



Studio D - akustika s.r.o.

U Sirkárny 467/2a, 370 04 České Budějovice
www.akustikad.com, akustikad@akustikad.com
fax: 387 202 590, mobil: 737 705 636

AKUSTICKÝ POSUDEK

**Prostorová akustika vybraných referenčních učeben
v rámci projektu „ZŠ Hloubětínská“**

Objednatel **Rockwool Polska Sp. Z o.o.**
Ul. Kwiatowa 14
PL 66-131 Cigacice

Číslo zakázky 14010392
Datum vydání 2014-12-15
Vypracoval Jan Dolejší
mobil: 733 716 153

Počet výtisků 2
Výtisk číslo 1 2

© Všechna práva vyhrazena

Obsah tohoto Akustického posudku je chráněn Autorským zákonem. Bez písemného svolení zpracovatele Studio D – akustika s.r.o. se nesmí Akustický posudek reprodukovat jinak než celý.

Obsah

1. Úvod.....	5
1.1. Metodika výpočtu.....	5
2. Prostorová akustika – typizovaná učebna, ref. 213 – Varianta A	5
2.1. Popis prostoru.....	5
2.2. Akustické řešení místnosti	5
2.3. Návrh akustických úprav.....	6
2.4. Akustická simulace a její hodnocení.....	7
2.5. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	10
2.6. Akustická simulace – obsazení prostoru z 80% celkové kapacity	13
2.7. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	15
3. Prostorová akustika – typizovaná učebna, ref. 213 – Varianta B	17
3.1. Návrh akustických úprav.....	17
3.2. Akustická simulace a její hodnocení.....	19
3.3. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	22
3.4. Akustická simulace – obsazení prostoru z 80% celkové kapacity	24
3.5. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část	26
4. Prostorová akustika – Kabinety, chodby.....	29
4.1. Návrh akustických úprav.....	29
5. Závěr.....	29
5.1. Vysvětlivky hodnocených parametrů.....	29
5.2. Použité podklady.....	30
5.3. Výkresové a mapové podklady	30
6. Přílohy	30

Seznam obrázků

Obrázek 1 – pohled do akustického modelu prostoru	6
Obrázek 2 – pohled do akustického modelu prostoru	6
Obrázek 3 – Půdorysné schéma místnosti.....	7
Obrázek 4 – Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	7
Obrázek 5 - Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	8
Obrázek 6 – Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527).....	8
Obrázek 7 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	9
Obrázek 8 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru.....	9
Obrázek 9 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou.....	10
Obrázek 10 – Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	11
Obrázek 11 – Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	11
Obrázek 12 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou....	11
Obrázek 13 - Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	12
Obrázek 14 - Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou.....	12
Obrázek 15 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	12

Obrázek 16 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	13
Obrázek 17 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	13
Obrázek 18 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T30, T20, EDT v prostoru.....	14
Obrázek 19 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou.....	15
Obrázek 20 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	15
Obrázek 21 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	15
Obrázek 22 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou....	16
Obrázek 23 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	16
Obrázek 24 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	16
Obrázek 25 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	17
Obrázek 26 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	17
Obrázek 27 – Půdorysné schéma místnosti.....	18
Obrázek 28 – Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	19
Obrázek 29 - Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	19
Obrázek 30 – Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527).....	20
Obrázek 31 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	20
Obrázek 32 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T30, T20, EDT v prostoru.....	21
Obrázek 33 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou.....	22
Obrázek 34 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	22
Obrázek 35 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	22
Obrázek 36 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou....	23
Obrázek 37 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	23
Obrázek 38 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	23
Obrázek 39 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	24
Obrázek 40 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	24
Obrázek 41 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	25
Obrázek 42 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T30, T20, EDT v prostoru.....	25
Obrázek 43 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou.....	26
Obrázek 44 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	27
Obrázek 45 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	27
Obrázek 46 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou....	27
Obrázek 47 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	28
Obrázek 48 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	28
Obrázek 49 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	28
Obrázek 50 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	29

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	6
Tabulka 2 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	10
Tabulka 3 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	14
Tabulka 4 – Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	18
Tabulka 5 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	21
Tabulka 6 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti	26



1. Úvod

Tato zpráva byla vypracována na základě objednávky, s cílem vypracovat a posoudit návrh prostorové akustiky vybraných prostor (vybrané referenční učebny, ZŠ Hloubětínská, a společné prostory - chodby). Byl vybrán prostor, který bude opatřen akustickými podhledy a případnými dalšími opatřeními, a bude sloužit jako referenční prostor a vzor pro všechny obdobné prostory. Zde je také dáván důraz na kvalitu prostorové akustiky (dle ČSN 73 0527), zejména ale pak na kvalitu a funkčnost provedených akustických opatření vč. všech dalších nároků.

Místnost se nachází ve 2. NP, a řešená vzorová učebna je ozn. 213.

Před provedením akustických úprav prostorů důrazně doporučujeme provést měření parametrů prostorové akustiky, aby bylo možné zkalibrovat řešení dle skutečného provedení.

Dispoziční řešení místnosti je navrženo v několika variantách dle příslušného využití prostoru zadaným způsobem. Byla vybrána referenční dispoziční řešení, která vyžadují nejvyšší kvalitu prostorové akustiky prostoru. Výsledné řešení bylo vytvořeno tak, aby splňovalo doporučení plynoucí z požadavků na tento referenční stav.

1.1. Metodika výpočtu

Simulace byla provedena pomocí Software Odeon Auditorium v. 12.15.

použité standardy:

- ČSN 730525
- ČSN 730526
- ČSN 730527
- ČSN ISO 3382 (ISO 3382-1, 2, 3)
- ČSN ISO 354
- ČSN EN ISO 11 654

2. Prostorová akustika – typizovaná učebna, ref. 213 – Varianta A

2.1. Popis prostoru

Místnost má délku cca 10 m a šířku cca 7,1 m. Světlá výška místnosti je odhadem po provedení akustických úprav cca 4 m.

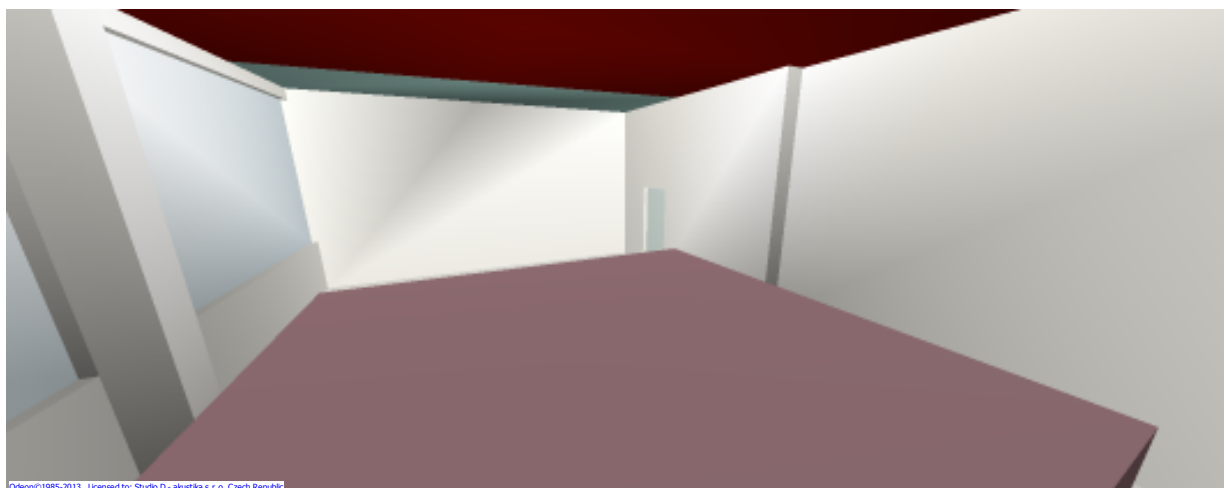
Objem místnosti je cca $V = 297 \text{ m}^3$ (Odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 335 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Celý prostor byl simulován za předpokladu zaplněné místnosti (dle předpokládaného uspořádání, viz ČSN 73 0527).

2.2. Akustické řešení místnosti

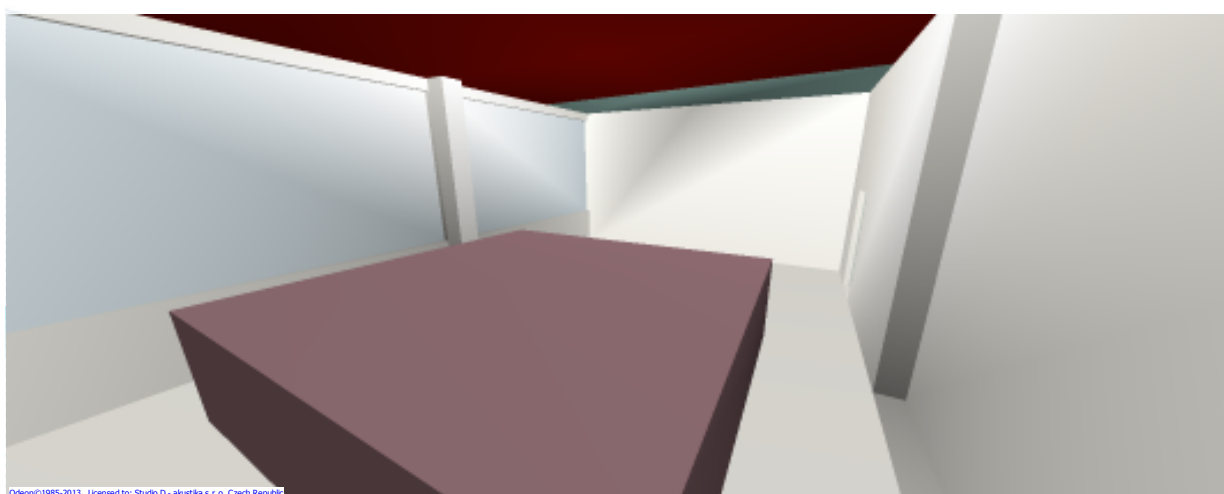
Na základě podkladů byl vytvořen akustický model. Před provedením akustického modelu nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

Před provedením akustických úprav prostoru doporučujeme tato měření provést, a zkalibrovat, a případně upravit akustické řešení celého prostoru.



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 1 – pohled do akustického modelu prostoru



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 2 – pohled do akustického modelu prostoru

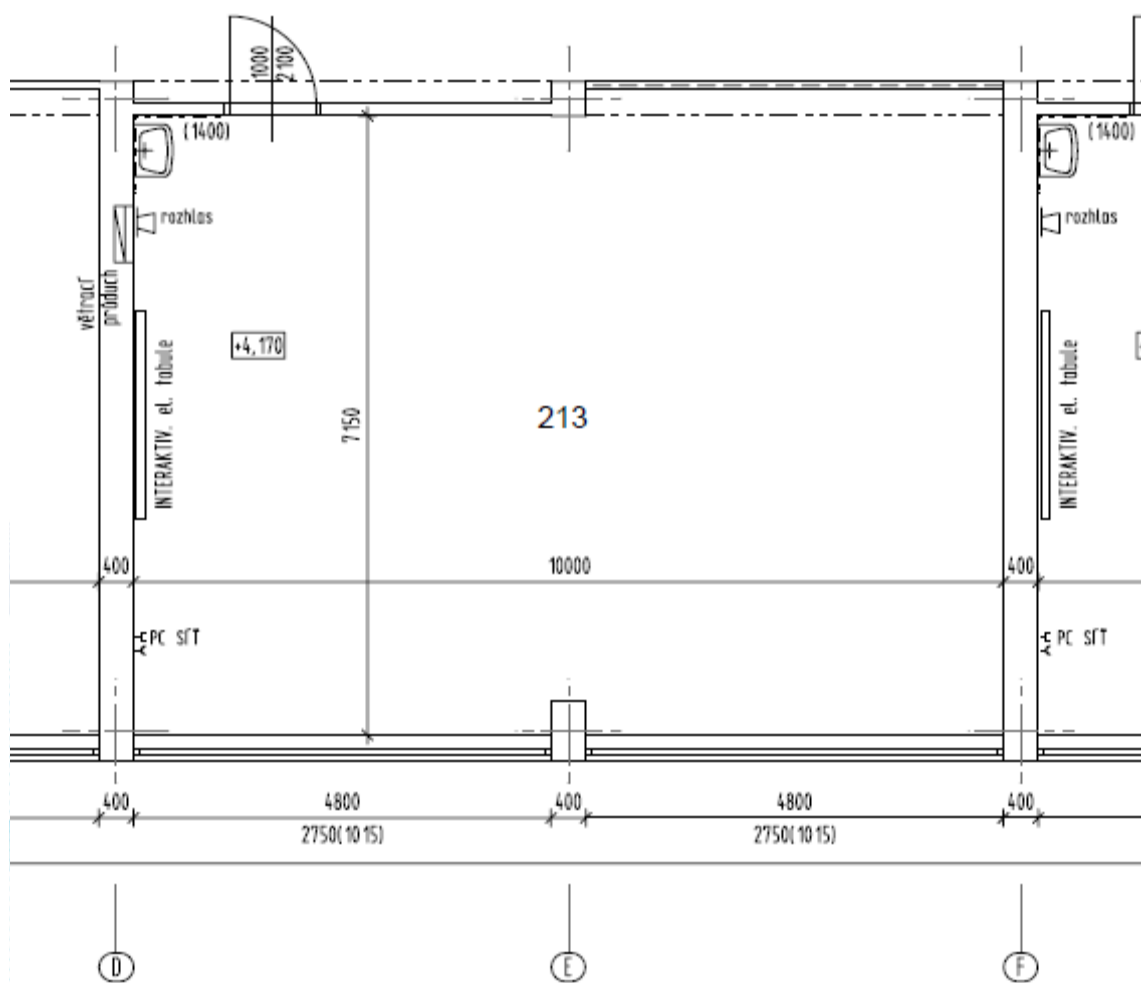
2.3. Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno se zaplněnou místností lidmi, se zařízením nábytkem. (ČSN 73 0527).
Veškeré akustické úpravy budou probíhat dle příloh (viz přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: Podlaha opatřená omyvatelnou odrazivou povrchovou úpravou na bázi PVC, obvodové stěny ze zděných konstrukcí, omítnuté s vnitřním štukem, příp. lehké vnitřní příčky.

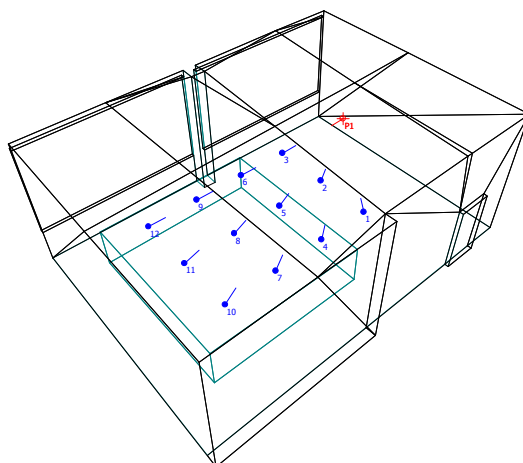
Materiál	Odsazení/svěšení	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
Rockfon Sonar E 20 mm	200 mm	Podhledový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 56,8 m ²	Dle příloh
Rockfon Sonar Bas E 20 mm	Cca 200 mm	Podhledový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 16 m ²	-
Rockfon Koral Activity	Cca 40 mm	Stěnový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 22,5 m ²	Dle příloh, v zadní části prostoru

Tabulka 1 – Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru



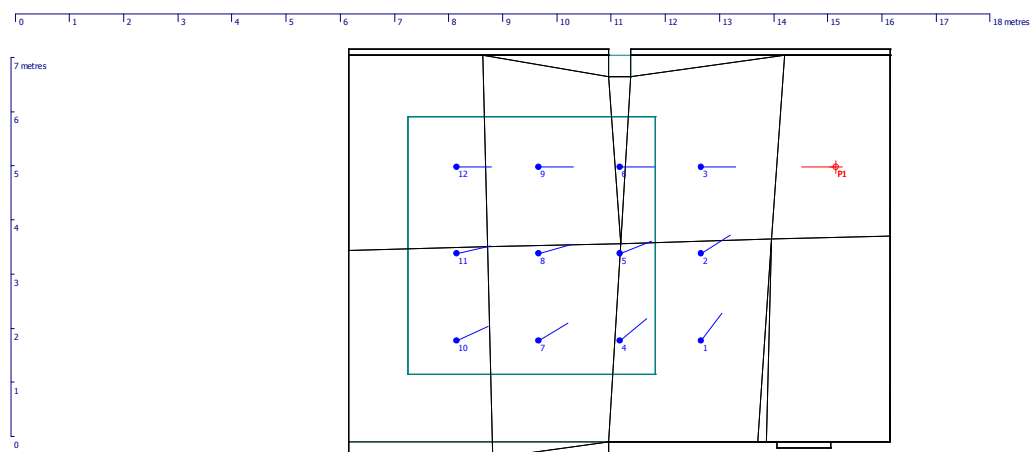
Obrázek 3 – Půdorysné schéma místnosti

2.4. Akustická simulace a její hodnocení



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 4 – Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

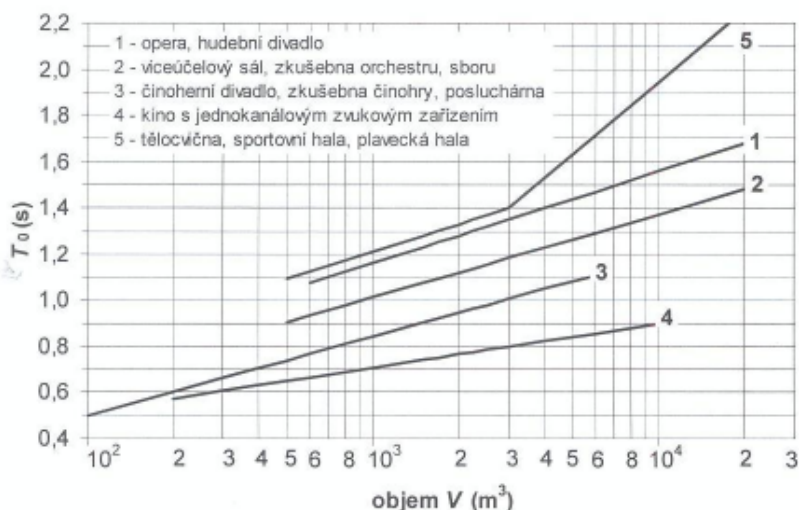
Obrázek 5 - Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

Zjednodušený geometrický model místnosti byl vytvořený na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

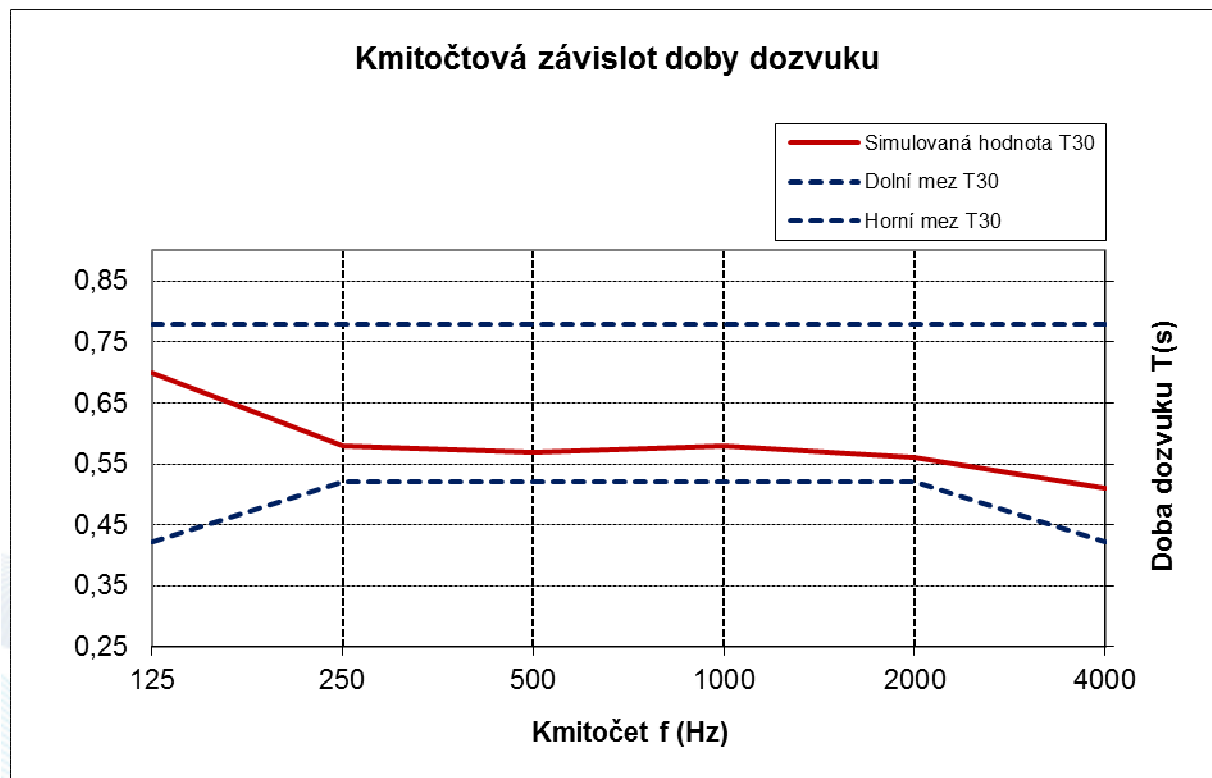
Optimální doba dozvuku je stanovena na základě doporučených hodnot normy ČSN 73 0527.

Optimální doba dozvuku pro prostor byla určena dle ČSN 73 0527. Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena doba dozvuku $T_0 = 0,65$ s (tabulka 2, Obrázek A.1 – ČSN 730527).

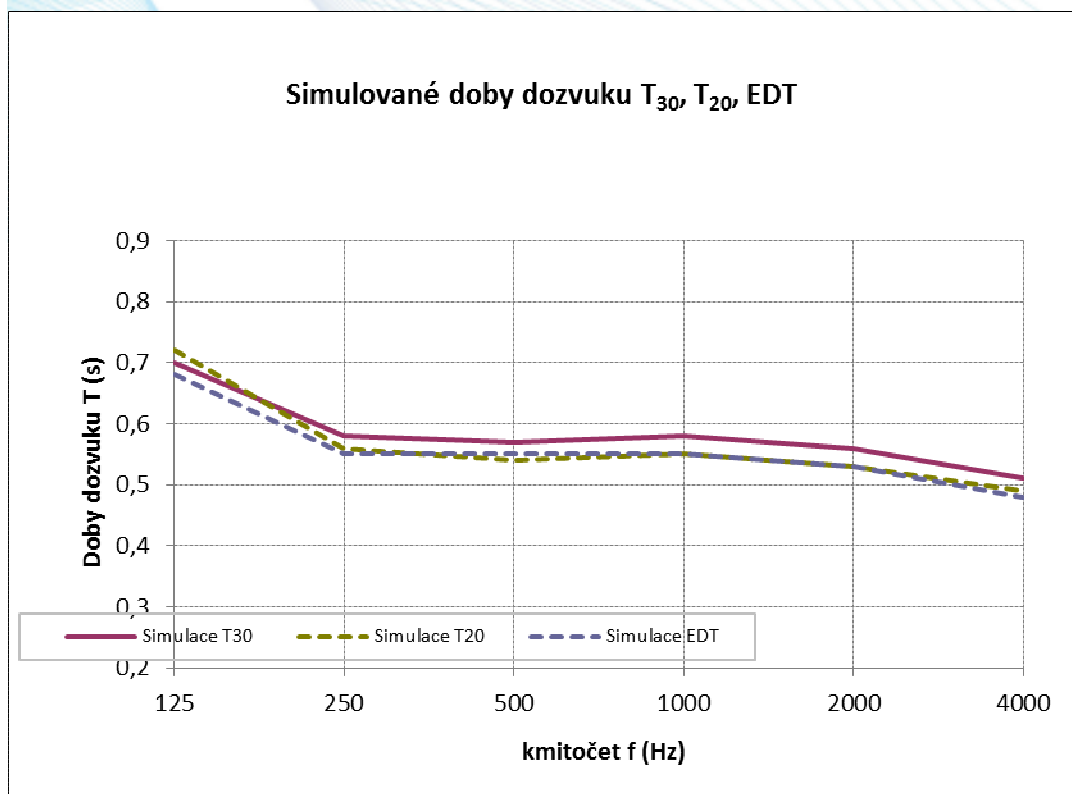
Doporučená střední doba dozvuku byla odečtena z tabulek na základě známého objemu místnosti (ČSN 73 0527). Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené na obr. 5, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.



Obrázek 6 – Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)



Obrázek 7 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti



Obrázek 8 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T30, T20, EDT v prostoru

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Simulace T30 /s/	0,7	0,7	0,58	0,57	0,58	0,56	0,51	0,4	
Simulace T20 /s/	0,68	0,72	0,56	0,54	0,55	0,53	0,49	0,39	
Simulace EDT /s/	0,62	0,68	0,55	0,55	0,55	0,53	0,48	0,34	
SPL /dB/****	75,9	76,6	74,2	73,5	73,5	73,2	72,8	71,8	
C80 /dB/	7,4	6,4	9,6	9,9	9,9	10,6	11,5	14,0	
D50 /-/	0,71	0,66	0,78	0,8	0,8	0,82	0,84	0,89	
Ts /ms/	42	47	32	30	31	28	26	21	
LF80 /-/	0,29	0,293	0,305	0,312	0,31	0,304	0,292	0,274	
Echo Max* /-/	0,44	0,45	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,39	
STI*** /-/	0,75				Alcons** /%/				3,43
STI/Žena/*** /-/	0,76				RASTI*** /-/				0,76
STI/Muž/*** /-/	0,75								

Tabulka 2 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

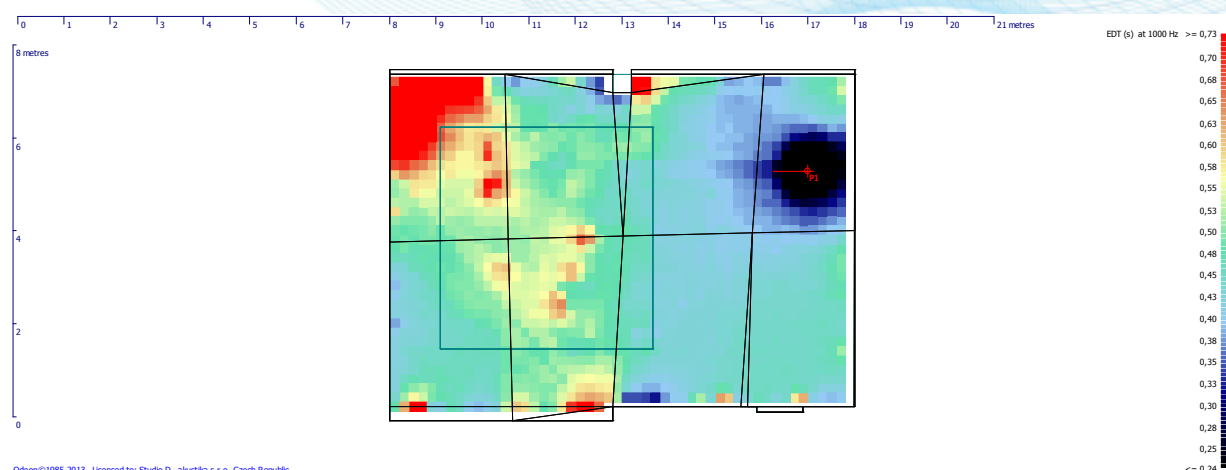
*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. Hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

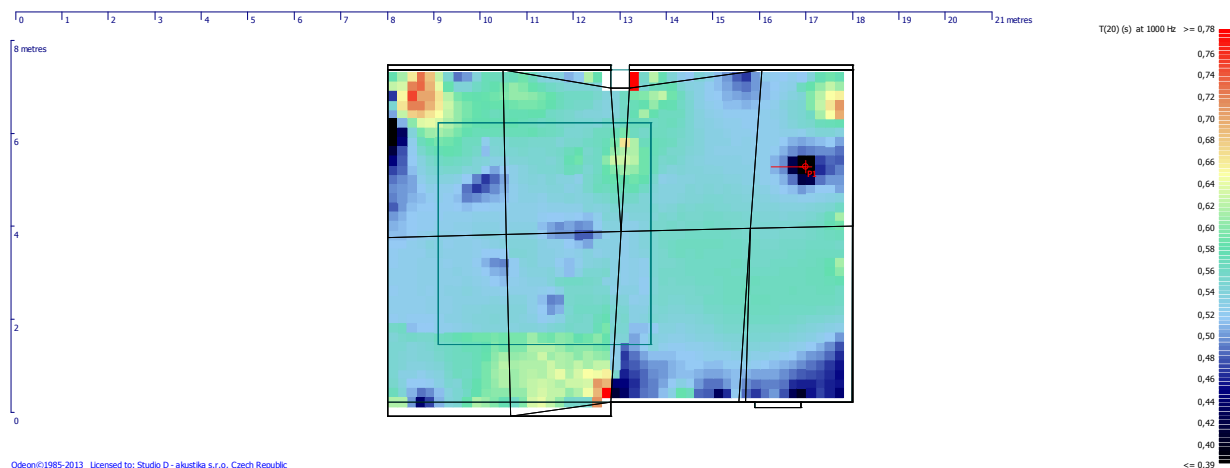
****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

2.5. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



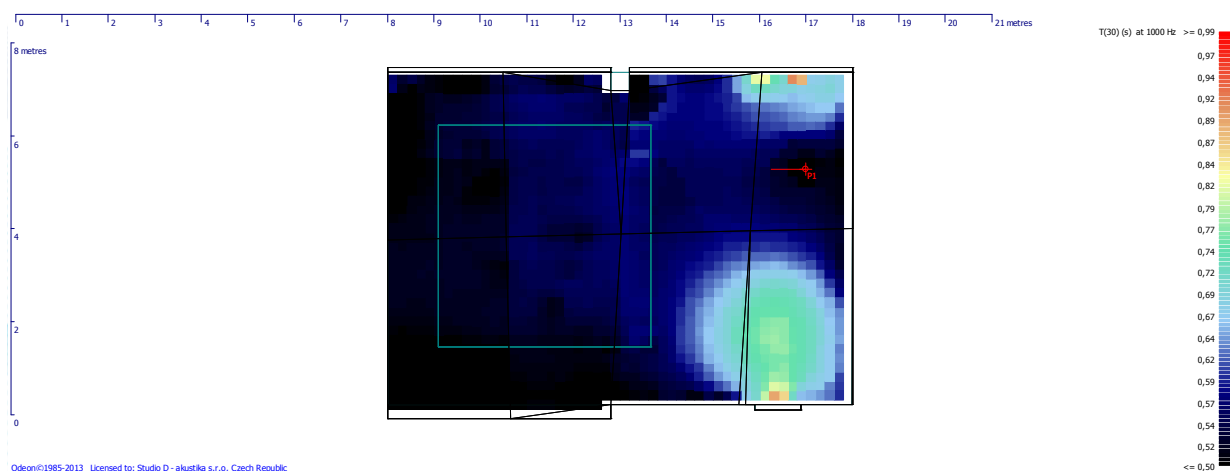
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 9 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



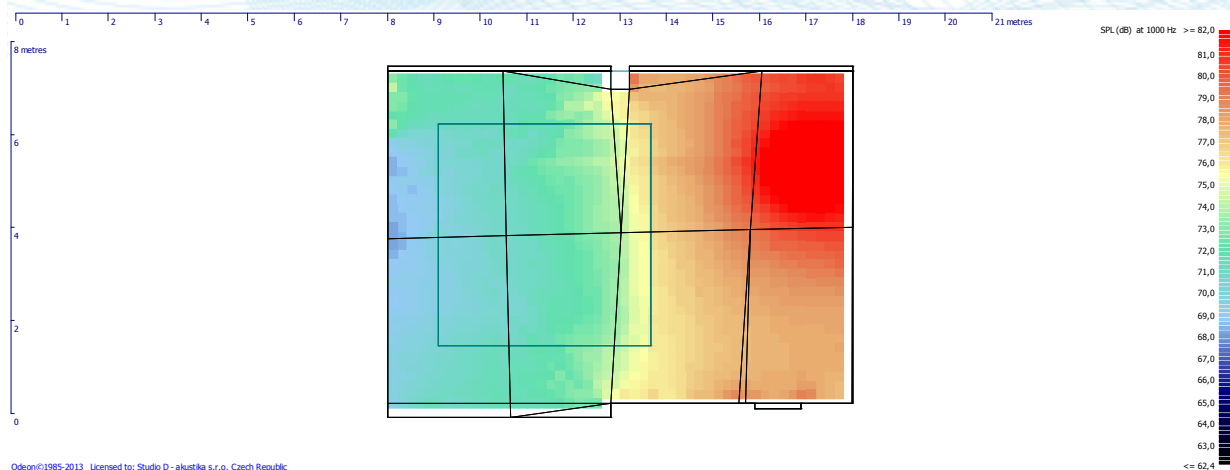
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 10 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



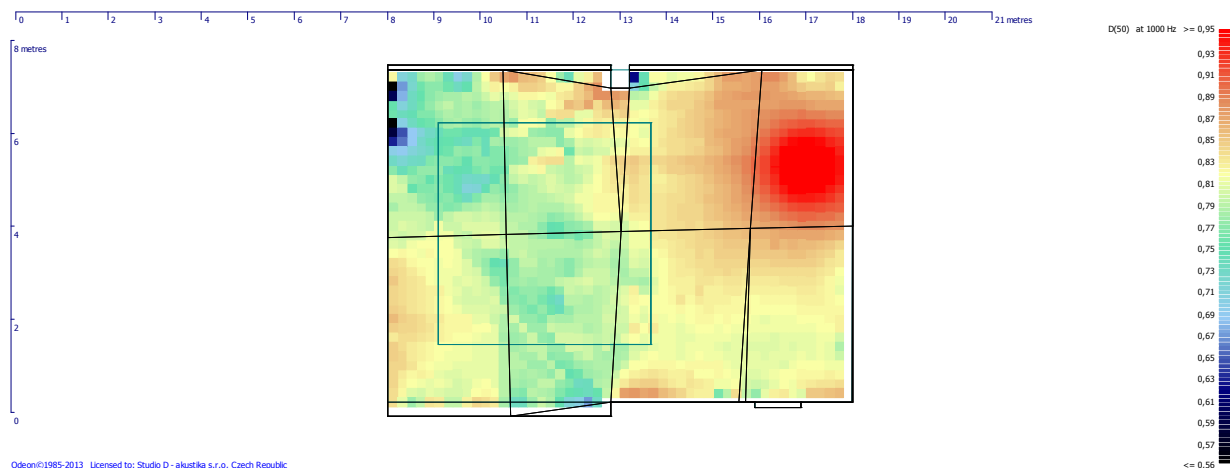
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 11 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



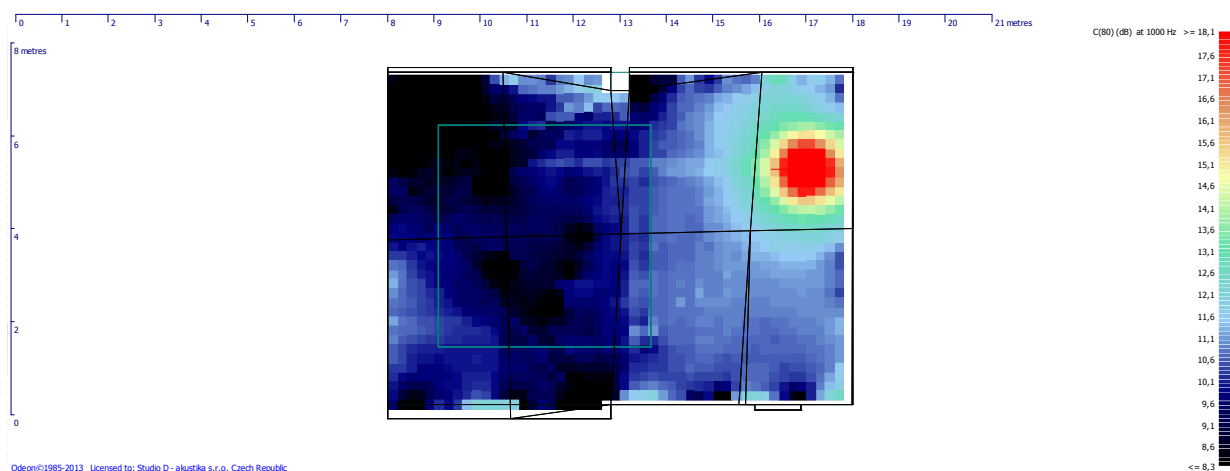
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 12 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



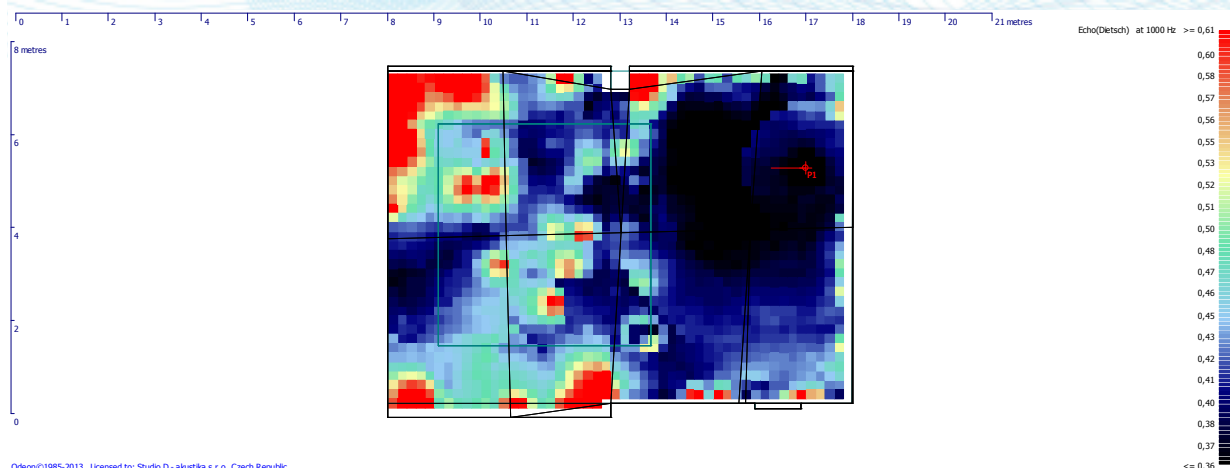
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 13 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



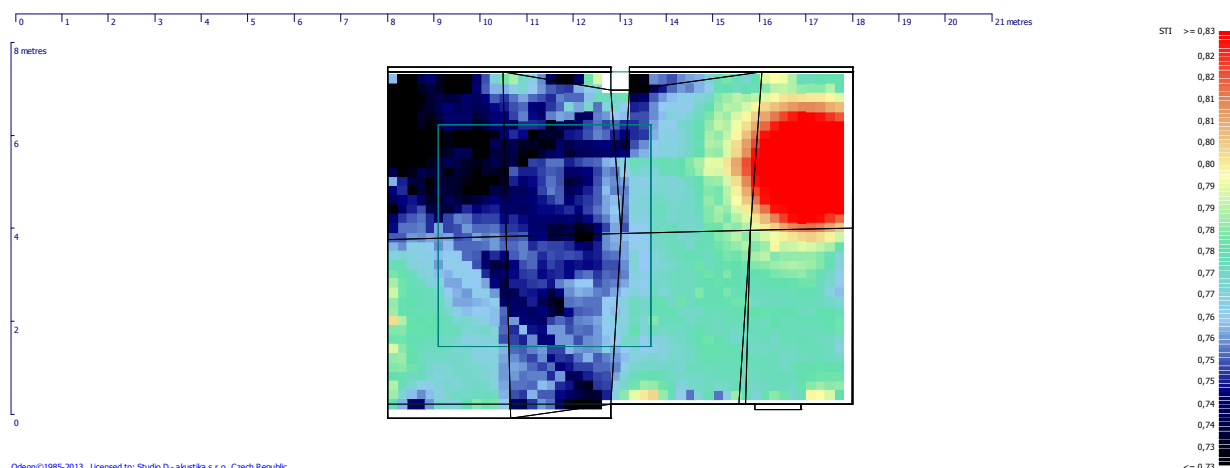
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 14 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 15 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou

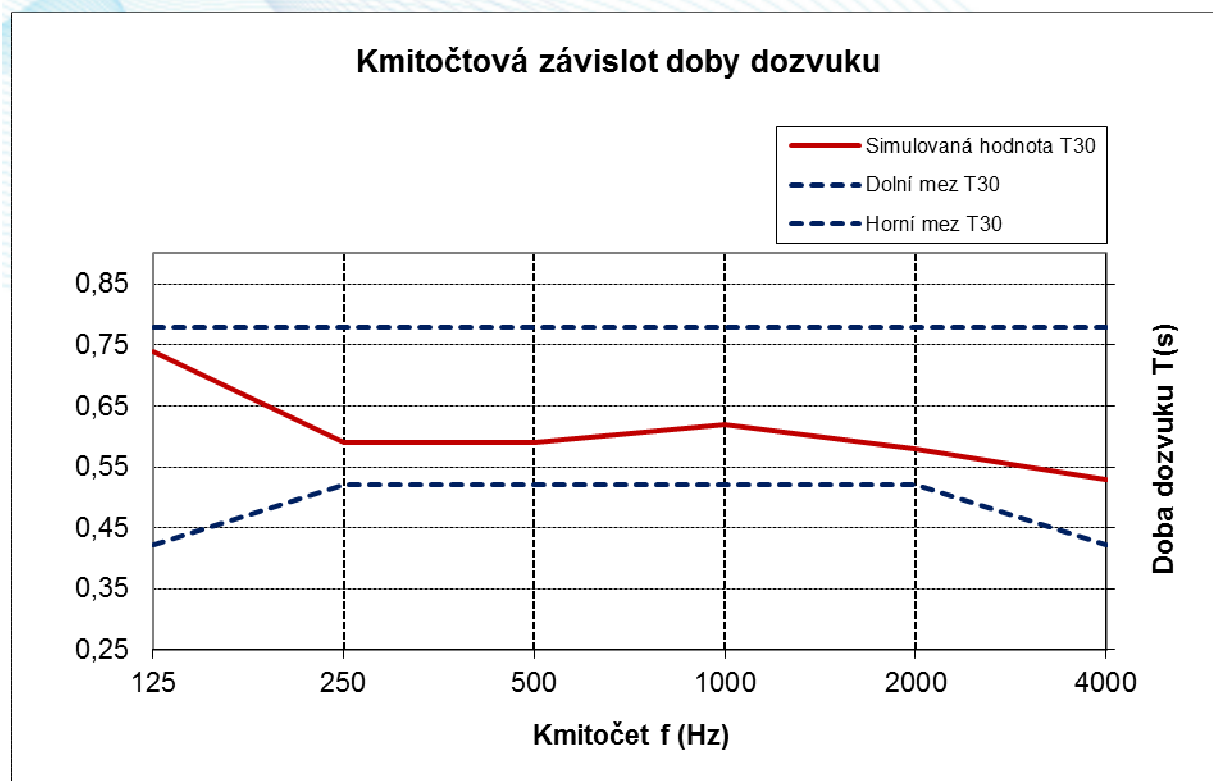


Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

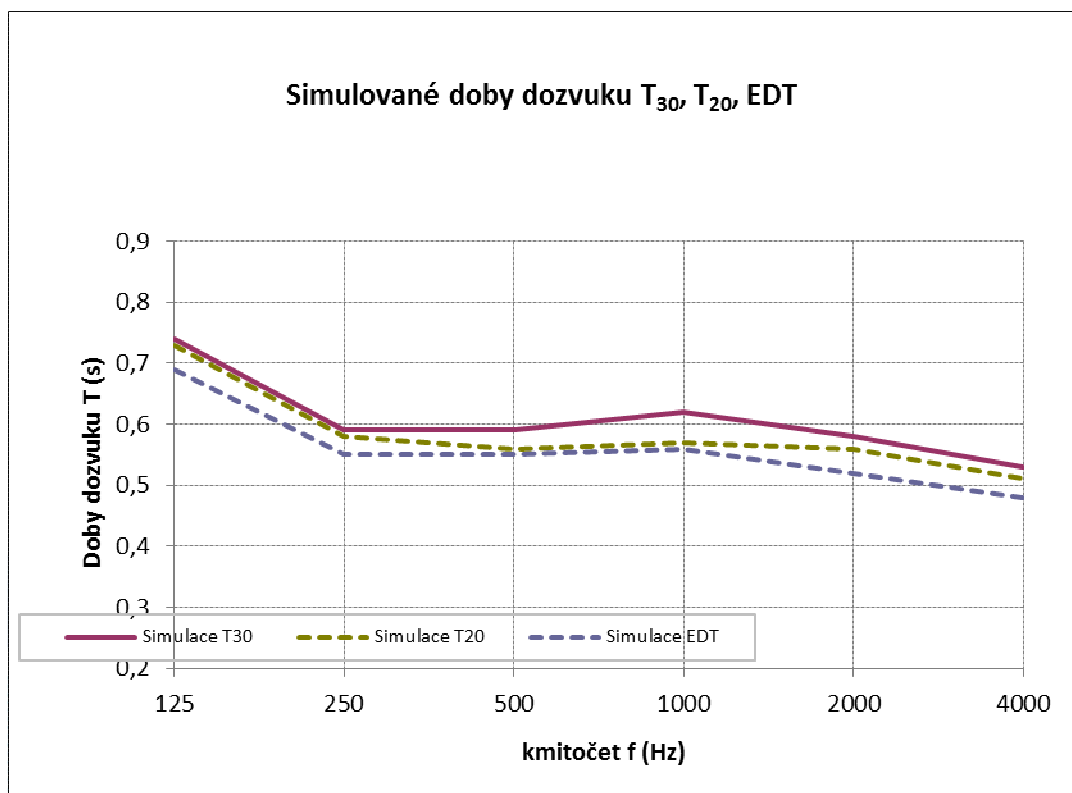
Obrázek 16 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

2.6. Akustická simulace – obsazení prostoru z 80% celkové kapacity

Pro lepší orientaci v akustickém chování prostoru, a zároveň pro lepší popis prostorové akustiky v porovnání s požadavky příslušných norem byl proveden výpočet jednotlivých parametrů i pro přítomnost cca 80% uvažovaných posluchačů v místnosti.



Obrázek 17 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti



Obrázek 18 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Simulace T_{30} /s/	0,7	0,74	0,59	0,59	0,62	0,58	0,53	0,4
Simulace T_{20} /s/	0,68	0,73	0,58	0,56	0,57	0,56	0,51	0,39
Simulace EDT /s/	0,62	0,69	0,55	0,55	0,56	0,52	0,48	0,35
SPL /dB/****	75,9	76,7	74,3	73,6	73,7	73,3	72,9	71,8
C80 /dB/	7,4	6,4	9,5	9,9	9,7	10,4	11,3	13,8
D50 /-/	0,71	0,66	0,78	0,79	0,79	0,81	0,83	0,88
Ts /ms/	42	47	33	31	31	29	27	21
LF80 /-/	0,29	0,293	0,306	0,313	0,311	0,305	0,293	0,276
Echo Max* /-/	0,44	0,45	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,39
STI*** /-/				0,75	Alcons** /%/			3,48
STI/Žena/*** /-/				0,76	RASTI*** /-/			0,75
STI/Muž/*** /-/				0,75				

Tabulka 3 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

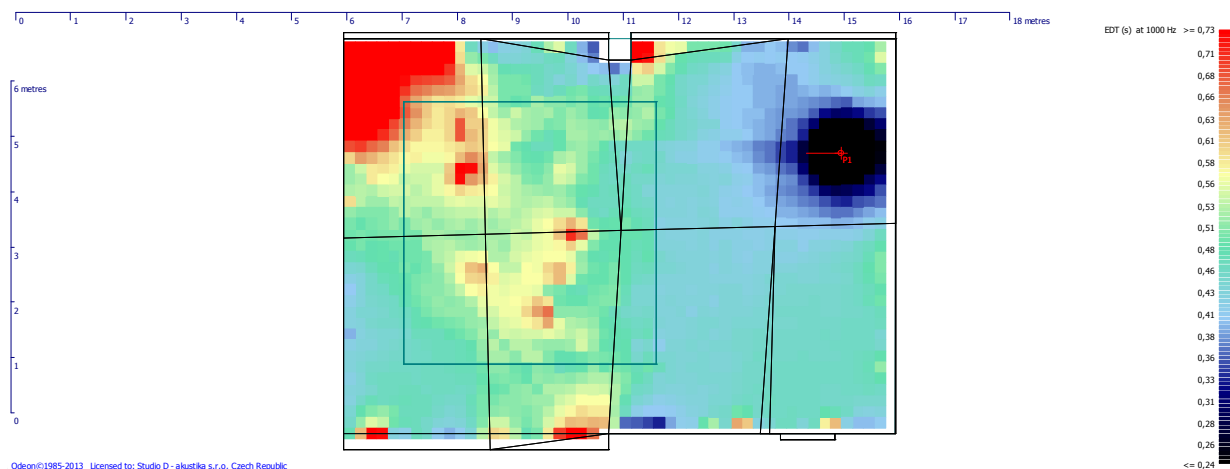
*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

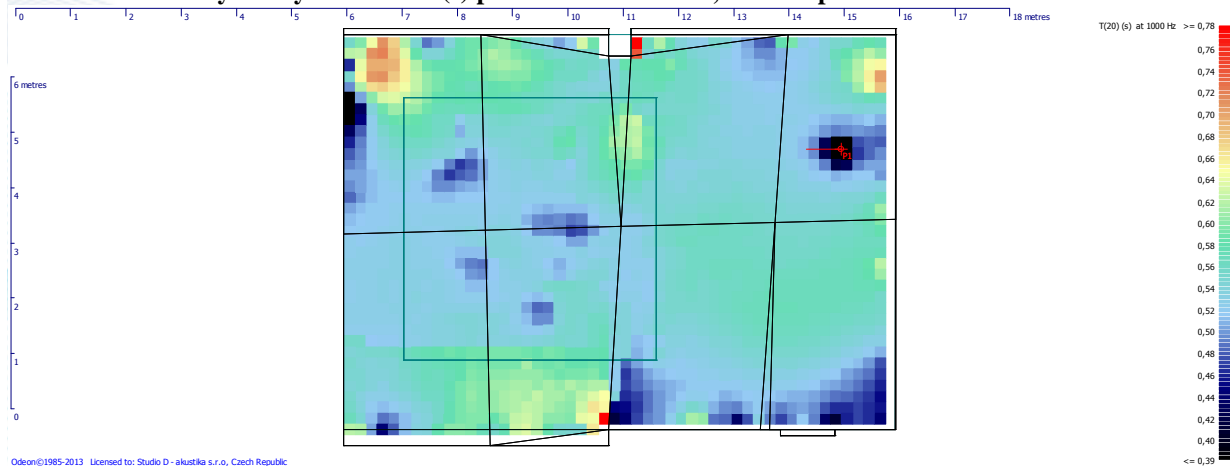
*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

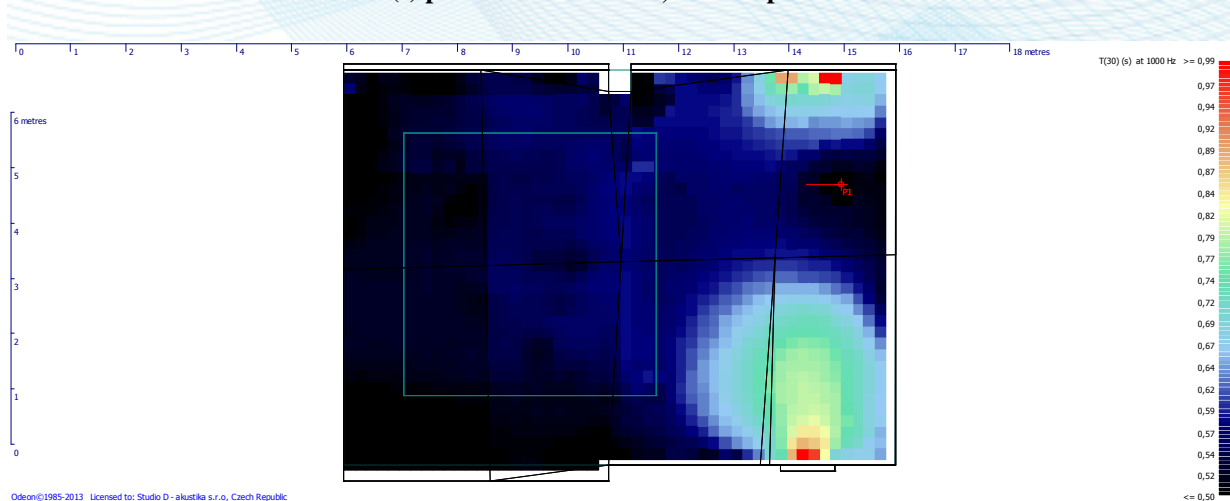
2.7. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



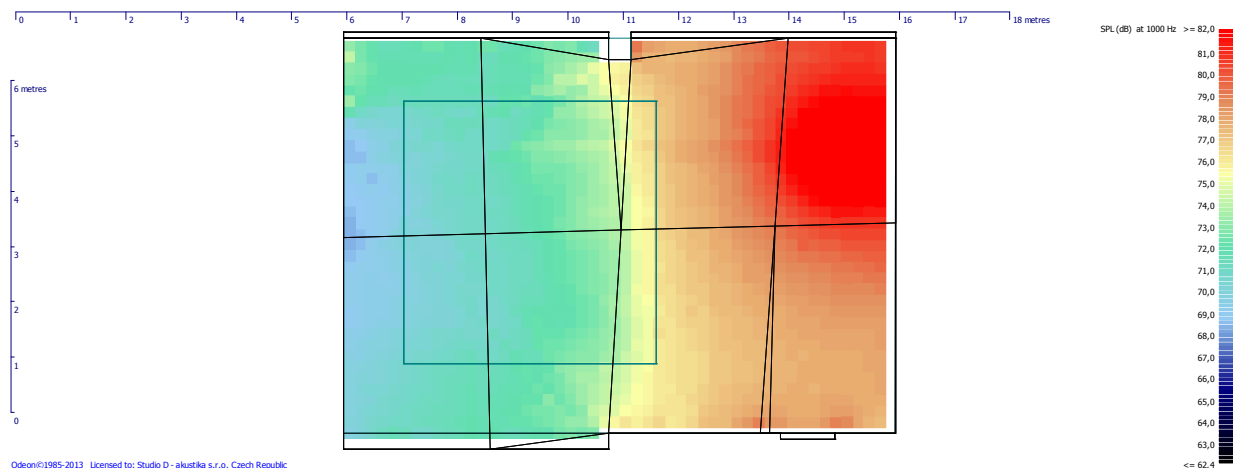
Obrázek 19 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



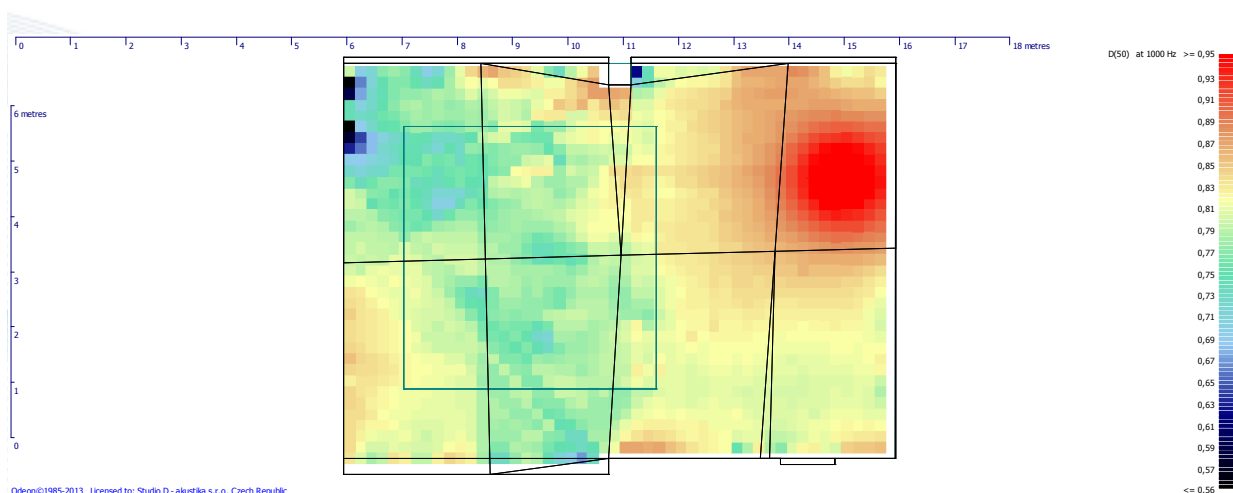
Obrázek 20 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



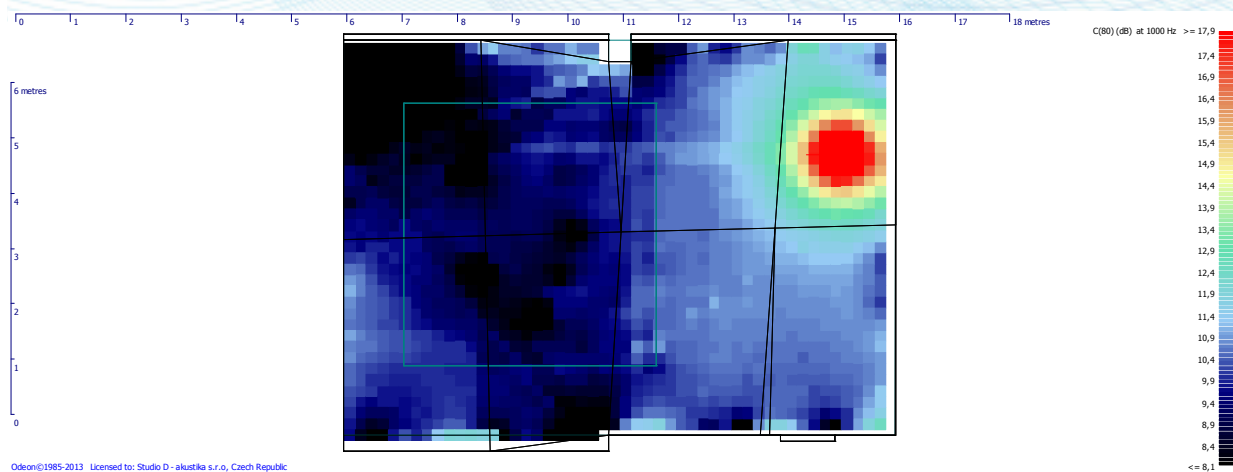
Obrázek 21 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



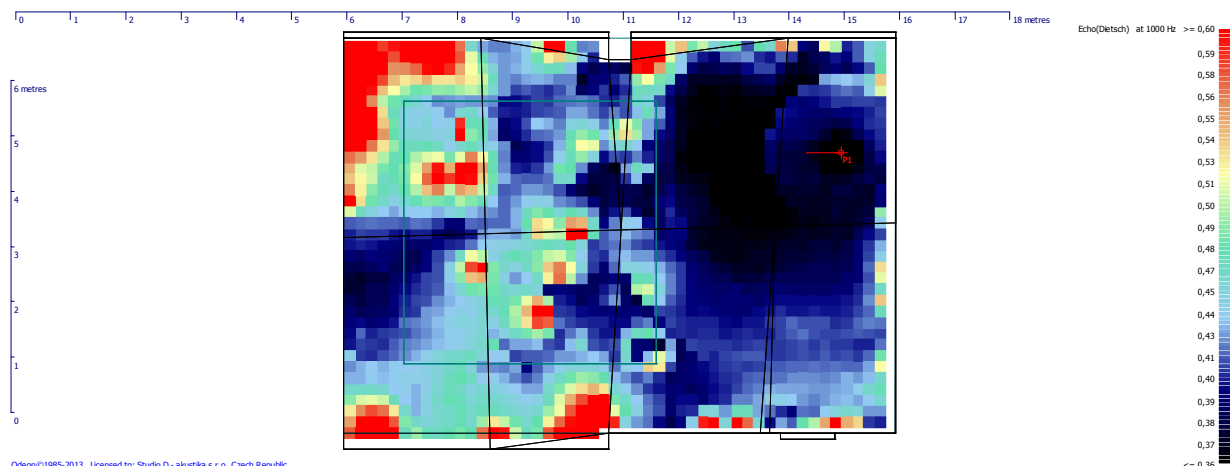
Obrázek 22 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



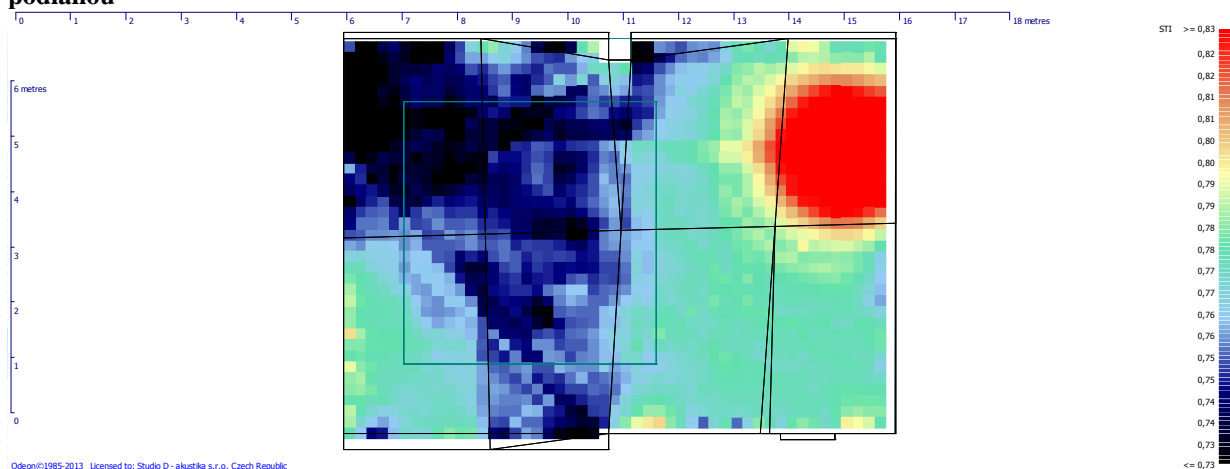
Obrázek 23 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obrázek 24 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obrázek 25 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obrázek 26 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

3. Prostorová akustika – typizovaná učebna, ref. 213 – Varianta B

3.1. Návrh akustických úprav

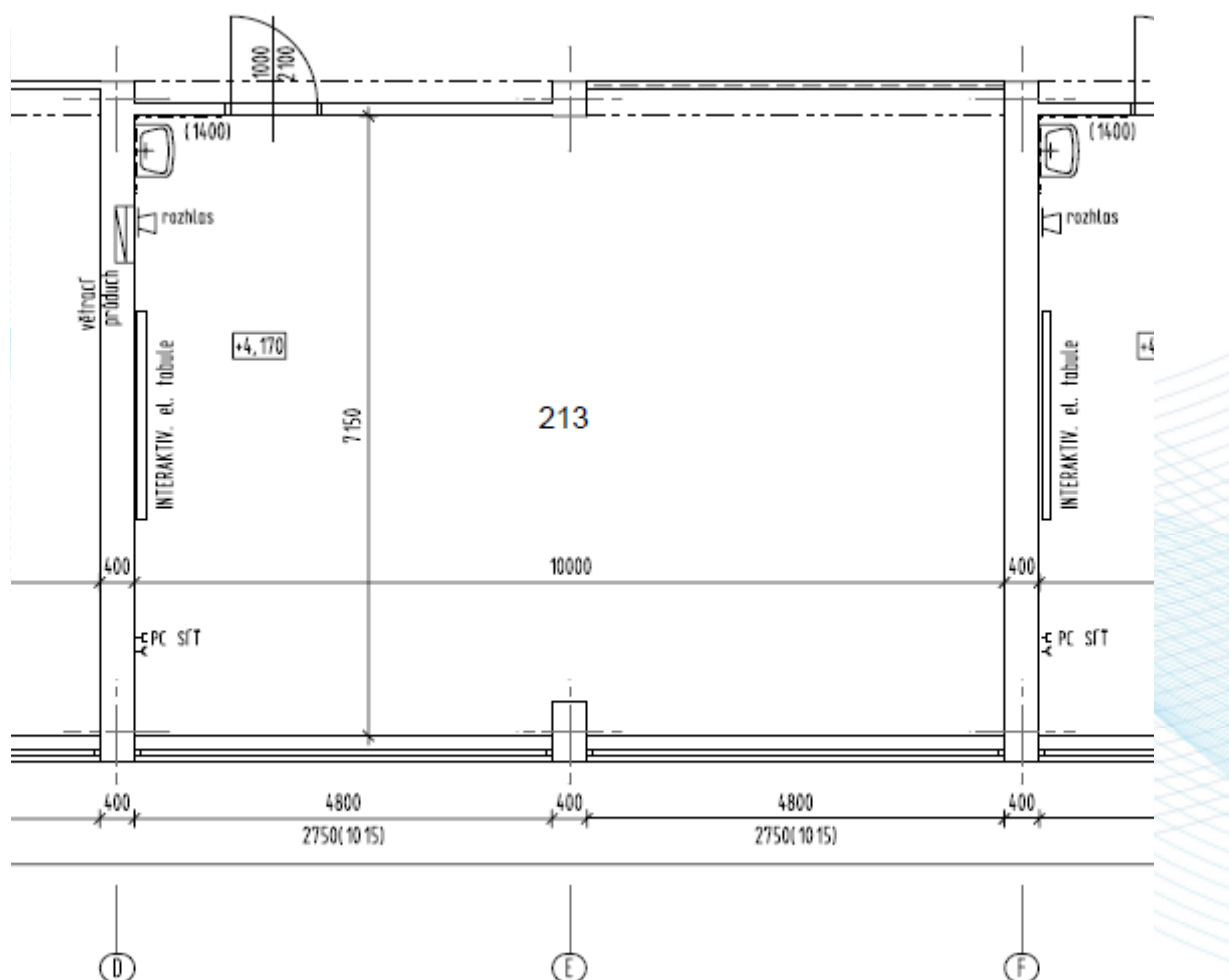
V návrhu (varianta B) je uvažováno se zaplněnou místností lidmi, se zařízením nábytkem. (ČSN 73 0527).

Veškeré akustické úpravy budou probíhat dle příloh (viz přílohy).

Uvažované ostatní konstrukční materiály: Podlaha opatřená omyvatelnou odrazivou povrchovou úpravou na bázi PVC, obvodové stěny ze zděných konstrukcí, omítnuté s vnitřním štukem, příp. lehké vnitřní příčky.

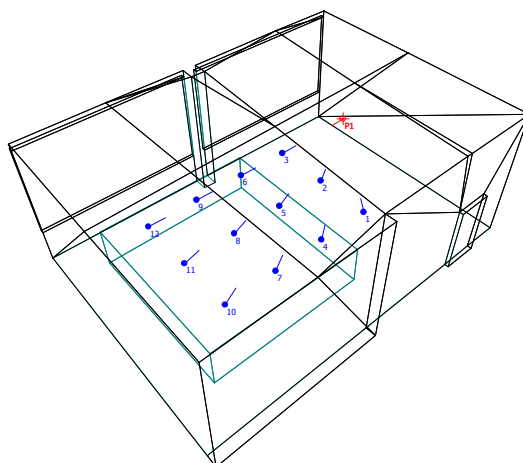
Materiál	Odsazení/svěšení	Popis	Výměra / m²	Poznámka
Rockfon Koral Activity A 40 mm	200 mm	Podhledový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 56,8 m ²	Dle příloh
Rockfon Koral Tenor A 15 mm	Cca 200 mm	Podhledový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 16 m ²	-
Rockfon Koral Activity	Cca 40 mm	Stěnový akustický systém, jednoduchá montáž	Cca 20 m ²	Dle příloh, v zadní části prostoru

Tabulka 4 – Tabulka použitých akustických materiálov v interiéri



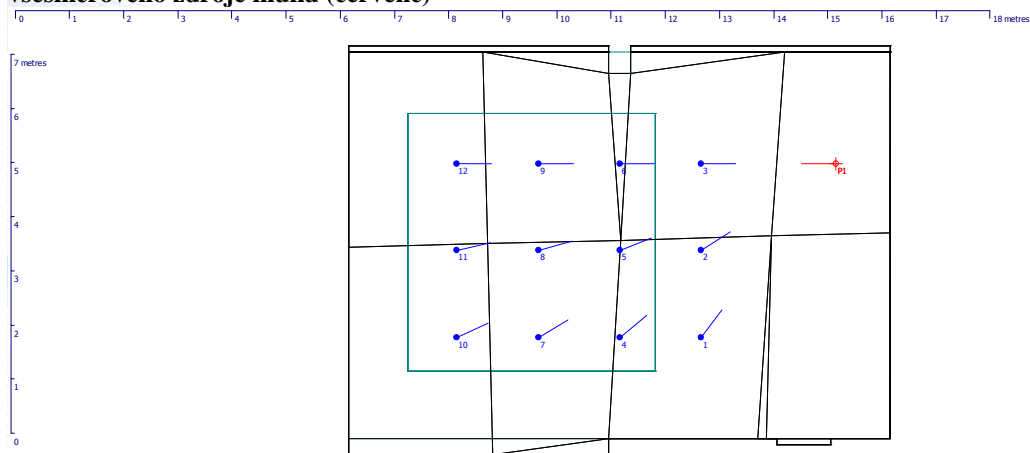
Obrázek 27 – Půdorysné schéma místnosti

3.2. Akustická simulace a její hodnocení



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 28 – Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

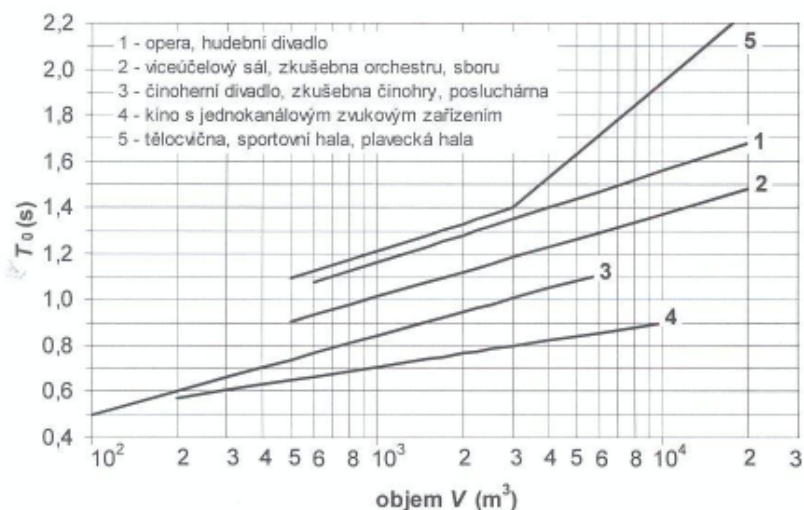
Obrázek 29 - Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

Zjednodušený geometrický model místnosti byl vytvořený na základě projektové dokumentace poskytnuté zadavatelem. Zvukpohltivé vlastnosti vnitřních povrchů byly stanovené podle dříve naměřených dat. Počítačová simulace byla provedená pro všesměrový zdroj zvuku a všesměrové přijímače (mikrofony).

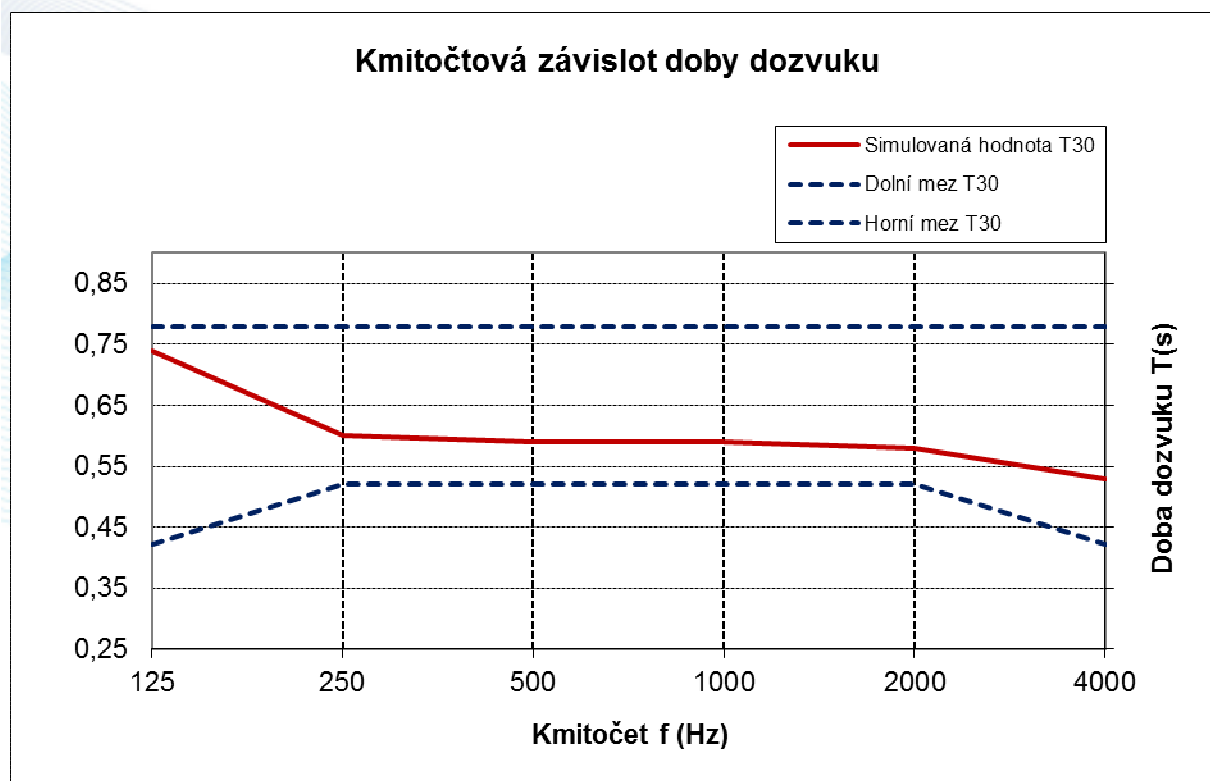
Optimální doba dozvuku je stanovena na základě doporučených hodnot normy ČSN 73 0527.

Optimální doba dozvuku pro prostor byla určena dle ČSN 73 0527. Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena doba dozvuku $T_0 = 0,65$ s (tabulka 2, Obrázek A.1 – ČSN 730527).

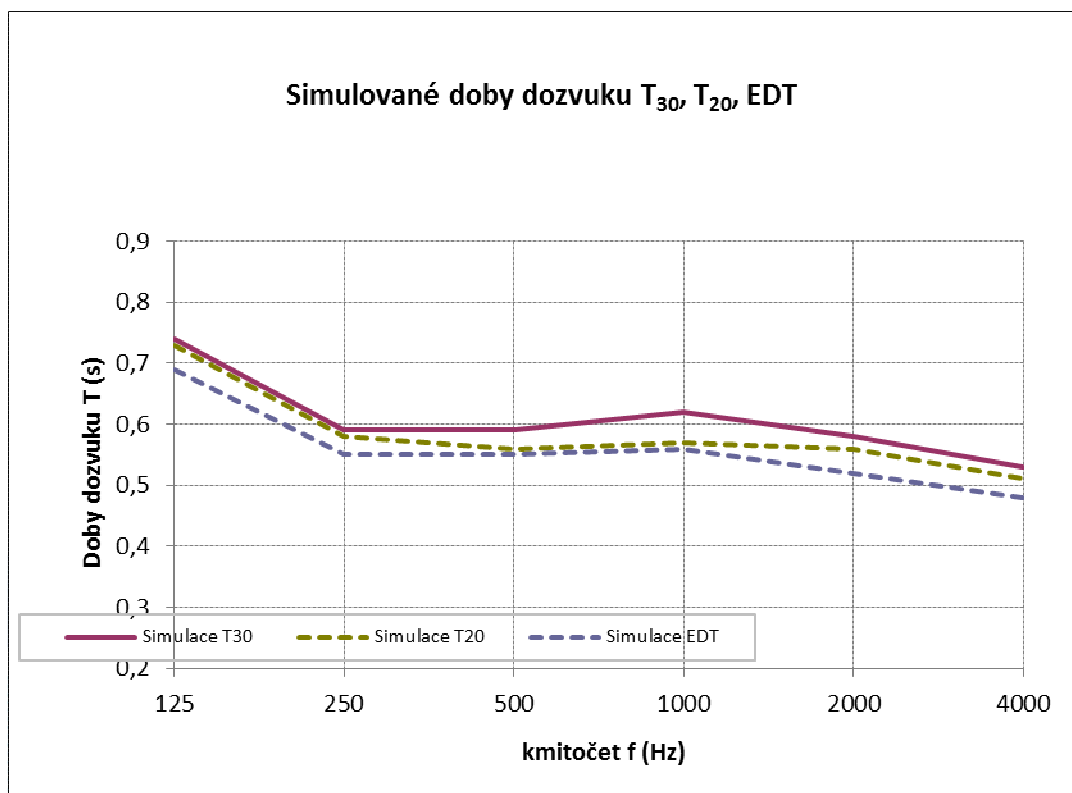
Doporučená střední doba dozvuku byla odečtena z tabulek na základě známého objemu místnosti (ČSN 73 0527). Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené na obr. 5, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.



Obrázek 30 – Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)



Obrázek 31 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T30 a meze jejího tolerančního pásma v místnosti



Obrázek 32 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Simulace T_{30} /s/	0,71	0,74	0,59	0,59	0,62	0,58	0,53	0,42
Simulace T_{20} /s/	0,69	0,73	0,58	0,56	0,57	0,56	0,51	0,41
Simulace EDT /s/	0,62	0,69	0,55	0,55	0,56	0,52	0,48	0,34
SPL /dB/****	75,8	76,4	73,9	73,2	73,3	73,2	72,9	71,9
C80 /dB/	7,4	6,7	10,1	10,6	10,2	10,4	11,1	13,6
D50 /-/	0,71	0,68	0,81	0,82	0,81	0,82	0,84	0,88
Ts /ms/	41	45	30	28	29	28	26	21
LF80 /-/	0,287	0,289	0,288	0,291	0,29	0,286	0,277	0,262
Echo Max* /-/	0,43	0,44	0,42	0,43	0,43	0,43	0,42	0,4
STI*** /-/				0,76	Alcons** /%/			3,35
STI/Žena/*** /-/				0,76	RASTI*** /-/			0,76
STI/Muž/*** /-/				0,76				

Tabulka 5 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

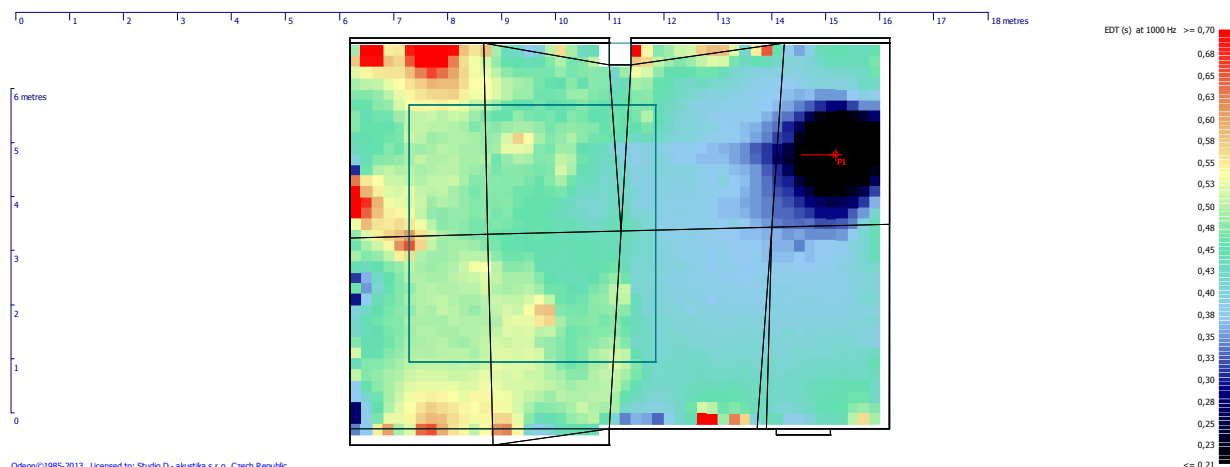
*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

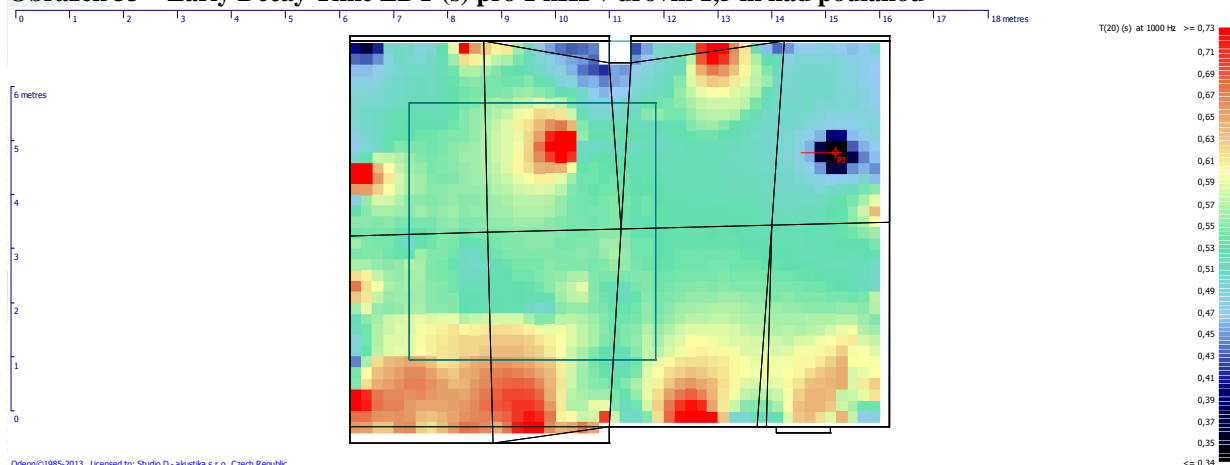
****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

3.3. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



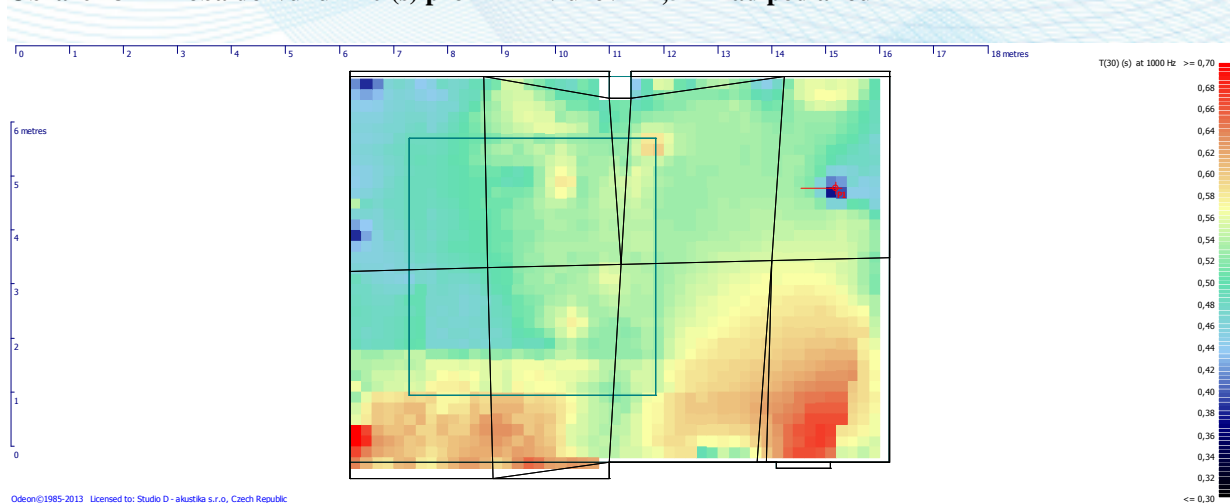
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 33 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



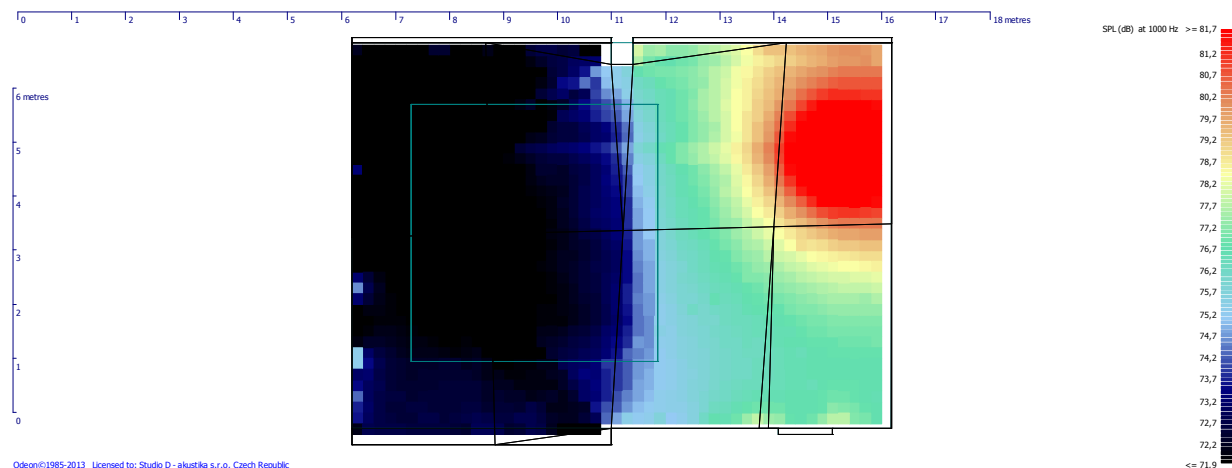
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 34 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou

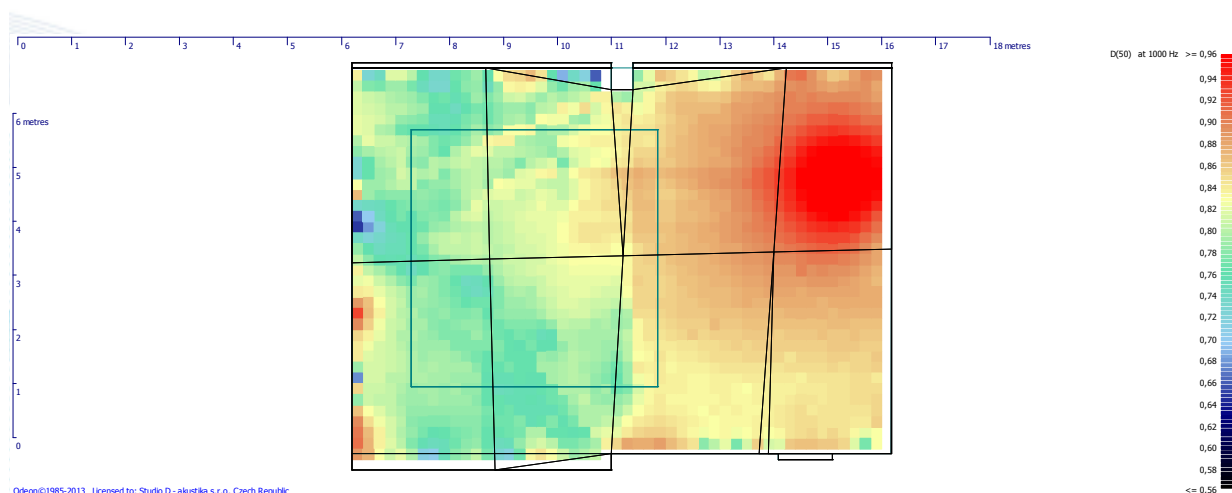


Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

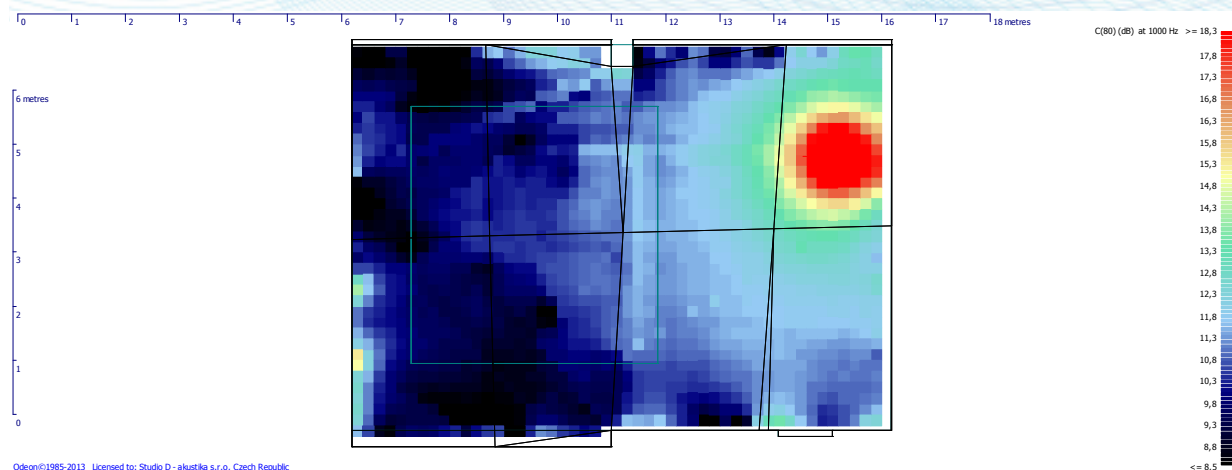
Obrázek 35 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



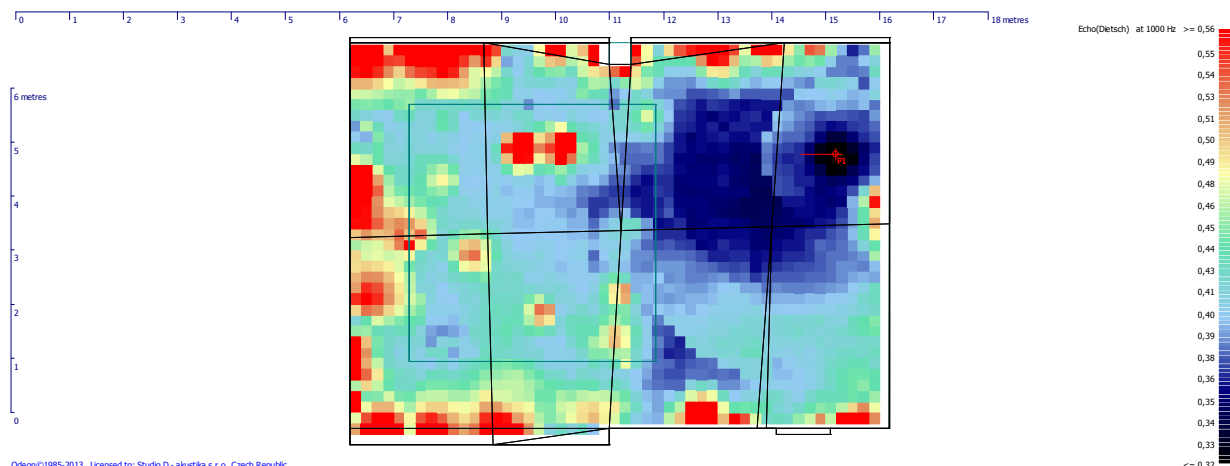
Obrázek 36 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



Obrázek 37 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou

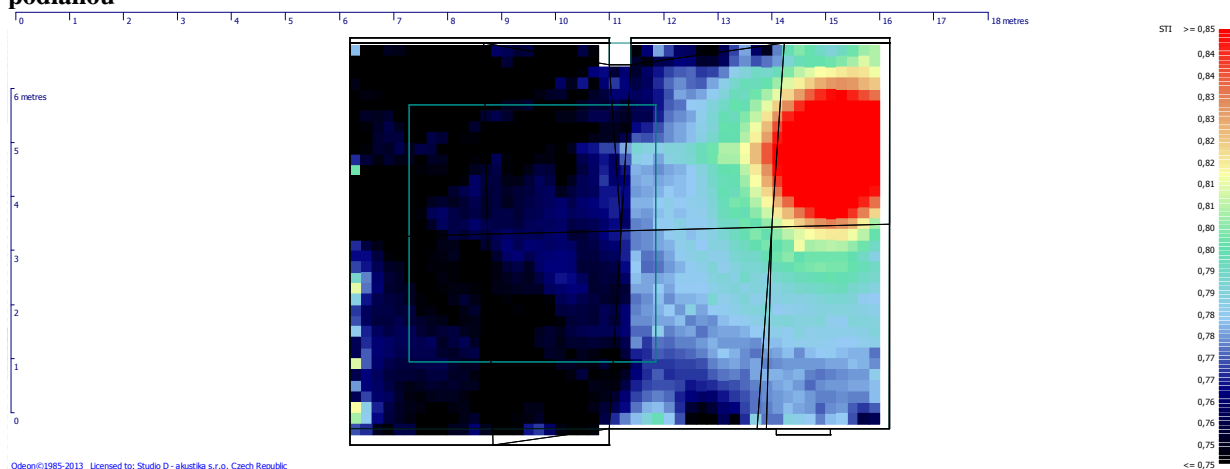


Obrázek 38 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Odson©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 39 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou

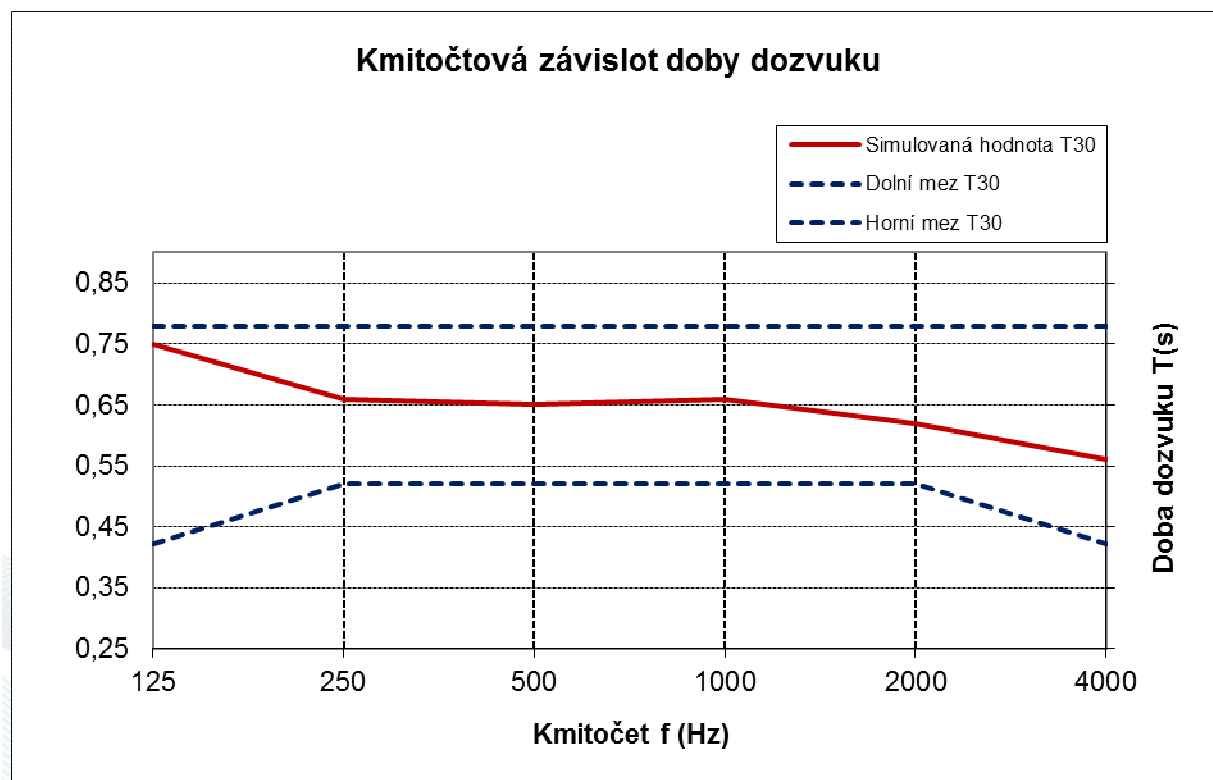


Odson©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

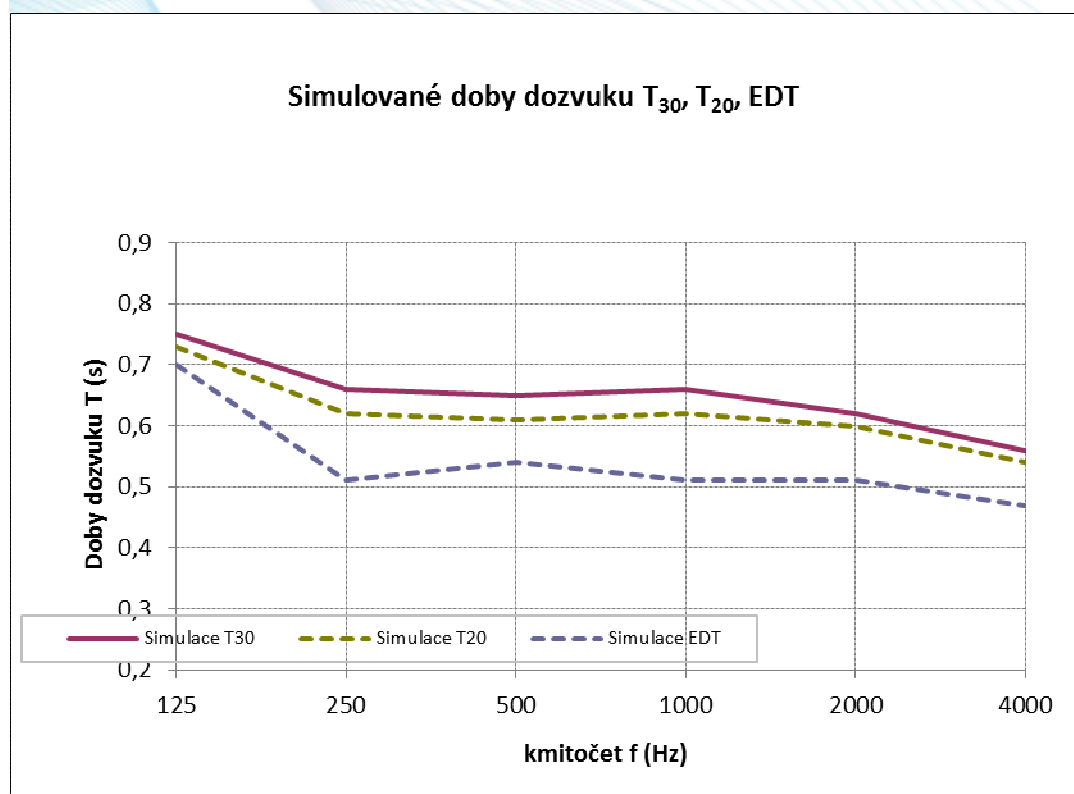
Obrázek 40 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

3.4. Akustická simulace – obsazení prostoru z 80% celkové kapacity

Pro lepší orientaci v akustickém chování prostoru, a zároveň pro lepší popis prostorové akustiky v porovnání s požadavky příslušných norem byl proveden výpočet jednotlivých parametrů i pro přítomnost cca 80% uvažovaných posluchačů v místnosti.



Obrázek 41 – Simulovaná průměrná hodnota doby dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti



Obrázek 42 – Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Simulace T30 /s/	0,71	0,75	0,66	0,65	0,66	0,62	0,56	0,41
Simulace T20 /s/	0,69	0,73	0,62	0,61	0,62	0,6	0,54	0,4
Simulace EDT /s/	0,64	0,7	0,51	0,54	0,51	0,51	0,47	0,36
SPL /dB/****	75,8	76,4	74,0	73,3	73,5	73,3	73,0	72,0
C80 /dB/	7,4	6,6	10	10,5	10,1	10,3	11	13,4
D50 /-/	0,71	0,68	0,8	0,82	0,81	0,81	0,83	0,88
Ts /ms/	41	46	31	29	30	29	27	22
LF80 /-/	0,287	0,29	0,289	0,292	0,292	0,288	0,279	0,264
Echo Max* /-/	0,43	0,45	0,42	0,43	0,43	0,43	0,42	0,4
STI*** /-/				0,76	Alcons** /%/			3,4
STI/Žena/*** /-/				0,76	RASTI*** /-/			0,76
STI/Muž/*** /-/				0,76				

Tabulka 6 – Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti

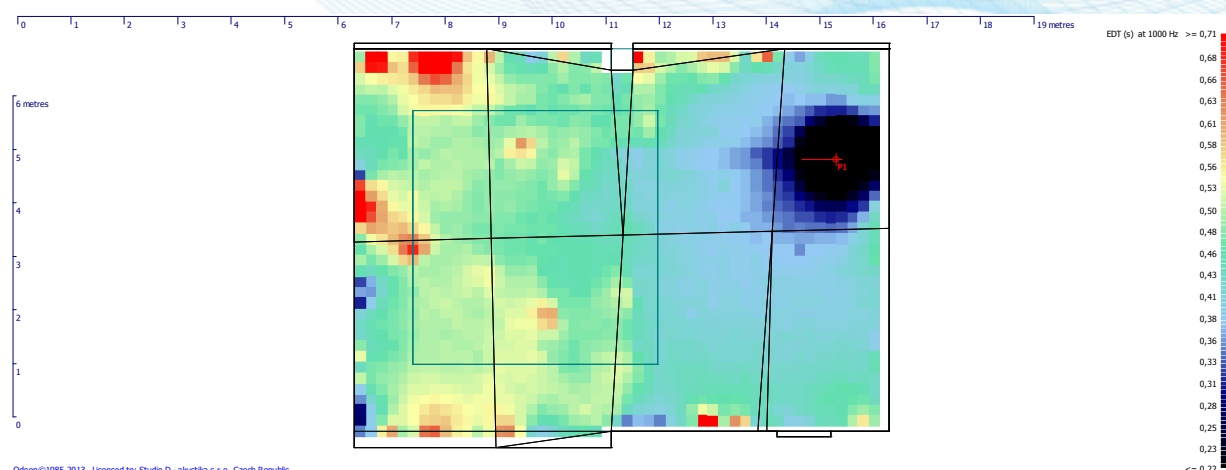
*Echo bylo vypočteno dle Dietsch-Kraakova kritéria. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty ve všech bodech se nacházejí v rozmezí 0-0,9 (= 0-90%), tzn. v místnosti nevznikají rušivé jevy, jako např. třepotavá ozvěna, apod.

** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. Hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu hluku pozadí <35 dB.

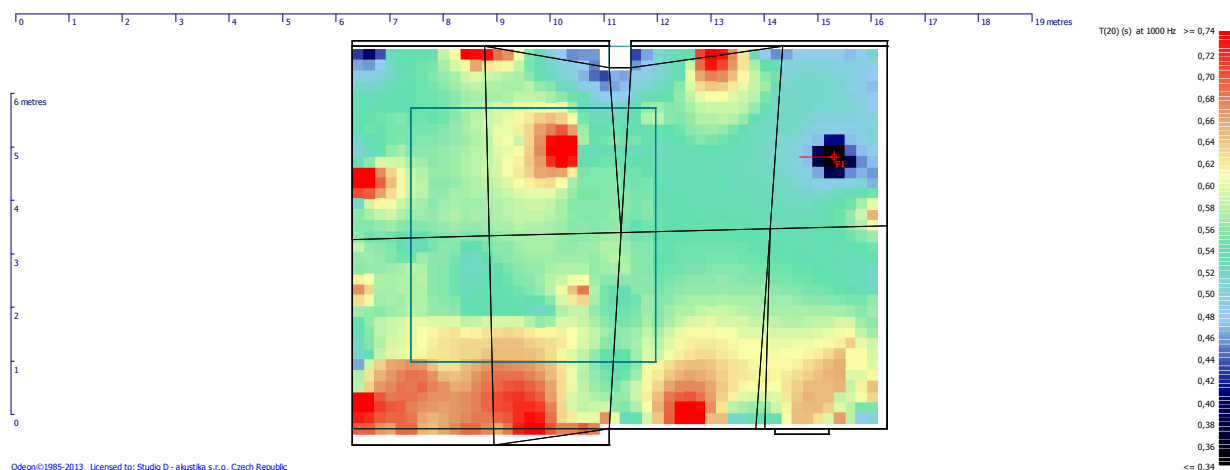
****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

3.5. Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část



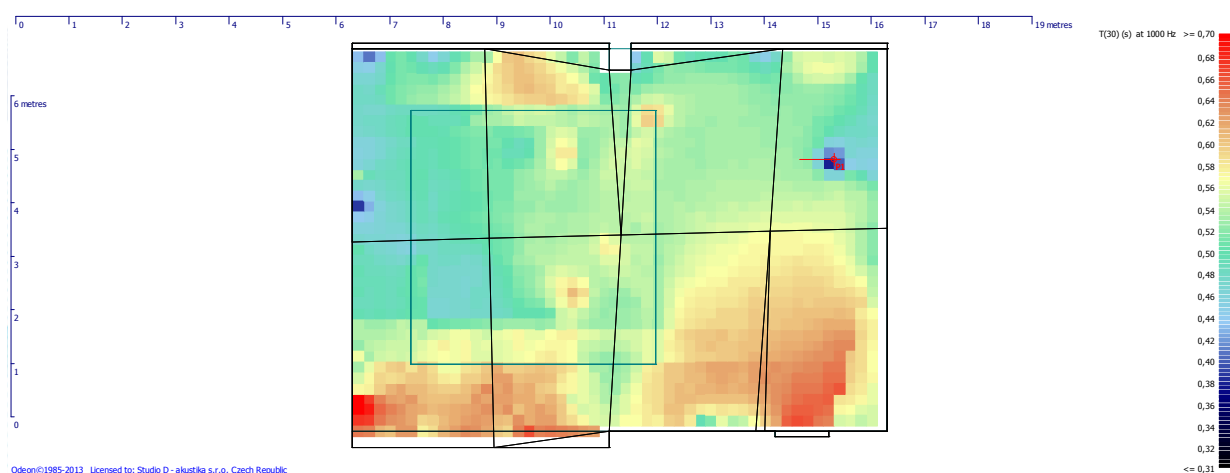
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 43 – Early Decay Time EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



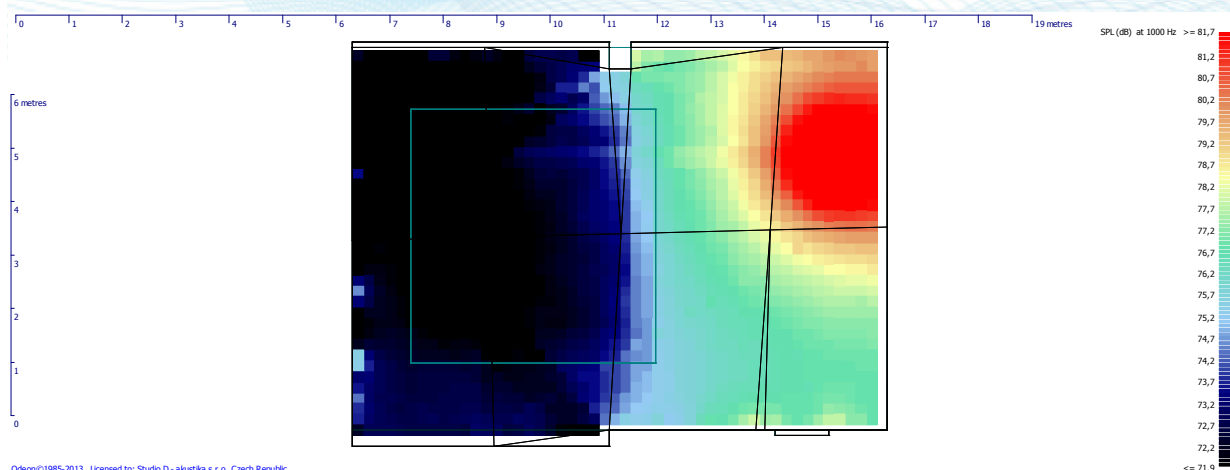
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 44 – Doba dozvuku T20 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



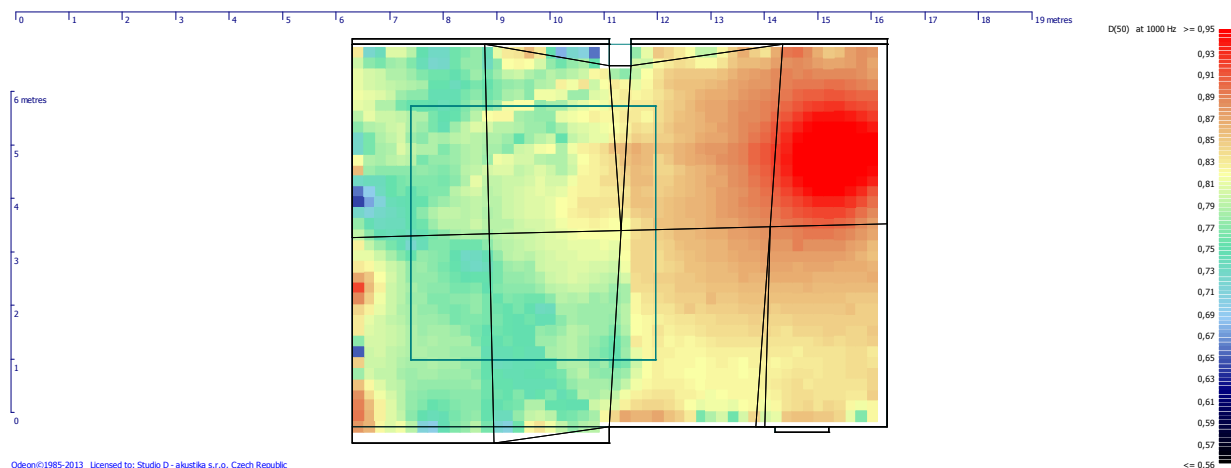
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 45 – Doba dozvuku T30 (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



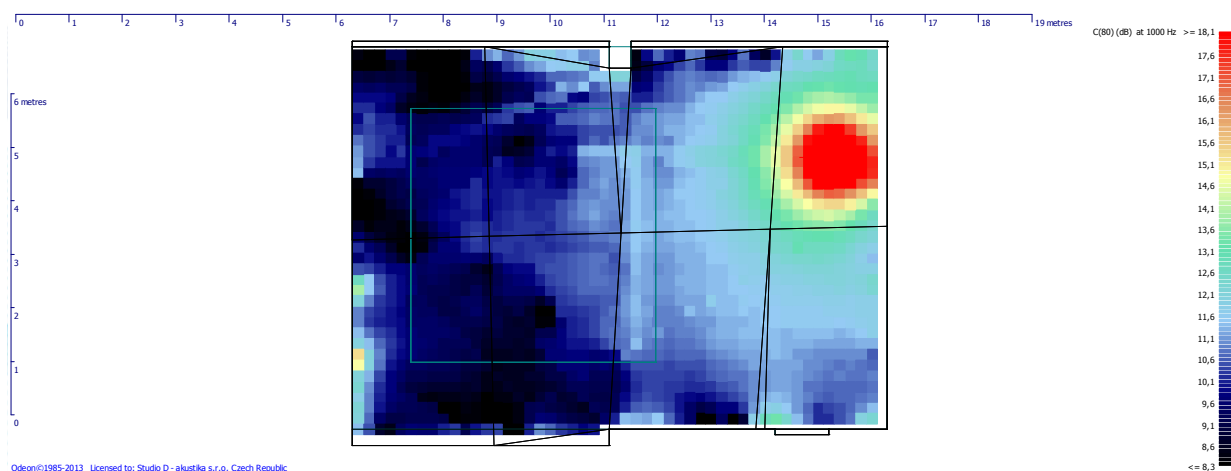
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 46 - Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



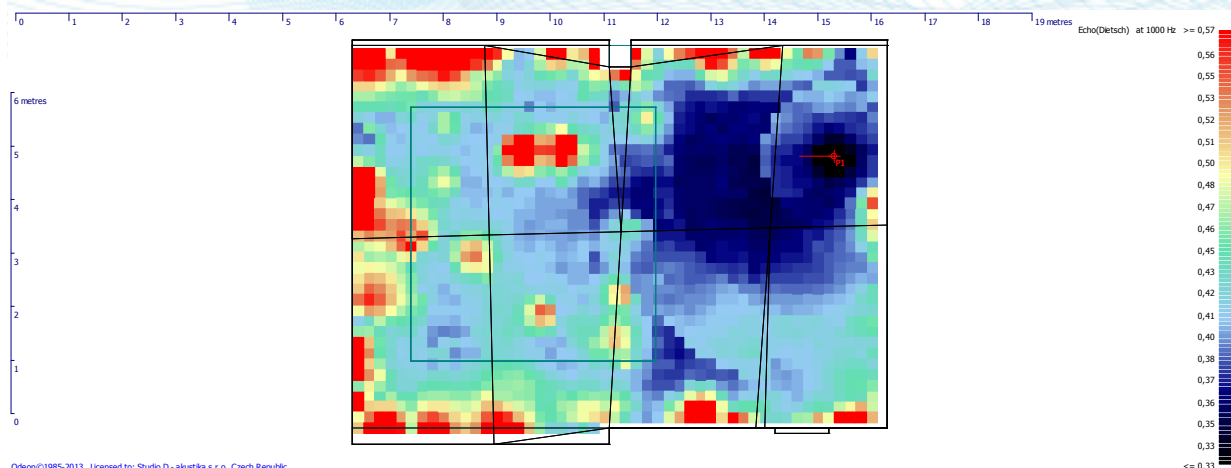
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 47 - Zřetelnost D50 (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



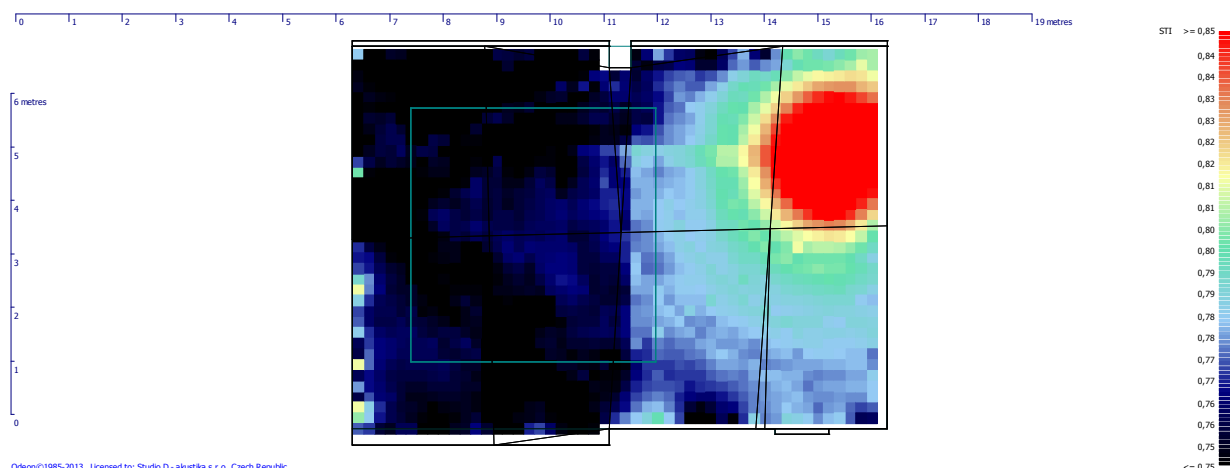
Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 48 - Jasnost C80 (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Odeon©1985-2013 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obrázek 49 - Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obrázek 50 - Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

4. Prostorová akustika – Kabinety, chodby

4.1. Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s řešením celoplošného podhledu nad všemi těmito prostory. Pro tyto prostory doporučujeme použít širokopásmový obklad stropu (ref. Tab. 2 – ČSN 73 0527). Navrhovaný materiál: Rockfon Koral A, 15 mm, sv. ideálně 200 mm.

5. Závěr

Byla vypracována a následně posouzena prostorová akustika a její úpravy vybraného prostoru projektu v rámci ZŠ Hloubětínská, Praha. Byl posouzen navrhovaný akustický systém podhledů pro zvolenou místnost. Výsledná průměrná doba dozvuku se bude nacházet v mezích tolerančního pásma doporučených mezí hodnot doby dozvuku pro dané využití a objem.

Akustická simulace potvrdila, že aplikace materiálů na podhledy zabezpečí dobrou srozumitelnost řeči, hodnoty doby dozvuku doporučené normou ČSN 73 0527, a zamezí nepříznivým vlivům v místnosti – např. třepotavé ozvěně, apod.

Je vhodné, aby bylo provedeno měření prostorové akustiky, nejlépe před dokončením akustických úprav, aby mohly být všechny případné nedostatky včas odstraněny.

Všechny prvky a rošty musí být provedeny precizně a dotaženy, aby nedocházelo k rezonanci panelů. Výsledné provedení závisí na prováděcí firmě.

5.1. Vysvětlivky hodnocených parametrů

Při posouzení byly použity tyto parametry:

Doby dozvuku T30, T20, EDT (ČSN 73 0525, 73 0526 a 73 0527). Hodnoty a jejich toleranční rozsah jsou dány normami. Křivka doby dozvuku v závislosti na frekvenci by měla být vyrovnaná.

Hladina akustického tlaku SPL, pomocí něhož byla posouzena kvalita distribuce zvuku ve všech místech prostoru. Posuzuje se rozdíl mezi hodnotami SPL v jednotlivých bodech.

Jasnost C80: Ukazatel „kvality“ prostoru pro daný účel, zejména pak pro hudební představení. Různé styly hudby vyžadují různou hodnotu jasnosti. Např. pro komorní hudbu se ideální hodnoty pohybují mezi -4 a +4 dB, atp.

Zřetelnost D50: Parametr spjatý se srozumitelností řeči. Určuje kvalitu poslechu řeči v závislosti na daném prostoru. Používá se spíše v zahraničí (zejména v německy mluvících zemích).

Lateral fraction LF80: hodnota závislá především na tvaru sálu a odrazivosti ploch. Spolu s hodnotami LF50, LFC50 a LFC80 spoluurčuje kvalitu distribuce zvuku v závislosti na tvaru a objemu prostoru.

Echo: Hodnota v českých zemích téměř neznámá, avšak velmi důležitá pro kvalitu celého prostoru. Díky ní lze přesně určit, zda někde v prostoru nevzniká nepříjemná ozvěna, popř. ono místo s ozvěnou určit. Tento případný jev se pomocí pouhého výpočtu průměrné doby dozvuku nedá odhalit.

Obecná srozumitelnost řeči STI: zkoumá srozumitelnost jednotlivých slabik, slov, i celých vět v mluveném projevu. Tato hodnota je velice důležitá pro poslech mluveného slova a její posouzení by mělo být součástí každého posudku řešícího prostory primárně určené jako činoherní sály, posluchárny, učebny, apod.

Srozumitelnosti řeči STI/Muž/ a STI/Žena/ jsou spíše doplňující hodnoty. Jsou řešené kvůli rozdílné průměrné hloubce/výšce hlasu muže/ženy.

Srozumitelnost řeči RASTI: STI, kde jsou započteny rušivé vlivy elektroniky a měřicích přístrojů bez možnosti kalibrace měřicího systému (např. šum, malý rozsah spektra, apod.).

Alcons: Obdoba srozumitelnosti řeči STI, používaná zejména v USA, a anglicky mluvících zemích. Na rozdíl od srozumitelnosti řeči Alcons posuzuje také hluk pozadí, a pokud je, i jeho tónovou složku. V simulaci není s výraznějším hlukem pozadí počítáno.

5.2. Použité podklady

ČSN, podklady – výkresy půdorysů, řezů ve formátu dwg.

5.3. Výkresové a mapové podklady

Výkresové podklady - Poskytnuté soubory *.dwg a *.pdf.

Výpočty hluku byly provedeny v programu Odeon Auditorium v.12.15.

Použité standardy:

- ČSN 730525
- ČSN 730526
- ČSN 730527
- ČSN ISO 3382 (ISO 3382-1, 2, 3)
- ČSN ISO 354
- ČSN EN ISO 11 654

6. Přílohy

Půdorysná schémata a schémata dispozičního řešení místnosti na následující straně:

