

AKUSTICKÝ POSUDEK

k projektu
„Gymnázium Říčany – výstavba nové tělocvična
parc. č. 1727, k.ú. Říčany u Prahy“
z hlediska prostorové akustiky

Objednatel VMS projekt s.r.o.
Čerčanská 640/30b
140 00 Praha 4

Číslo zakázky 18012953

Datum vydání 2017-09-31

Vypracoval Ing. Pavel Stejskal, mobil: 739 055 213
Bc. Jan Dolejší, mobil: 733 716 153

Počet výtisků 4

Výtisk číslo 1 2 3 4 (E)

Obsah

1	VŠEOBECNÁ ČÁST	5
1.1	Předmět zkoušky	5
1.2	Metodické předpisy	5
1.1.1	Standards	5
1.1.2	Pomocné standardy	5
1.3	Použité softwary	5
1.4	Použité podklady	5
1.5	Dokumentace	6
2	VÝSLEDKOVÁ ČÁST	9
2.1	„1.24 – Hala“	9
2.1.1	Popis prostoru	9
2.1.2	Akustické řešení místnosti	9
2.1.3	Návrh akustických úprav	10
2.1.4	Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách	10
2.1.5	Akustická simulace a její hodnocení	11
2.1.6	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (bez osob)	15
2.2	„1.27 – Učebna biologie“	17
2.2.1	Popis prostoru	17
2.2.2	Akustické řešení místnosti	17
2.2.3	Návrh akustických úprav	18
2.2.4	Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách	19
2.2.5	Akustická simulace a její hodnocení	20
2.2.6	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80% obsazenost)	24
2.3	„1.28 – Učebna“	26
2.3.1	Popis prostoru	26
2.3.2	Akustické řešení místnosti	26
2.3.3	Návrh akustických úprav	27
2.3.4	Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách	28
2.3.5	Akustická simulace a její hodnocení	29
2.3.6	Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80% obsazenost)	33
3	INTERPRETACE	35
3.1	Požadavky z hlediska prostorové akustiky	35
3.2	Vyhodnocení	36
4	PŘÍLOHY	37
4.1	Vysvětlivky hodnocených parametrů	37
4.2	Souhrn navržených akustických systémů	38
4.3	„Širokopásmový obklad stropu“	39
4.4	Rozmístění akustických materiálů	39
4.5	Specifikace navržených akustických materiálů	43
4.5.1	A1: Ecophon Super G Plus A 40 mm	43
4.5.2	A2: Ecophon Super B 40 mm	44
4.5.3	A3, A8: Ecophon Akusto Wall C	45
4.5.4	A4, A5, A6: Ecophon Gedina E 15 mm / Extra Bass / Gamma povrch	46
4.5.5	A7: Ecophon Master B	47
4.5.6	Příklady pohltivých materiálů do hlučných prostorů (strojovny apod.)	48

Seznam grafů

Graf 1: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti bez osob v navrženém stavu.....	14
Graf 2: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v místnosti bez osob v navrženém stavu	14
Graf 3: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami	23
Graf 4: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru při 80-ti % obsazení osobami.....	23
Graf 5: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami	32
Graf 6: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru při 80-ti % obsazení osobami.....	32

Seznam obrázků

Obrázek 1: Půdorys 1NP řešeného prostoru	6
Obrázek 2: Půdorys 2NP řešeného prostoru	7
Obrázek 3: Příčný řez řešeného prostoru	8
Obrázek 4: Pohledy do akustického modelu prostoru.....	9
Obrázek 5: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	11
Obrázek 6: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)	12
Obrázek 7: Průměrná doba dozvuku T_{30} (s) v úrovni 1,5 m nad podlahou.....	15
Obrázek 8: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	15
Obrázek 9: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	15
Obrázek 10: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou.....	16
Obrázek 11: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou	16
Obrázek 12: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou	16
Obrázek 13: Pohledy do akustického modelu prostoru.....	17
Obrázek 14: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	20
Obrázek 15: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)	21
Obrázek 16: Průměrná doba dozvuku T_{30} (s) v úrovni 1,3 m nad podlahou.....	24
Obrázek 17: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,3 m nad podlahou	24
Obrázek 18: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou	24
Obrázek 19: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou.....	25
Obrázek 20: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,3 m nad podlahou	25
Obrázek 21: Srozumitelnost řeči STI, 1,3 m nad podlahou	25
Obrázek 22: Pohledy do akustického modelu prostoru.....	26
Obrázek 23: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	29
Obrázek 24: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)	30
Obrázek 25: Průměrná doba dozvuku T_{30} (s) v úrovni 1,3 m nad podlahou.....	33
Obrázek 26: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,3 m nad podlahou	33
Obrázek 27: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou	33
Obrázek 28: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou.....	34
Obrázek 29: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,3 m nad podlahou	34
Obrázek 30: Srozumitelnost řeči STI, 1,3 m nad podlahou	34

Obrázek 31: Rozmístění akustických systémů v učebnách.....	39
Obrázek 32: Rozmístění akustických systémů v tělocvičně	40
Obrázek 33: Rozmístění akustických systémů v tělocvičně, ŘEZ C-C	41
Obrázek 34: Legenda použitých akustických materiálů	42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	10
Tabulka 2: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.....	11
Tabulka 3: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti bez osob v navrženém stavu ...	13
Tabulka 4: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti bez osob v navrženém stavu	13
Tabulka 5: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	18
Tabulka 6: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.....	19
Tabulka 7: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti při 80-ti % obsazení osobami v navrženém stavu	22
Tabulka 8: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami	22
Tabulka 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	27
Tabulka 10: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.....	28
Tabulka 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti při 80-ti % obsazení osobami v navrženém stavu	31
Tabulka 12: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami	31
Tabulka 13: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527, Tabulka 2)	35
Tabulka 14: Souhrnná tabulka navržených akustických materiálů v posuzovaných místnostech	38

1 VŠEOBECNÁ ČÁST

1.1 Předmět zkoušky

Tato studie byla vypracována na základě objednávky s cílem navrhnout a posoudit akustické systémy upravující parametry prostorové akustiky v rámci projektu „Gymnázium Říčany – výstavba nové tělocvičny, parc. č. 1727, k.ú. Říčany u Prahy“.

Byly vybrány prostory, které budou opatřeny akustickými podhledy a případnými dalšími opatřeními. Budou sloužit jako referenční prostory a vzory pro všechny obdobné místnosti. 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.

Vybrané místnosti se nachází ve 1NP.

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.

1.2 Metodické předpisy

1.1.1 Standardy

- **ČSN EN ISO 3382-1** Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 1 : Prostory pro přednes hudby a řeči
- **ČSN EN ISO 354** Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti
- **ČSN EN ISO 11654** Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- **ČSN EN 12354-6** Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

1.1.2 Pomocné standardy

- **Vyhláška 410/2005 Sb.** o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- **Vyhláška 343/2009 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- **ČSN 73 0525** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- **ČSN 73 0526** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku
- **ČSN 73 0527** Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely

1.3 Použité softwary

Cinema 4D V11.027

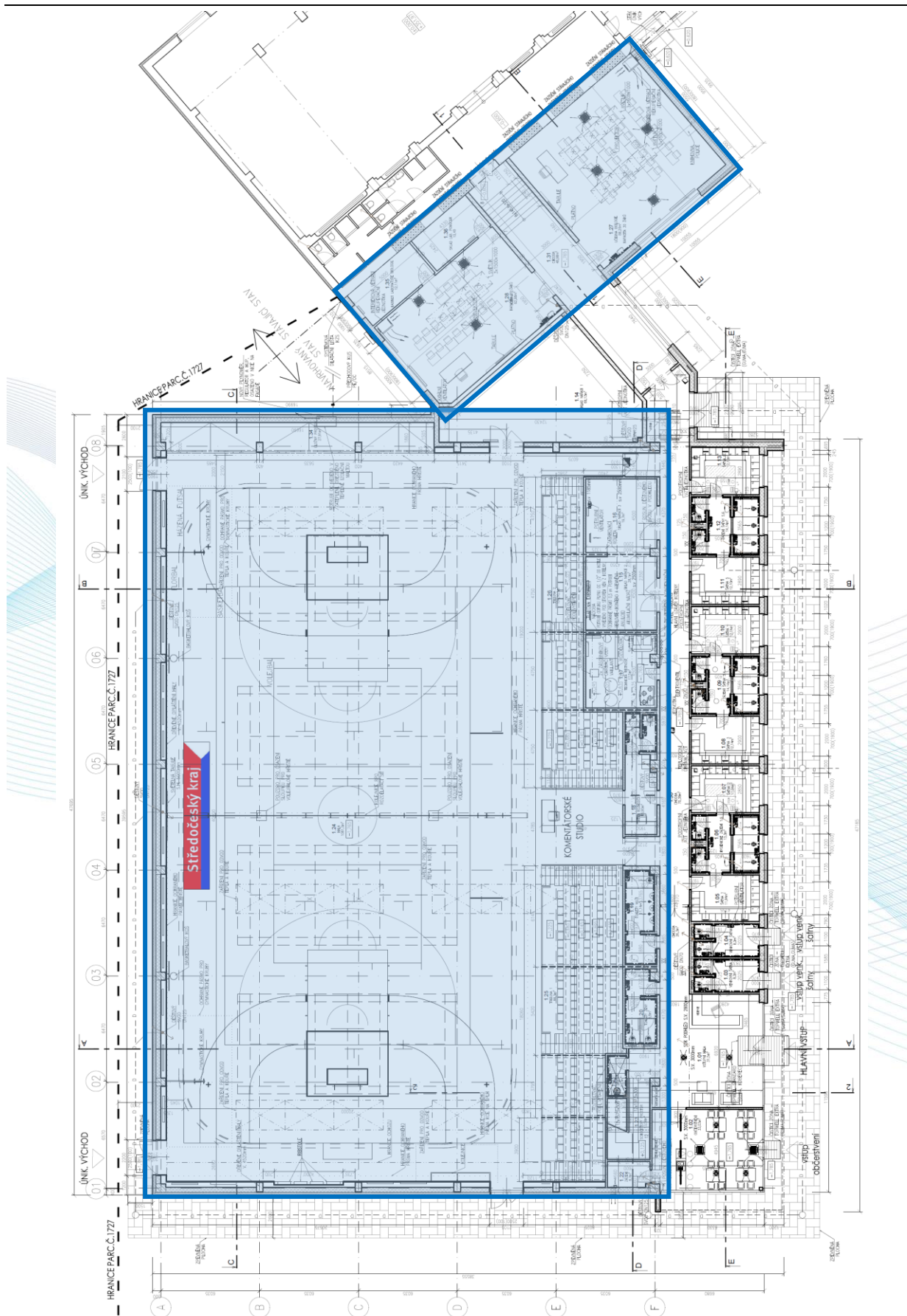
Odeon Auditorium v. 14.03

MS Excel

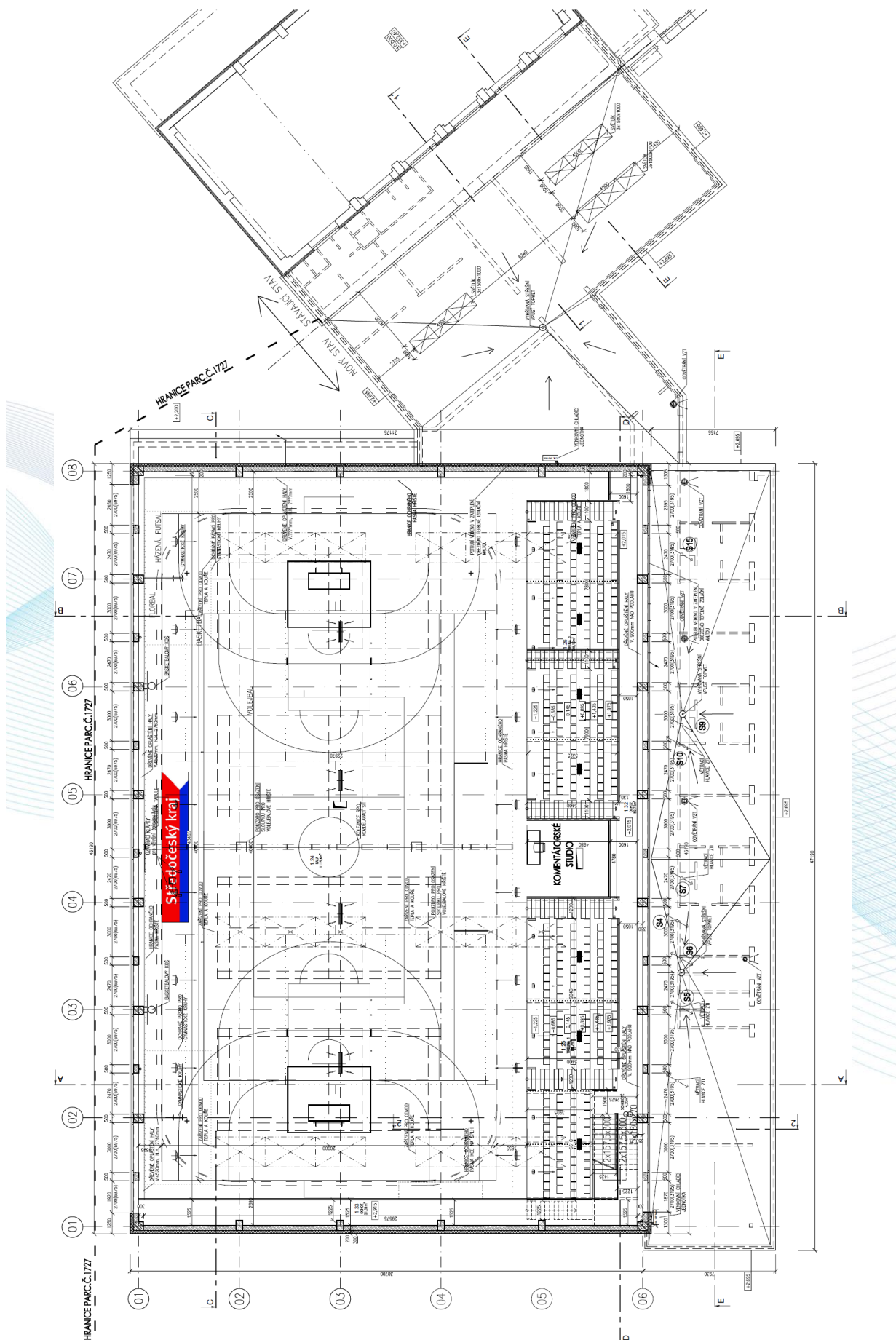
1.4 Použité podklady

- vybrané výkresy PD ve stupni DSP z 12/2017 (Energy Benefit Centre a.s.)
- technické listy výrobců pohltivých materiálů

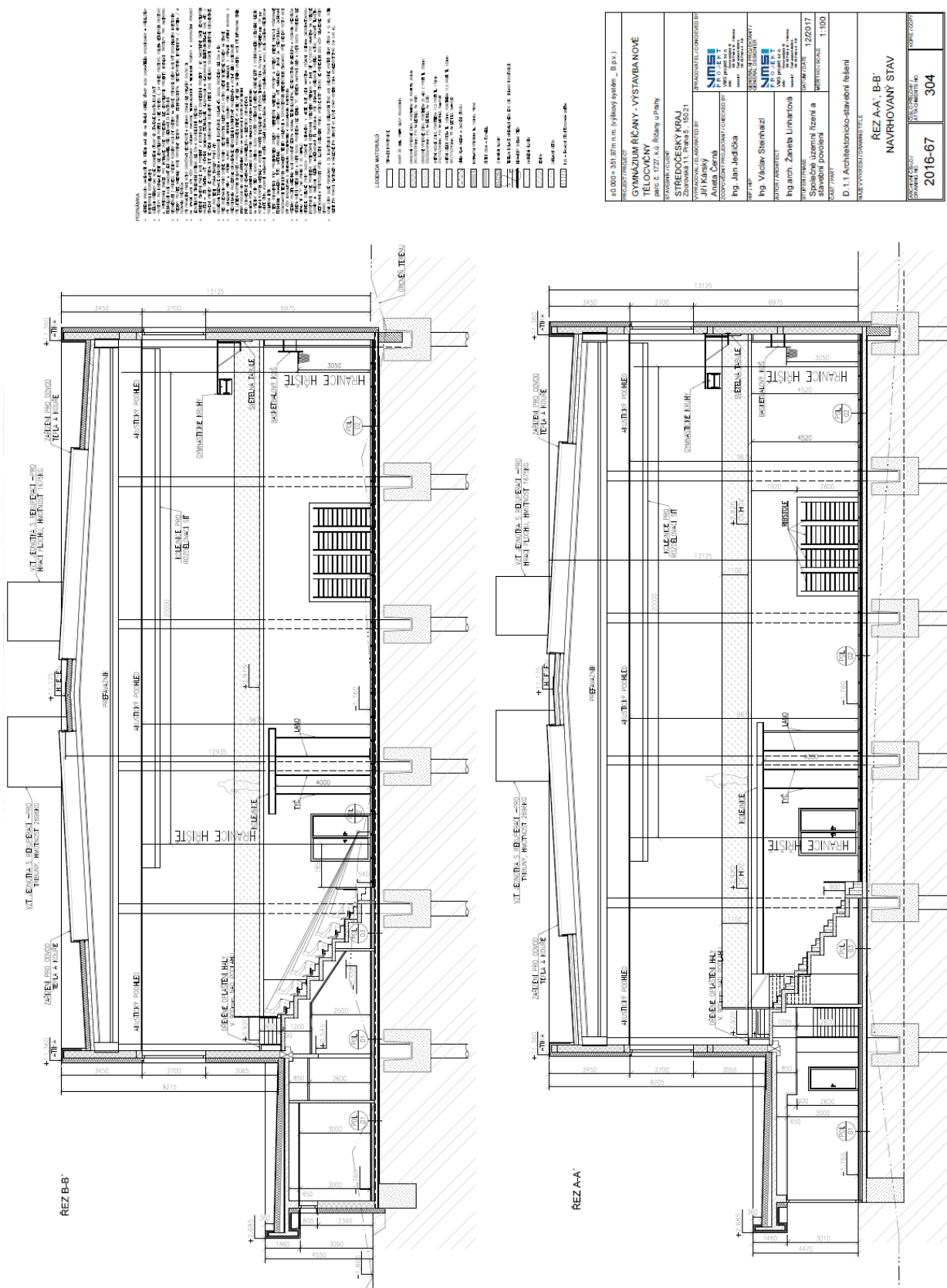
1.5 Dokumentace



Obrázek 1: Půdorys 1NP řešeného prostoru



Obrázek 2: Půdorys 2NP řešeného prostoru



Obrázek 3: Příčný řez řešeného prostoru

2 VÝSLEDKOVÁ ČÁST

2.1 „1.24 – Hala“

2.1.1 Popis prostoru

Místnost „1.24 – Hala“ má délku 46,35 m a šířku 26,80 m. Světlá výška místnosti je po provedení všech akustických úprav 9,68 m. Objem prostoru je cca $V = 12\,366\text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 4\,633\text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

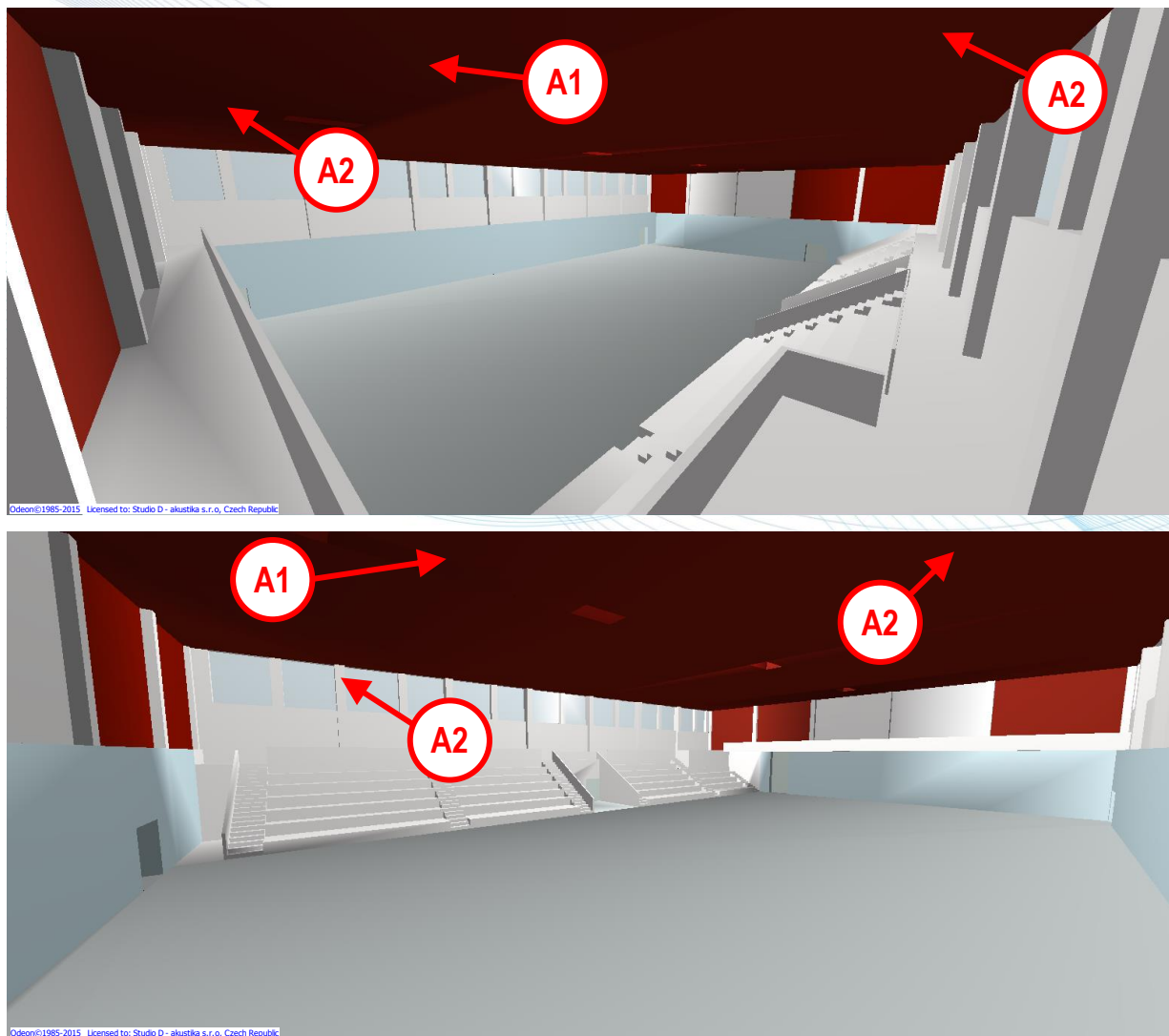
Prostor bude sloužit ke sportovním účelům.

Celý prostor byl simulován za neobsazeného stavu (dle ČSN 73 0527), tj. prostor bez osob.

2.1.2 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.



Obrázek 4: Pohledy do akustického modelu prostoru

2.1.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s prázdnou tělocvičnou bez lidí. (ČSN 73 0527). Uvažované konstrukční materiály: vinylová sportovní podlaha na betonové podlaze, tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné nebo železobetonové s vnitřní omítkou. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci. Dále bylo uvažováno se skříněmi na zadní stěně.

Veškeré použité akustické systémy jsou zobrazeny v následující tabulce a budou uspořádány dle přiložených výkresů (viz kapitola 4. Přílohy).

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
A1	minerální podhled tl. 40 mm	200 mm	mechanicky odolný akustický podhled s minerálními <u>pohltivými</u> kazetami o rozměrech 1200 x 600 x 40 mm	<u>1352,6 m²</u>	(rozmístění viz přílohy)
A2	stropní panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stropní panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 1200 x 600 x 40 mm	<u>79,2 m²</u>	kontaktně na stěny světlíků (rozmístění viz přílohy)
A3	stěnové panely tl. 40 mm	100 mm	stěnové panely o rozměrech 2700 x 600 x 40 mm odsazené od stěny 60 mm	<u>172,2 m²</u>	(rozmístění viz přílohy)

Tabulka 1: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

Pozn.: Vzhledem ke skutečnosti, že se můžu na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

2.1.4 Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách

A1: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do pozinkovaného rastru. Klasifikováno do třídy 1A odolnosti vůči mechanickým nárazům v souladu s EN 13964. Rozměr prvku 1200 x 600 x 40 mm. Odsazení od tuhé konstrukce ≥ 950 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A1	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	A

A2: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do pozinkovaného rastru. Klasifikováno do třídy 3A odolnosti vůči mechanickým nárazům v souladu s EN 13964. Rozměr prvku 1200 x 600 x 40 mm. Instalováno kontaktně pomocí lepidla.

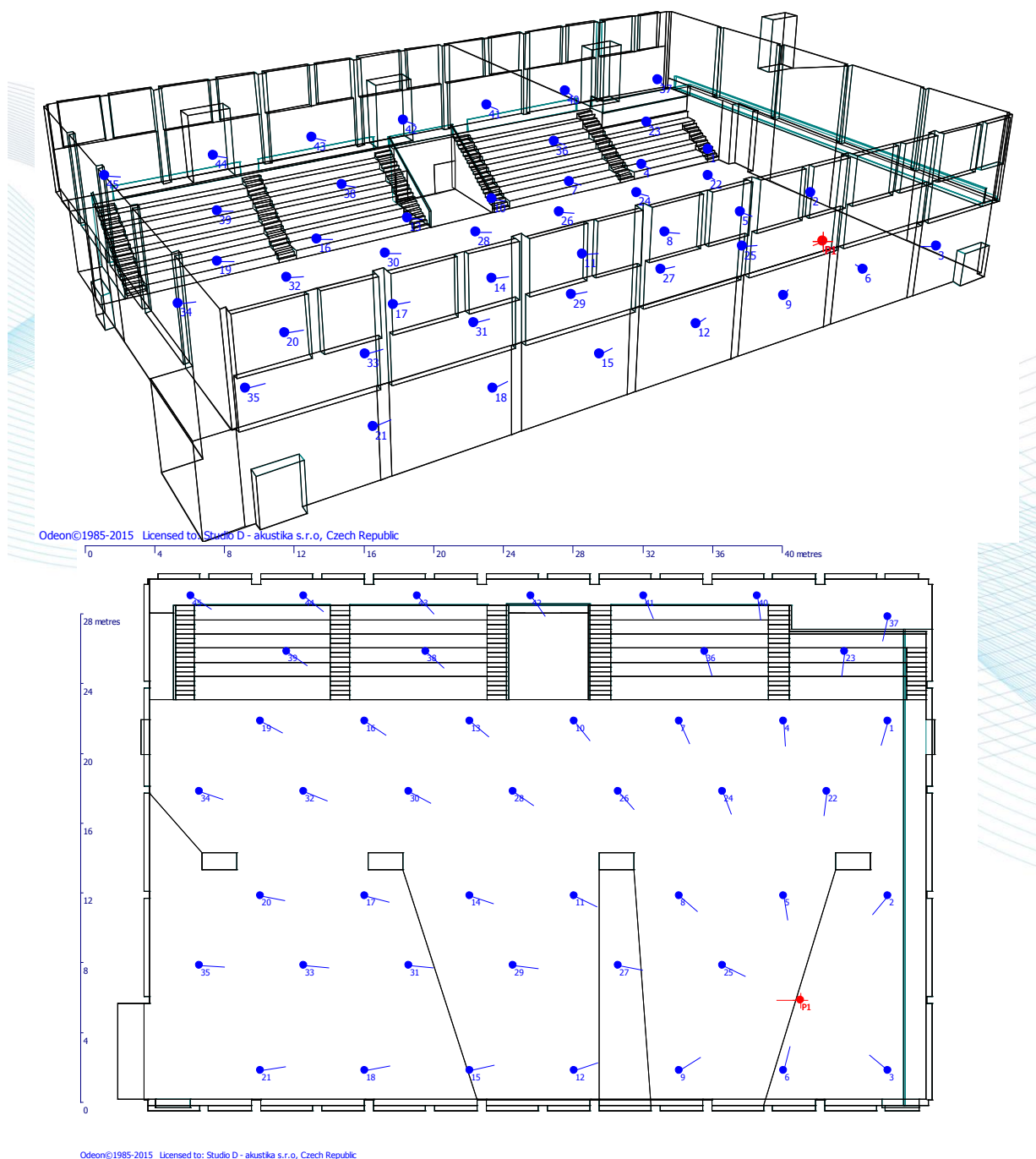
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A2	0,25	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	A

A3: Akustické stěnové panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou sražené. Instalováno do skrytého rastru Rozměr prvku 2700 x 600 x 40 mm. Odsazení od tuhé konstrukce 50 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A3	0,45	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	A

Tabulka 2: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

2.1.5 Akustická simulace a její hodnocení



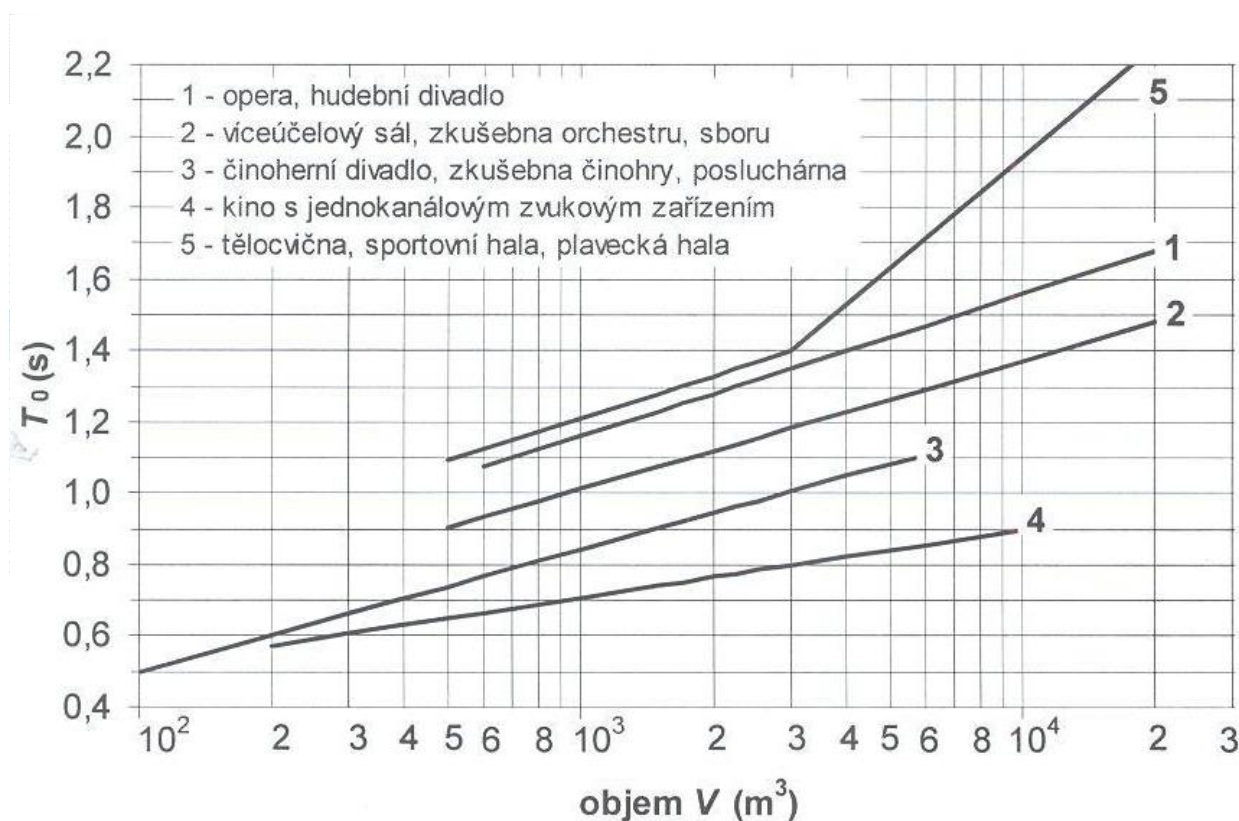
Obrázek 5: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

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 byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 2,04$ s. Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v následujícím, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následující tabulce.



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

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s]	2,40	2,09	2,14	1,94	1,85	1,49
Simulace T_{20} [s]	2,40	2,08	2,14	1,91	1,81	1,46
Simulace EDT [s]	2,23	1,79	1,84	1,53	1,42	1,11
SPL [dB] ****	65,1	63,4	63,5	62,3	61,9	60,9
C_{80} [dB]	0,9	3,0	2,9	4,2	4,5	5,8
D_{50} [-]	0,42	0,54	0,54	0,61	0,62	0,67
T_s [ms]	131,0	96,0	98,0	80,0	75,0	60,0
LF_{80} [-]	0,187	0,183	0,182	0,172	0,169	0,166
$ECHO_{MAX}$ [-]*	0,62	0,66	0,67	0,74	0,71	0,69
STI [-]***	0,58			Alcons [%]**		8,65
STI (Žena) [-]***	0,60			RASTI [-]***		0,56
STI (Muž) [-]***	0,59					

Tabulka 3: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti bez osob v navrženém stavu

*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.

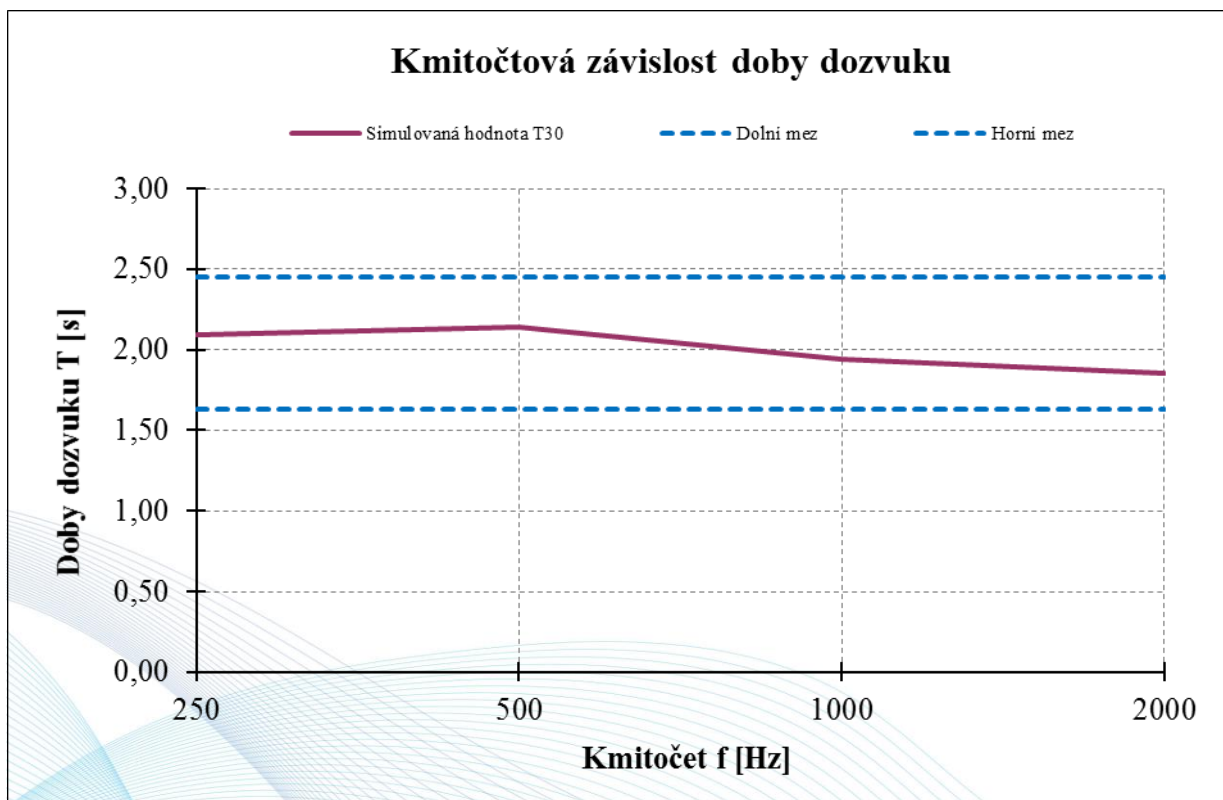
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** 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.

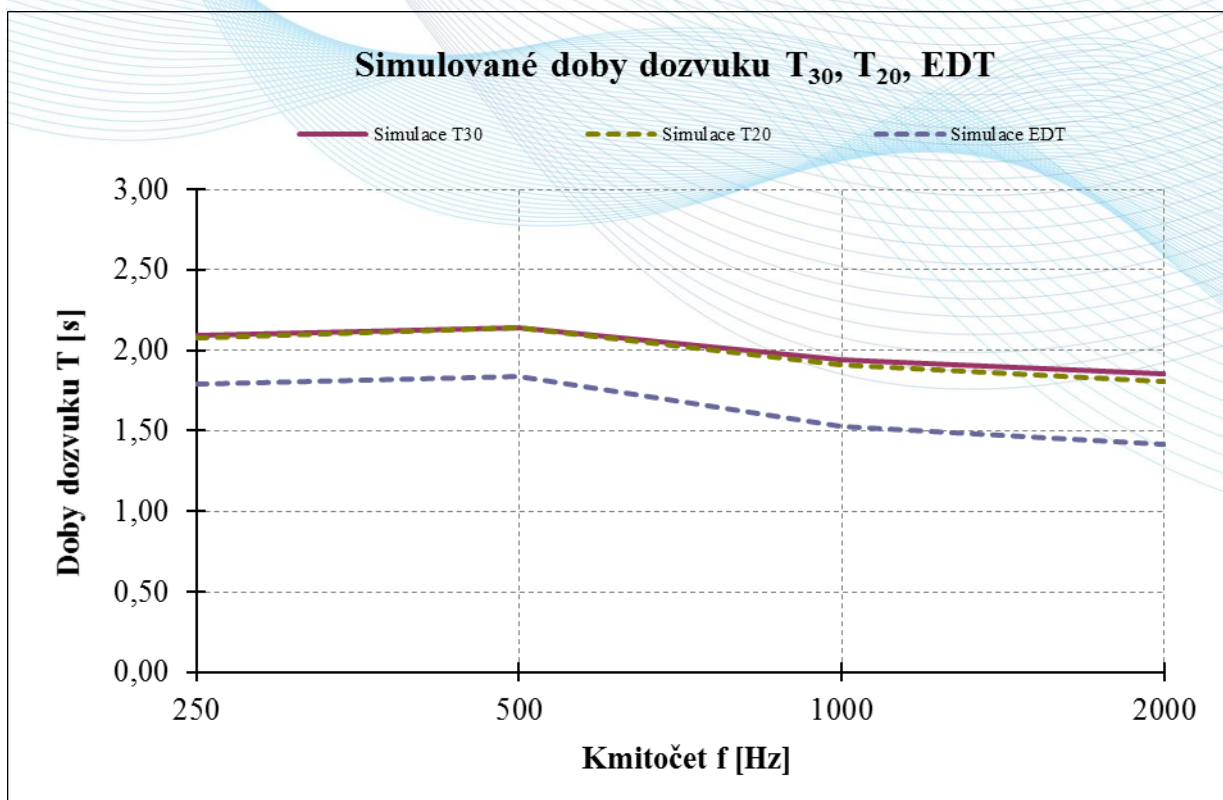
**** Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	250	500	1 000	2 000
Simulace T_{30} [s]	2,09	2,14	1,94	1,85
Horní mez [s]	2,45	2,45	2,45	2,45
Dolní mez [s]	1,63	1,63	1,63	1,63

Tabulka 4: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti bez osob v navrženém stavu

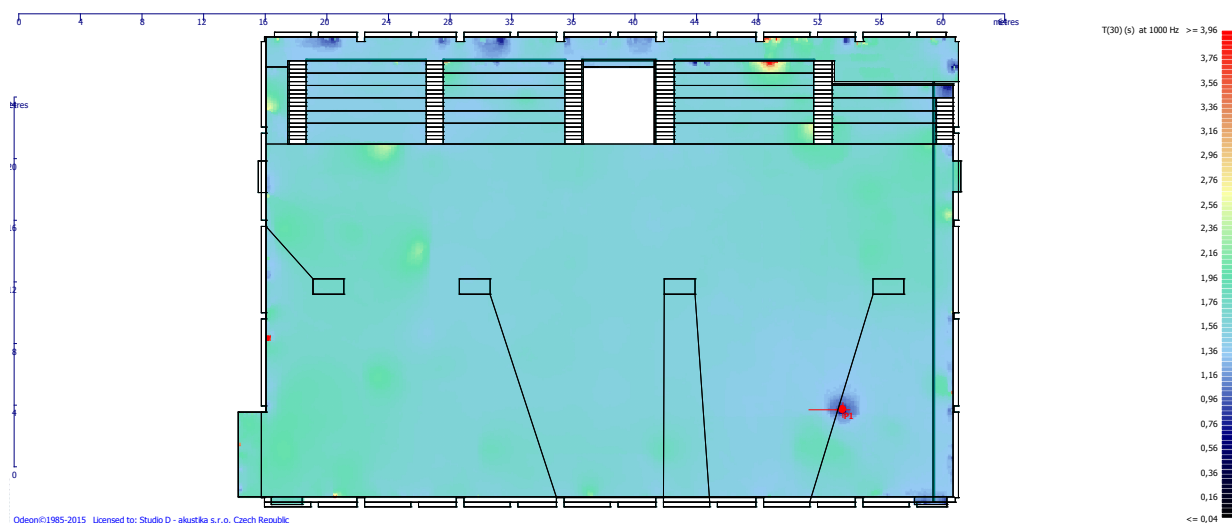


Graf 1: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti bez osob v navrženém stavu

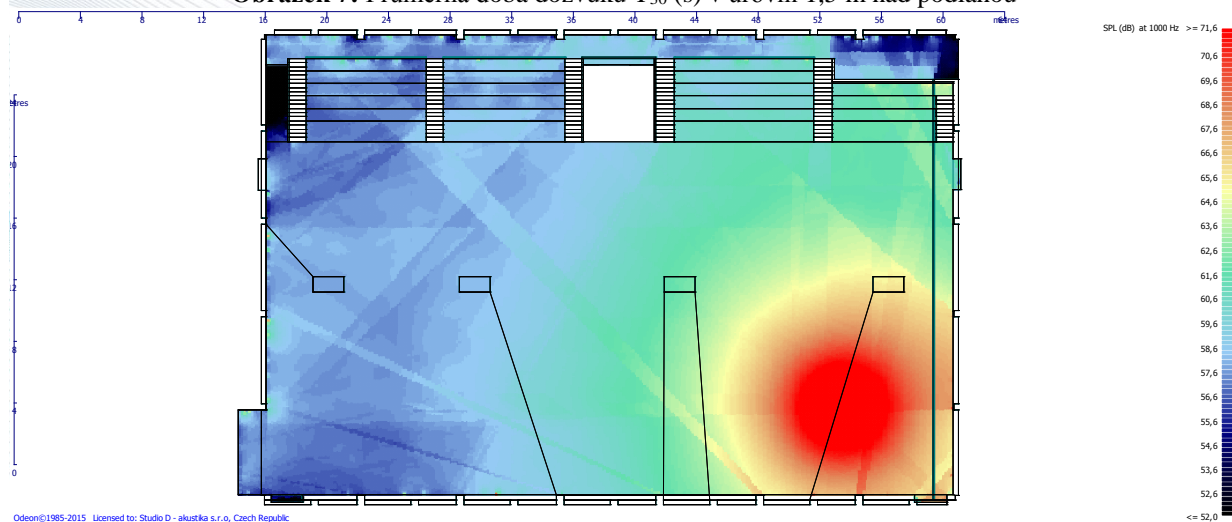


Graf 2: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v místnosti bez osob v navrženém stavu

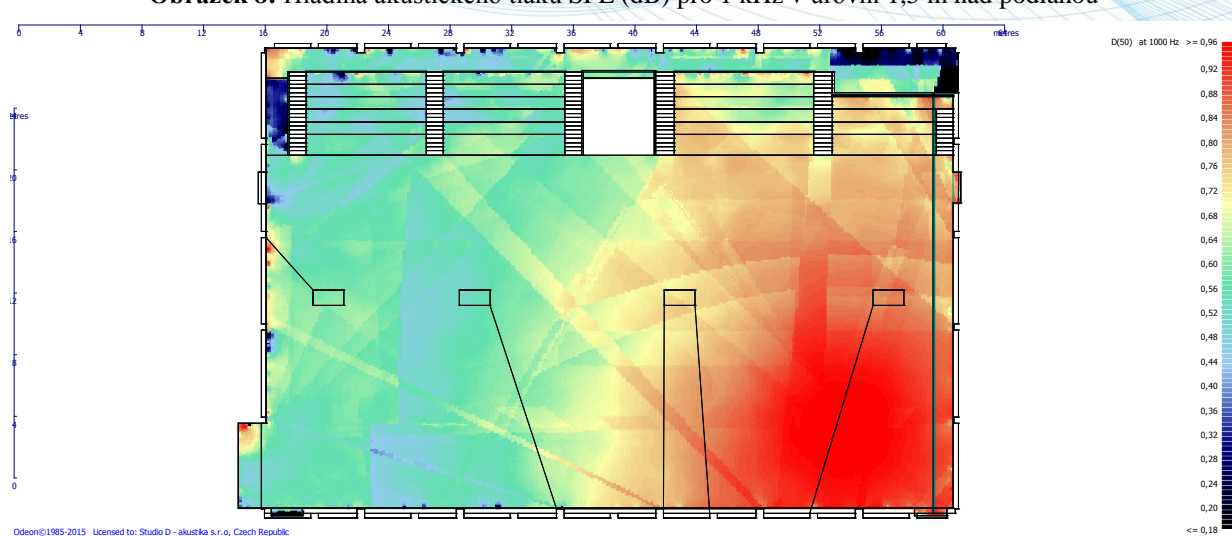
2.1.6 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (bez osob)



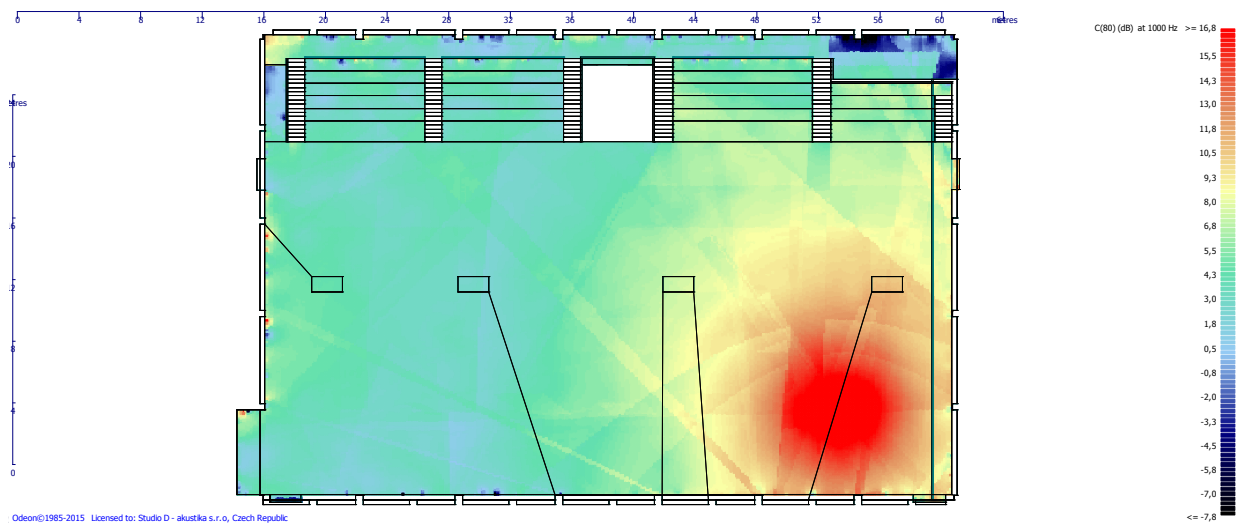
Obrázek 7: Průměrná doba dozvuku T_{30} (s) v úrovni 1,5 m nad podlahou



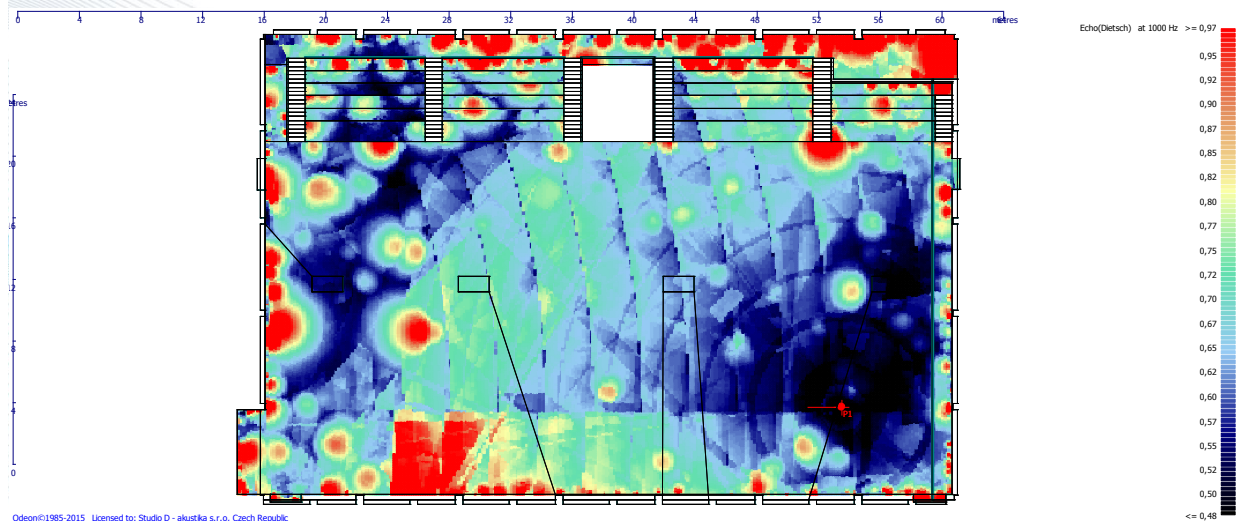
Obrázek 8: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



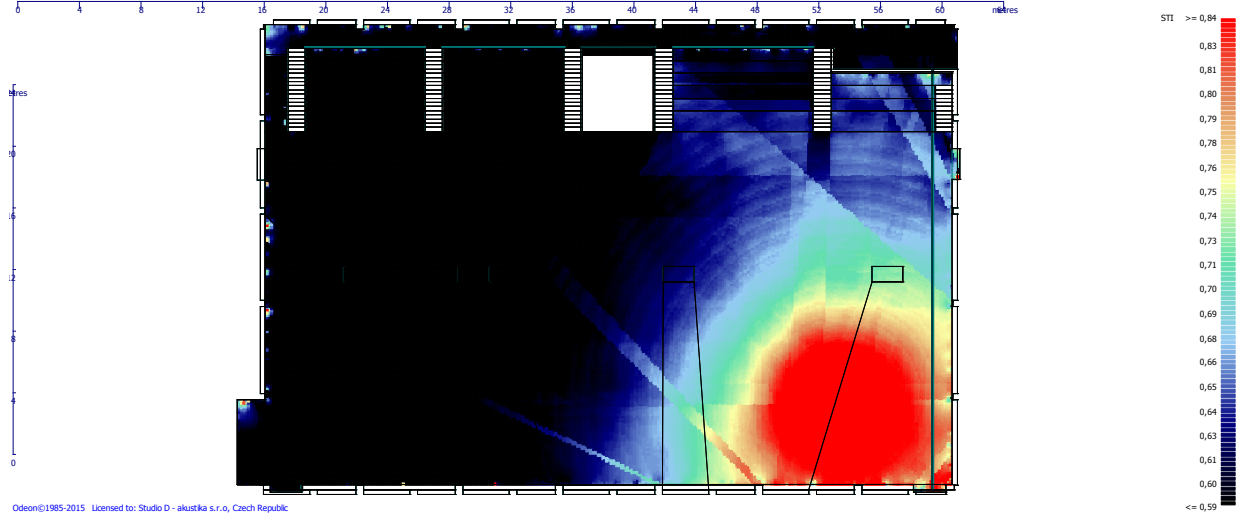
Obrázek 9: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obrázek 10: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obrázek 11: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,5 m nad podlahou



Obrázek 12: Srozumitelnost řeči STI, 1,5 m nad podlahou

2.2 „1.27 – Učebna biologie“

2.2.1 Popis prostoru

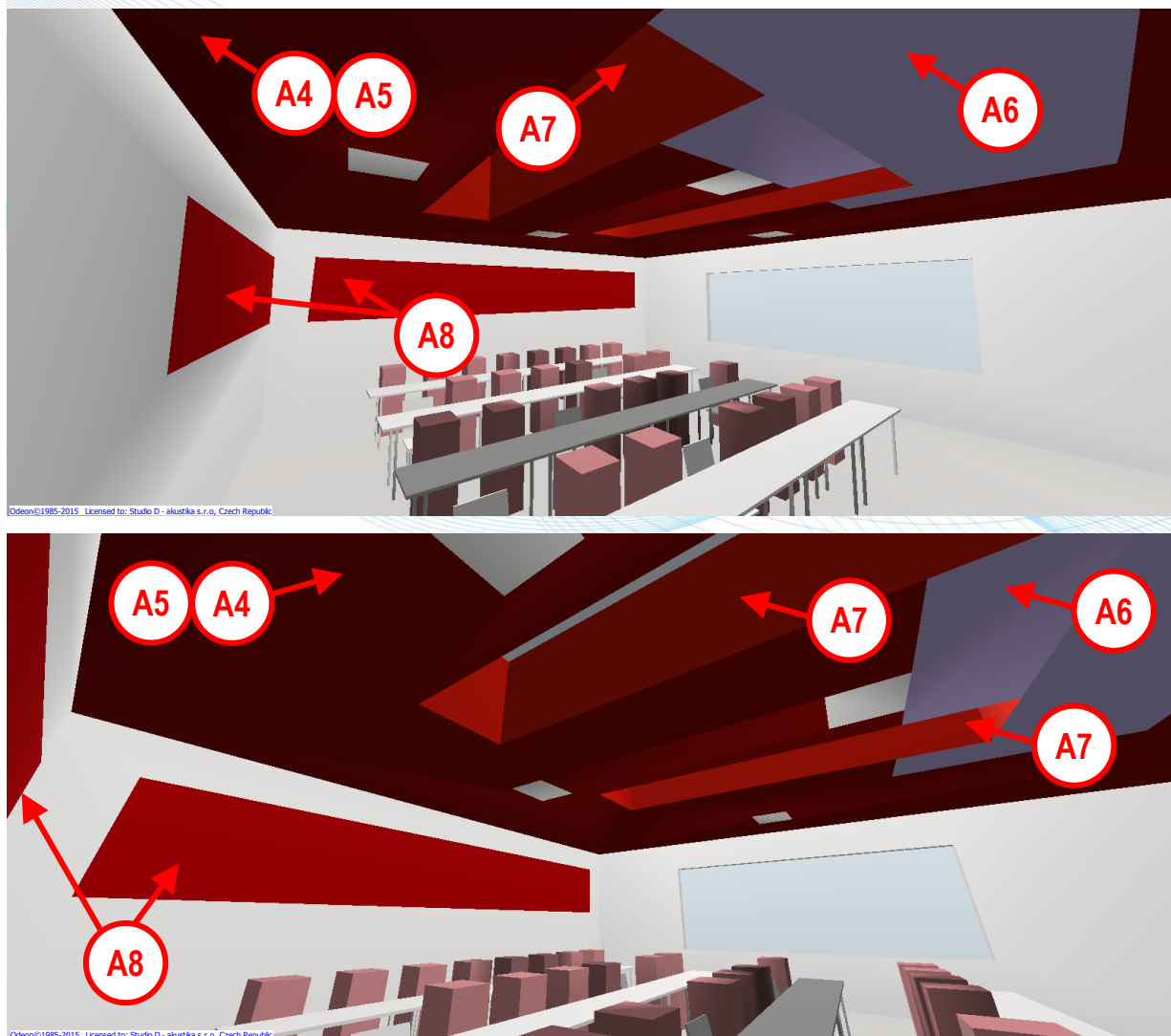
Místnost „1.27 – Učebna biologie“ má délku 9,81 m a šířku 9,00 m. Světla výška místnosti je po provedení všech akustických úprav 3,30 m. Objem prostoru je cca $V = 300,0 \text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 397,1 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Celý prostor byl simulován za předpokladu osmdesátiprocentního obsazení osobami (tj. 24 osob), dle předpokládaného uspořádání.

2.2.2 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.



Obrázek 13: Pohledy do akustického modelu prostoru

2.2.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s učebnou s 80% obsazením osobami (ČSN 73 0527). Konkrétně bylo počítáno s osobami sedícími na dřevěných židlích.

Uvažované konstrukční materiály: PVC na betonové podlaze, tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné s vnitřní omítkou. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

Veškeré použité akustické systémy jsou zobrazeny v následující tabulce a budou uspořádány dle přiložených výkresů (viz kapitola 4. Přílohy).

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
A4	minerální <u>pohltivý</u> podhled tl. 15 mm	≥ 200 mm	Demontovatelný zavěšený akustický podhled s minerálními <u>pohltivými</u> kazetami o rozměrech 600 x 600 x 15 mm	69,5 m²	zavěšený podhled (rozmístění viz přílohy)
A5	nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm	volně položeno na A4	nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který se vkládá do vzduchové mezery mezi podhled A4 a nosnou tuhou kci	67,68 m² (tj. 94 ks)	volně položen na A4 (rozmístění viz přílohy)
A6	minerální <u>odrazivý</u> podhled tl. 15 mm	≥ 200 mm	Demontovatelný zavěšený akustický podhled s minerálními <u>odrazivými</u> kazetami o rozměrech 600 x 600 x 15 mm	8,0 m²	umístit nad nejčastější polohu mluvčího (rozmístění viz přílohy)
A7	stropní panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stropní panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 600 x 600 x 40 mm	25,2 m²	kontaktně na stěny světlíků (rozmístění viz přílohy)
A8	stěnové panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stěnové panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 2700 x 600 x 40 mm	16,2 m² (tj. 10 panelů)	umístit na zadní a popř. boční stěnu (rozmístění viz přílohy)

Tabulka 5: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

Pozn.: Vzhledem ke skutečnosti, že se můžou na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.), je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

2.2.4 Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách

A4: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do pozinkovaného rastru. Rozměr prvku 600 x 600 x 15 mm. Panely plně demontovatelné. Odsazení od tuhé konstrukce cca 200 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A4	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	A

A5: Viz systém A4 + součástí podhledu je nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který je kladen do vzniklé vzduchové dutiny volně po ploše minerálních kazet systému A4.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A5	0,70	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	A

A6: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný odrazivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do pozinkovaného rastru. Rozměr prvku 600 x 600 x 15 mm. Panely plně demontovatelné. Odsazení od tuhé konstrukce cca 200 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A6	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20	0,30	D

A7: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 600 x 600 x 40 mm. Instalováno kontaktně pomocí lepidla.

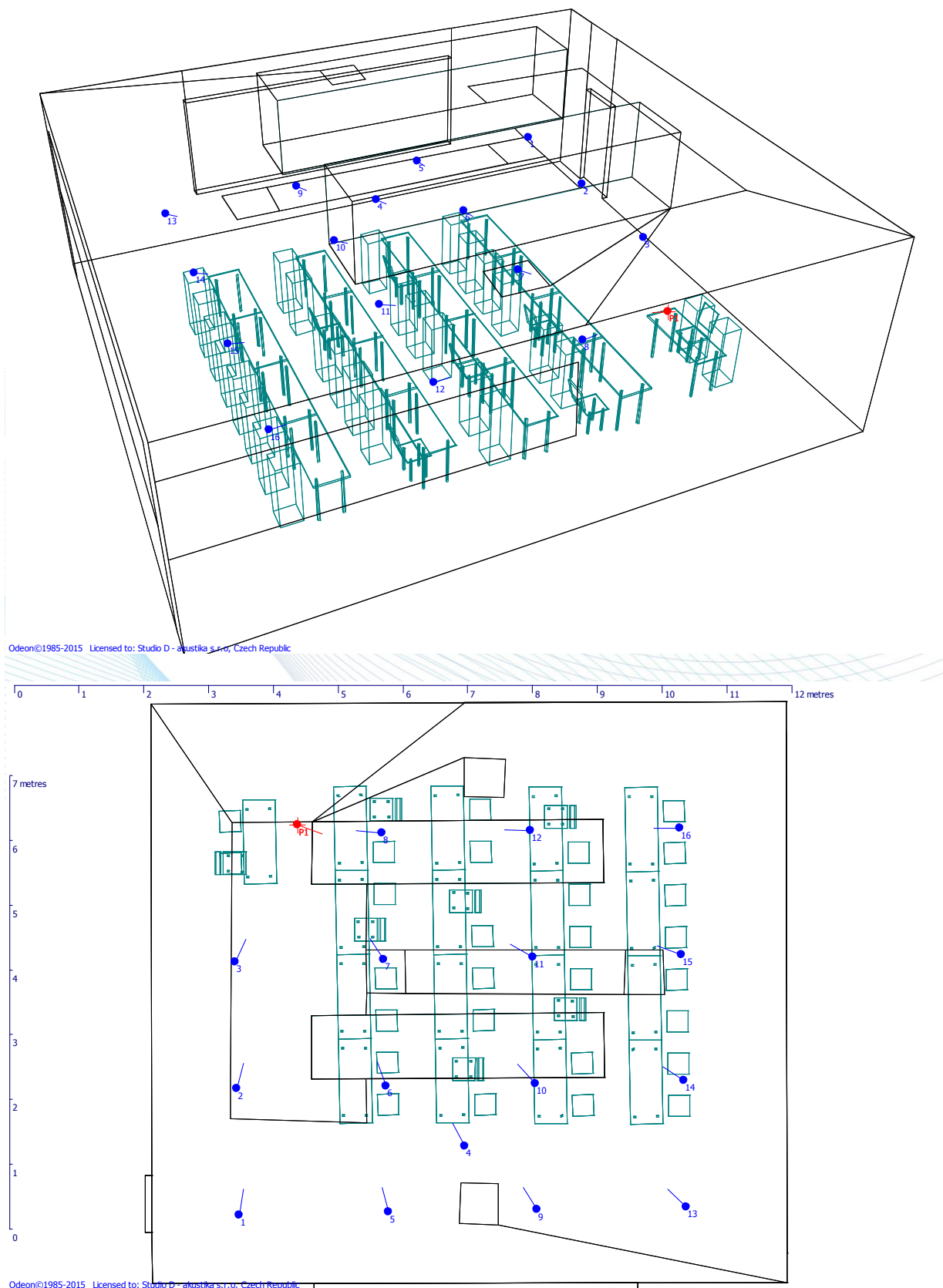
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A7	0,25	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	A

A8: Stěnové panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 2700 x 600 x 40 mm. Instalováno do pozinkovaného skrytého ocelového roštu. Odsazení od tuhé konstrukce 0 mm (kontaktně).

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A8	0,25	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	A

Tabulka 6: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

2.2.5 Akustická simulace a její hodnocení



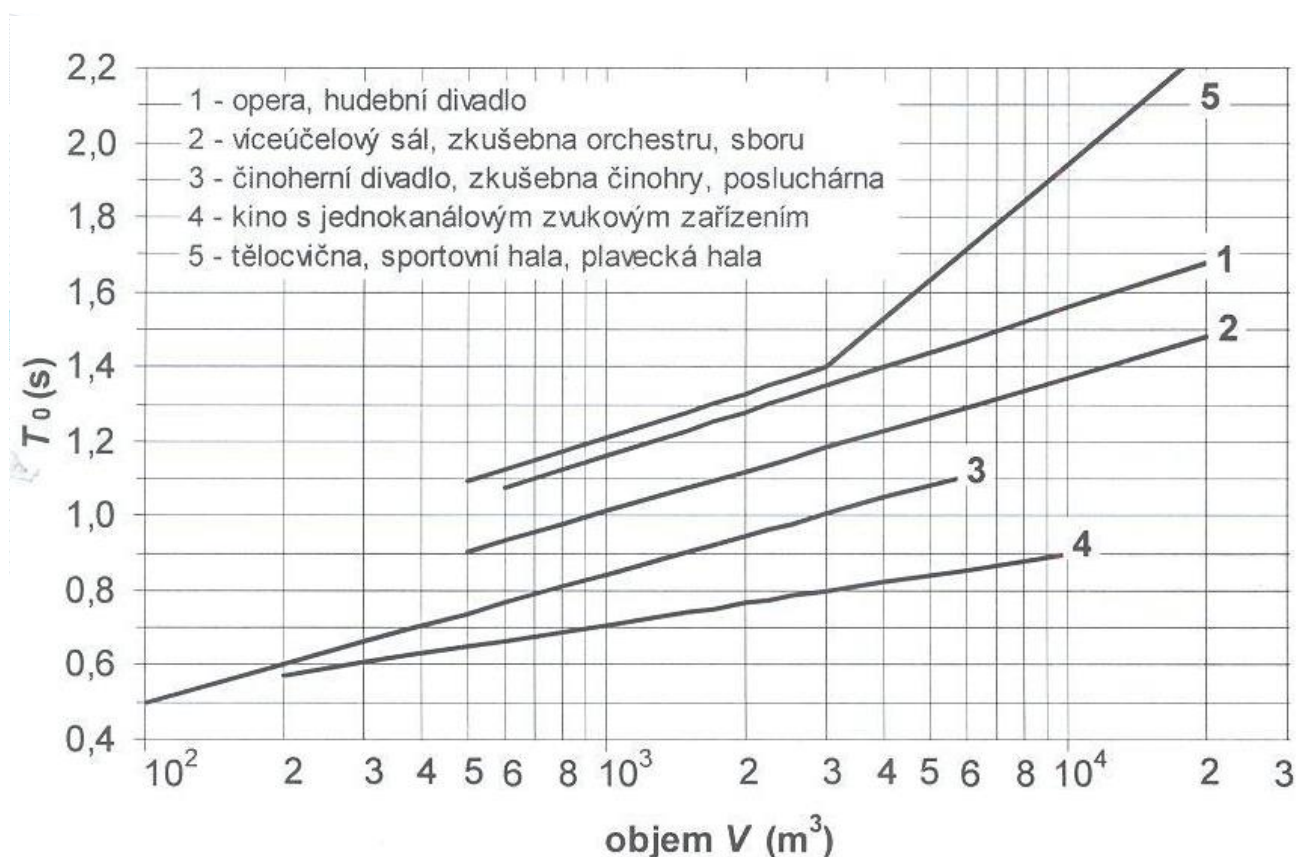
Obrázek 14: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofonů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

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 byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 0,66$ s. Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následující tabulce.



Obrázek 15: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s]	0,69	0,58	0,56	0,56	0,55	0,51
Simulace T_{20} [s]	0,68	0,53	0,51	0,51	0,50	0,47
Simulace EDT [s]	0,62	0,39	0,37	0,37	0,36	0,35
SPL [dB] ****	75,8	74,0	73,9	73,7	73,5	73,3
C_{80} [dB]	7,5	11,8	12,5	12,5	12,7	13,1
D_{50} [-]	0,71	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87
T_s [ms]	41,0	25,0	24,0	24,0	23,0	22,0
LF_{80} [-]	0,269	0,254	0,250	0,251	0,245	0,240
ECHO_{MAX} [-]*	0,44	0,40	0,39	0,40	0,40	0,41
STI [-]***	0,79			Alcons [%]**		2,88
STI (Žena) [-]***	0,80			RASTI [-]***		0,80
STI (Muž) [-]***	0,79					

Tabulka 7: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti při 80-ti % obsazení osobami v navrženém stavu

*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.

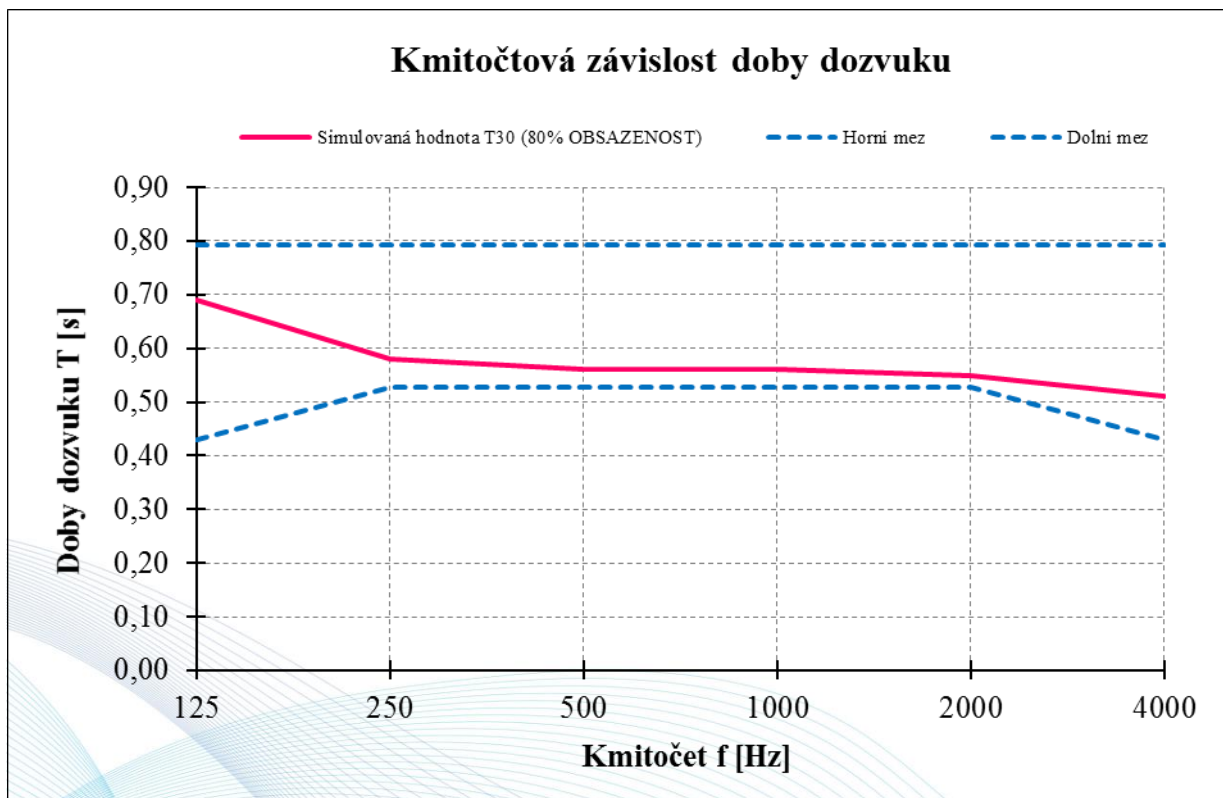
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** 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.

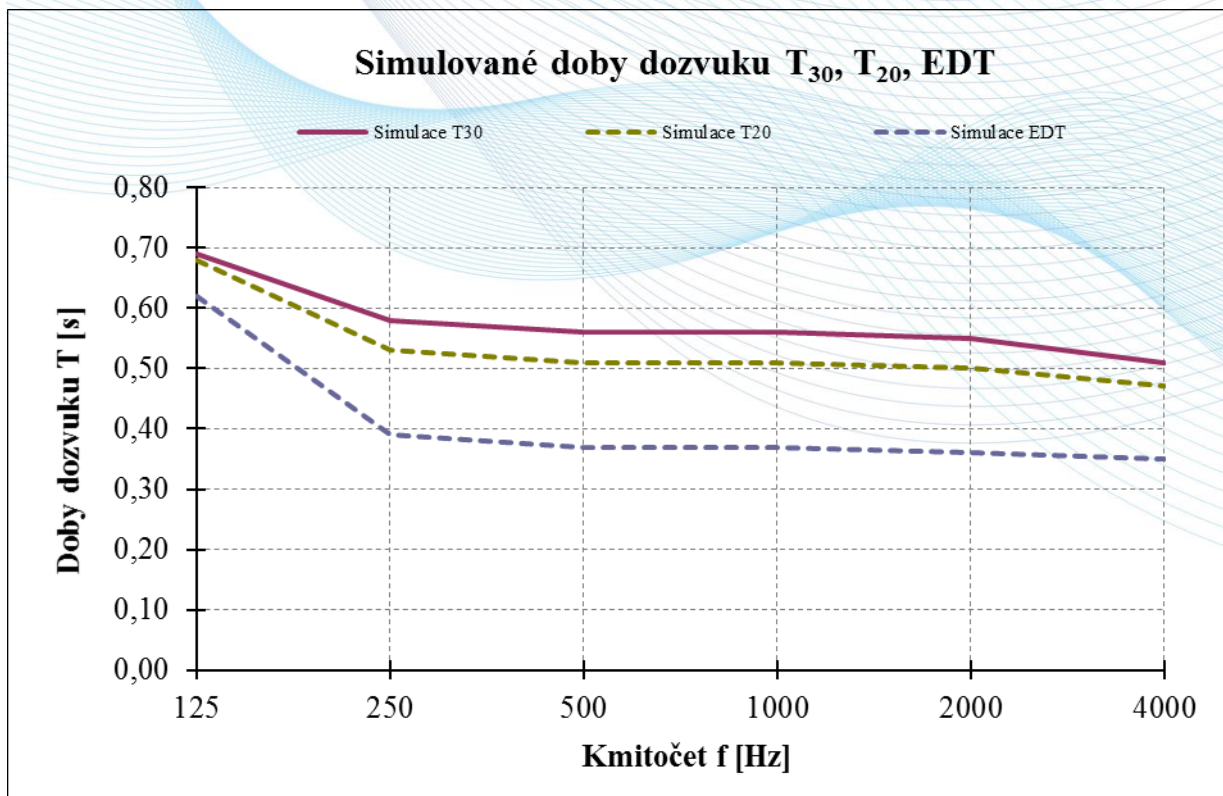
****Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s] (80 % obsazenost)	0,69	0,58	0,56	0,56	0,55	0,51
Horní mez [s]	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Dolní mez [s]	0,43	0,53	0,53	0,53	0,53	0,43

Tabulka 8: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami

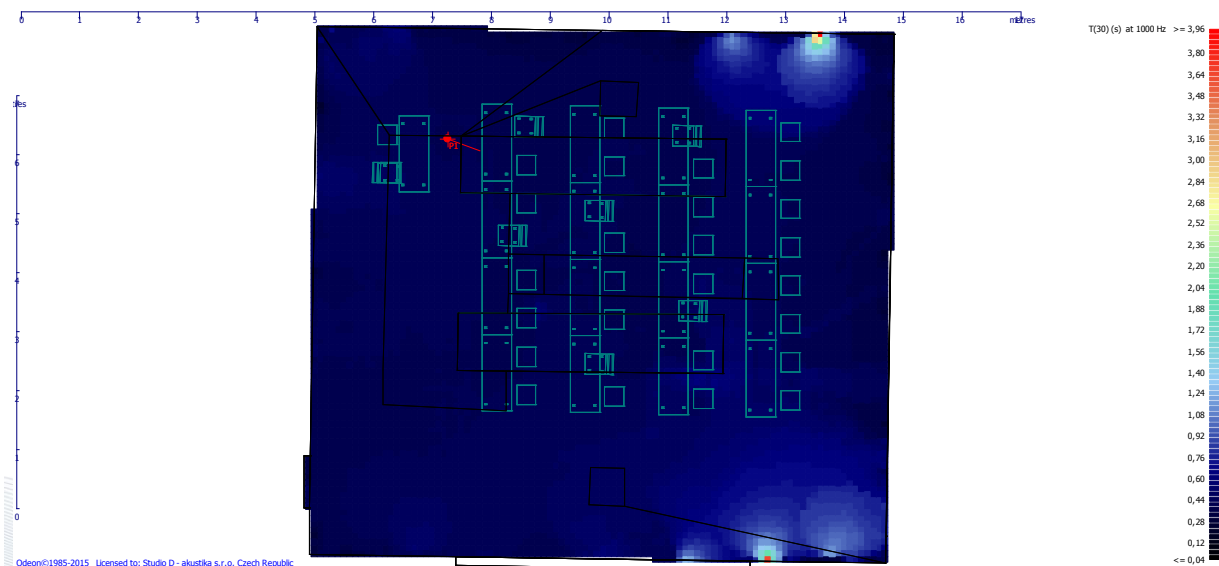


Graf 3: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami

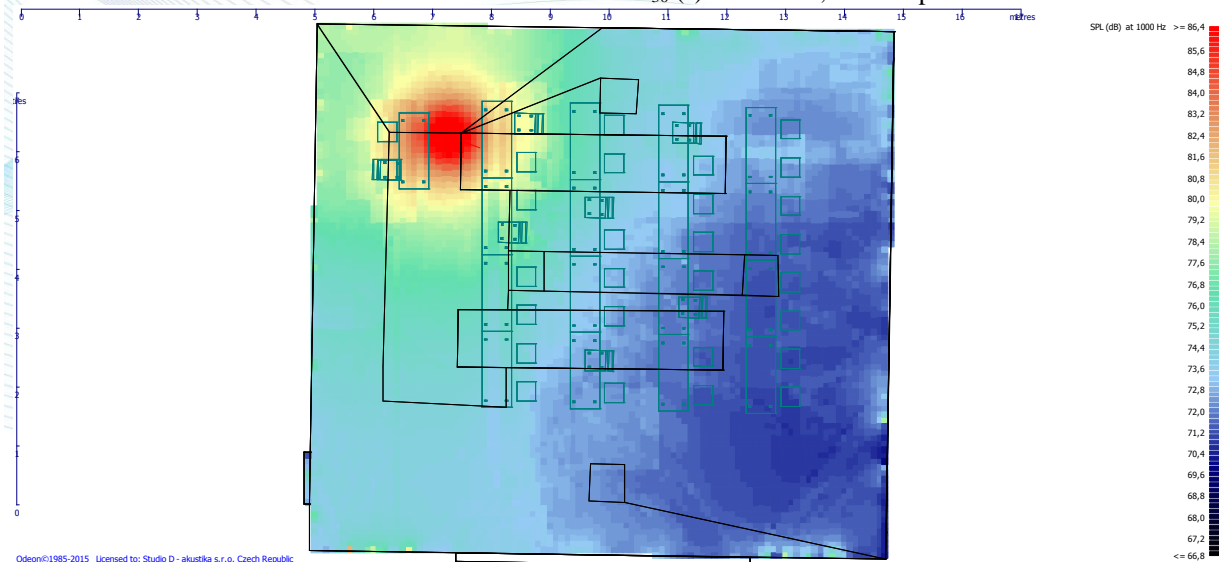


Graf 4: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru při 80-ti % obsazení osobami

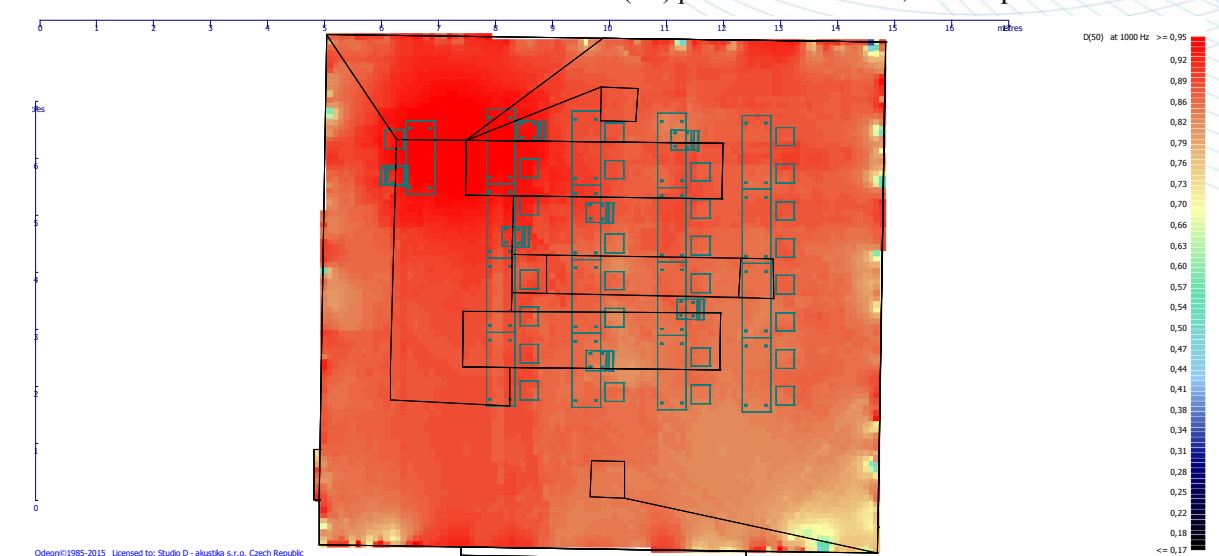
2.2.6 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80% obsazenost)



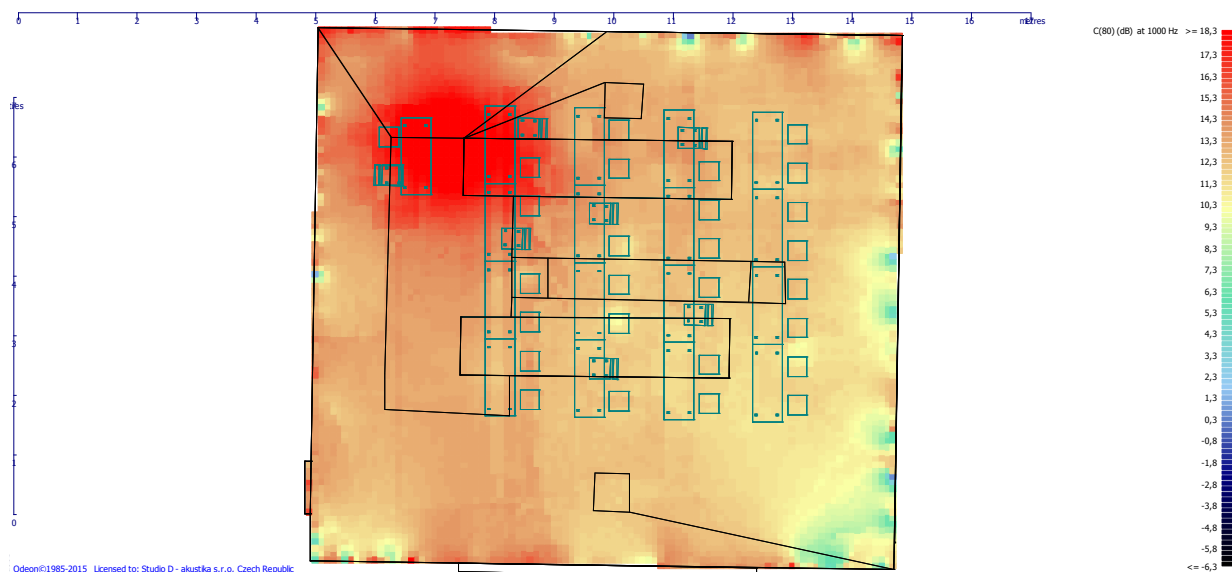
Obrázek 16: Průměrná doba dozvuku T_{30} (s) v úrovni 1,3 m nad podlahou



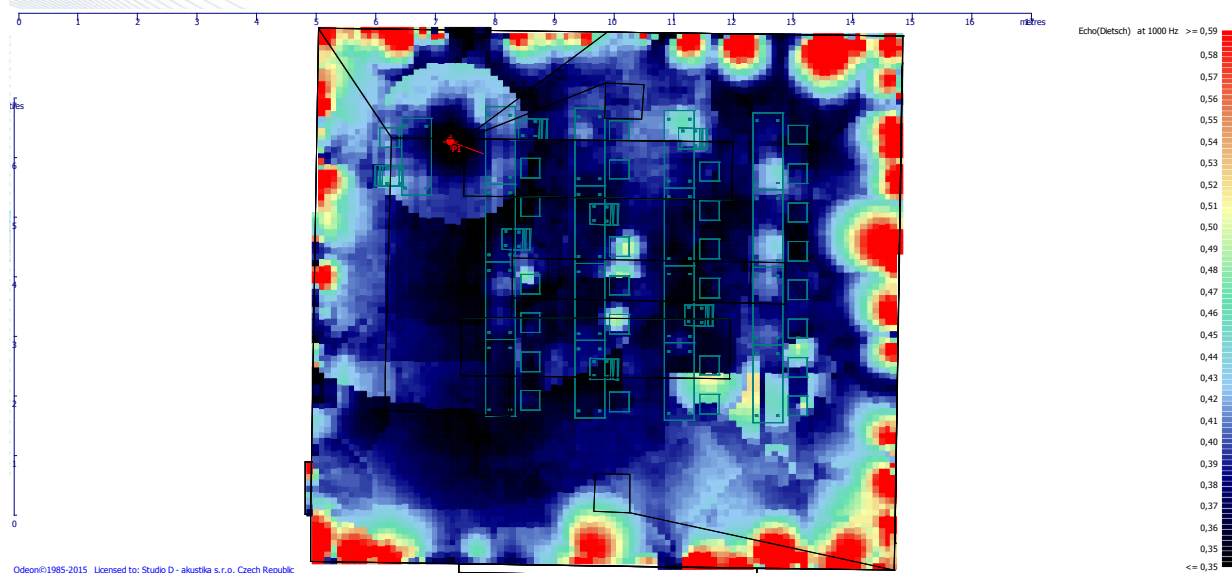
Obrázek 17: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,3 m nad podlahou



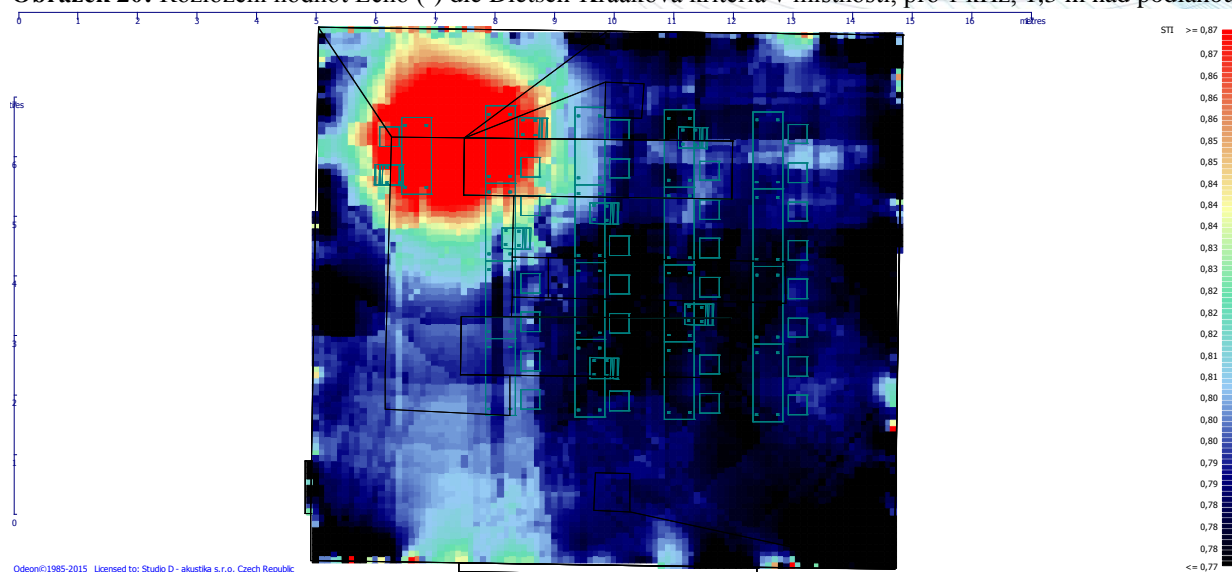
Obrázek 18: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou



Obrázek 19: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou



Obrázek 20: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,3 m nad podlahou



Obrázek 21: Srozumitelnost řeči STI, 1,3 m nad podlahou

2.3 „1.28 – Učebna“

2.3.1 Popis prostoru

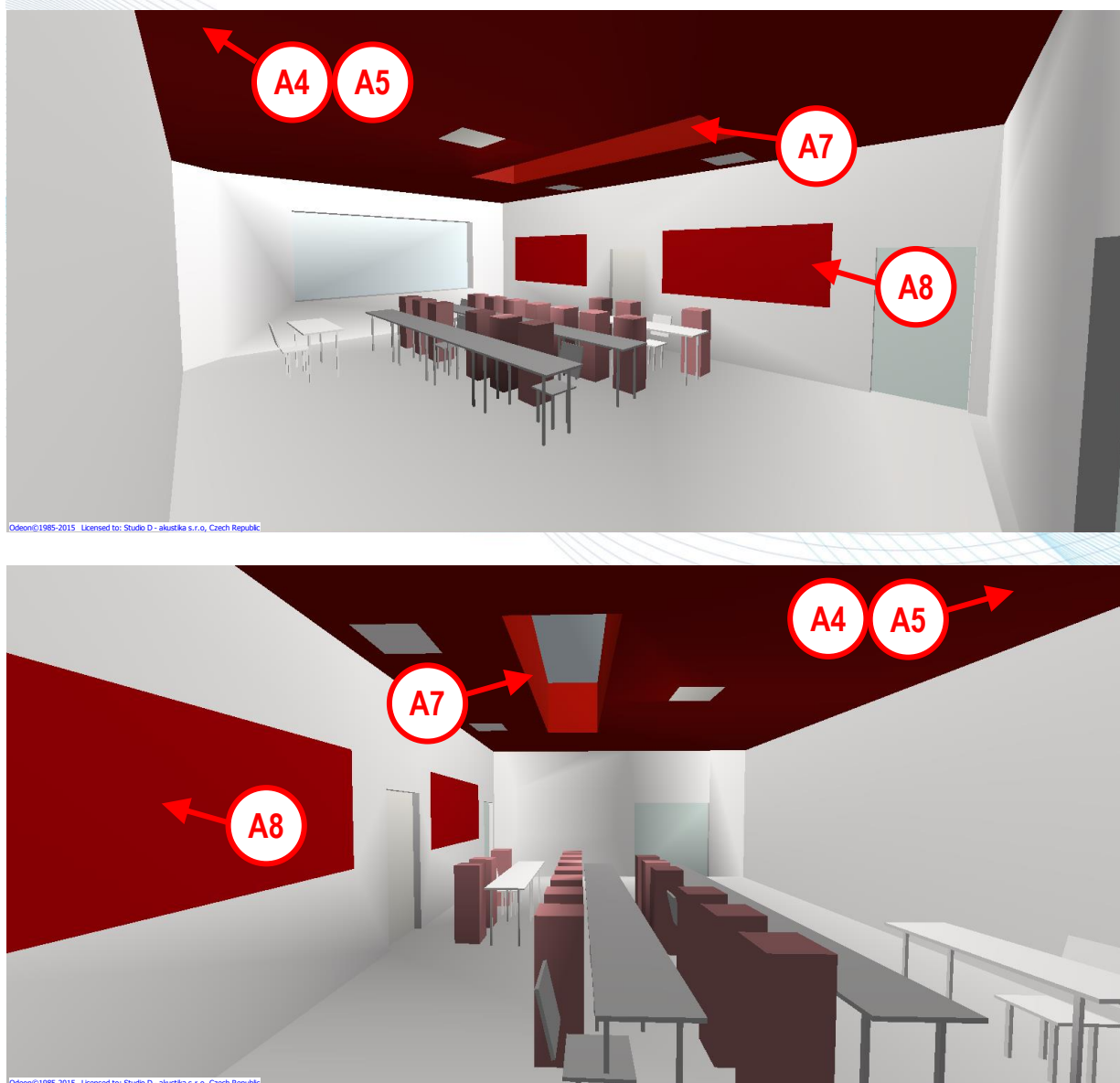
Místnost „1.28 – Učebna“ má délku 6,59 m a šířku 9,48 m. Světla výška místnosti je po provedení všech akustických úprav 3,30 m. Objem prostoru je cca $V = 212,1 \text{ m}^3$ (odměřeno z modelu) a celková plocha ohraničujících vnitřních povrchů konstrukcí je cca $S = 290,3 \text{ m}^2$ (odměřeno z modelu).

Celý prostor byl simulován za předpokladu osmdesátiprocentního obsazení osobami (tj. 24 osob), dle předpokládaného uspořádání.

2.3.2 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.



Obrázek 22: Pohledy do akustického modelu prostoru

2.3.3 Návrh akustických úprav

V návrhu je uvažováno s učebnou s 80% obsazením osobami (ČSN 73 0527). Konkrétně bylo počítáno s osobami sedícími na dřevěných židlích.

Uvažované konstrukční materiály: PVC na betonové podlaze, tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Obvodové a vnitřní stěny jsou zděné s vnitřní omítkou. Detailněji jsou popsány jednotlivé skladby v projektové dokumentaci.

Veškeré použité akustické systémy jsou zobrazeny v následující tabulce a budou uspořádány dle příložených výkresů (viz kapitola 4. Přílohy).

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra / m ²	Poznámka
A4	minerální pohltivý podhled tl. 15 mm	≥ 200 mm	Demontovatelný zavěšený akustický podhled s minerálními pohltivými kazetami o rozměrech 600 x 600 x 15 mm	56,7 m²	zavěšený podhled (rozmístění viz přílohy)
A5	nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm	volně položeno na A4	nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který se vkládá do vzduchové mezery mezi podhled A4 a nosnou tuhou kci	54,72 m² (tj. 76 ks)	volně položen na A4 (rozmístění viz přílohy)
A7	stropní panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stropní panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 600 x 600 x 40 mm	11,0 m²	kontaktně na stěny světlíků (rozmístění viz přílohy)
A8	stěnové panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stěnové panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 2700 x 600 x 40 mm	6,48 m² (tj. 4 panely)	umístit na zadní a popř. boční stěnu (rozmístění viz přílohy)

Tabulka 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

Pozn.: Vzhledem ke skutečnosti, že se můžou na stěně nebo stropu nacházet blíže neurčené množství různých zařízení (světelné prvky, apod.) je třeba prověřit výměru navržených akustických systémů a případně provést korekci, či změnit uspořádání navržených prvků (za dodržení navržených výměr).

2.3.4 Detailní popis použitých akustických materiálů v jednotlivých variantách

A4: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do pozinkovaného rastru. Rozměr prvku 600 x 600 x 15 mm. Panely plně demontovatelné. Odsazení od tuhé konstrukce cca 200 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A4	0,40	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	A

A5: Viz systém A4 + součástí podhledu je nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který je kladen do vzniklé vzduchové dutiny volně po ploše minerálních kazet systému A4.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A5	0,70	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	A

A7: Akustické panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 600 x 600 x 40 mm. Instalováno kontaktně pomocí lepidla.

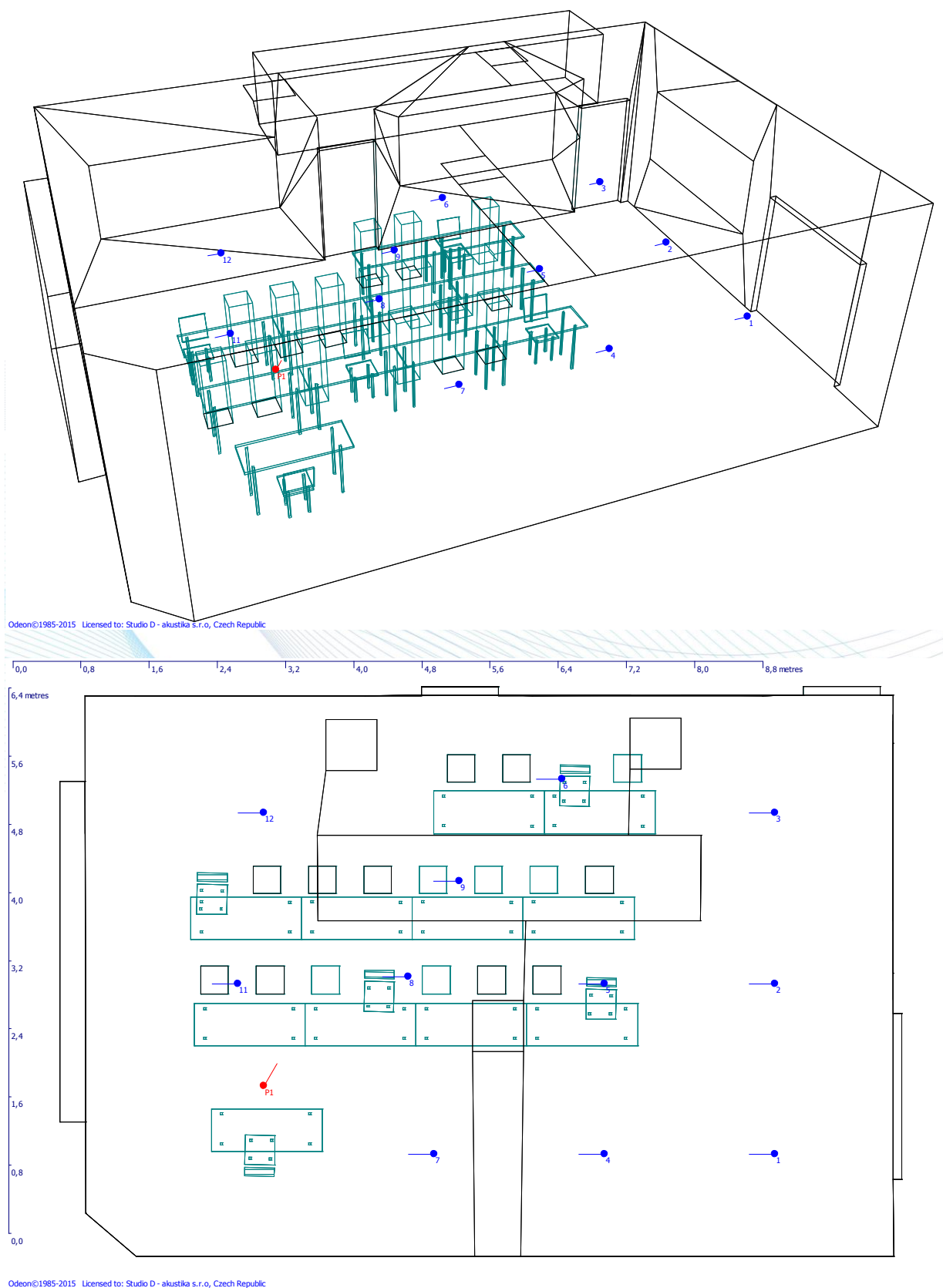
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A7	0,25	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	A

A8: Stěnové panely s jádrem ze skelného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 2700 x 600 x 40 mm. Instalováno do pozinkovaného skrytého ocelového roštu. Odsazení od tuhé konstrukce 0 mm (kontaktně).

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
A8	0,25	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	A

Tabulka 10: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

2.3.5 Akustická simulace a její hodnocení



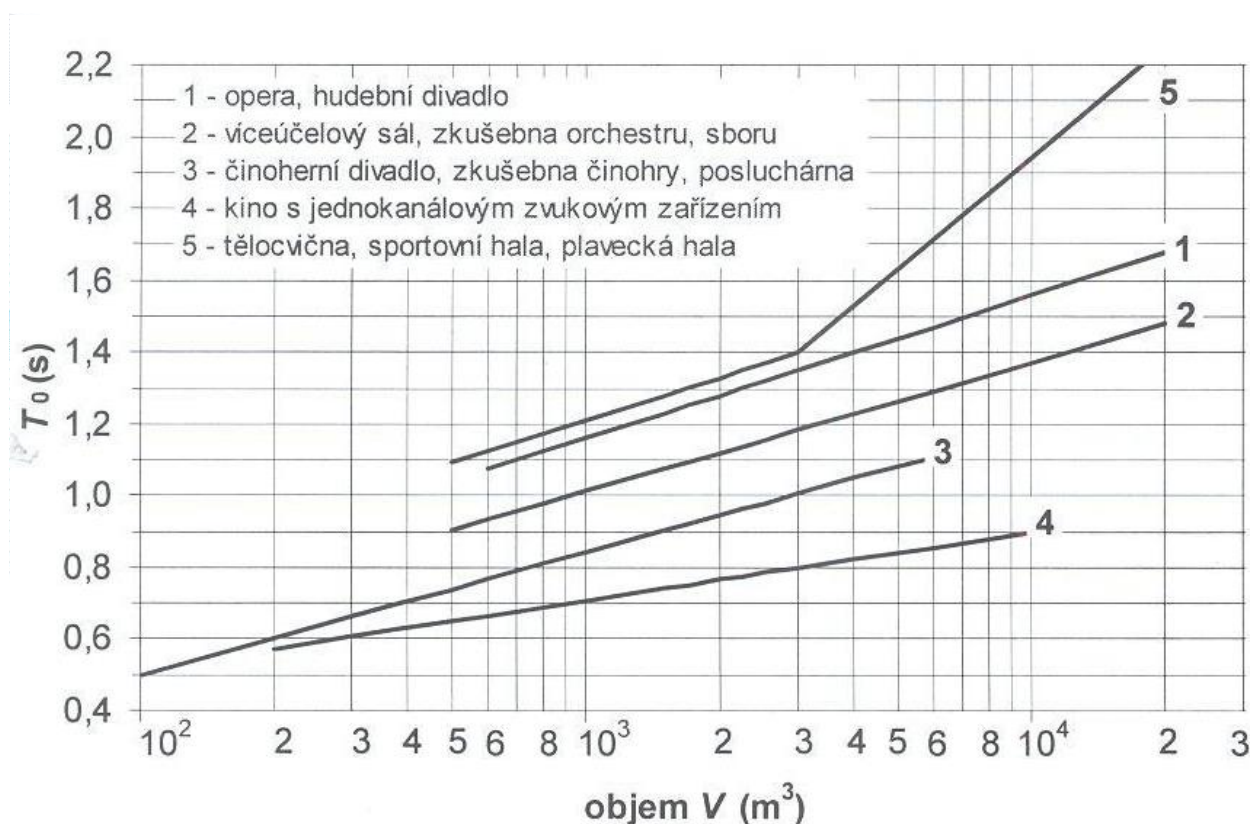
Obrázek 23: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofونů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)

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 byla stanovena na základě doporučených hodnot normou ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 0,61$ s. Výsledky simulace T_{30} jsou zobrazené v následujícím grafu, ze kterého je zřejmé, že doba dozvuku v navrhované místnosti po provedení akustických úprav se pohybuje v mezích zvoleného tolerančního pásma.

Veškeré simulované průměrné hodnoty akustických veličin jsou uvedeny v následující tabulce.



Obrázek 24: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s]	0,66	0,52	0,52	0,52	0,50	0,48
Simulace T_{20} [s]	0,66	0,52	0,51	0,51	0,49	0,47
Simulace EDT [s]	0,64	0,44	0,43	0,44	0,41	0,39
SPL [dB] ****	77,7	75,4	75,2	75,2	74,7	74,5
C_{80} [dB]	7,4	12,3	12,7	12,5	13,4	13,8
D_{50} [-]	0,70	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88
T_s [ms]	41,0	23,0	22,0	23,0	21,0	20,0
LF_{80} [-]	0,261	0,231	0,227	0,227	0,217	0,214
$ECHO_{MAX}$ [-]*	0,44	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40
STI [-]***	0,79			Alcons [%]**		2,86
STI (Žena) [-]***	0,80			RASTI [-]***		0,81
STI (Muž) [-]***	0,79					

Tabulka 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti při 80-ti % obsazení osobami v navrženém stavu

*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.

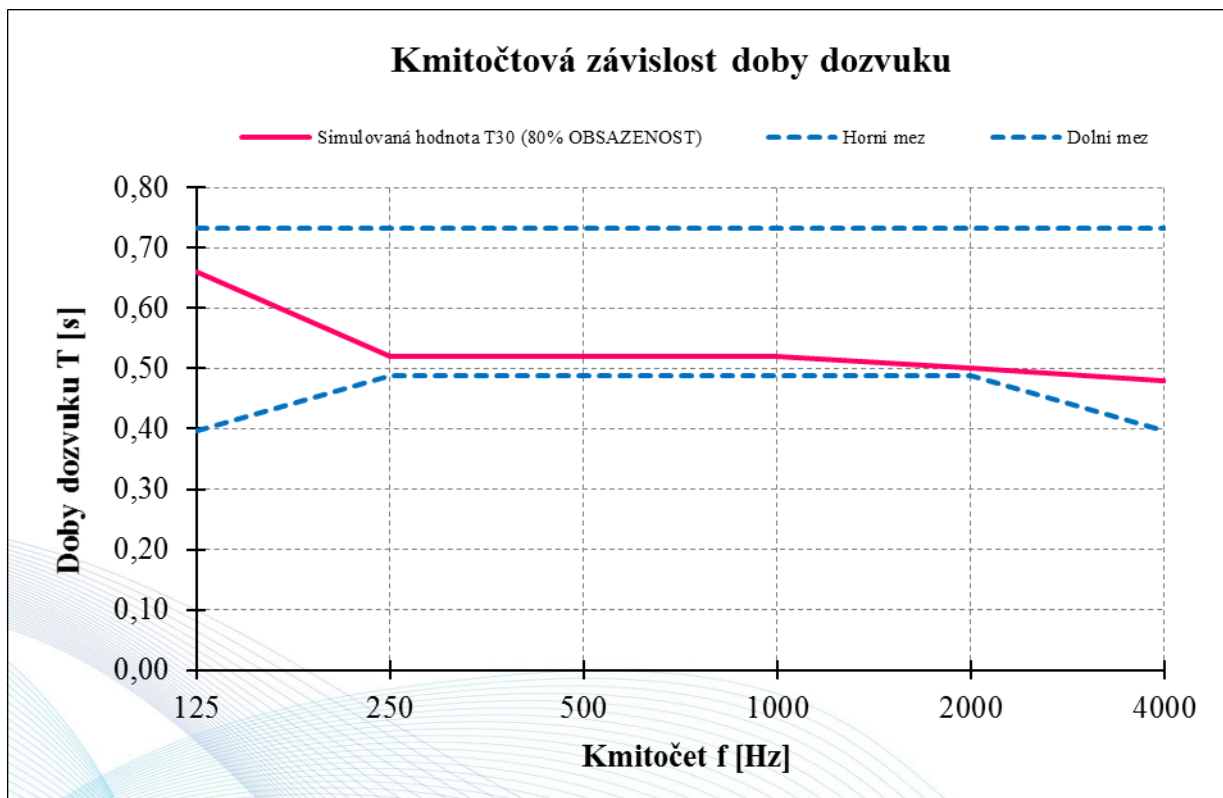
** Parametr Alcons (Articulation loss) je sice parametr používaný v zahraničí, avšak je vhodné jej určit. Přípustné rozmezí je 0-11%.

*** 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.

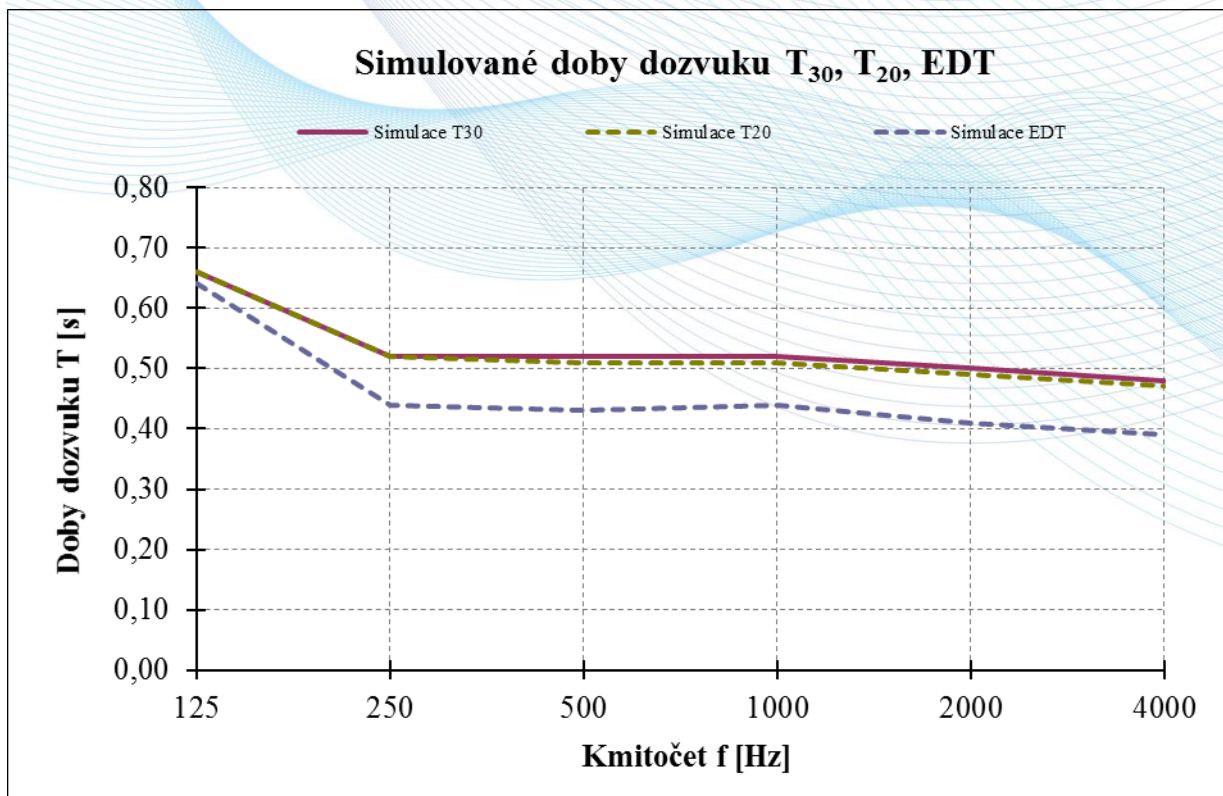
**** Průměrná hodnota akustického tlaku v místnosti za předpokladu akustického výkonu zdroje cca 90 dB.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T_{30} [s] (80 % obsazenost)	0,66	0,52	0,52	0,52	0,50	0,48
Horní mez [s]	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Dolní mez [s]	0,40	0,49	0,49	0,49	0,49	0,40

Tabulka 12: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami

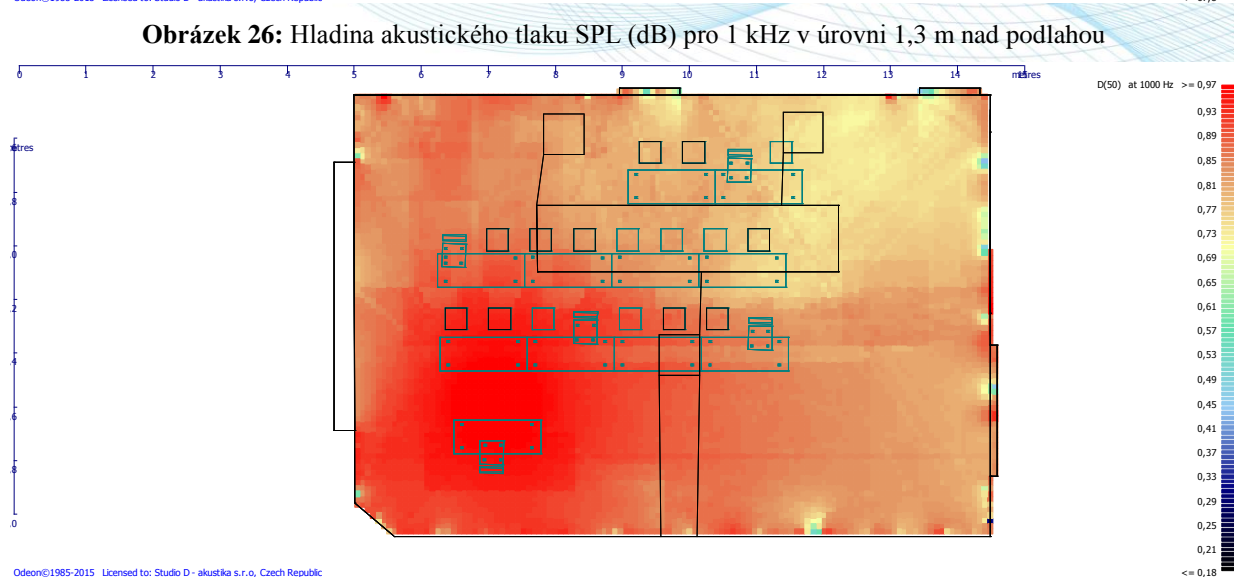
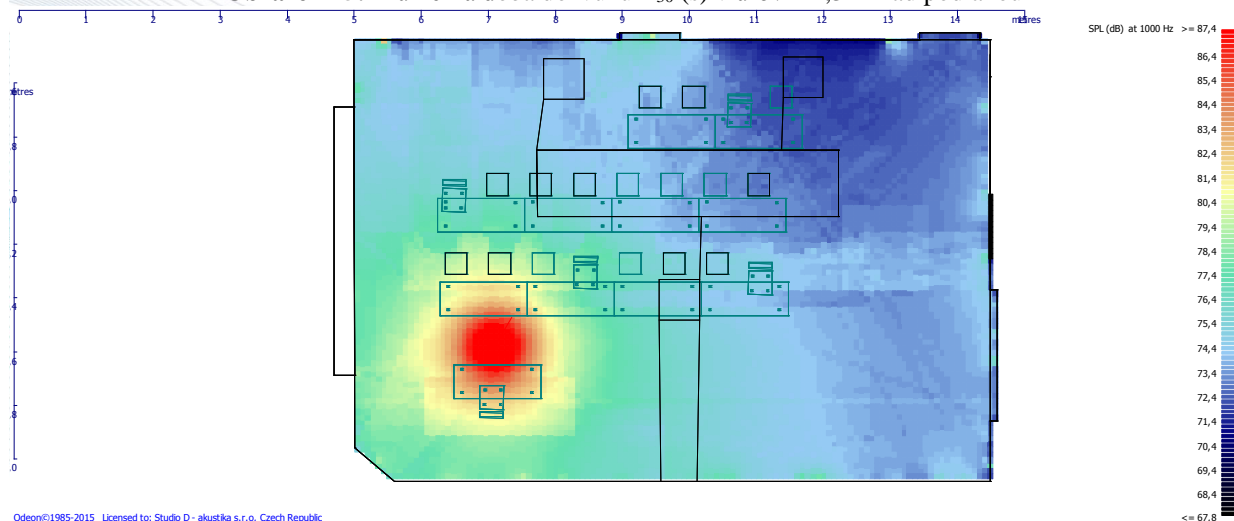
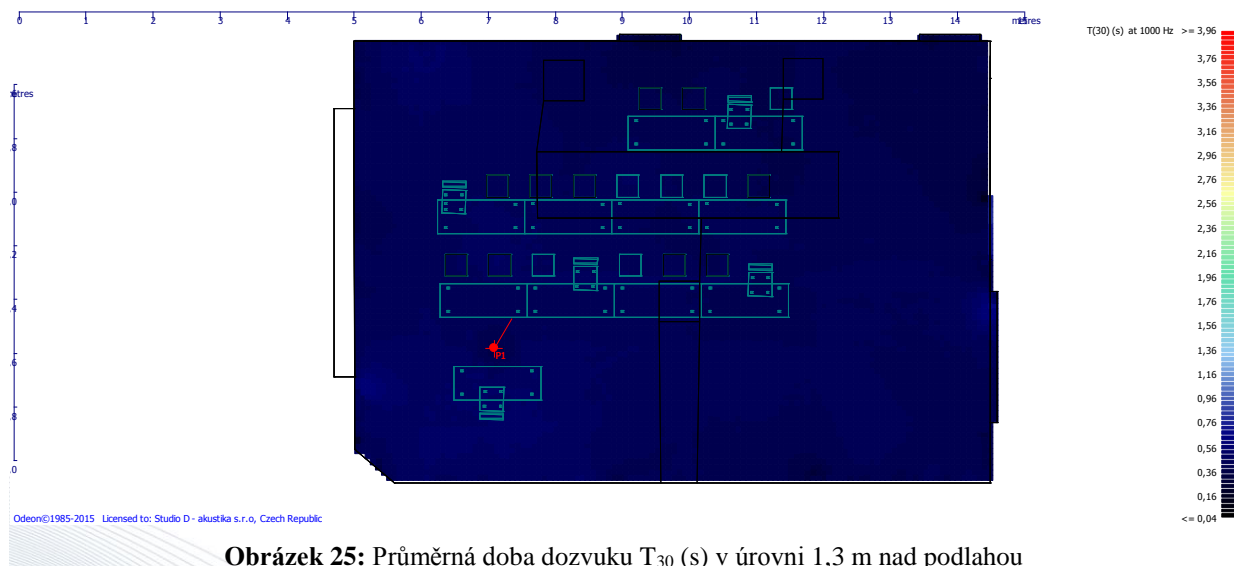


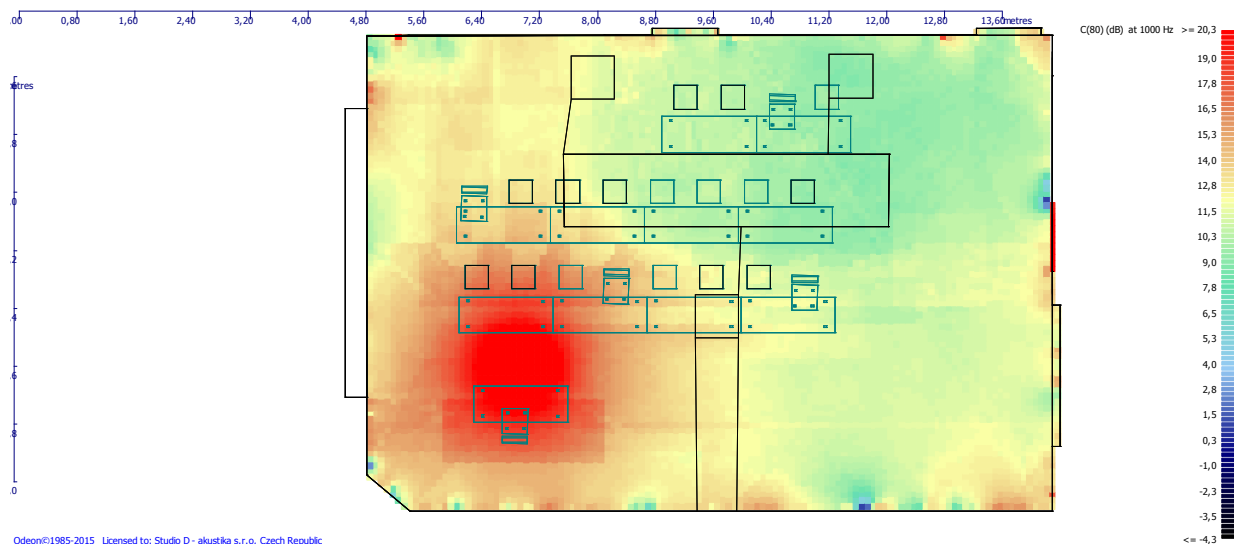
Graf 5: Simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti při obsazení osobami



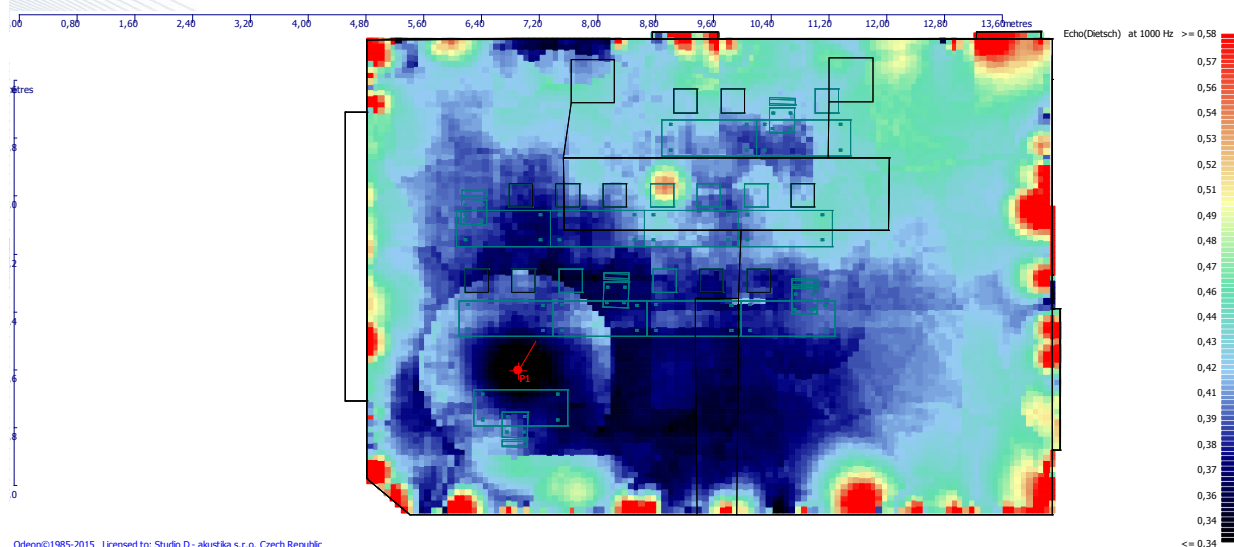
Graf 6: Simulace a porovnání průměrných hodnot veličin dob dozvuků T_{30} , T_{20} , EDT v prostoru při 80-ti % obsazení osobami

2.3.6 Akustická simulace a její hodnocení – obrazová část (80% obsazenost)

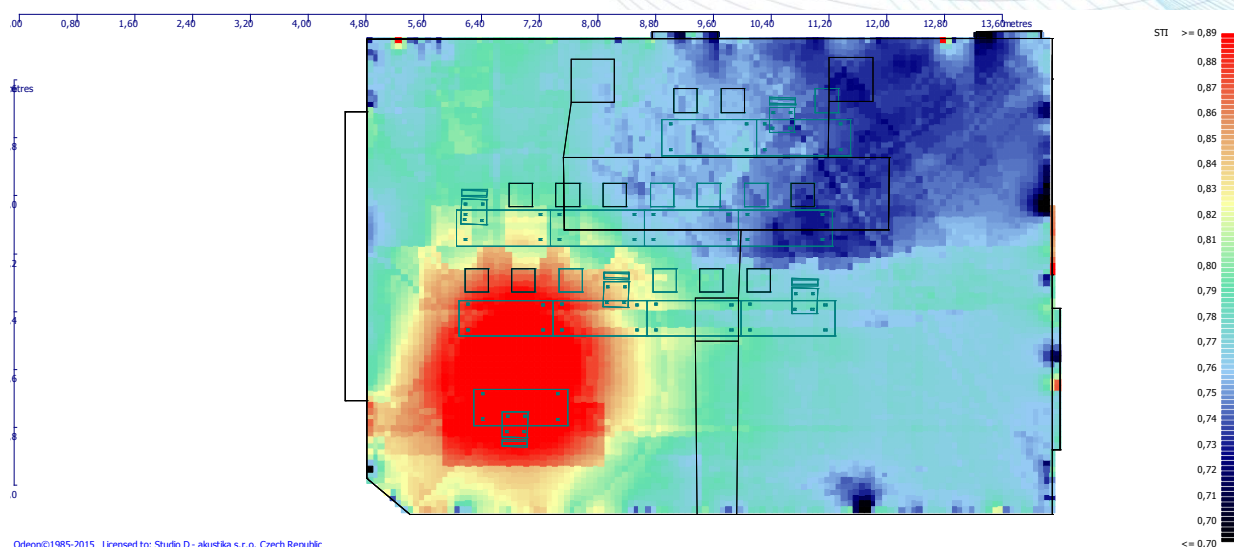




Obrázek 28: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,3 m nad podlahou



Obrázek 29: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz, 1,3 m nad podlahou



Obrázek 30: Srozumitelnost řeči STI, 1,3 m nad podlahou

3 INTERPRETACE

3.1 Požadavky z hlediska prostorové akustiky

Optimální doba dozvuku je odvozena na základě doporučených hodnot normy ČSN 73 0527. A to na základě účelu posuzované místnosti a na jejím objemu. Z optimální doby dozvuku jsou stanoveny hranice tolerančního pásma.

Prostor	Objem (m ³) (orientačně)	Doba T ₀ (s) (Akustická úprava)	Obrázek s rozmezím T/T ₀	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,70	A.4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 – A.1	A.4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 - 180	0,45	A.4	
Audiovizuální učebna	200	0,60	A.4	
Učebna hudební výchovy	200	0,90	A.3	
Učebna hudební výchovy při reprodukované hudbě	200	0,50	A.3	
Učebna hry na individuální nástroje a sólového zpěvu	80 až 120	0,70	A.3	
Učebna orchestrální hry hudebních škol	-	Závislost 2 – A.1	A.2	Objem V ≥ 6000 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	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Učebna gymnastiky a tance	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Místnost pro hry v mateřských školách a školních družinách	130 až 200	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Denní místnost jeslí	150	(Širokopásmový obklad stropu)	-	
Školní jídelna, menza	-	(Širokopásmový obklad stropu)	-	...

Tabulka 13: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527, Tabulka 2)

3.2 Vyhodnocení

Byl vypracován a následně posouzen návrh upravující prostorovou akustiku ve vybraného prostoru v projektu „Gymnázium Říčany – výstavba nové tělocvična, parc. č. 1727, k.ú. Říčany u Prahy“. Prostor bude sloužit jako seminární místnost.

Výsledná průměrná doba dozvuku se bude nacházet v mezích tolerančního pásma doporučených hodnot doby dozvuku pro dané využití a objem.

Akustická simulace také potvrdila, že aplikace materiálů na podhledy a stěny zabezpečí velmi dobrou srozumitelnost řeči. Pro zlepšení distribuce zvukových paprsků od přednášejícího byl v učebnách doplněn akustický systém o odrazivou část podhledu nad mluvčím.

Akustická simulace dále potvrdila, že i přes aplikaci akustických může vznikat v tělocvičně ozvěna (parametr Echo). Současně lze ale říci, že díky aplikacím navržených akustických materiálů budou účinky ozvěny do jisté míry eliminovány, ale ne zcela odstraněny. Základním aspektem pro vznik ozvěny je geometrie sálu, kterou v tomto případě nelze nijak zásadně měnit (dáno rozměry sportovišť apod.).

Obecně platí poměr stran (žádný z rozměrů nesmí být celistvým násobkem kteréhokoliv ze zbývajících rozměrů):

rozměry	výška	šířka	délka
optimální poměr stran	2	3	5
rozměry sálu	9,68	26,80	46,35
výsledný poměr	2,00	5,54	9,58

Z tabulky je patrné, že geometrie haly neodpovídá doporučenému poměru. Aby tento poměr byl splněn měl by mít výšku okolo 18 m.

Dále je nutno ošetřit pomocí „širokopásmového obkladu stropu“ zbývající prostory dle požadavků ČSN 73 0527. Místnosti bez normových požadavků, jako jsou šatny, vstupní hala, komunikační prostory (chodby, schodiště, apod.), kanceláře, hygienické zařízení, apod. doporučujeme ošetřit širokopásmovými obklady stropu na základě požadavků projektové dokumentace.

Je nutné konzultovat jakékoliv změny, aby nedošlo k narušení prostorové akustiky v posouzených místnostech.

Pro deklaraci optimálních parametrů prostorové akustiky je nutné provádět průběžný autorský dohled firmou Studio D – akustika s.r.o. Autorský dohled bude mimo jiné provázet průběžné měření prostorové akustiky. Měření je důležité pro případné stanovení doplňujících akustických systémů a pro případné odstranění všech nedostatků.

Všechny prvky a rošty musí být provedeny precizně a dotaženy, aby nedocházelo k rezonanci panelů. Musejí být dodrženy veškeré technologické předpisy a postupy dané výrobcem. Výsledné provedení závisí na realizační firmě.

Posudek řeší pouze prostorovou akustiku. Neřeší zbylé části akustiky (stavební akustiku, hluk z objektu apod.) ani požární, mechanicko-odolností, bezpečnostní, tepelně technická ani jiná hlediska. Především doporučujeme prověřit umístění akustických materiálů z bezpečnostních hledisek (ostré hrany apod.) a z mechanicko-odolnostních hledisek.

4 PŘÍLOHY

4.1 Vysvětlivky hodnocených parametrů

Při posouzení byly použity tyto parametry:

Doby dozvuku T_{30} , T_{20} , 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 C_{80} : 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 D_{50} : 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 LF_{80} : hodnota závislá především na tvaru sálu a odrazivosti ploch. Spolu s hodnotami LF_{50} , LFC_{50} a LFC_{80} spoluurčuje kvalitu distribuce zvuku v závislosti na tvaru a objemu prostoru.

Echo: Hodnota, 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: Obdobu 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.

4.2 Souhrn navržených akustických systémů

Ozn. aku. opatření	Název akustického opatření	Celková hloubka systému [mm]
A1	Ecophon Super G Plus A 40 mm	≥ 950 mm
A2	Ecophon Super G B 40 mm	43 mm (kontaktně)
A3	Ecophon Akusto Wall C/Super G 40 mm	≥ 100 mm
A4	Ecophon Gedina E 15 mm	≥ 200 mm
A5	Ecophon Extra Bass 50 mm	volně položeno na A4
A6	Ecophon Gedina E/gamma 15 mm	≥ 200 mm
A7	Ecophon Master B 40 mm	43 mm (kontaktně)
A8	Ecophon Akusto Wall C/Super G 40 mm	43 mm (kontaktně)
„širokopásmový obklad stropu“	např.: Ecophon Gedina E 15 mm ($\alpha_w = 1,00$)	≥ 200 mm
„širokopásmový obklad stropu“	např.: Ecophon Industry Modus S100 ($\alpha_w = 1,00$)	min 200 mm
„širokopásmový obklad stropu“	např.: Akustický molitan „Block“ ($\alpha_w = 1,00$)	kontaktně

Tabulka 14: Souhrnná tabulka navržených akustických materiálů v posuzovaných místnostech

Pozn.: Důrazně doporučujeme využít dřevěný obklad stěn v tělocvičně jako akustický systém. Lze ho takto využít, pokud systém bude perforován a doplněn o minerální izolaci opatřenou vliesem. Tento systém je vhodný především z důvodu, že by byl účinný především v oblasti využívání tělocvičny. V případě zvolení tohoto systému je nutná konzultace (druh perforace, odsazení, tloušťka minerální izolace, apod.).

4.3 „Širokopásmový obklad stropu“

Širokopásmový obklad stropu je obklad, jehož vážený číselník zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,80$.

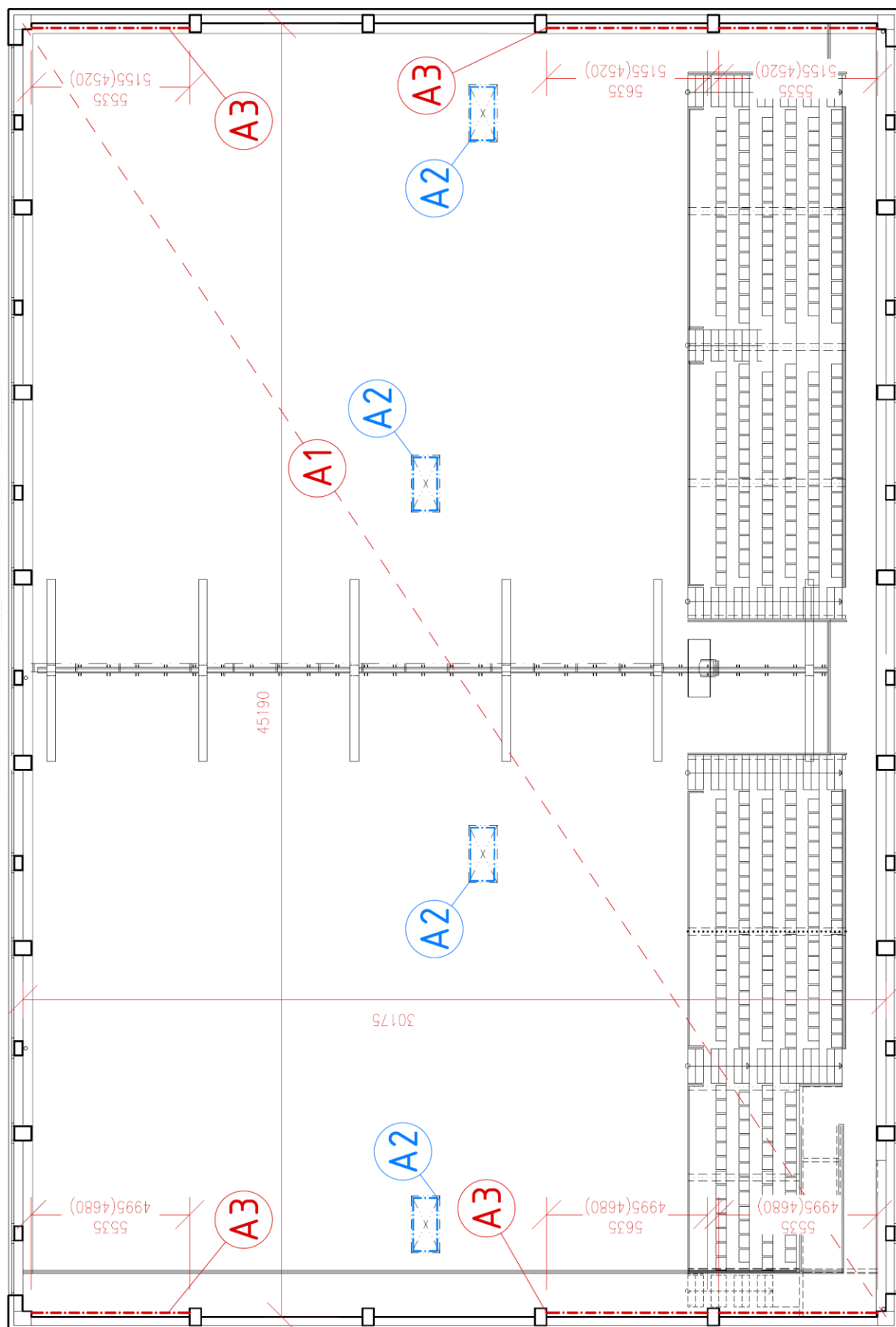
Důrazně doporučujeme místnosti, jako jsou šatny, vstupní hala, komunikační prostory (chodby, schodiště, apod.), kanceláře, hygienické zařízení, apod., ošetřit širokopásmovými obklady stropu na základě požadavků projektové dokumentace nebo takovými pohltivými materiály, kterými budou zajištěny parametry prostorové akustiky, jako kdyby byl prostor ošetřen právě širokopásmovým obkladem stropu.

V poslední řadě by bylo velmi vhodné vybavit pohltivými materiály i strojovny vzduchotechniky, výtahu apod. a to z důvodu, aby došlo ke snížení hladiny hluku v těchto prostorech, které ovlivňují i prostory navazující. Podrobněji jsou tyto prostory řešeny v dalších částech akustických posudků (hluk z VZT a stavební akustika).

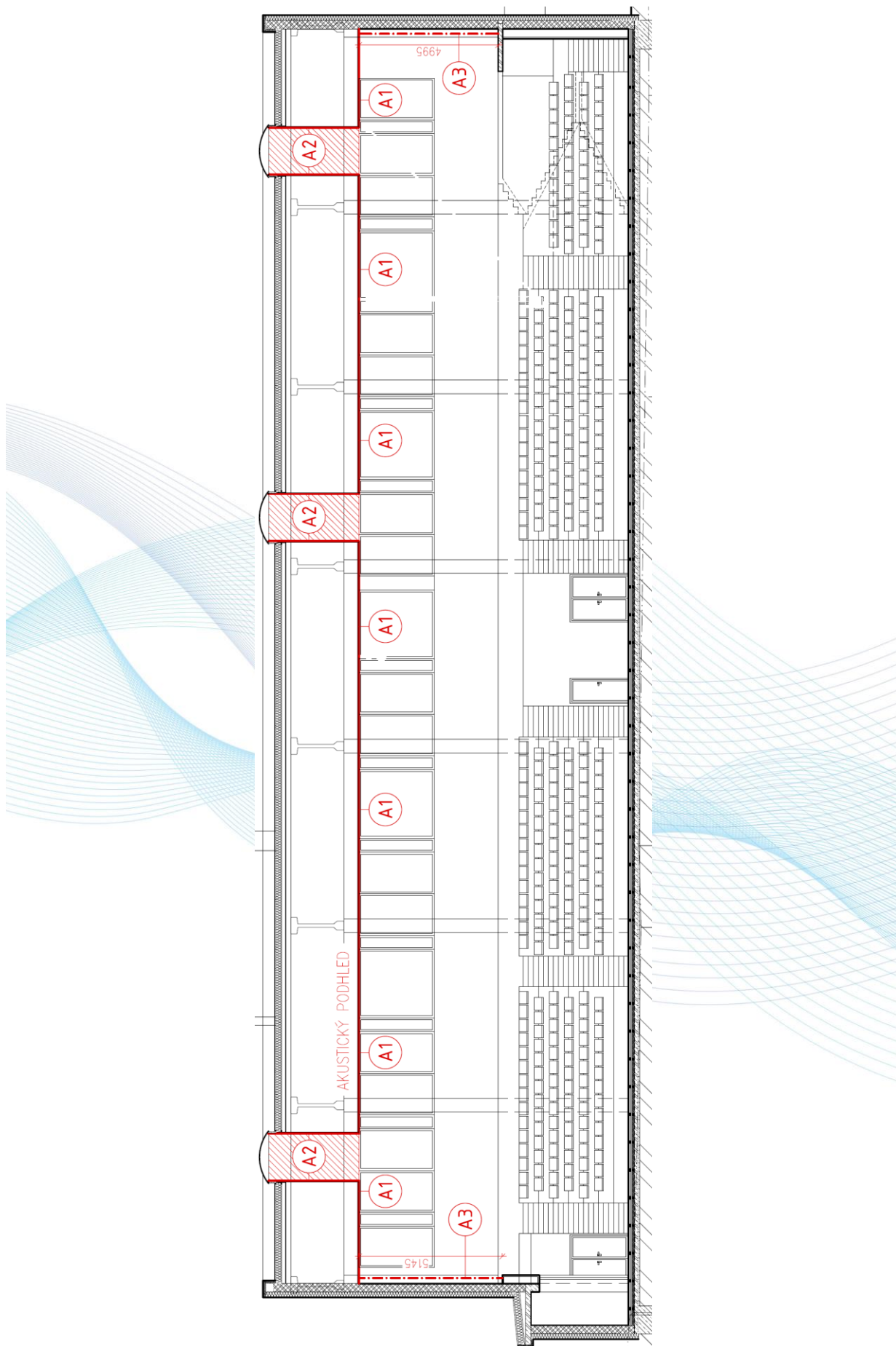
4.4 Rozmístění akustických materiálů



Obrázek 31: Rozmístění akustických systémů v učebnách



Obrázek 32: Rozmístění akustických systémů v tělocvičně



Obrázek 33: Rozmístění akustických systémů v tělocvičňe, ŘEZ C-C

LEGENDA AKUSTICKÝCH MATERIÁLŮ

- A1** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STROPNÍ PANELY tl. 40 mm
ECOPHON SUPER G PLUS A, tl. 40 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU > 950 mm
 - A2** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STROPNÍ PANELY tl. 40 mm
ECOPHON SUPER G B, tl. 40 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU 43 mm
 - A3** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STĚNOVÉ PANELY tl. 40 mm
ECOPHON AKUSTO WALL C, tl. 40 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU 100 mm
-
- A4** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STROPNÍ PANELY tl. 15 mm
ECOPHON GEDINA E 600 x 600 mm, tl. 15 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU > 200 mm
 - A5** NÍZKOFREKVENČNÍ ABSORBÉR tl. 50 mm
ECOPHON EXTRA BASS 1200 x 600 mm, tl. 50 mm
VOLNĚ POLOŽENO NA A4
 - A6** AKUSTICKÉ ODRAZIVÉ STROPNÍ PANELY tl. 15 mm
ECOPHON GEDINA E/gamma 600 x 600 mm, tl. 15 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU > 200 mm
 - A7** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STROPNÍ PANELY tl. 40 mm
ECOPHON MASTER B, tl. 40 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU 43 mm
 - A8** AKUSTICKÉ POHLTIVÉ STĚNOVÉ PANELY tl. 40 mm
ECOPHON AKUSTO WALL C, tl. 40 mm
CELKOVÁ HLOUBKA SYSTÉMU cca 43 mm

pozn.:

- STĚNOVÉ PANELY V TĚLOCVIČNĚ BUDOU MONTOVÁNY NAPŘ. NA DŘEVĚNOU KCI tl. 50 mm S ROZTEČÍ STANOVENOU DLE PROJEKTANTA (DLE MECHANICKÉ ODOLNOSTI). VZNIKLOU VZDUCHOVOU DUTINU DOPORUČUJEME VYPLNIT EXTRABASSEM tl. 50 mm, NUTNO PROVĚŘIT, ABY NEDOCHÁZELO K SESOUVÁNÍ MATERIÁLU. TUDÍŽ BUĎ ZAJISTIT PROTI SESOUVÁNÍ, NEBO NAHRADIT EXTRABASS MINERÁLNÍ IZOLACÍ S VĚTŠÍ OBJEMOVOU HMOTNOSTÍ. NEPRODÝSNĚ UZAVŘÍT (tj. ZE SHORA A Z BOKŮ ZAKLOPIT SDK, NEBO DOTÁHNOUT K TUHÝM KCÍM). POVRCH PANELU ZVOLIT DLE POŽADAVKŮ PROJEKTANTA (DOPORUČUJEME ODOLNÝ POVRCH SUPER G). VEŠKERÉ PRVKY MUSÍ BÝT DŮKLADNĚ DOTAŽENY, TAK ABY NEDOCHÁZELO K REZONANCI. - MINERÁLNÍ IZOLACI JE NUTNO ODDĚLIT OD INTERIÉRU NEPRODÝŠNOU NETKANOU TEXTÍLIÍ (tzv. ČERNÝ VLIES)

- NÍZKOFREKVENČNÍ ABSORBÉR SE VKLÁDÁ VZNIKLÉ MEZERY MEZI AKUSTICKÝM ZAVĚŠENÝM PODHLEDEM A3 A NOSNOU KCÍ. NIKDY NEŘEZAT!!! VOLNĚ POLOŽIT NA A3 DLE DISPOZIČNÍCH MOŽNOSTÍ V PŘEDEPSANÉ VÝMĚŘE. PRIMÁRNĚ OŠETŘIT KRAJE A KOUTY. V PŘÍPADĚ NUTNOSTI JE MOŽNÉ UMÍSTIT EXTRA BASS I NA A4.

- ODRAZIVÉ STROPNÍ KAZETY MUSEJÍ BÝT UMÍSTĚNY TAK, ABY PŘI PEVNĚ DANÉ POZICI MLUVČÍHO DOCHÁZELO K ODRAZU ZVUKU DO ZADNÍCH ŘAD.

Obrázek 34: Legenda použitých akustických materiálů

4.5 Specifikace navržených akustických materiálů

4.5.1 A1: Ecophon Super G Plus A 40 mm

Ecophon Super G™ Plus A

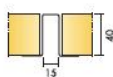
Panel je určen pro použití ve sportovních halách a podobném prostředí, kde hrozí riziko silného mechanického nárazu. Panely Ecophon Super G Plus A mají masivní závěsný rošt, který se skládá ze zapuštěných profilů montovaných přímo na strop nebo na podvěšený pomocný rošt. Panely nejsou odnímatelné. Akusticky pohltivé panely k obkladům stěn jsou k dispozici jako systém Ecophon Akusto Wall C/Super G.

Systémy se skládají z panelů Ecophon Super G Plus A a roštů Ecophon Connect, přibližná hmotnost systému je 6 kg/m² při přímé montáži a 10 kg/m² při montáži na podvěšený rošt. Kvalita systému je dána instalací nosných prvků Connect včetně příslušenství. Panely jsou vyrobeny ze skelné vlny vysoké hustoty na bázi 3RD Technology. Viditelná

strana je opatřena vrstvou silné skelné tkaniny a zadní strana panelů je pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny základním nátěrem. Rošt je vyroben z pozinkované oceli.



SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	1200x600
Speciální montáž	•
Tloušťka (tl.)	40
Instalační diagram	M115, M116

4.5.2 A2: Ecophon Super B 40 mm

Ecophon Super G™ B

Výrobek je určen pro použití tam, kde je zapotřebí zachovat minimální možnou celkovou hloubku systému a hrozí nebezpečí poškození mechanickými vlivy.

Panely se připevňují těsně vedle sebe přímo na plochu stropu, čímž se vytváří strop s hladkým vzhledem. Zešikmené hrany vytvářejí úzkou drážku mezi jednotlivými panely. Panely nejsou demontovatelné.

Ecophon doporučuje Connect Absorpční lepidlo pro rychlou a snadnou instalaci.

Panely mají jádro vyrobené ze skelné vlny vysoké hustoty na bázi 3RD Technology. Viditelný povrch je opatřen silnou sklenou tkaninou. Zadní strana panelu je potažena skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Hmotnost konstrukce je cca 5 kg/m².



Carvegården, Vesterbro, Copenhagen, Denmark

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	600x600
Přímá montáž	•
Tloušťka [tl.]	40
Instalační diagram	M298

zdroj: <http://www.ecophon.com/cz/vyroby/Kazetov--podhledy/Super-G/Super-G--B/>

4.5.3 A3, A8: Ecophon Akusto Wall C



Ecophon Akusto™ Wall C

Systém Ecophon Akusto™ Wall C je stěnový zvukový absorpční systém, který je vhodné kombinovat s akustickými podhledy. Vyznačuje se skrytým nosným rámem a sraženými hranami tvořící úzké drážky mezi jednotlivými panely. Umožňuje dosažení vynikajících akustických vlastností zejména ve větších místnostech. Akusto™ Wall C poskytuje širokou škálu provedení.

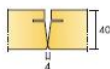
Panely jsou demontovatelné. Systém sestává z panelů Ecophon Akusto™ Wall C a nosného rámu Ecophon Connect. Celková hmotnost systému je 5 kg/m². Kvalita systému je dána instalací nosných prvků Connect včetně příslušenství, které Vám nabízejí spoustu designových možností. Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna o vysoké hustotě na bázi 3RD Technology. Pohledová plocha je ze

sklovláknité tkaniny (povrch Texona v různých barvách, nebo s povrchem z nárazuvzdorné skelné tkaniny (Super G). Nabízena je také povrchová úprava Akutex™ FT (v bílé barvě White Frost). Zadní plocha panelů je pokryta skelnou tkaninou. Rohy jsou opatřeny nátěrem a povrchová úprava pohledové strany částečně překrývá delší hrany. Akusto™ Wall C s povrchem Texona je také v provedení gamma (odrazivým povrchem viz akustická křivka). Pro dosažení nejlepších výsledků a kvality systému použijte profily Ecophon Connect a jeho příslušenství.



Kliniken Maria Hilf, Mönchengladbach, Germany

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	2700x600
Thinline Profil	•
WP Profil	•
Tloušťka (tl.)	40
Instalační diagram	M354, M356, M355, M235, M303

4.5.4 A4, A5, A6: Ecophon Gedina E 15 mm / Extra Bass / Gamma povrch



Panel Gedina E



Systém Gedina E

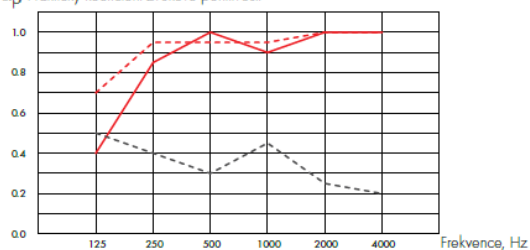


Akustika

Zvuková absorpce:

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

α_p Praktický koeficient zvukové pohltivosti



- Gedina E 15 mm, 200 mm o.d.s.
 - Gedina E 15 mm + Extra Bass 50 mm, 200 mm o.d.s.
 - Gedina E/gamma 15 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		
	15	200	0.40	0.85	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	A
+ Extra Bass	65	200	0.70	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	A
gamma	15	200	0.50	0.40	0.30	0.45	0.25	0.20	0.30	D



Přístupnost

Panely lze snadno demontovat. Min. demontážní hloubka v souladu s instalačním diagramem.



Údržba

Denní stírání prachu a vysávání. Týdenní čištění za mokra.



Světelná účinnost

Bílá 500, nejbližší barevný vzorek NCS S 0500-N, světelná odrazivost 84% (více než 99% odraženého světla je světlo rozptýlené)



Odolnost proti vlhkosti

Panely odolávají trvalé relativní vlhkosti prostředí do 95% při 30°C bez rizika vydouvání, deformace nebo oddělování jednotlivých vrstev (EN 13964).

Panely je možné použít také ve zvláště náročném vlhkém a horkém prostředí. Prosím kontaktujte náš tým Ecophon pro specifikaci vašeho projektu.

4.5.5 A7: Ecophon Master B



Ecophon Master™ B

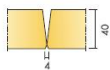
Panel je vhodný v místnostech, kde je požadovaná minimální možná celková hloubka systému kvůli omezenému prostoru nebo z jiných důvodů, a kde jsou přísné požadavky na dobrou akustiku a srozumitelnost. Panely se lepí těsně vedle sebe přímo na plochu stropu, čímž se vytváří strop s hladkým vzhledem. Zešikmené hrany vytvářejí úzkou drážku mezi jednotlivými panely. Panely nejsou demontovatelné.

Ecophon doporučuje Connect Absorpční lepidlo pro rychlou a snadnou instalaci.

Panely mají jádro vyrobené ze skelné vlny vysoké hustoty na bázi 3RD Technology. Viditelný povrch je ošetřen vrstvou materiálu Akutex™ FT. Zadní strana panelu je potažena skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Hmotnost konstrukce je cca 5 kg/m².



SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	600x600
Přímá montáž	•
Tloušťka (tl.)	40
Instalační diagram	M113

4.5.6 Příklady pohltivých materiálů do hlučných prostorů (strojovny apod.)

Ecophon Industry™ Modus

Funkční panel vhodný pro snížení hlučnosti průmyslových prostor, kde jsou vyžadovány různé rozměry a způsoby montáže. Ecophon Industry Modus se instaluje na viditelný rošt. Každý panel je demontovatelný.

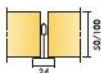
Systém se skládá z panelů Ecophon Industry Modus a rastru Ecophon Connect. Přibližná hmotnost systému je 3 - 5 kg/m² v závislosti na tloušťce panelu. Kvalita systému je dána instalací nosných prvků Connect včetně příslušenství. Panely mají jádro ze skelného vlákna na bázi 3RD Technology. Viditelný povrch je dávkově barvená skelná tkanina (S) a zadní strana panelů je pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou přirozené. Rastr je vyroben z pozinkované oceli.

(Ecophon Industry Modus je funkční stropní systém, a tudíž

se může vzhled povrchu panelů mírně lišit. Tyto rozdíly nemají žádný vliv na funkční vlastnosti produktu)



SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	1200x600	1200x1200	1200x1200
Přímá montáž	•	•	•
T24	•	•	•
Tloušťka (tl.)	50	50	100
Instalační diagram	M22, M23, M44	M22, M23, M44	M22, M23, M44

AKUSTICKÉ MOLITANY – BLOCK

Akustické obložení z polyuretanové pěny s otevřenou buněčnou strukturou. Zlepšení akustických podmínek od veřejných kinosálů, call center přes průmyslové haly a dílny, hudební kluby, posluchárny, hudební zkušebny, dabingová a nahrávací studia, obytné místnosti.

Akustické materiály zajistí značné zvýšení absorpce zvuku v místnosti. Dojde ke snížení doby dozvuku, pohlcení odrazů a zároveň zateplení prostoru.



Tvar a rozměry:

Deska s rovinnou rubovou stranou
Výrobní rozměry 1000 x 1000mm
Celková výška 80mm – z toho základna 60mm

Objemová hmotnost:

23 – 35 kg/m³

Design a jiné vlastnosti:

Barva – tmavě šedá - antracit
Varianta STANDARD a PROTIPOŽÁRNÍ
Teplotní odolnost -40°C až +90°C, krátkodobě až 150°C

Požární parametry – protipožární úprava:

Splňují podmínky dle ČSN ISO 3795
Hořlavost dle Směrnice Rady 95/28/ES a normy
MV/SS302 nepřekročí limit 100mm/min.
Jsou samozhášivé

Příklady použití:

Tlumí vibrace a zabraňují šíření zvuku v konstrukci budovy
Ke zvukové absorpci dle frekvenční charakteristiky

Montáž:

- Při řezání nepoužívejte odporový drát
 - Pro aplikaci Akustických molitanů můžete použít:
 - T-Rex GOLD Soudal
 - Univerzální kontaktní lepidlo Soudal
 - Soudabond EASY Gun Soudal – aplikace pistolí na PU pěnu
 - Soudabond EASY Soudal – trubičková
 - PU lepidlo PRO 40P Soudal
 - PU lepidlo PRO 45P Soudal
- Vhodný materiál zvolte podle požadavků na montáž a podmínky montáže. Bližší informace k materiálům naleznete na www.akustickematerialy.cz
- Informace k aplikaci Akustických materiálů naleznete na <http://www.akustickematerialy.cz/strucny-radce/>

Údržba:

Akustické materiály lze od prachu vyčistit vysavačem, při větší zašpinění roztok čisticího saponátu ve vlažné vodě

Frekvenční charakteristika:

frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost α	0,34	0,95	1,14	1	1,02	1,04

