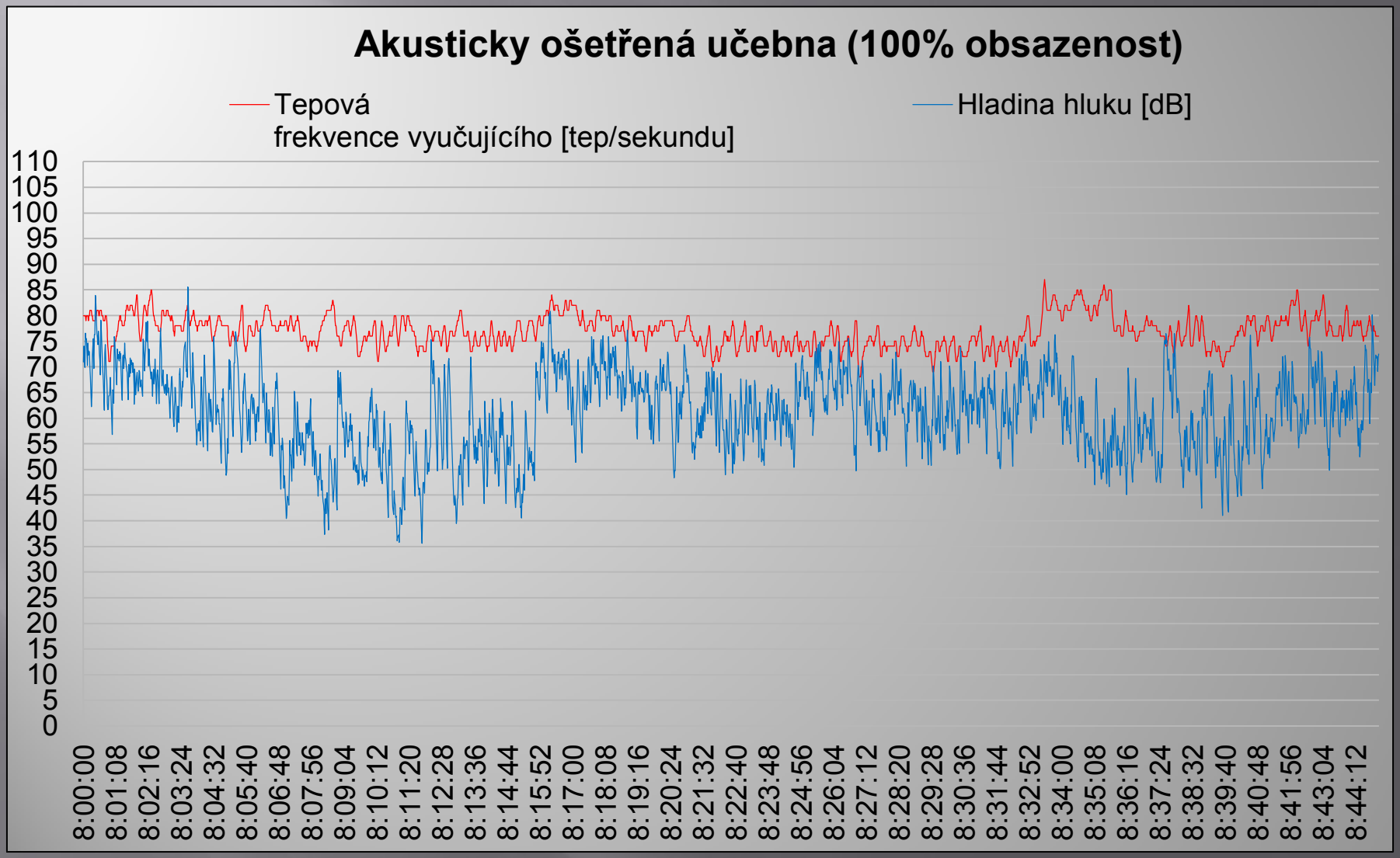
- zvukoměr

Zdroj: autor

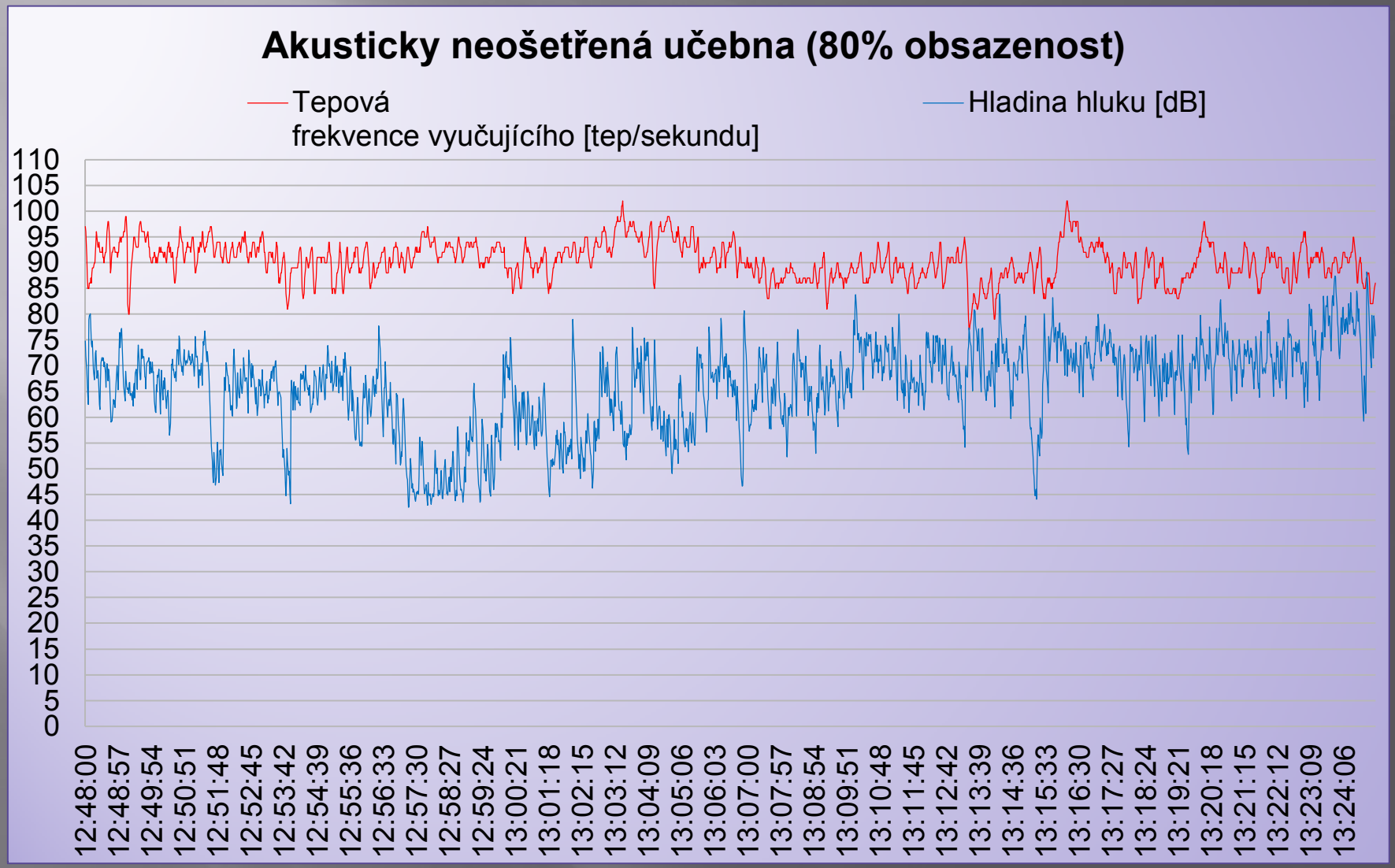
- sporttester

Zdroj: autor

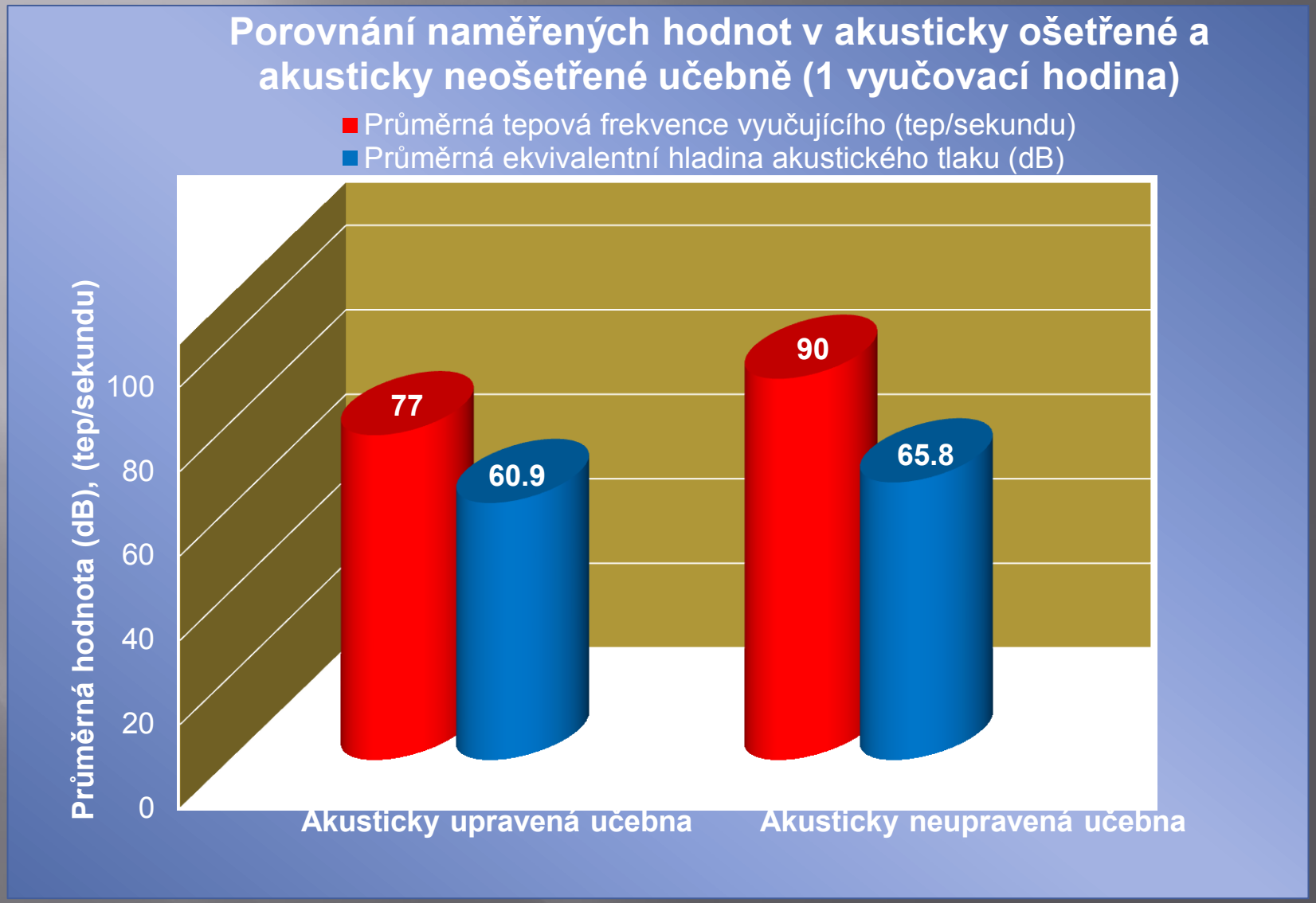
Měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku + tepová frekvence



Měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku + tepová frekvence



Měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku + tepová frekvence



Doplňující dotazy

- Vedoucí bakalářské práce Ing. Jana Dolejší
  - žádné dotazy
- Oponent bakalářské práce Ing. Tomáš Vrbka
  - pocitové změny po aplikaci akustického stropu

Děkuji za pozornost