



Studio D - akustika s.r.o.

www.akustikad.com

Zkušební laboratoř Studio D – akustika
 Zkušební laboratoř č. 1145 akreditovaná ČIA podle
 normy ČSN EN ISO/IEC 17025
 U Sirkárny 467/2a
 370 04 České Budějovice



Protokol o zkoušce č. L56/17012052

„FF MU, ÚAM Joštova 13 OP VVV Excelentní výzkum Rekonstrukce objektu“ měření prostorové akustiky ve vybraných prostorech

Objednatel	INTAR a.s.
Adresa objednatele	Bezručova 81/17a 602 00 Brno
Číslo zakázky	17012052
Datum přijetí zakázky	2016-11-23
Datum provedení zkoušky	2016-11-29
Měření provedl	Ing. Pavel Stejskal, Jan Dolejší
Měření přítomen	Ing. Petr Svoboda (INTAR a.s.)
Protokol vypracoval	Ing. Pavel Stejskal
Interpretaci vypracoval	Ing. Pavel Stejskal
Počet výtisků	4
Výtisk číslo	1 2 3 4 (E)

Vedoucí zkušebny Ing. František Dolejší
Datum 2017-02-21



© Všechna práva vyhrazena

Obsah tohoto Protokolu o zkoušce je chráněn Autorským zákonem. Bez písemného svolení zpracovatele Studio D – akustika s.r.o. se nesmí Protokol o zkoušce reprodukovat jinak než celý.

Obsah:

1	Všeobecná část.....	5
1.1	Předmět zkoušky	5
1.2	Metodický předpis	5
1.2.1	Standardy	5
1.1.1	Pomocné standardy.....	5
1.3	Použité softwary	5
1.4	Použité podklady	5
1.5	Strategie zkoušky.....	6
1.6	Popis měřicí metody a softwarového nastavení měřicího řetězce	6
1.6.1	Podmínky v době měření.....	7
1.7	Použitá měřicí zařízení a software	7
2	Výsledková část.....	8
2.1	Místnost „N02017 – Posluchárna“	8
2.2	Místnost „N02023 – Posluchárna“	10
2.3	Letecký pohled	12
2.4	Schéma měření	13
2.5	Fotodokumentace	17
2.6	Nejistota měření.....	18
2.6.1	Odchylka měření stanovená pomocí softwaru Dirac 5.5	18
3	Interpretace.....	19
3.1	Přepočet naměřených dat doby dozvuku na celé oktávy	19
3.2	Vyhodnocení dle ČSN 73 0527	21
3.2.1	Stanovení optimální doby dozvuku T_0	21
3.2.2	Akustická simulace prostoru „N02017 – Posluchárna“	22
3.2.3	Akustická simulace prostoru „N02023 – Posluchárna“	29
3.2.4	Akustická simulace prostoru „N01031 – Open space“	36
3.3	Symboly a použité zkratky	44
4	Závěr	45
5	Přílohy	46
5.1	Souhrn posuzovaných místností	46
5.2	Navržené akustické systémy	46
5.3	Rozmístění akustických materiálů	47
5.4	Odpovídající navržené akustické systémy	51
5.4.1	AP1: Ecophon Master Ds 40 mm + ExtraBass 50 mm	51
5.4.2	AP2: Ecophon Akusto Wall C	52
5.4.3	AP3: GRENA AK 05	53
5.4.4	AP4: GRENA AK 02	54
5.4.5	AP5: Ecophon Master F	55
5.4.6	AP6: Ecophon Focus Fixiform Ds	56
5.4.7	AP7: Ecophon Solo Baffle	57
5.4.8	AP8: Ecophon Akusto Screen	58



Studio D - akustika s.r.o.
www.akustikad.com

Zkušební laboratoř Studio D – akustika
Zkušební laboratoř č. 1145 akreditovaná ČIA podle
normy ČSN EN ISO/IEC 17025
U Sirkárny 467/2a
370 04 České Budějovice



Seznam obrázků a fotodokumentace:

Obr. 1: Fotomapa [zdroj: www.mapy.cz]	12
Obr. 2: Pohled na řešené území [zdroj: www.mapy.cz]	12
Obr. 3: Schéma měření (barevně zvýrazněny řešené místnosti)	13
Obr. 4: Schéma měření v místnosti N02017 – Posluchárna (modře: zdroj, červeně: mikrofony)	14
Obr. 5: Schéma měření v místnosti N02023 – Posluchárna (modře: zdroj, červeně: mikrofony)	15
Obr. 6: Schéma prostoru nově vybudované místnosti N01031 – Open space	16
Obr. 7: Snímek z měření v místnosti N02017 – Posluchárna	17
Obr. 8: Snímek z měření v místnosti N02023 – Posluchárna	17
Obr. 9: Snímek prostoru, kde vznikne nově vybudovaná místnost N01031 – Open space	17
Obr. 10: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)	21
Obr. 11: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	22
Obr. 12: Pohled do akustického modelu prostoru	22
Obr. 13: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	26
Obr. 14: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	26
Obr. 15: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	26
Obr. 16: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	27
Obr. 17: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	27
Obr. 18: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	27
Obr. 19: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz 1,5 m nad podlahou	28
Obr. 20: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou	28
Obr. 21: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	29
Obr. 22: Pohled do akustického modelu prostoru	29
Obr. 23: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	33
Obr. 24: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	33
Obr. 25: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	33
Obr. 26: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	34
Obr. 27: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	34
Obr. 28: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	34
Obr. 29: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz 1,5 m nad podlahou	35
Obr. 30: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou	35
Obr. 31: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)	36
Obr. 32: Pohled do akustického modelu prostoru	36
Obr. 33: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	41
Obr. 34: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	41
Obr. 35: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	41
Obr. 36: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou	42
Obr. 37: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	42
Obr. 38: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou	42
Obr. 39: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz 1,5 m nad podlahou	43
Obr. 40: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou	43
Obr. 41: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023	47
Obr. 42: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023	48
Obr. 43: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023	49
Obr. 44: Rozmístění navržených akustických materiálů v N01031	49
Obr. 45: Rozmístění navržených akustických materiálů v N01031	50

Seznam grafů:

Graf 1: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} v místnosti (průměrná hodnota)	8
Graf 2: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} v místnosti (průměrná hodnota)	10
Graf 3: Naměřené hodnoty průměrných dob dozvuku T_{20} , T_{30} v posuzované místnosti na celé oktávy	20
Graf 4: Naměřené hodnoty průměrných dob dozvuku T_{20} , T_{30} v posuzované místnosti na celé oktávy	20
Graf 5: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	24
Graf 6: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	31
Graf 7: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti	39

Seznam tabulek:

Tab. 1: Podmínky v době měření	7
Tab. 2: Použitá mařící zařízení a software	7
Tab. 3: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} a srozumitelnosti RASTI v místnosti (průměrná hodnota)	9
Tab. 4: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} a srozumitelnosti RASTI v místnosti (průměrná hodnota)	11
Tab. 5: Směrodatné odchylky měření parametrů prostorové akustiky	18
Tab. 6: Přepočet naměřených hodnot průměrných dob dozvuku T_{20} , T_{30} v místnosti na celé oktávy	19
Tab. 7: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527, Tabulka 2) – výňatek	21
Tab. 8: Optimální doba dozvuku T_0 pro posuzované prostory	21
Tab. 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	23
Tab. 10: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet	23
Tab. 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném stavu	25
Tab. 12: Průměrné hodnoty doby dozvuku T_{20} a T_{30} a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru	25
Tab. 13: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	30
Tab. 14: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet	30
Tab. 15: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném stavu	32
Tab. 16: Průměrné hodnoty doby dozvuku T_{20} a T_{30} a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru	32
Tab. 17: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru	37
Tab. 18: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet	38
Tab. 19: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném stavu	40
Tab. 20: Průměrné hodnoty doby dozvuku T_{20} a T_{30} a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru	40
Tab. 21: Souhrnná tabulka posuzovaných místností včetně výměr navržených materiálů	46
Tab. 22: Souhrnná tabulka navržených akustických materiálů v posuzovaných místnostech	46

1 Všeobecná část

1.1 Předmět zkoušky

Na základě Vaší objednávky byla změřena doba dozvuku a další parametry prostorové akustiky ve vybraných prostorech v rámci projektu „FF MU, ÚAM Joštova 13, OP VVV Excelentní výzkum, Rekonstrukce objektu“. Měřené prostory se nachází ve 2NP zmíněné budovy: Filozofická fakulta Masarykovy univerzity, Joštova 220/13, 602 Brno.

Měření bylo provedeno dne **2016-11-29**, v době mezi cca 11:00 – 14:00.

1.2 Metodický předpis

1.2.1 Standardy

- **ČSN EN ISO 3382-1** Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči
- **ČSN EN ISO 3382-2** Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech

1.1.1 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 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. 14.01
Dirac v.5.5
MS Excel

1.4 Použité podklady

- půdorys 2NP objektu z 11/2016 ve stupni DSP (INTAR a.s.)
- technické listy výrobce akustických materiálů upravující prostorovou akustiku

1.5 Strategie zkoušky

Byly změřeny parametry prostorové akustiky ve dvou posluchárnách Filozofické fakulty Masarykovy univerzity. Místnosti jsou označené dle projektové dokumentace „N02017 a N02023“ a nachází se ve 2NP zmíněného objektu.

V každé místnosti byla zvolena jedna až dvě polohy všesměrového zdroje zvuku, přičemž pro každou polohu zdroje bylo zvoleno 11-12 různých poloh mikrofónů rovnoměrně rozmístěných po ploše místností, tak aby byl prostor komplexně zmapován (schéma měření je zobrazeno na Obr. 4-5: Schéma měření).

Výška všesměrového zdroje zvuku byla ve všech polohách 1,50 ($\pm 0,1$) m nad podlahou (měřeno od středu zdroje hluku), mikrofon byl vždy ve výšce 1,30 ($\pm 0,1$) m nad podlahou. Mikrofon směřován směrem vzhůru.

Na základě této poskytnuté projektové dokumentace byly vytvořeny akustické modely využité k simulaci prostorové akustiky a k návrhu dodatečných akustických opatření.

Prostor N01031 vznikne v místech dnešního dvoru, který je současně otevřen do volného venkovního prostoru. Z těchto důvodů nebylo možné provést měření, tudíž proběhla pouze akustická simulace.

1.6 Popis měřicí metody a softwarového nastavení měřicího řetězce

Měření dob dozvuku a vlastností prostorové akustiky ve zvoleném prostoru proběhlo v souladu s ISO 3382-2. Pro účely měření byl použit jednokanálový systém, který se skládá ze sestavy PC se softwarem Dirac v. 5.5 (nastavený generovaný signál lin-sweep, $t = 21,8$ s, dva poklesy), mikrofónu s přesným modulovým analyzátořem Bruel & Kjaer 2260 a všesměrového zdroje hluku. Rozsah měření byl nastaven na frekvenční pásmo 25 Hz až 12 500 Hz (v třetinooktávových pásmech). Naměřené hodnoty byly následně zpracovány na počítači (dle ISO 3382-2).

1.6.1 Podmínky v době měření

Měření proběhlo v dopoledních hodinách. V době měření neprobíhala v daných prostorech výuka. Stávající prostory používané k tradičnímu způsobu výuky (přednášející u tabule, atd.). Všechna okna zavřena. Během měření byly v měřených prostorech přítomny maximálně 2 osoby.

2016-10-05 od 10:00 hod.	Teplota vzduchu	Vlhkost vzduchu	Tlak vzduchu	Oblačnost	Vítr
N02017 – Posluchárna	24,5 °C	32 %	1028,4 hPa	-	-
N02023 – Posluchárna	23,6 °C	37 %	1028,2 hPa	-	-

Tab. 1: Podmínky v době měření

1.7 Použitá měřicí zařízení a software

Název a typ (včetně softwarového vybavení)	Výrobní číslo	Platnost ověření	Číslo ověřovacího listu
Modulový přesný analyzátor Brüel & Kjaer typ 2260, BZ7224 verze 2.3	2311739	9.2017	8012-OL-10373-15
Měřicí mikrofón Brüel & Kjaer typ 4189	2305501	9.2017	8012-OL-10383-15
Akustický kalibrátor Brüel & Kjaer typ 4231	1934322	9.2017	8012-KL-10374-15
Laserový dálkoměr Leica	310730833	2.2025	146-002-15-N
Metrologická stanice EUROPE SUPPLIES WS-3600	5N5 V33	1.2023	ANM-07135
Laptop Asus G53J; software Dirac v.5.5	ACN0AS29547 651G	-	-
Stereofonní zesilovač typ XLS 1500	850860418	-	-
Všesměrný zdroj zvuku Kříž	-	-	-

Tab. 2: Použitá měřicí zařízení a software

Metrologická správnost a návaznost je doložena příslušnou dokumentací v archívu laboratoře a může být na žádost předložena. Provozní kalibrace zvukoměrné techniky byla provedena před a po měření. Výsledky měření platí pouze pro dané místo, podmínky a čas měření, které jsou uvedeny v tomto protokolu o měření.

2 Výsledková část

2.1 Místnost „N02017 – Posluchárna“

Popis místa měření

- prostor: N02017 – Posluchárna, FF MU, Joštova 13, 602 00 Brno.
- umístění mikrofону: 12 různých poloh rovnoměrně po prostoru učebny
 1,3 ($\pm 0,1$) m nad úrovní podlahy
 viz Obr.4: Schéma měření
- umístění zdroje: 1 poloha zdroje hluku v prostoru učebny
 1,5 ($\pm 0,1$) m nad úrovní podlahy (měřeno od středu zdroje)
 viz Obr.4: Schéma měření

Základní charakteristiky měřeného prostoru

- vybavení: Stávající plně vybavený prostor sloužící k výuce.
 Rozměry místnosti délka cca 6,28 m, šířka cca 7,53 m, s.v. 5,30 m.

- počet osob přítomných v místnosti během měření: 2 osoby

Objem místnosti:

$V = 271,3 \text{ m}^3$ (odečteno z akustického modelu)

Celková plocha vnitřních povrchů:

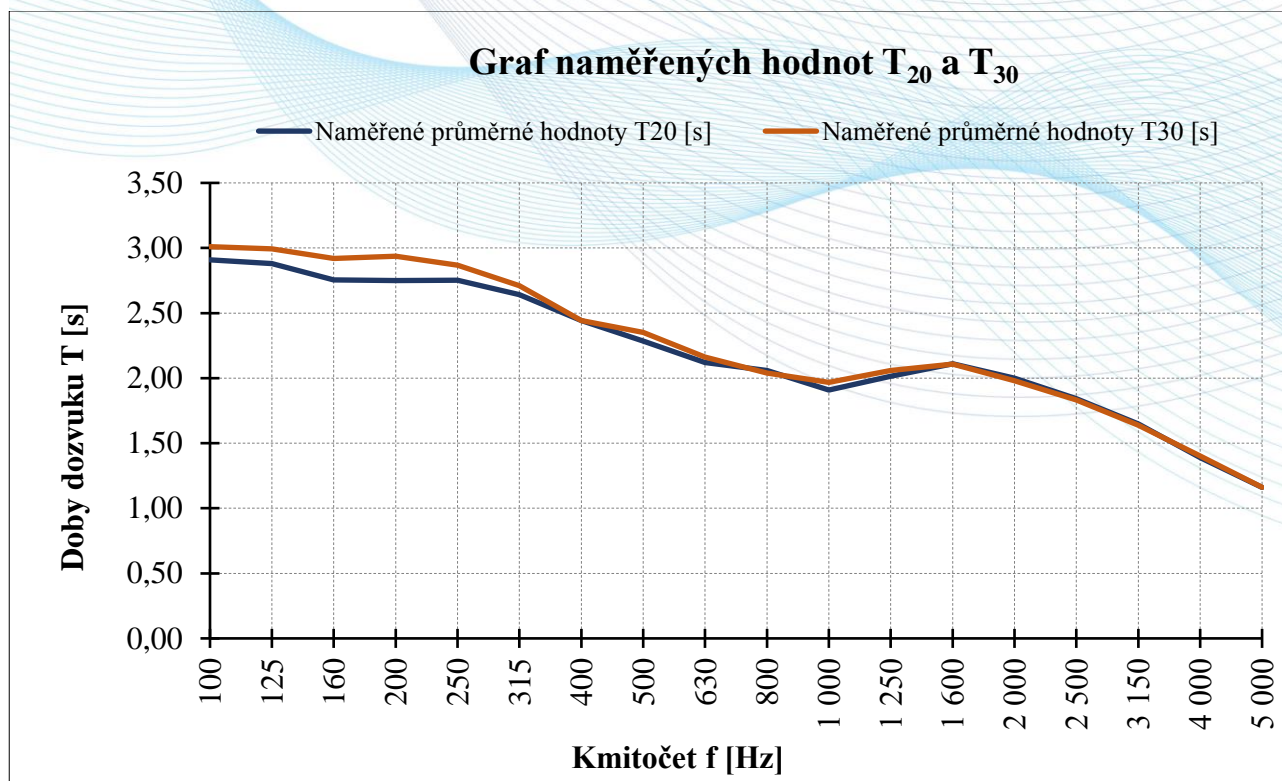
$S = 292,6 \text{ m}^2$ (odečteno z akustického modelu)

Datum a doba měření:

2016-11-29 od 11:00 hod.

Výsledek měření:

Grafická část:



Graf 1: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} v místnosti (průměrná hodnota).

Tabulková část:

Tabulka průměrných měřených akustických parametrů			
f [Hz]	Ø T ₂₀ [s]	Ø T ₃₀ [s]	Ø RASTI
100	2,91	3,01	0,41
125	2,88	2,99	
160	2,76	2,92	
200	2,75	2,94	
250	2,75	2,87	
315	2,64	2,71	
400	2,44	2,44	
500	2,28	2,35	
630	2,12	2,16	
800	2,06	2,04	
1 000	1,91	1,97	
1 250	2,01	2,06	
1 600	2,11	2,11	
2 000	2,00	1,98	
2 500	1,84	1,83	
3 150	1,65	1,64	
4 000	1,39	1,40	
5 000	1,16	1,16	
6 300	0,90	0,91	
8 000	0,73	0,74	
10 000	0,54	0,55	

Tab. 3: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T₂₀, T₃₀ a srozumitelnosti RASTI v místnosti (průměrná hodnota)

2.2 Místnost „N02023 – Posluchárna“

Popis místa měření

- prostor: N02023 – Posluchárna, FF MU, Joštova 13, 602 00 Brno.
- umístění mikrofону: 12 různých poloh rovnoměrně po prostoru učebny
 1,3 ($\pm 0,1$) m nad úroveň podlahy
 viz Obr.5: Schéma měření
- umístění zdroje: 1 poloha zdroje hluku v prostoru učebny
 1,5 ($\pm 0,1$) m nad úroveň podlahy (měřeno od středu zdroje)
 viz Obr.5: Schéma měření

Základní charakteristiky měřeného prostoru

- vybavení: Stávající prostor včetně veškerého zařízení.
 Rozměry místnosti délka cca 8,13 m, šířka cca 12,03 m, s.v. 5,80-6,75 m.

- počet osob přítomných v místnosti během měření: 2 osoby

Objem místnosti:

$V = 655,3 \text{ m}^3$ (odečteno z akustického modelu)

Celková plocha vnitřních povrchů:

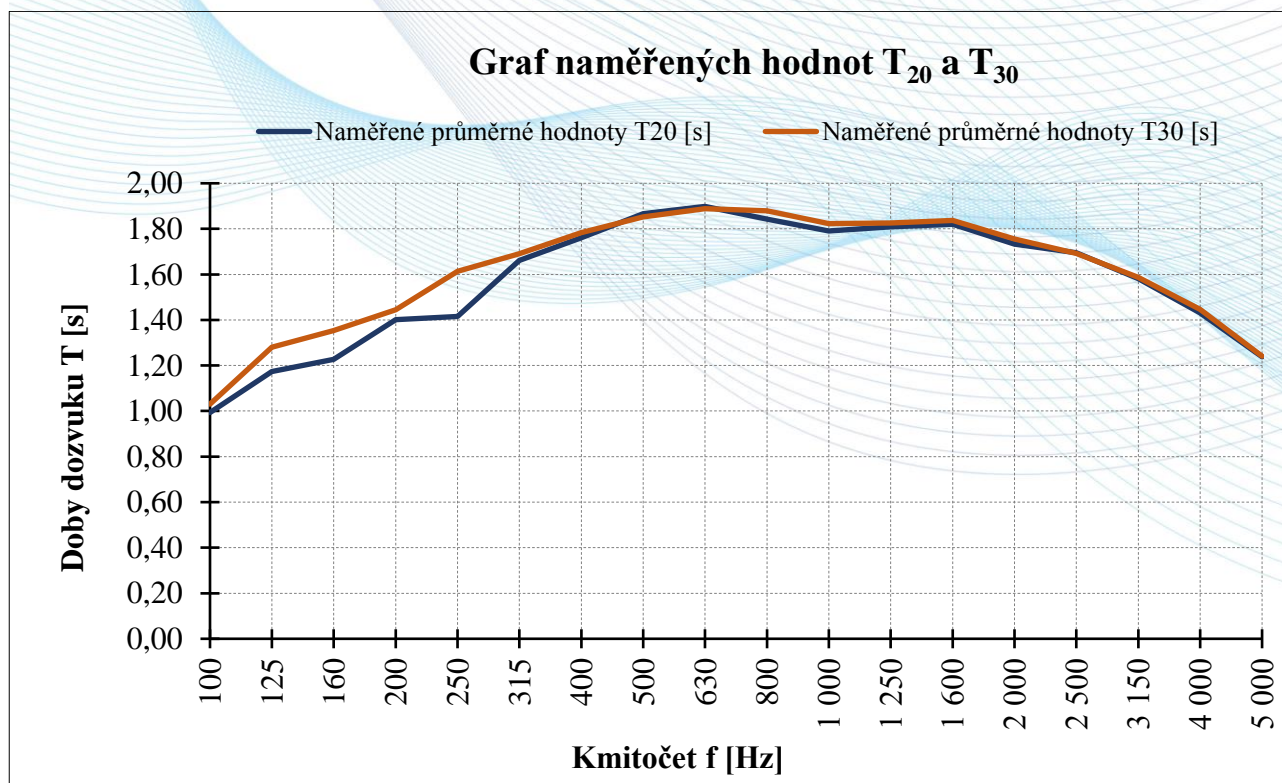
$S = 678,69 \text{ m}^2$ (odečteno z akustického modelu)

Datum a doba měření:

2016-11-29 od 13:00 hod.

Výsledek měření:

Grafická část:



Graf 2: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T_{20} , T_{30} v místnosti (průměrná hodnota).

Tabulková část:

Tabulka průměrných měřených akustických parametrů			
f [Hz]	Ø T ₂₀ [s]	Ø T ₃₀ [s]	Ø RASTI
100	0,99	1,03	0,44
125	1,17	1,28	
160	1,23	1,35	
200	1,40	1,45	
250	1,42	1,61	
315	1,66	1,69	
400	1,76	1,78	
500	1,87	1,85	
630	1,90	1,89	
800	1,84	1,88	
1 000	1,79	1,82	
1 250	1,81	1,83	
1 600	1,82	1,84	
2 000	1,73	1,76	
2 500	1,69	1,69	
3 150	1,58	1,59	
4 000	1,43	1,45	
5 000	1,24	1,24	
6 300	0,99	1,00	
8 000	0,83	0,84	
10 000	0,62	0,64	

Tab. 4: Naměřené průměrné hodnoty dob dozvuku T₂₀, T₃₀ a srozumitelnosti RASTI v místnosti (průměrná hodnota)

2.3 Letecký pohled

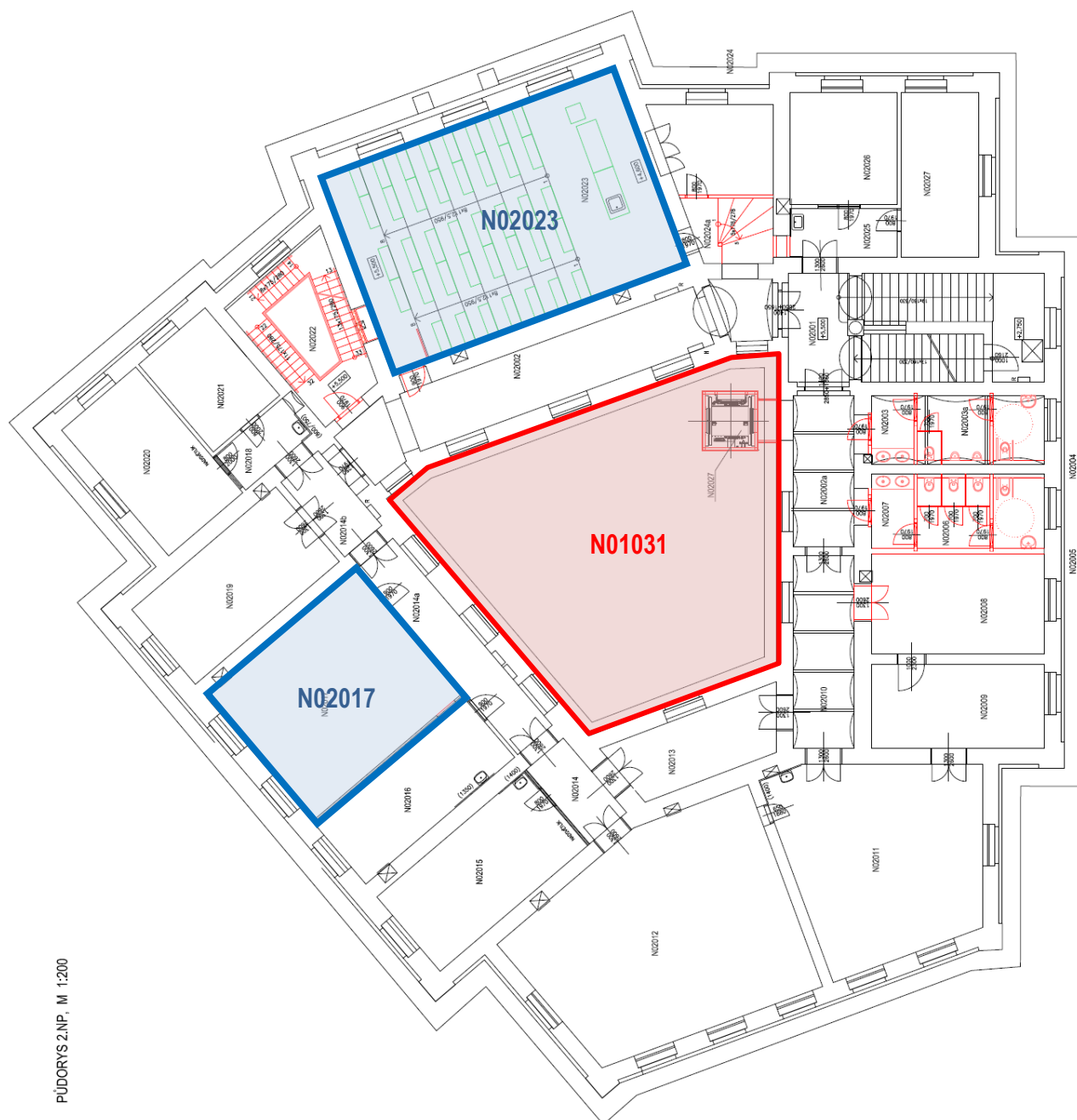


Obr. 1: Fotomapa [zdroj: www.mapy.cz]



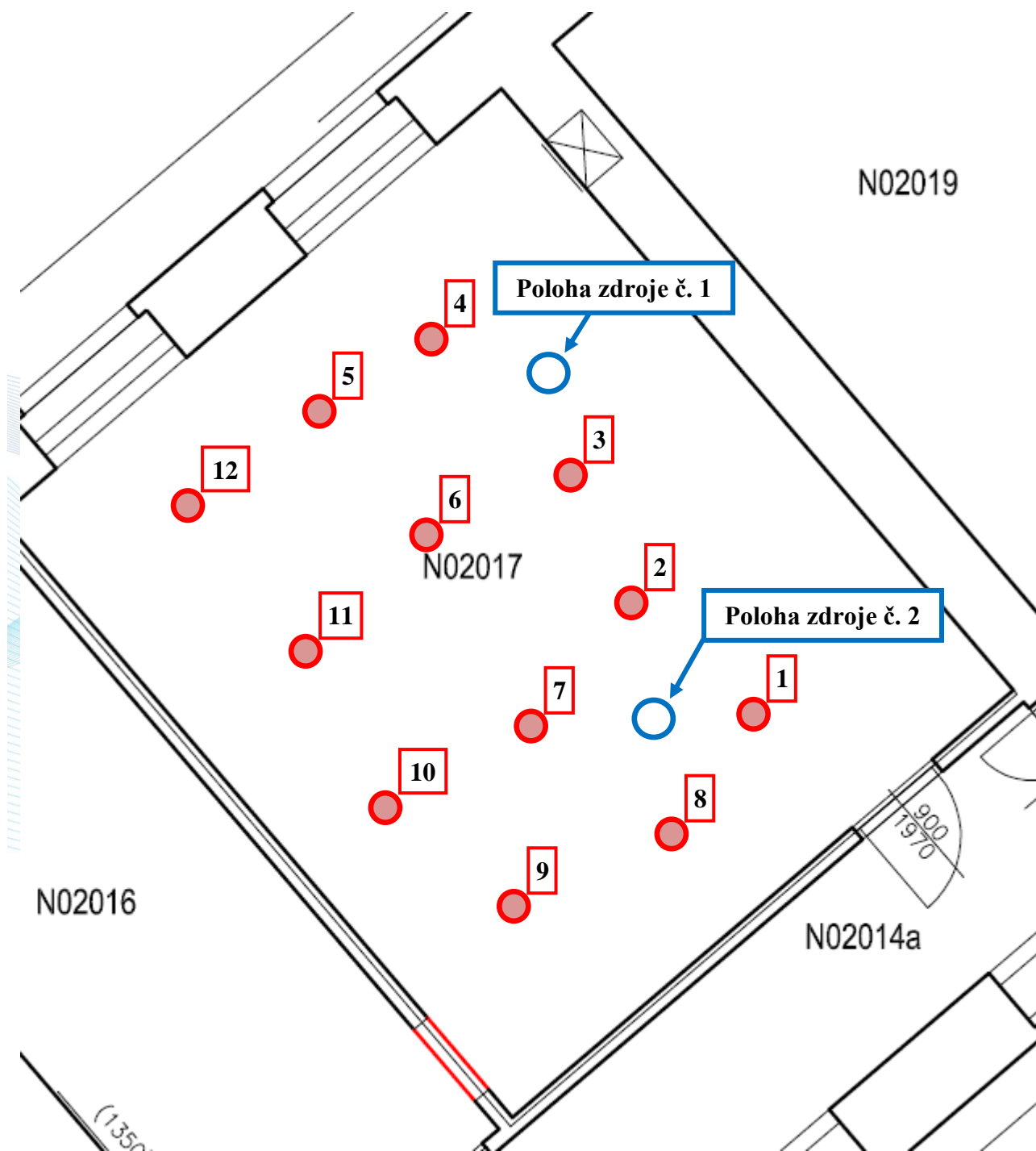
Obr. 2: Pohled na řešené území [zdroj: www.mapy.cz]

2.4 Schéma měření

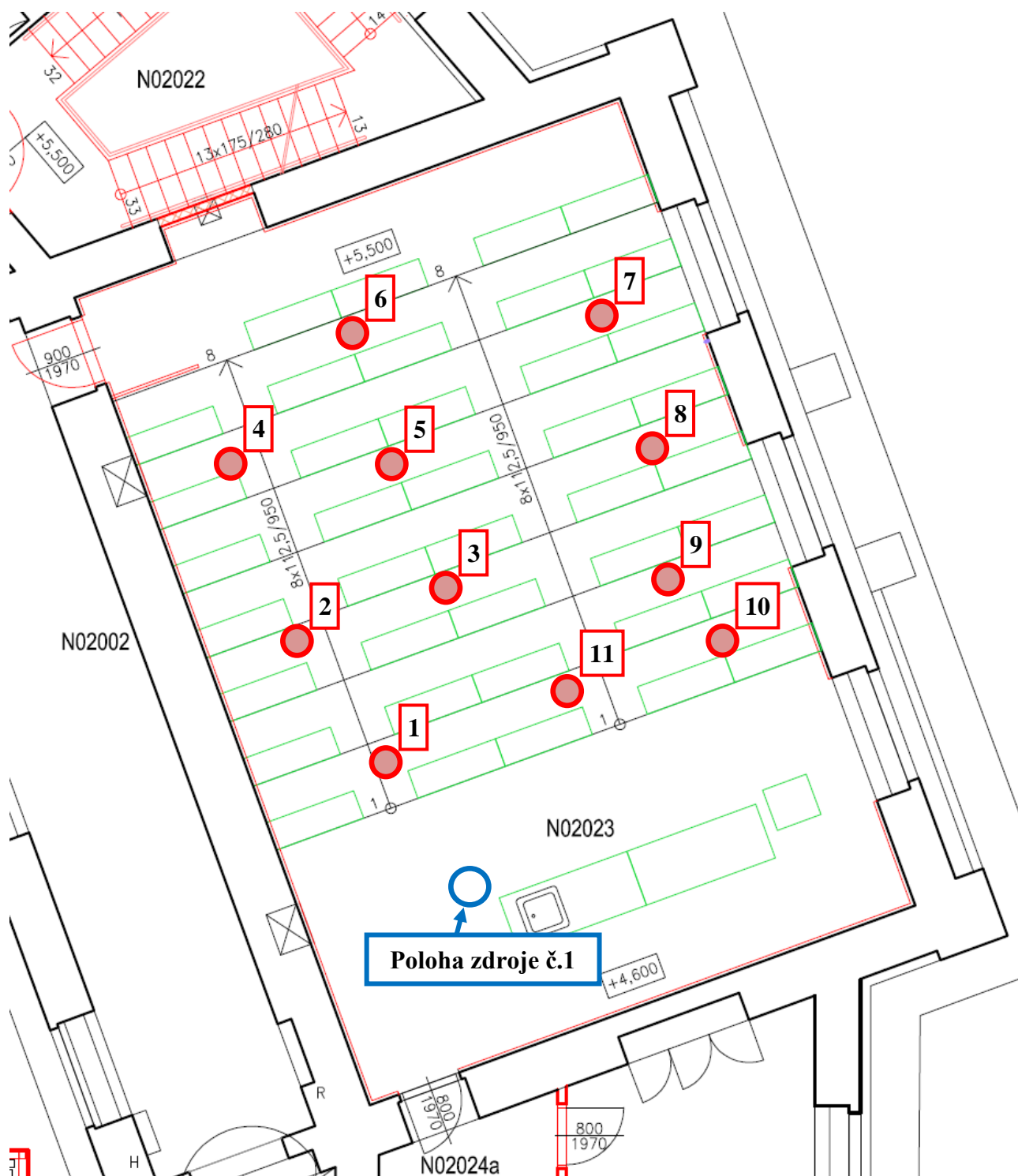


Obr. 3: Schéma měření (barevně zvýrazněny řešené místnosti)

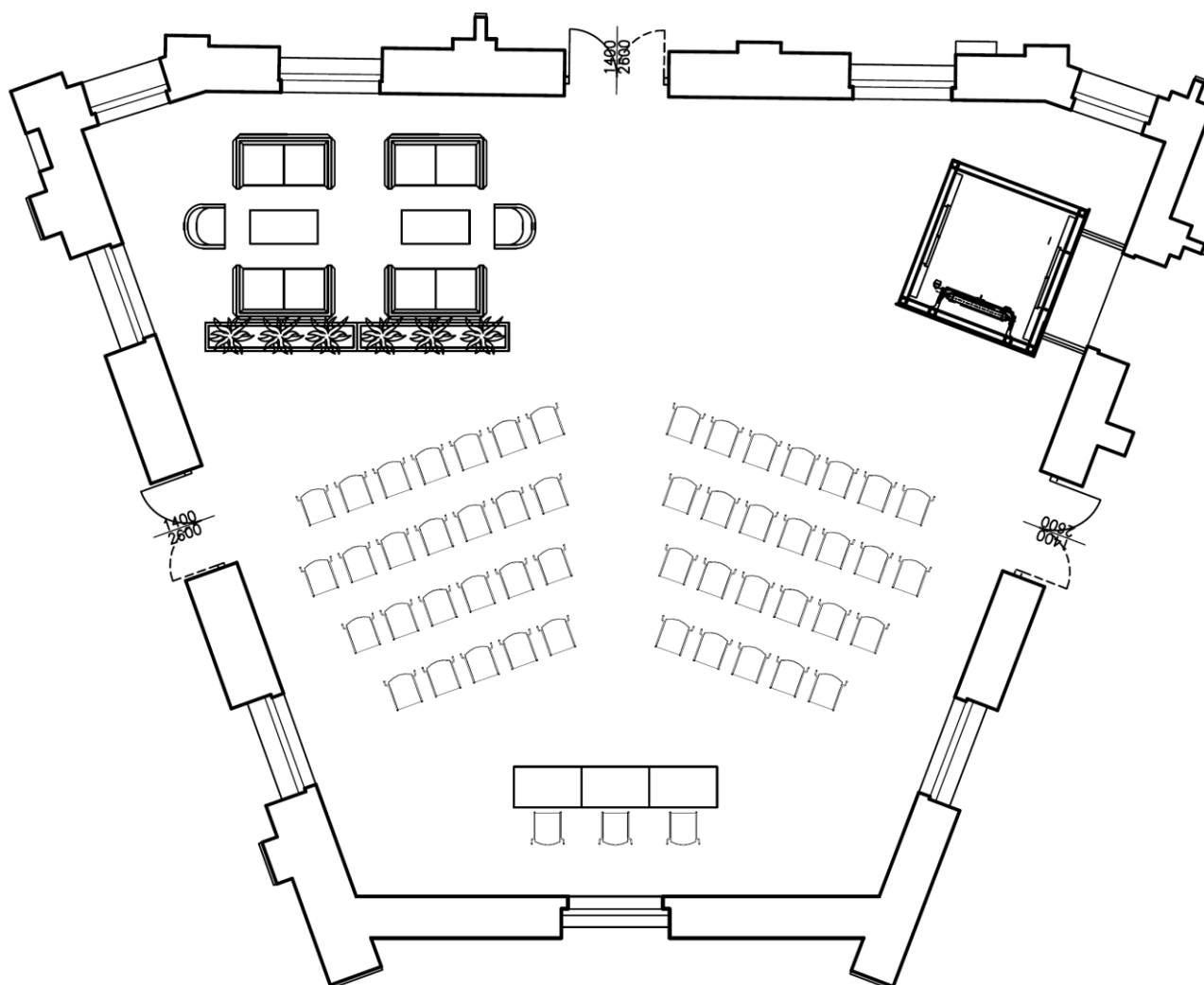
Pozn.: kalibrační měření jako podklad pro akustickou simulaci proběhlo v místnostech N02017 a N02023. Místnost N01031 není vybudovaná, tudíž kalibrační měření nemohlo být provedeno.



Obr. 4: Schéma měření v místnosti N02017 – Posluchárna (modře: zdroj, červeně: mikrofony)



Obr. 5: Schéma měření v místnosti N02023 – Posluchárna (modře: zdroj, červeně: mikrofony)



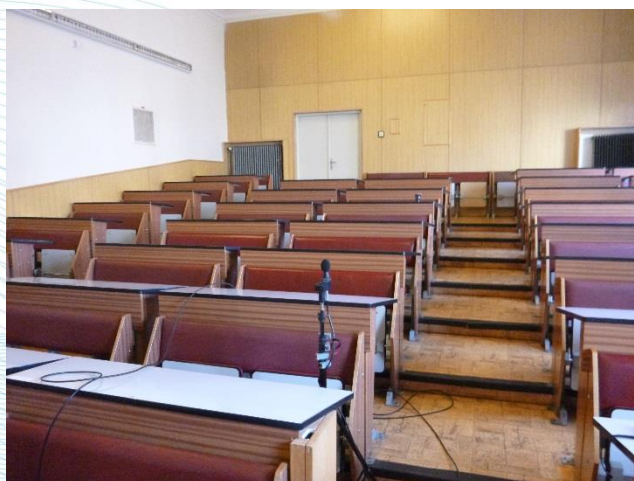
Obr. 6: Schéma prostoru nově vybudované místnosti N01031 – Open space

Pozn.: v současné době se jedná o otevřený venkovní prostor školy. Tudiž nebylo možné prostor změřit.

2.5 Fotodokumentace



Obr. 7: Snímek z měření v místnosti N02017 – Posluchárna



Obr. 8: Snímek z měření v místnosti N02023 – Posluchárna



Obr. 9: Snímek prostoru, kde vznikne nově vybudovaná místnost N01031 – Open space

2.6 Nejistota měření

Celková nejistota měření doby dozvuku ε je parametr, který rozšiřuje naměřenou hodnotu na oblast, v níž se nachází s 95 % pravděpodobností správná hodnota. V našem případě lze použít σ_{T20} ; σ_{T20} ; σ_{RASTI} (stejně přístroje, měřicí řetězce, podmínky i obsluha mění se jen poloha mikrofону). Laboratoř se zúčastňuje PT.

2.6.1 Odchylka měření stanovená pomocí softwaru Dirac 5.5

Pomocí softwaru Dirac v. 5.5 byly stanoveny směrodatné odchylky naměřených hodnot parametrů prostorové akustiky v jednotlivých náměrech, tj. pro polohy mikrofónů a polohu zdroje.

Byly vyloučeny náměry výrazně ovlivněné hlukem nesouvisejícím s proběhlým měřením (průjezd automobilů, štěkot psů, apod.).

f [Hz]	σ_{T20} [s]	σ_{T30} [s]	σ_{RASTI} [-]	σ_{T20} [s]	σ_{T30} [s]	σ_{RASTI} [-]
	N02017 – Posluchárna			N02023 – Posluchárna		
100	± 0,177	± 0,137	± 0,01	± 0,091	± 0,118	± 0,02
125	± 0,105	± 0,195		± 0,143	± 0,077	
160	± 0,173	± 0,170		± 0,151	± 0,069	
200	± 0,158	± 0,170		± 0,118	± 0,103	
250	± 0,196	± 0,196		± 0,095	± 0,117	
315	± 0,186	± 0,183		± 0,124	± 0,133	
400	± 0,142	± 0,127		± 0,081	± 0,079	
500	± 0,145	± 0,066		± 0,096	± 0,088	
630	± 0,102	± 0,074		± 0,076	± 0,071	
800	± 0,109	± 0,089		± 0,103	± 0,078	
1 000	± 0,087	± 0,056		± 0,078	± 0,030	
1 250	± 0,070	± 0,048		± 0,065	± 0,035	
1 600	± 0,070	± 0,051		± 0,075	± 0,034	
2 000	± 0,061	± 0,043		± 0,078	± 0,031	
2 500	± 0,043	± 0,042		± 0,067	± 0,044	
3 150	± 0,042	± 0,024		± 0,040	± 0,030	
4 000	± 0,033	± 0,025		± 0,031	± 0,022	
5 000	± 0,024	± 0,025		± 0,027	± 0,020	
6 300	± 0,029	± 0,017		± 0,016	± 0,019	
8 000	± 0,027	± 0,020		± 0,025	± 0,018	
10 000	± 0,017	± 0,011		± 0,019	± 0,019	

Tab. 5: Směrodatné odchylky měření parametrů prostorové akustiky

3 Interpretace

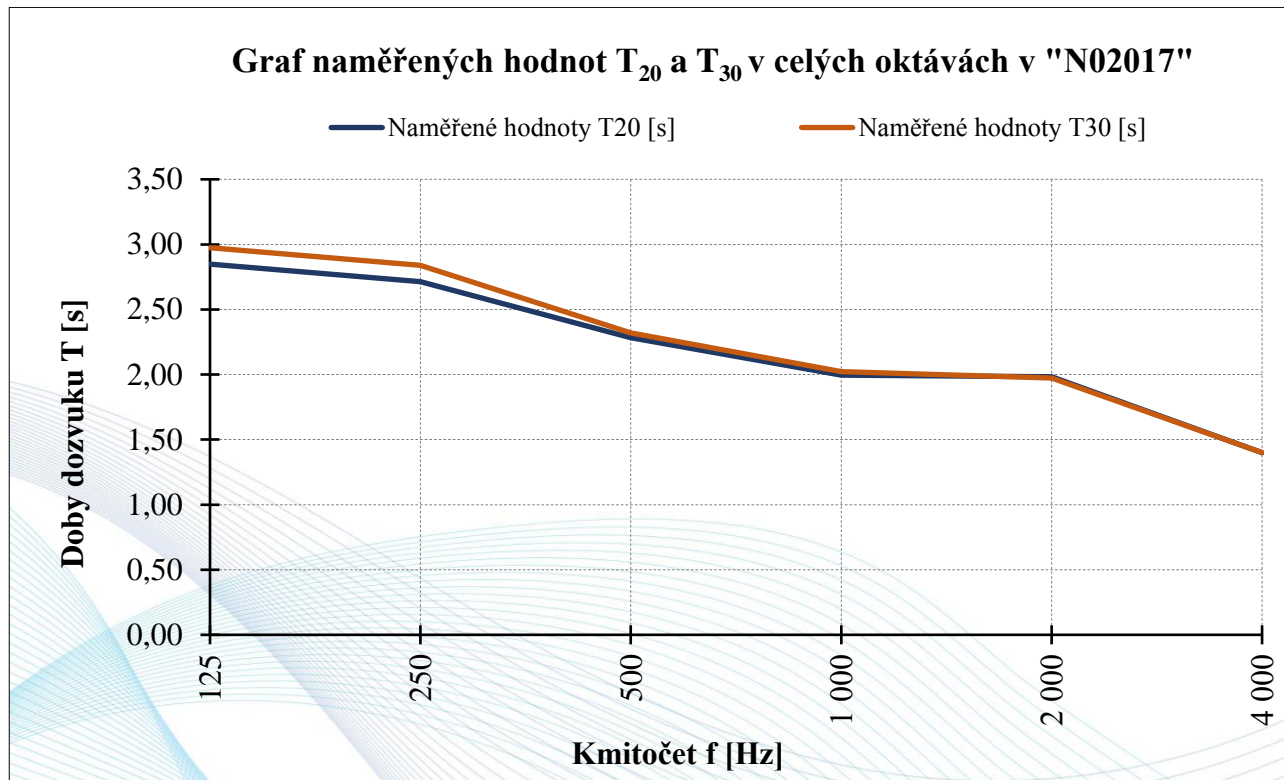
3.1 Přepočet naměřených dat doby dozvuku na celé oktávy

Tabulková část:

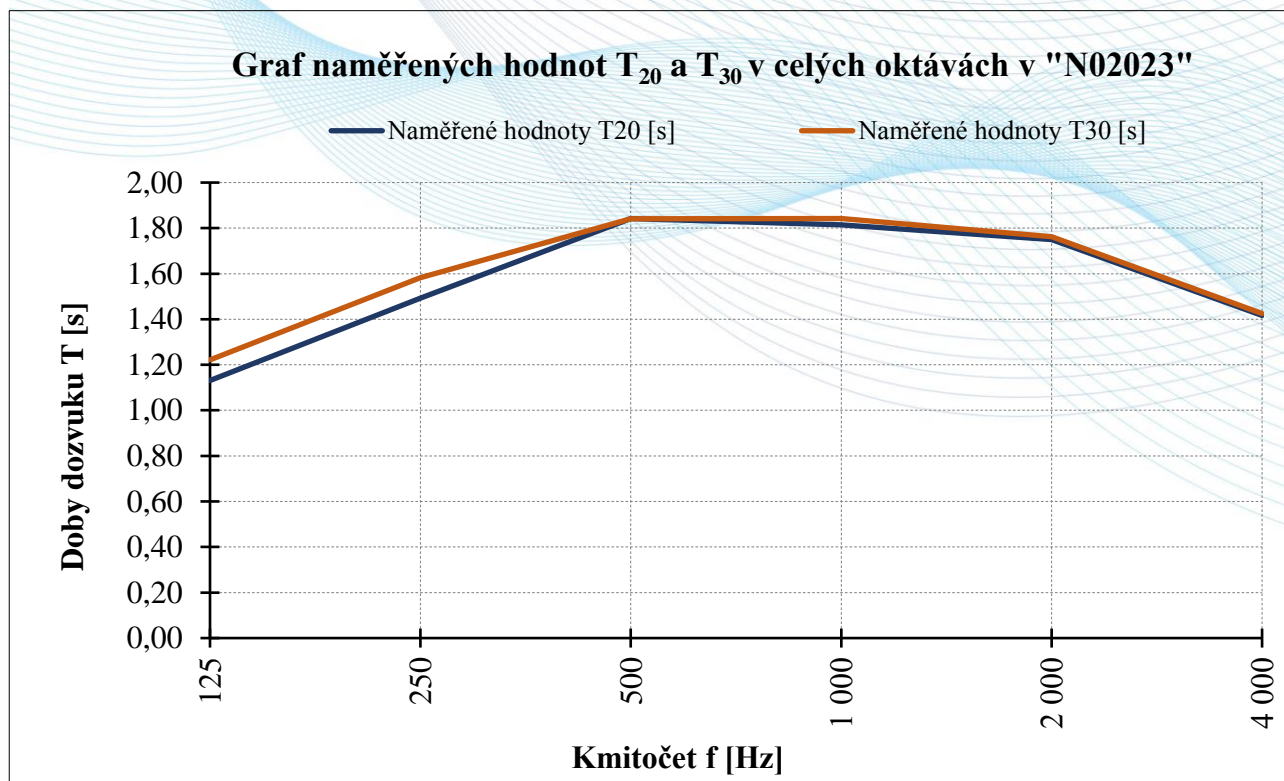
f [Hz] 1/3 oktávy	f [Hz] oktáva	Ø T ₂₀ [s]		Ø T ₃₀ [s]		Ø T ₂₀ [s]		Ø T ₃₀ [s]	
		N02017 – Posluchárna				N02023 – Posluchárna			
100	100	2,91	2,85	3,01	2,97	0,99	1,13	1,03	1,22
125		2,88		2,99		1,17		1,28	
160		2,76		2,92		1,23		1,35	
200	250	2,75	2,71	2,94	2,84	1,40	1,49	1,45	1,58
250		2,75		2,87		1,42		1,61	
315		2,64		2,71		1,66		1,69	
400	500	2,44	2,28	2,44	2,32	1,76	1,84	1,78	1,84
500		2,28		2,35		1,87		1,85	
630		2,12		2,16		1,90		1,89	
800	1 000	2,06	1,99	2,04	2,02	1,84	1,81	1,88	1,84
1 000		1,91		1,97		1,79		1,82	
1 250		2,01		2,06		1,81		1,83	
1 600	2 000	2,11	1,98	2,11	1,97	1,82	1,75	1,84	1,76
2 000		2,00		1,98		1,73		1,76	
2 500		1,84		1,83		1,69		1,69	
3 150	4 000	1,65	1,40	1,64	1,40	1,58	1,42	1,59	1,42
4 000		1,39		1,40		1,43		1,45	
5 000		1,16		1,16		1,24		1,24	
6 300	8 000	0,90	0,72	0,91	0,73	0,99	0,82	1,00	0,82
8 000		0,73		0,74		0,83		0,84	
10 000		0,54		0,55		0,62		0,64	

Tab. 6: Přepočet naměřených hodnot průměrných dob dozvuku T₂₀, T₃₀ v místnosti na celé oktávy

Grafická část:



Graf 3: Naměřené hodnoty průměrných dob dozvuku T_{20} , T_{30} v posuzované místnosti na celé oktávy

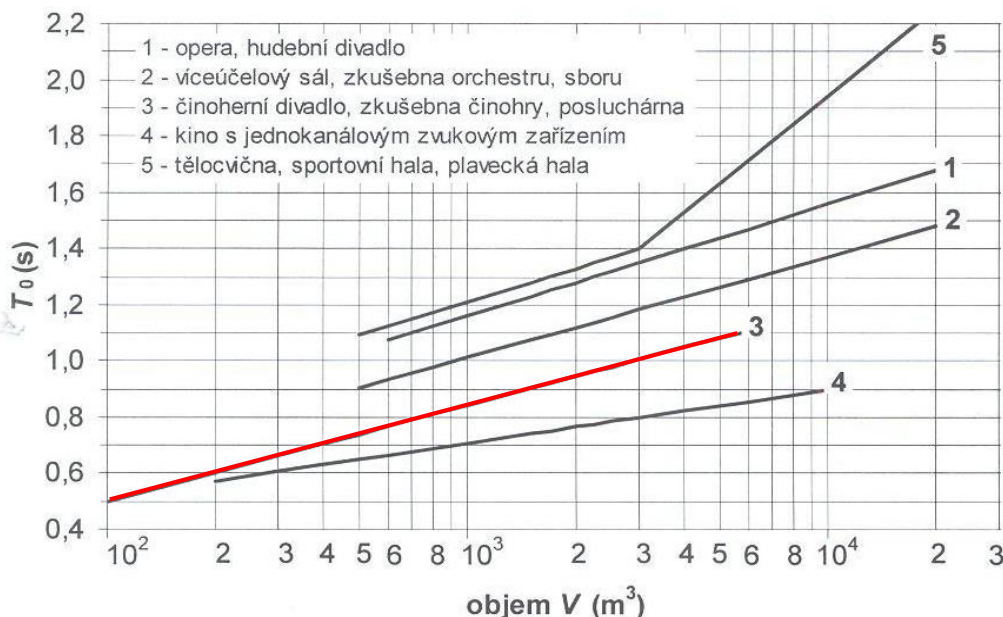


Graf 4: Naměřené hodnoty průměrných dob dozvuku T_{20} , T_{30} v posuzované místnosti na celé oktávy

3.2 Vyhodnocení dle ČSN 73 0527

3.2.1 Stanovení optimální doby dozvuku T_0

Optimální dobu dozvuku stanovuje 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.



Obr. 10: Optimální doba dozvuku T_0 pro jednotlivé typy prostorů (ČSN 73 0527)

Prostor	Objem (m³) (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	
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol	-	Závislost 5 – A.1	A.8	
...

Tab. 7: Požadavky na prostory ve školách (ČSN 73 0527, Tabulka 2) – výňatek

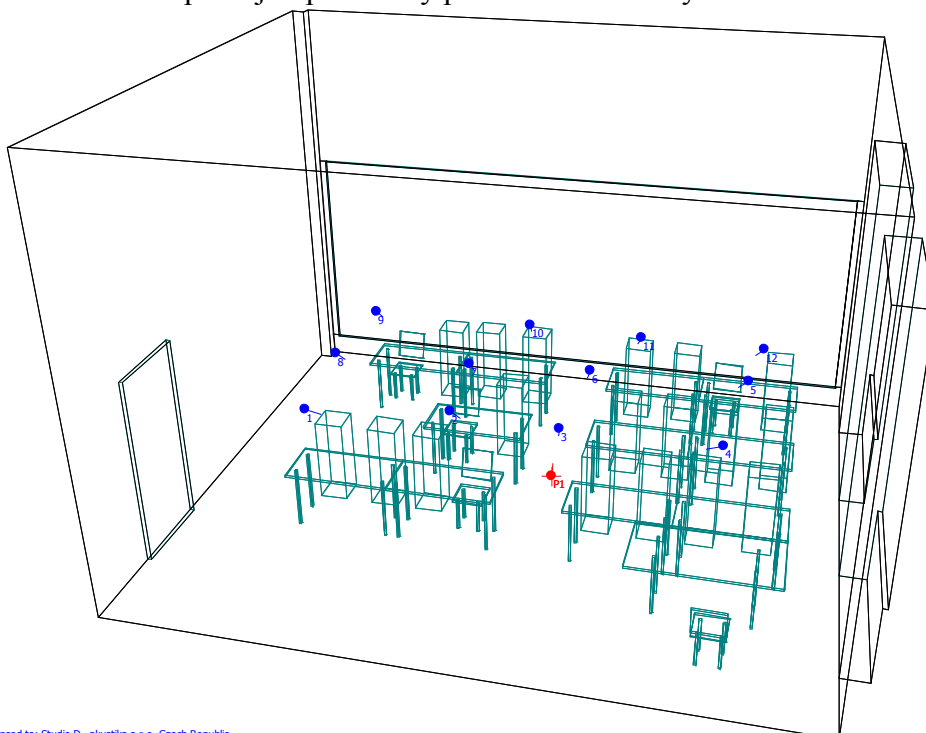
Pro dané využití a daný objem místnosti byla stanovena dle křivky č. 3 optimální doba dozvuku T_0 [s]:

MÍSTNOST	objem místnosti V [m³]	optimální doba dozvuku T_0 [s]
N02017 – Posluchárna	271,3	0,65
N02023 – Posluchárna	655,3	0,78
N01031 – Open space	1 646,0	1,09

Tab. 8: Optimální doba dozvuku T_0 pro posuzované prostory

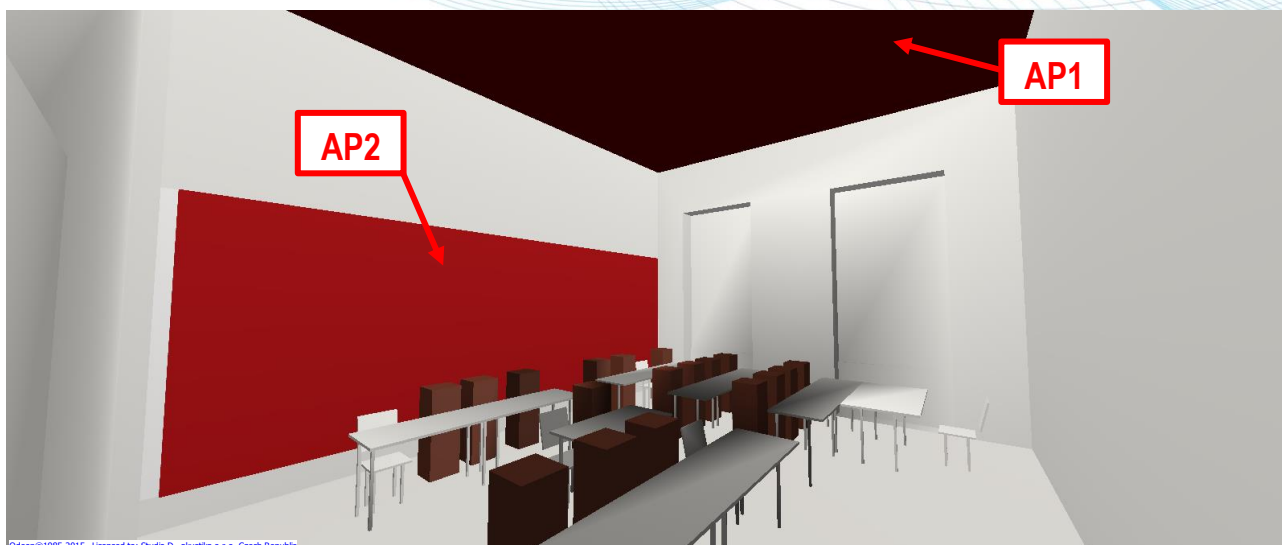
3.2.2 Akustická simulace prostoru „N02017 – Posluchárna“

Dle ČSN 73 0527 se prostor pro daný účel hodnotí v obsazeném stavu (tj. včetně osob). Tudíž byl vytvořen zjednodušený geometrický model řešeného prostoru, který byl nakalibrován dle naměřených hodnot doby dozvuku T_{30} . Následně proběhla simulace prostoru včetně osob. Počet přítomných osob byl uvažován dle projektové dokumentace (cca 18 osob). Po proběhlé simulaci bylo prokázáno, že stávající stav včetně osob je z hlediska prostorové akustiky nevyhovující (viz následující graf). Z toho důvodu byla provedena další simulace řešeného prostoru včetně akustických materiálů upravující parametry prostorové akustiky.



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 11: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofونů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 12: Pohled do akustického modelu prostoru

Nový stav: stávající prostor byl prostor doplněn o dodatečné akustické materiály upravující parametry prostorové akustiky:

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra [m ²]	Poznámka
AP1	minerální podhled včetně nízkofrekvenčního absorbéru	500 mm	podhled z minerálních kazet tl. 20 mm včetně nízkofrekvenčního absorbéru tl. 50 mm	cca 47,3 m ²	-
AP2	stěnové panely tl. 40 mm	43 mm (kontaktně)	akustické stěnové panely určené ke kontaktní aplikaci s rozměrem panelu 2700 x 600 x 40 mm	<u>19,44 m²</u> (tj. 12 panely)	umístit na zadní stěnu (naproti mluvčímu) od výšky 300 mm (rozmístění viz přílohy)

Tab. 9: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

AP1: Akustické panely s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do skrytého rastru. Mezi jednotlivými panely je mezera 4 mm. Rozměr prvku 2400 x 600 x 20 mm. Odsazení od tuhé desky 500 mm. Panely plně demontovatelné. Součástí podhledu je nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který je kladen do vzniklé vzduchové dutiny volně po ploše minerálních kazet.

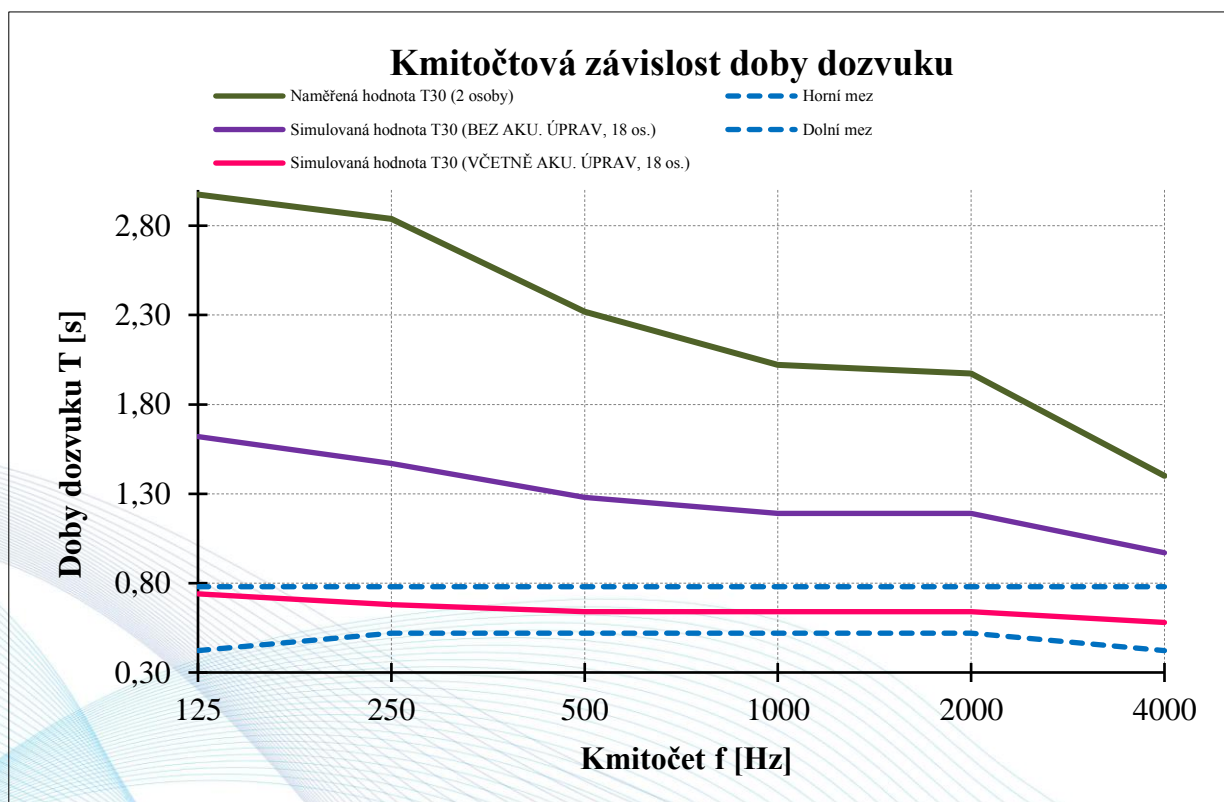
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP1	0,70	0,85	0,85	0,90	1,00	1,00	0,90	A

AP2: Stěnové panely s jádrem ze skleného 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.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP2	0,25	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	A

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

Výše uvedené akustické vlastnosti všech navržených akustických materiálů deklaruje výrobce.



Graf 5: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

Pozn.: rozdíl mezi naměřenými hodnotami a simulovanými hodnotami matematického modelu je na všech frekvencích $\max \pm 0,02$ s.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T ₃₀ [s]	0,78	0,71	0,66	0,64	0,63	0,55
Simulace T ₂₀ [s]	0,73	0,60	0,54	0,52	0,53	0,48
Simulace EDT [s]	0,58	0,40	0,37	0,31	0,32	0,28
SPL [dB] ****	77,2	74,9	74,4	74,1	74,1	73,8
C ₈₀ [dB]	7,4	12,3	13,2	14,3	13,9	14,9
D ₅₀ [-]	0,72	0,87	0,89	0,91	0,91	0,92
T _s [ms]	40,0	22,0	19,0	16,0	17,0	15,0
LF ₈₀ [-]	0,266	0,236	0,222	0,212	0,209	0,201
ECHO _{MAX} [-]*	0,44	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38
STI [-]***			0,81	Alcons [%]**		2,65
STI (Žena) [-]***			0,82	RASTI [-]***		0,82
STI (Muž) [-]***			0,82			

Tab. 11: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném 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%.

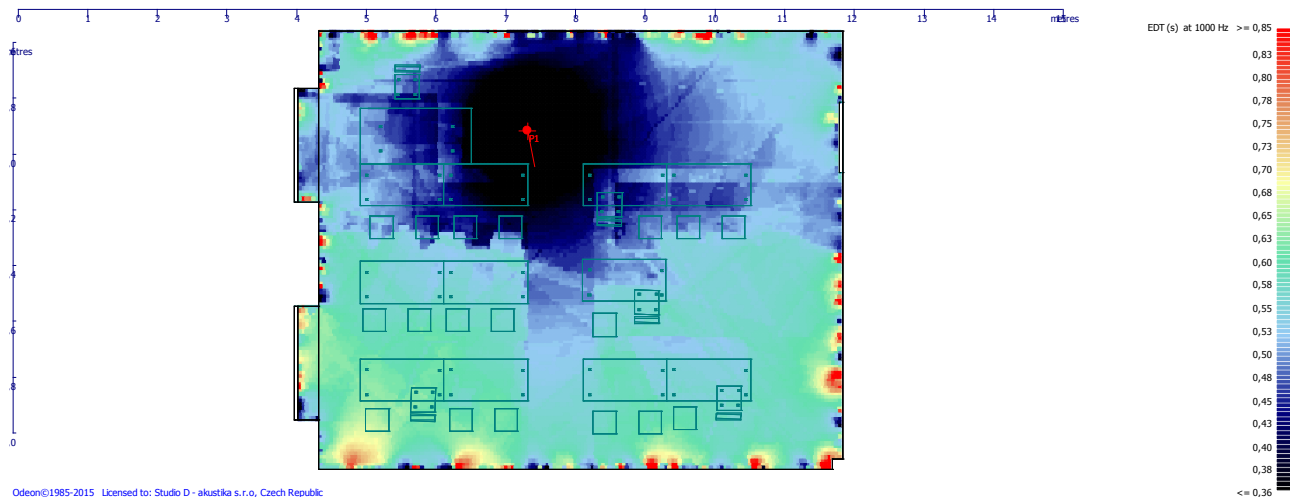
*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu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

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

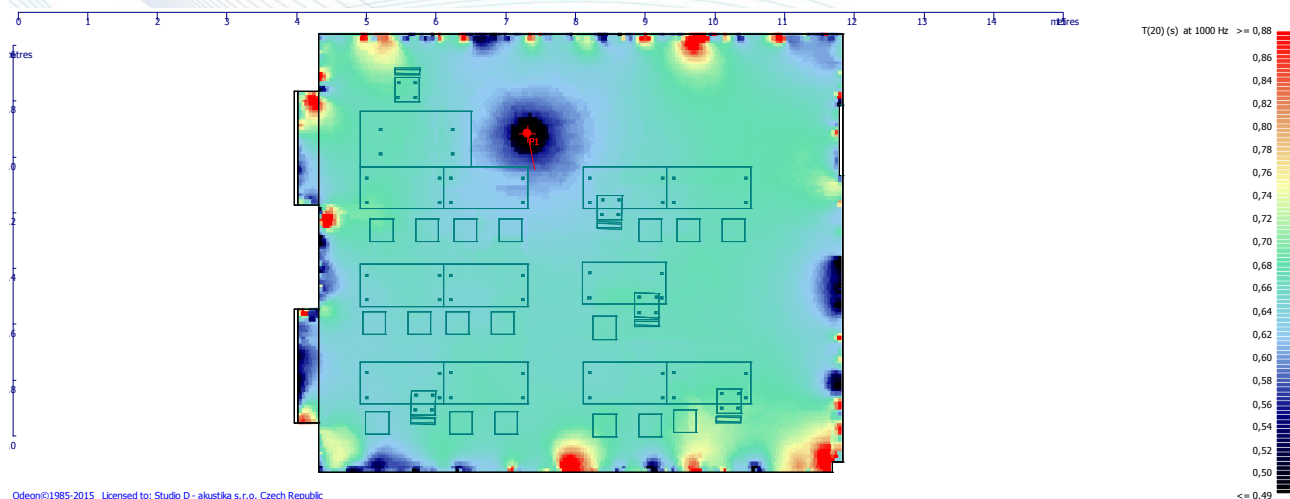
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Naměřená T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV, 2 osoby)	2,97	2,84	2,32	2,02	1,97	1,40
Simulace T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV, 18 osob)	1,62	1,47	1,28	1,19	1,19	0,97
Simulace T ₃₀ [s] (NOVÝ STAV, 18 osob)	0,78	0,71	0,66	0,64	0,63	0,55
Horní mez [s]	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Dolní mez [s]	0,42	0,52	0,52	0,52	0,52	0,42

Tab. 12: Průměrné hodnoty doby dozvuku T₂₀ a T₃₀ a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru

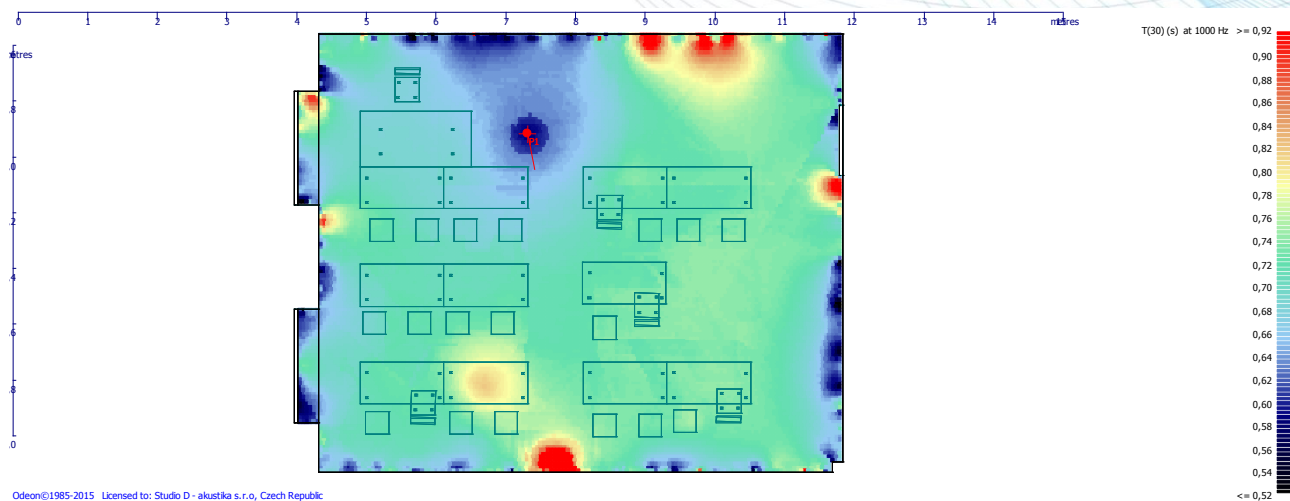
Obrazová část (nový stav včetně 18 osob):



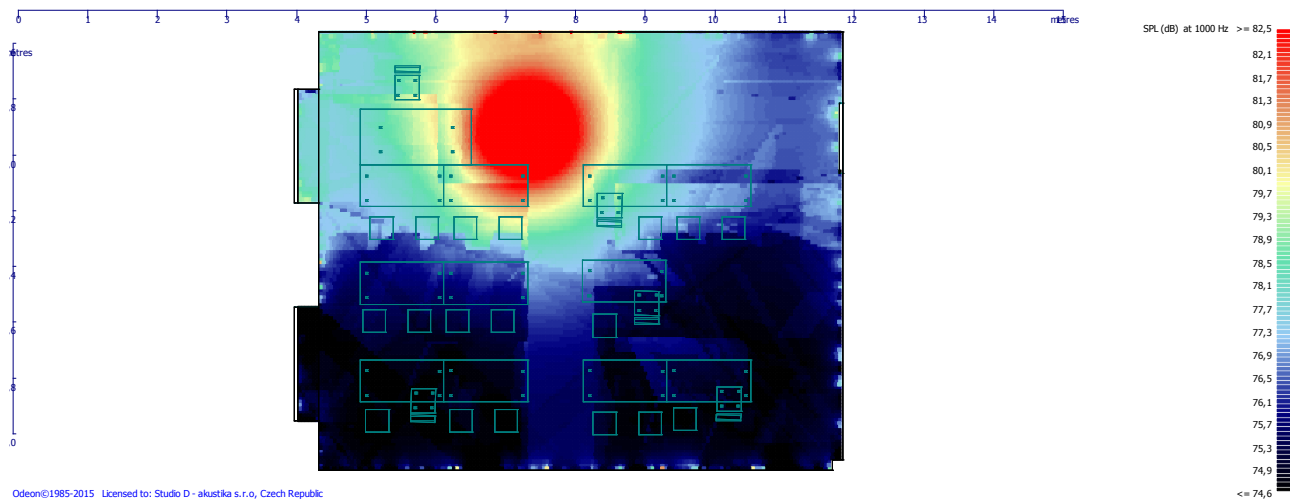
Obr. 13: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



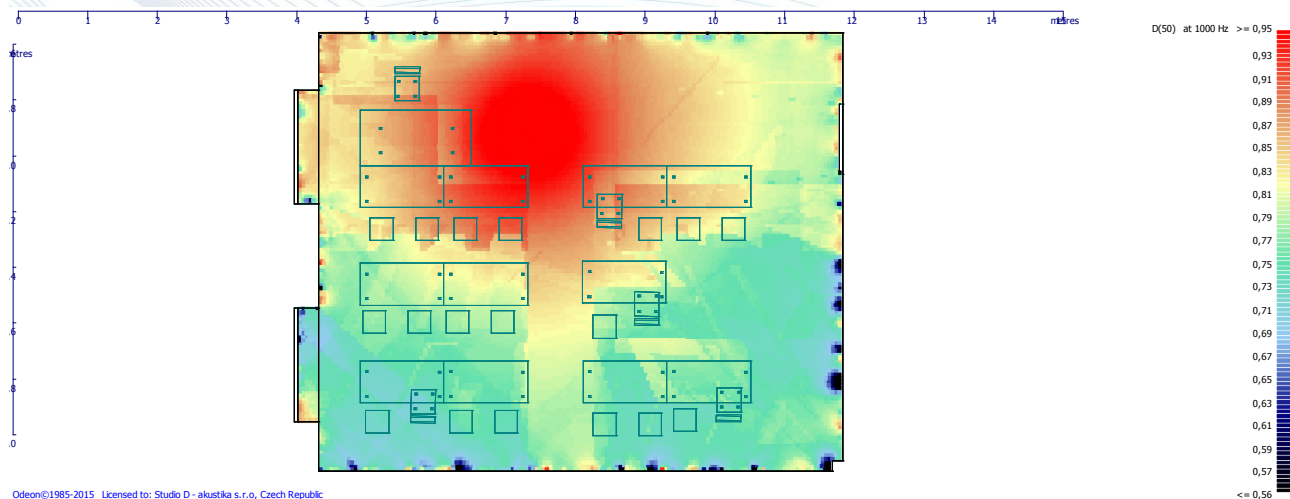
Obr. 14: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



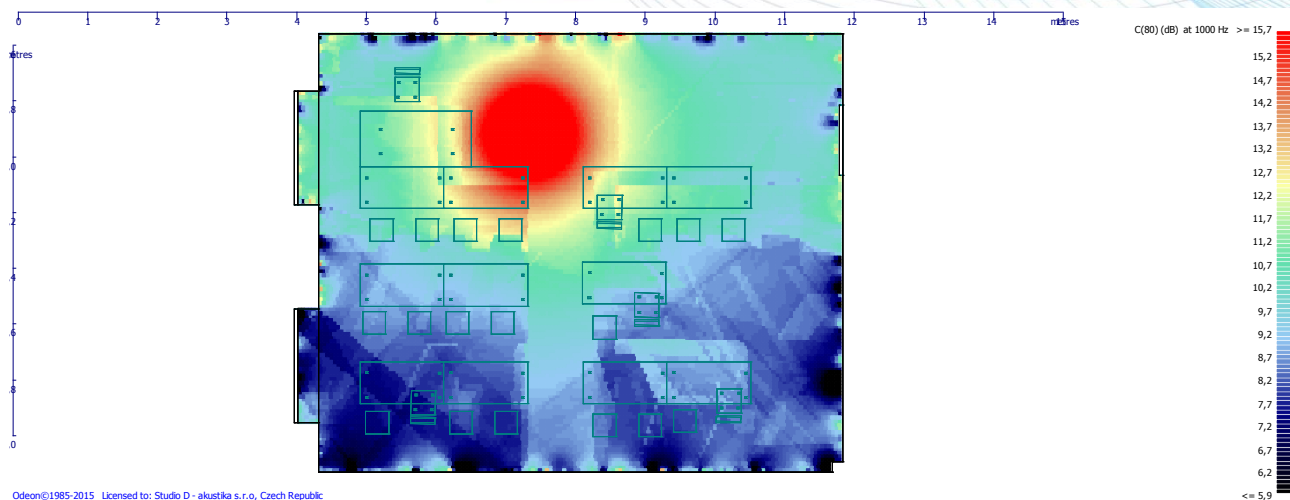
Obr. 15: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



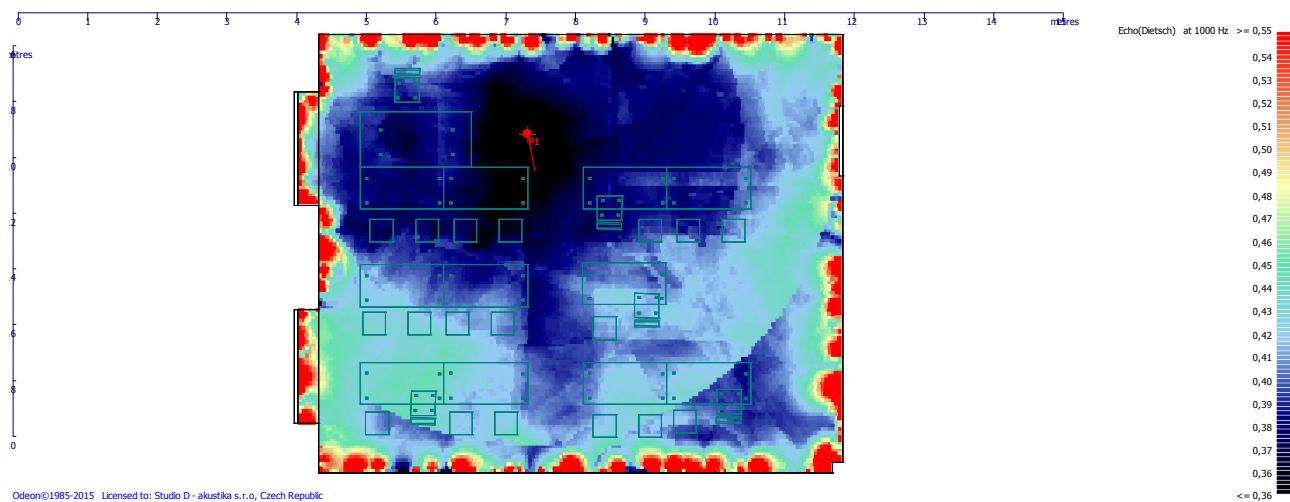
Obr. 16: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



Obr. 17: Zřetelnost D_{50} (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou

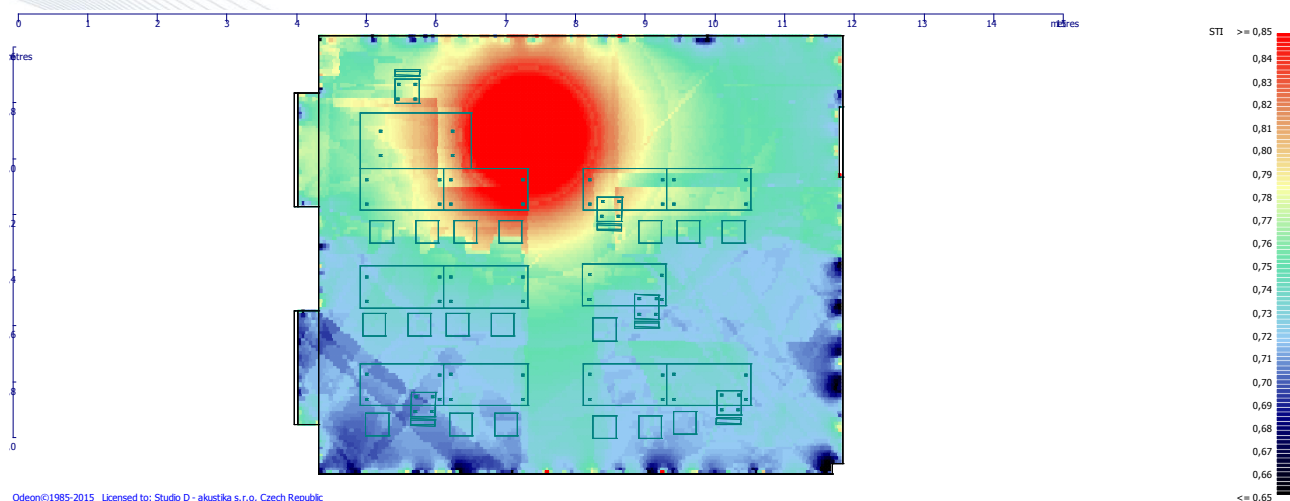


Obr. 18: Jasnost C_{80} (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 19: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz 1,5 m nad podlahou

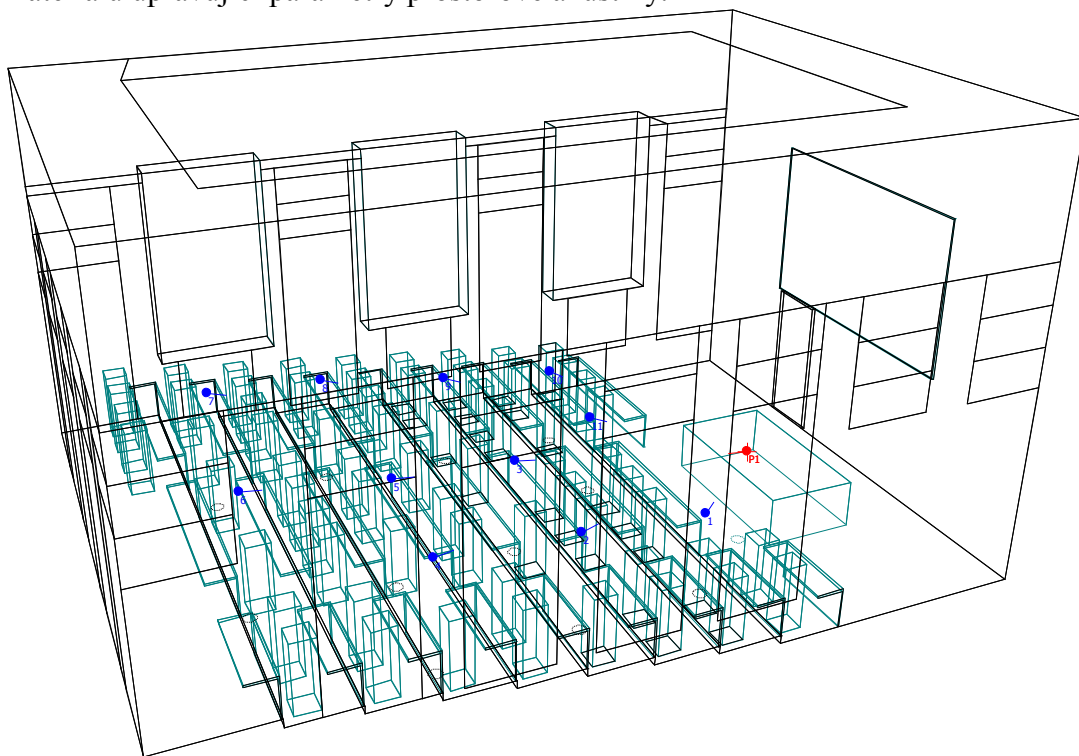


Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 20: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou

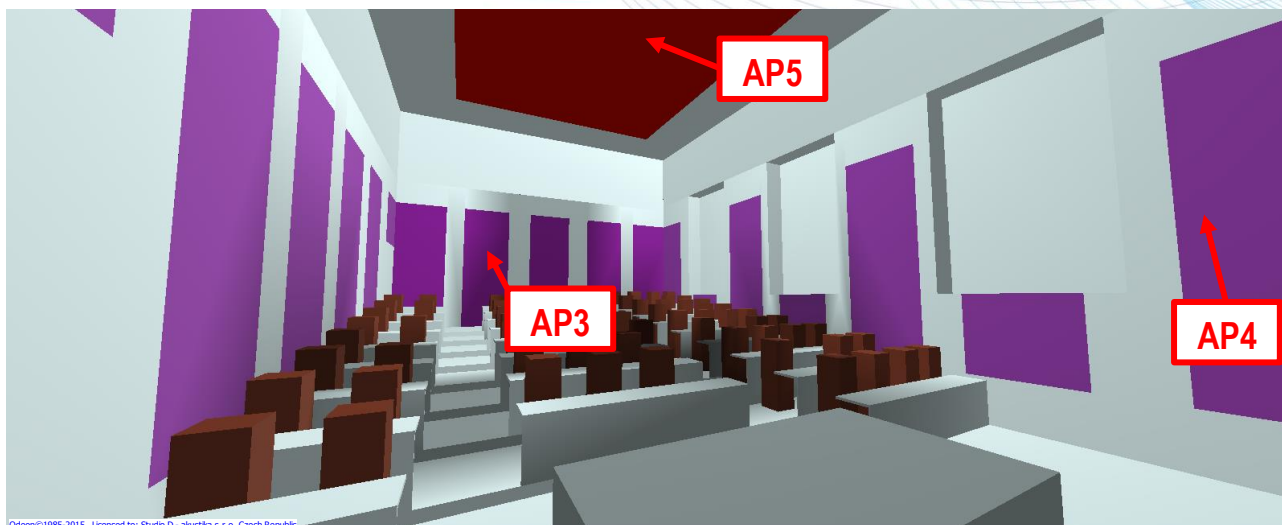
3.2.3 Akustická simulace prostoru „N02023 – Posluchárna“

Dle ČSN 73 0527 se prostor pro daný účel hodnotí v obsazeném stavu (tj. včetně osob). Tudíž byl vytvořen zjednodušený geometrický model řešeného prostoru, který byl nakalibrován dle naměřených hodnot doby dozvuku T_{30} . Následně proběhla simulace prostoru včetně osob. Počet přítomných osob byl uvažován dle sdělení objednatele (cca 66 osob). Po proběhlé simulaci bylo prokázáno, že stávající stav včetně osob je z hlediska prostorové akustiky nevyhovující (viz následující graf). Z toho důvodu byla provedena další simulace řešeného prostoru včetně akustických materiálů upravující parametry prostorové akustiky.



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 21: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 22: Pohled do akustického modelu prostoru

Nový stav: stávající prostor byl prostor doplněn o dodatečné akustické materiály upravující parametry prostorové akustiky:

Ozn.	Typ akustického materiálu	Odsazení od tuhé desky	Popis	Výměra [m ²]	Poznámka
AP3	Perforovaný dřevěný obklad stěn	cca 255 mm	předstěna z perforovaného dřevěného obkladu včetně minerální izolace tl. 80 mm	cca 20,1 m ²	-
AP4	Perforovaný dřevěný obklad stěn	cca 155 mm	předstěna z perforovaného dřevěného obkladu včetně minerální izolace tl. 80 mm	cca 42,6 m ²	-
AP5	Minerální kazety tl. 40 mm	0 mm (kontaktně)	Lepené nebo šroubované minerální kazety tl. 40 mm	cca 48,7 m ²	-

Tab. 13: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

AP3: Dřevěné desky s děrováním. Pravidelné šterbiny o šířce 8 mm. Podíl děrování 14,83 %. Rozměr desky 1200 x 600 x 16 mm. Systém doplněn o minerální izolaci o objemové hmotnosti $\geq 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, tl. 80 mm ze skelné plsti (nesmí dojít k sesedávání materiálu). Je určena do podhledů a předstěn, jako zvuková izolace. Musí být kladena kontaktně s obkladem (tj. prázdná vzduchová dutina vzniká až mezi izolantem a stěnou). Odsazení od tuhé desky 255 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP3	0,59	0,94	0,96	0,79	0,63	0,44	0,60	C

AP4: Dřevěné desky s děrováním. Pravidelné šterbiny o šířce 6 mm. Podíl děrování 15,34 %. Rozměr desky 1200 x 600 x 16 mm. Systém doplněn o minerální izolaci o objemové hmotnosti $\geq 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, tl. 80 mm ze skelné plsti (nesmí dojít k sesedávání materiálu). Je určena do podhledů a předstěn, jako zvuková izolace. Musí být kladena kontaktně s obkladem (tj. prázdná vzduchová dutina vzniká až mezi izolantem a stěnou). Odsazení od tuhé desky 155 mm.

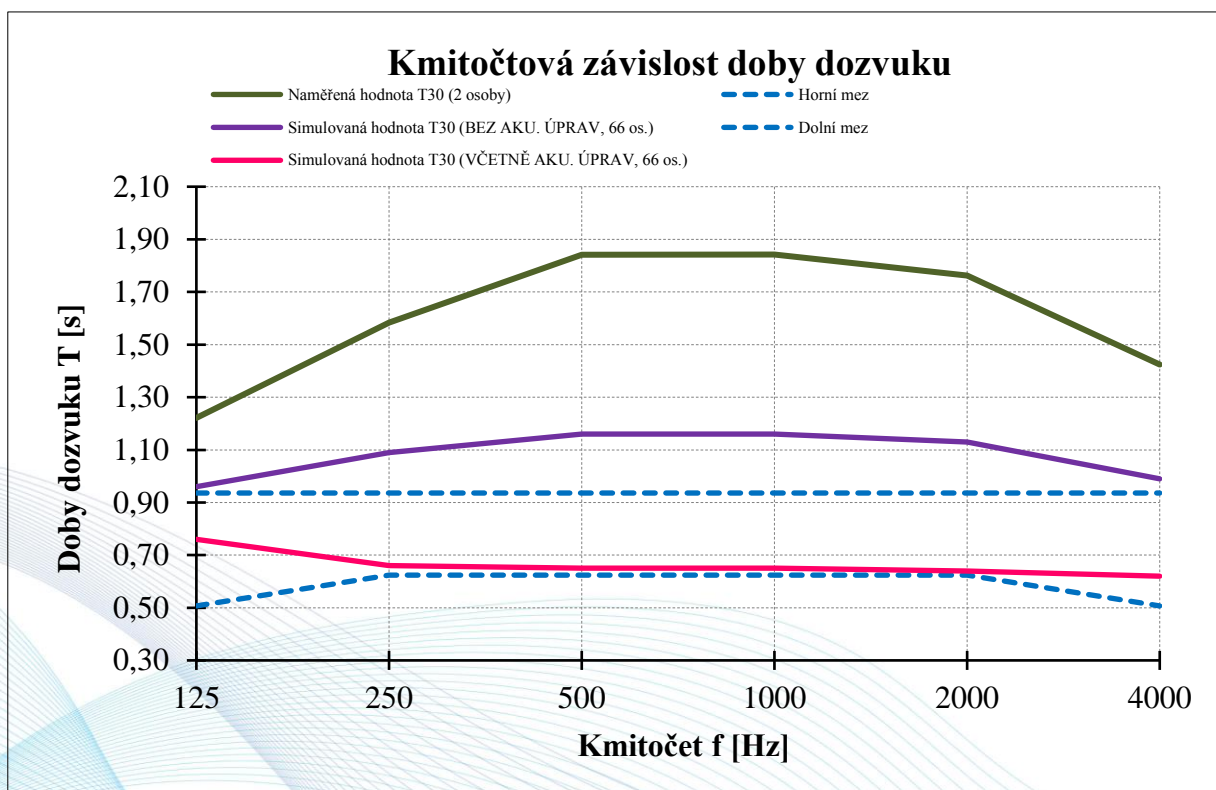
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP4	0,50	0,92	0,94	0,60	0,43	0,41	0,50	D

AP5: Akustické panely s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. 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
AP5	0,25	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	A

Tab. 14: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

Výše uvedené akustické vlastnosti všech navržených akustických materiálů deklaruje výrobce.



Graf 6: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

Pozn.: rozdíl mezi naměřenými hodnotami a simulovanými hodnotami matematického modelu je na všech frekvencích max $\pm 0,02$ s.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T ₃₀ [s]	0,76	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62
Simulace T ₂₀ [s]	0,75	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61
Simulace EDT [s]	0,73	0,61	0,60	0,60	0,60	0,58
SPL [dB] ****	73,3	71,6	71,4	71,9	72,1	71,8
C ₈₀ [dB]	6,6	9,7	10,0	8,8	8,4	8,8
D ₅₀ [-]	0,68	0,79	0,80	0,76	0,75	0,77
T _s [ms]	44,0	30,0	29,0	33,0	35,0	33,0
LF ₈₀ [-]	0,202	0,168	0,168	0,196	0,207	0,205
ECHO _{MAX} [-]*	0,46	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45
STI [-]***			0,72	Alcons [%]**		4,03
STI (Žena) [-]***			0,73	RASTI [-]***		0,73
STI (Muž) [-]***			0,72			

Tab. 15: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném 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%.

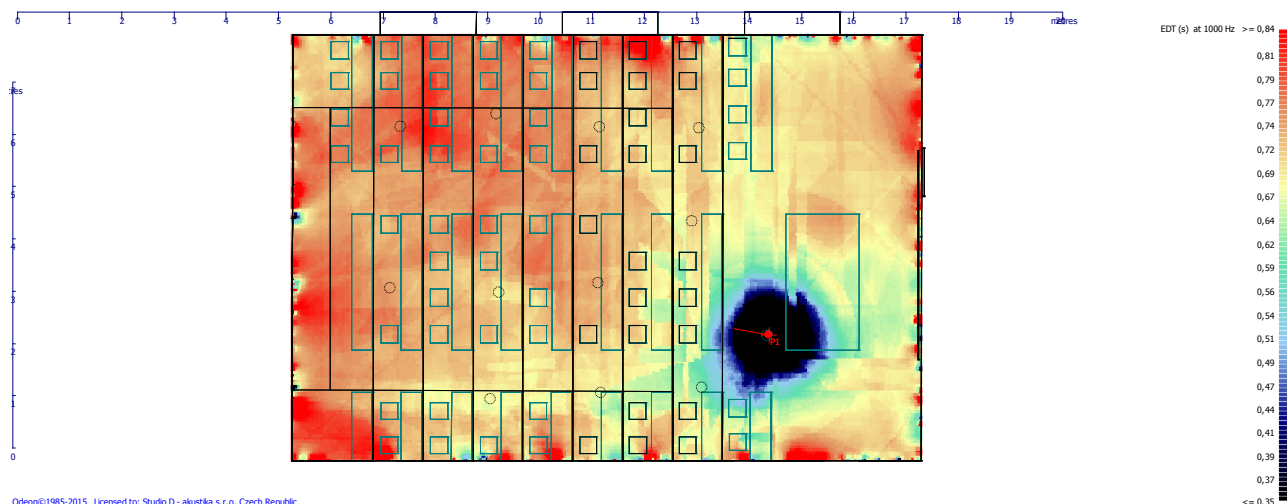
*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu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

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

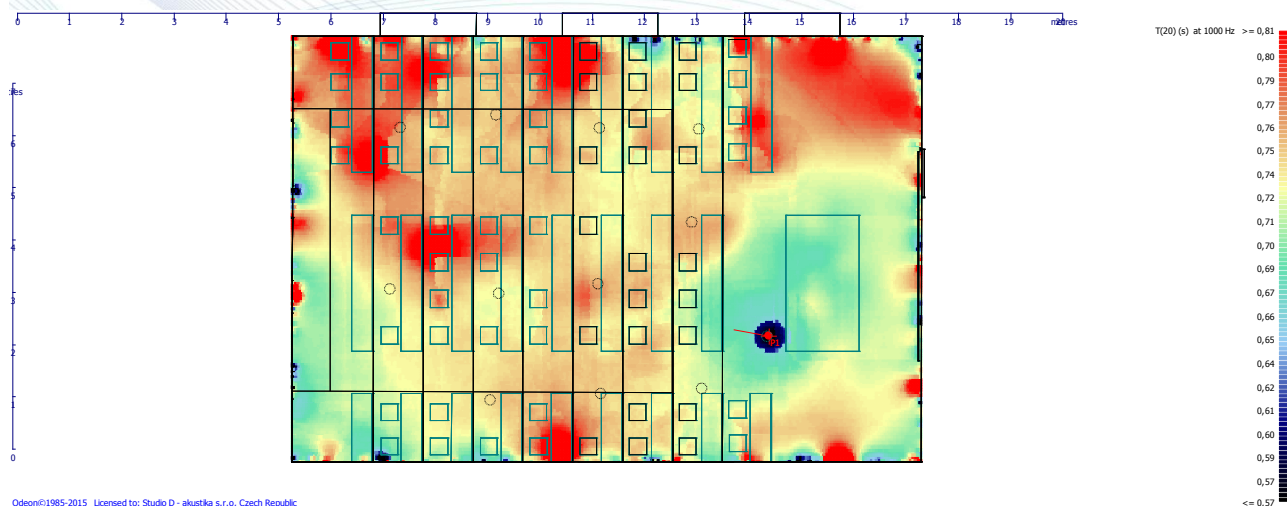
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Naměřená T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV, bez osob)	1,22	1,58	1,84	1,84	1,76	1,42
Simulace T ₃₀ [s] (STÁVAJÍCÍ STAV, 66 osob)	0,96	1,09	1,16	1,16	1,13	0,99
Simulace T ₃₀ [s] (NOVÝ STAV, 66 osob)	0,76	0,66	0,65	0,65	0,64	0,62
Horní mez [s]	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Dolní mez [s]	0,51	0,62	0,62	0,62	0,62	0,51

Tab. 16: Průměrné hodnoty doby dozvuku T₂₀ a T₃₀ a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru

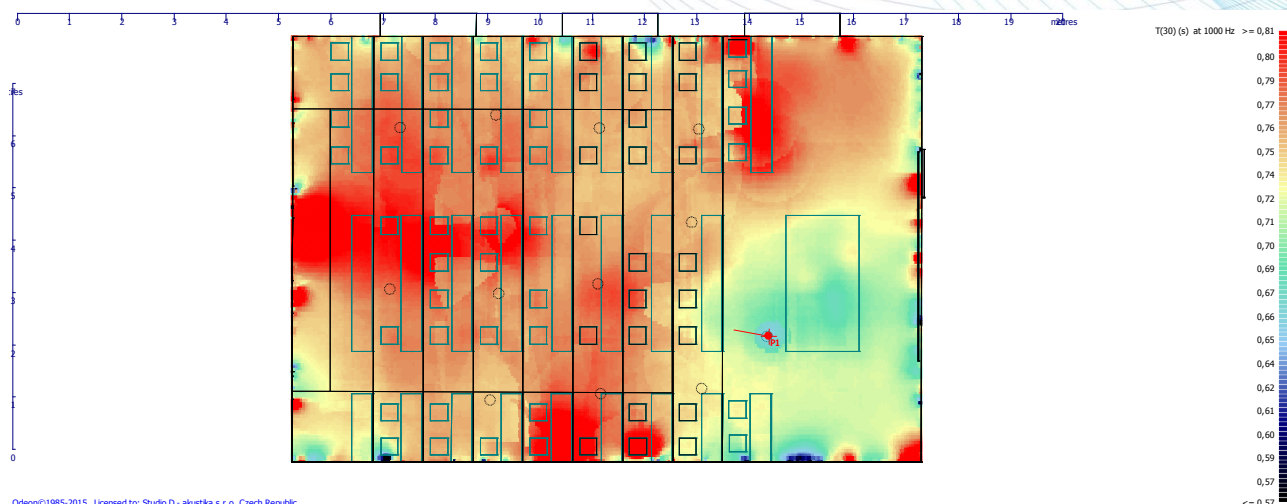
Obrazová část (nový stav včetně 66 osob):



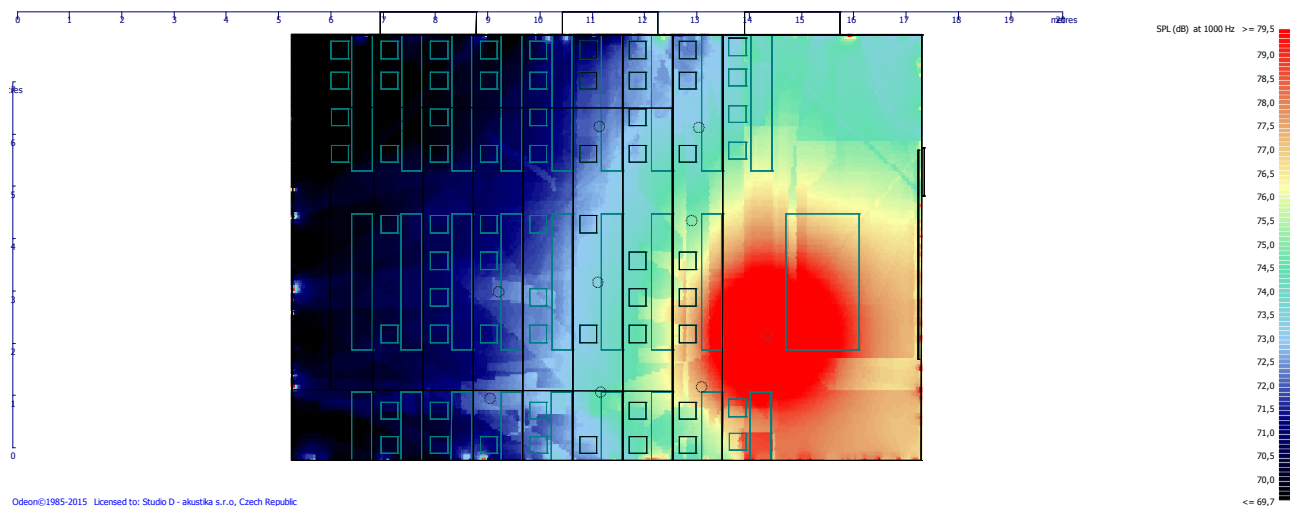
Obr. 23: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



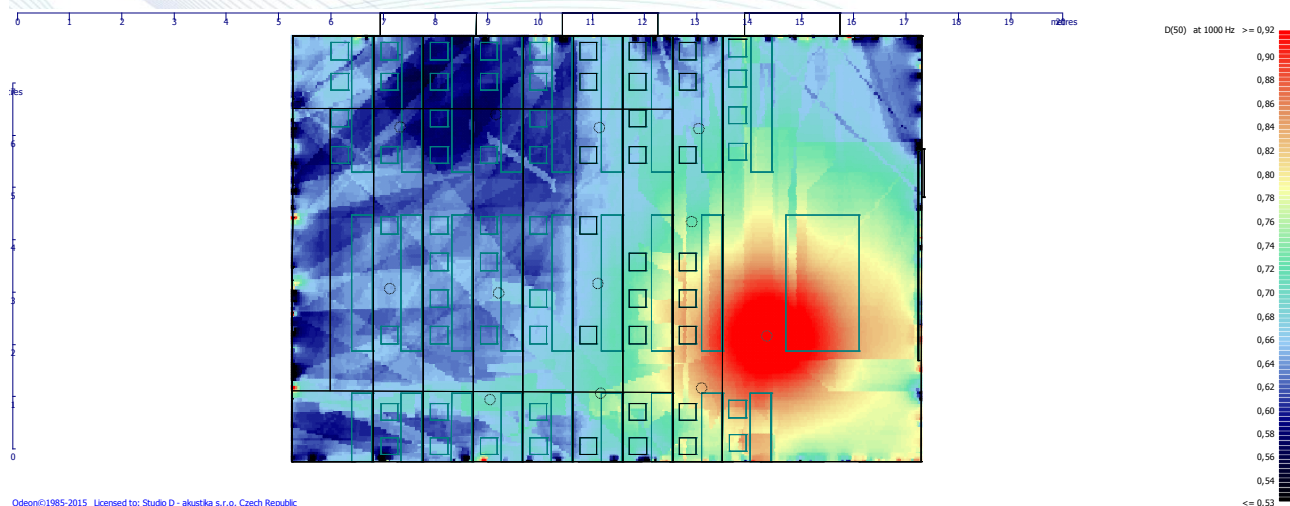
Obr. 24: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



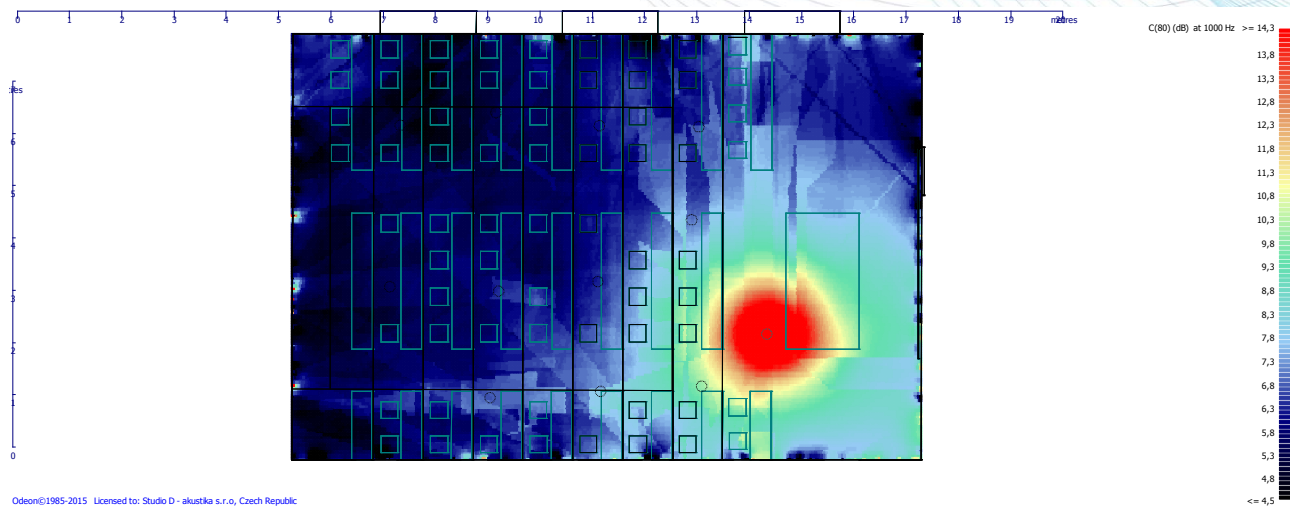
Obr. 25: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



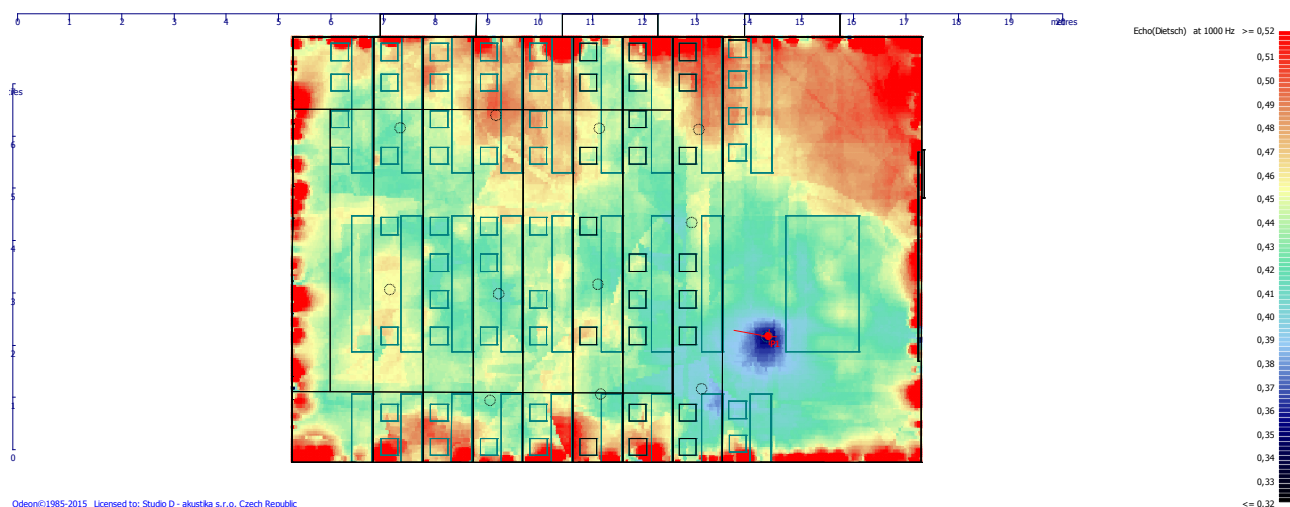
Obr. 26: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



Obr. 27: Zřetelnost D₅₀ (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou

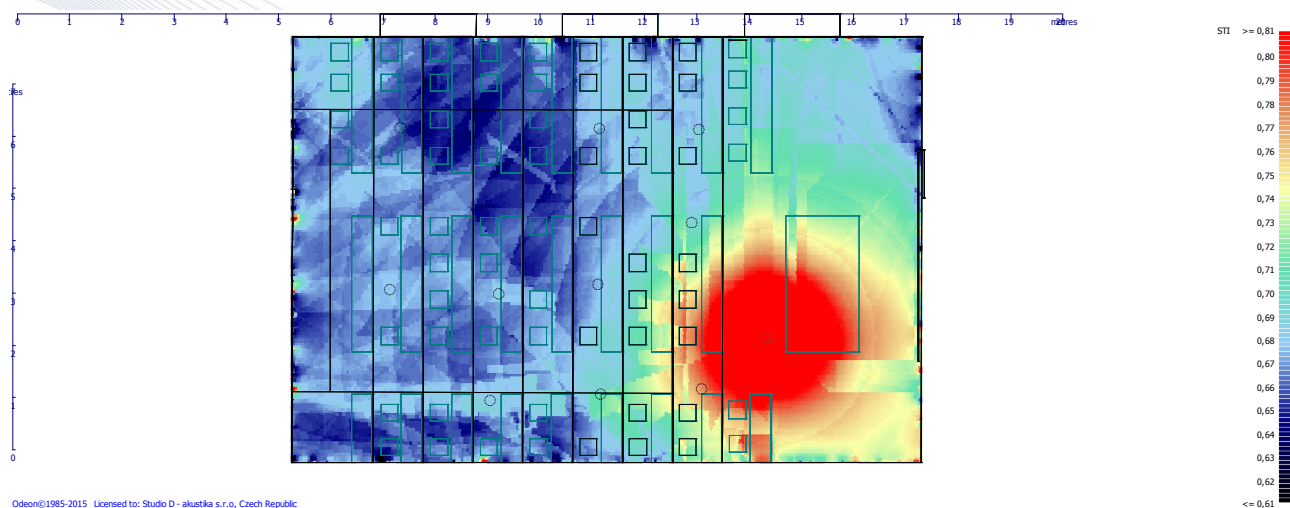


Obr. 28: Jasnost C₈₀ (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 29: Rozložení hodnot Echo (-) dle Dietsch-Kraakova kritéria v místnosti, pro 1 kHz 1,5 m nad podlahou



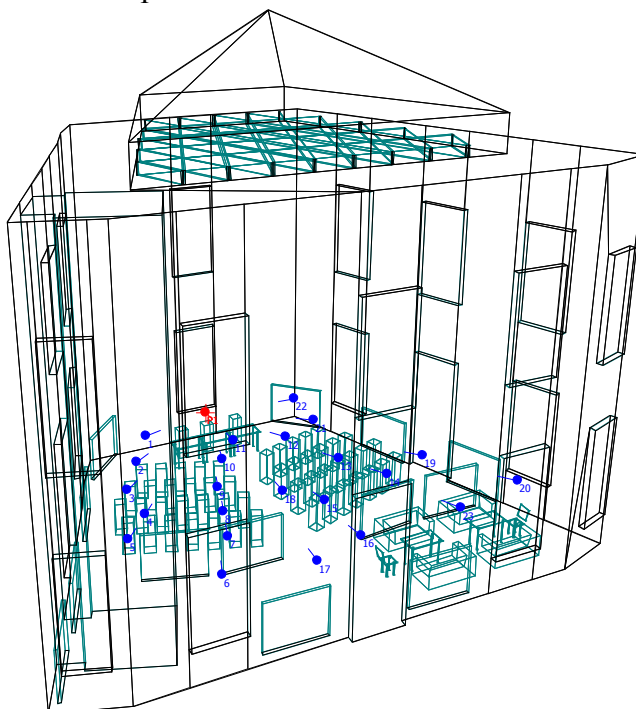
Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 30: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou

3.2.4 Akustická simulace prostoru „N01031 – Open space“

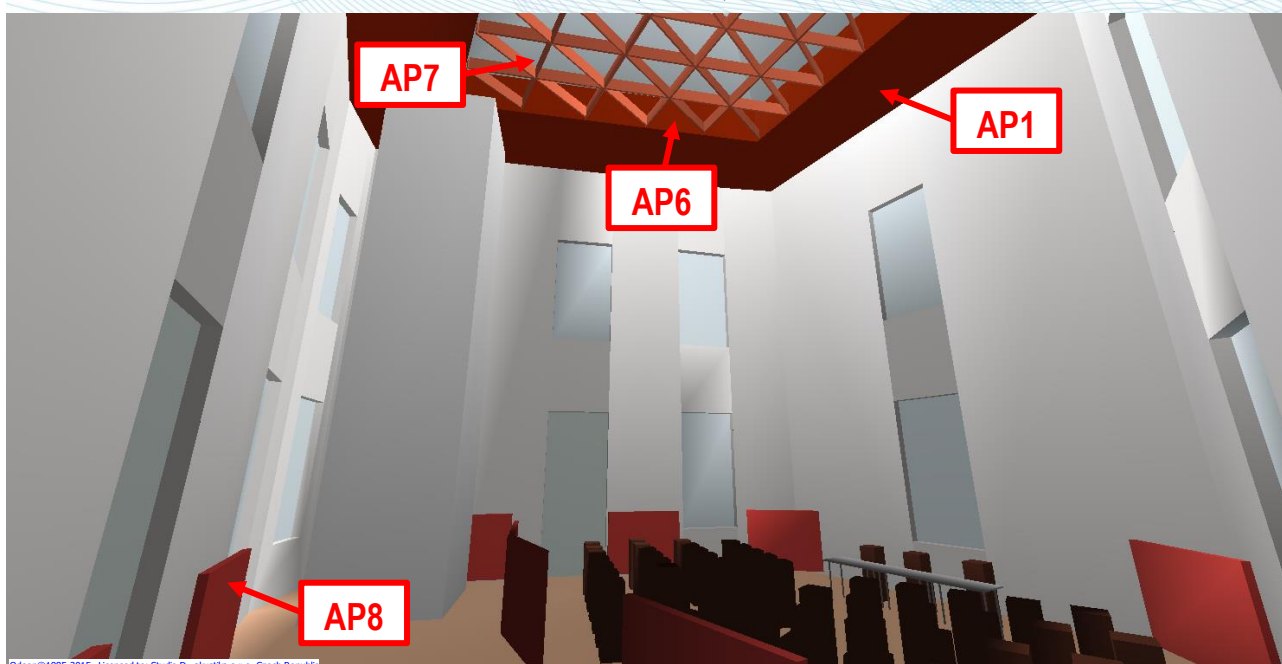
Na základě podkladů byl vytvořen akustický model. Před provedením akustického modelu nebylo provedeno měření jednotlivých parametrů prostorové akustiky, tudíž nemohl být akustický model zkalibrován dle skutečného stavu prostoru na základě těchto měření.

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



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 31: Počítačový 3D model místnosti – s vyznačením pozic virtuálních mikrofónů (modře) a všesměrového zdroje hluku (červeně)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Studio D - akustika s.r.o., Czech Republic

Obr. 32: Pohled do akustického modelu prostoru

V návrhu je uvažováno s učebnou s 80-ti % obsazením osobami (ČSN 73 0527:2005). Konkrétně bylo počítáno s osobami sedícími na částečně polstrovaných židlích.

Uvažované konstrukční materiály: PVC tvoří nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce. Stěny jsou tvořeny cihelným zdivem včetně vápenocementové omítky se zdobenými fasádními prvky. 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 ; ks]	Poznámka
AP1	minerální podhled včetně nízkofrekvenčního absorberu	500 mm	podhled z minerálních kazet tl. 20 mm včetně nízkofrekvenčního absorberu tl. 50 mm	cca 87,3 m ²	-
AP6	pohltivé panely k vytvoření výškového přechodu	min 200 mm	panely z minerálních kazet tl. 20 mm aplikované do výškového přechodu mezi dvěma úrovněmi stropu	cca 31,2 m ²	-
AP7	zavěšená tělesa	cca 830 až 2250 mm	zavěšená pohltivá tělesa o rozměrech 1200 x 300 x 40 mm	86 ks	zavěšeno do proskleného světlíku
AP8	akustické paravány	-	mobilní akustické paravány o rozměrech 1420 x 1800 x 88 mm	12 ks	dle dispozic volně rozmístěno po prostoru

Tab. 17: Tabulka použitých akustických materiálů v interiéru

AP1: Akustické panely s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do skrytého rastru. Mezi jednotlivými panely je mezera 4 mm. Rozměr prvku 2400 x 600 x 20 mm. Odsazení od tuhé desky 500 mm. Panely plně demontovatelné. Součástí podhledu je nízkofrekvenční absorbér tl. 50 mm, který je kladen do vzniklé vzduchové dutiny volně po ploše minerálních kazet.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP1	0,70	0,85	0,85	0,90	1,00	1,00	0,90	A

AP6: Akustické panely s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Používající k vytvoření výškového přechodu mezi různými úrovněmi stropních kcí. Viditelný pohltivý povrch je ze sklovláknité tkaniny. Zadní plocha pokryta skelnou tkaninou. Hrany jsou opatřeny nátěrem. Instalováno do skrytého rastru. Mezi jednotlivými panely je mezera 4 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP6	0,45	0,85	0,85	0,85	0,95	1,00	0,90	A

AP7: Volně zavěšený akustický prvek s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Přední i zadní strana panelu je ze sklovláknité tkaniny. Hrany rovné a jsou opatřeny nátěrem. Rozměr prvku 1200 x 300 x 40 mm. Instalováno pomocí stavitelných závěsů, pomocí nichž lze například zavěsit panely v odlišných výškových úrovních i pod různými úhly.

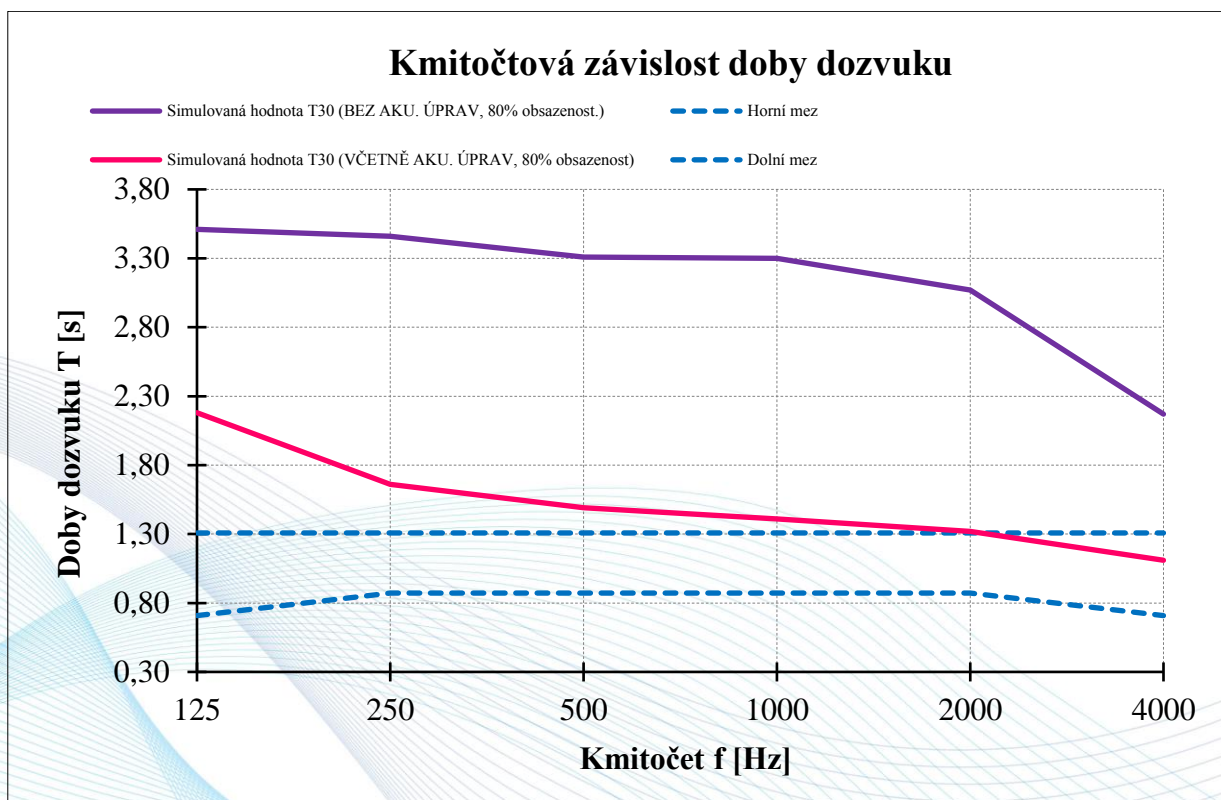
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP7	0,30	0,40	0,45	0,80	0,85	0,75	0,50	D

AP8: Mobilní akustický paraván s jádrem ze skleného vlákna o vysoké hustotě. Přední i zadní strana panelu je ze sklovláknité tkaniny. Okraje jsou z eloxovaného hliníku. Ukončení paravánu pomocí skleněného nástavce o výšce 400 mm.

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000	α_w	třída
AP8	0,10	0,37	0,74	0,84	0,80	0,80	0,65	C

Tab. 18: Uvažované hodnoty činitele zvukové pohltivosti α [-] navrhovaného akustického materiálu, které je nutno dodržet.

Výše uvedené akustické vlastnosti všech navržených akustických materiálů deklaruje výrobce.



Graf 7: Naměřená a simulovaná průměrná doba dozvuku T_{30} a meze jejího tolerančního pásma v místnosti

Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T₃₀ [s]	2,18	1,66	1,49	1,41	1,32	1,11
Simulace T₂₀ [s]	2,18	1,64	1,46	1,39	1,29	1,10
Simulace EDT [s]	2,11	1,55	1,43	1,35	1,17	0,96
SPL [dB] ****	74,1	72,1	71,0	70,4	69,9	69,3
C₈₀ [dB]	-0,1	2,2	2,6	3,3	4,4	5,6
D₅₀ [-]	0,41	0,53	0,55	0,58	0,63	0,67
T_s [ms]	128,0	86,0	77,0	70,0	61,0	50,0
LF₈₀ [-]	0,213	0,194	0,171	0,168	0,170	0,165
ECHO_{MAX} [-]*	0,61	0,59	0,60	0,59	0,58	0,57
STI [-]***			0,62	Alcons [%]**		7,72
STI (Žena) [-]***			0,64	RASTI [-]***		0,61
STI (Muž) [-]***			0,63			

Tab. 19: Průměrné hodnoty akustických veličin v místnosti v obsazeném 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%.

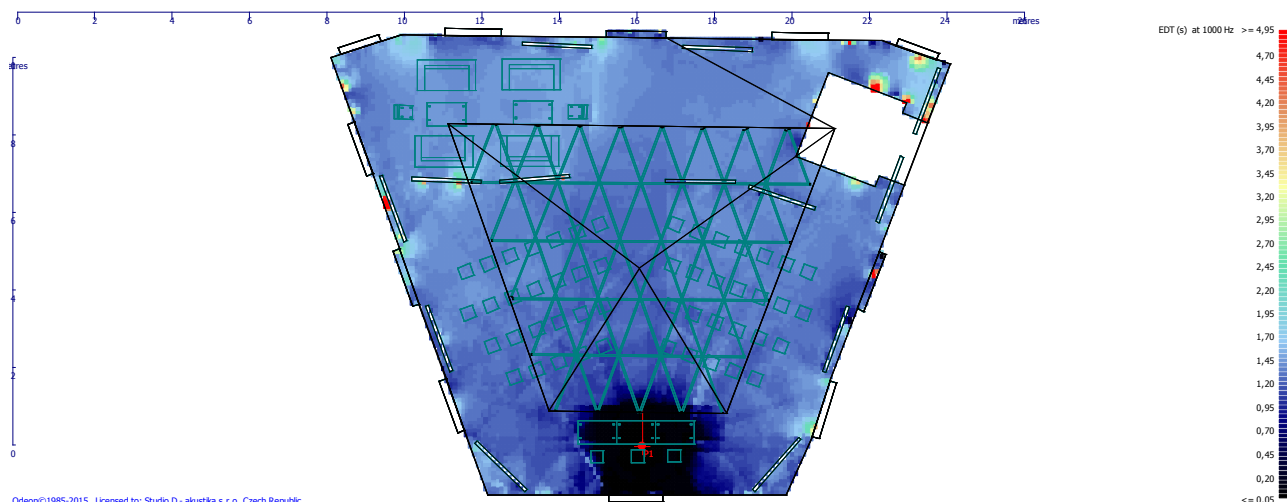
*** Hodnoty STI pro mužský i ženský hlas, a stejně tak RASTI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu pozadí hluku <35 dB. Doporučené hodnoty parametru STI pro mluvené slovo jsou v rozmezí 0,6-1,0. Přičemž ideálně by se měly nacházet v rozmezí 0,7-1. hodnoty STI byly vypočítané pro předpokládanou hladinu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

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

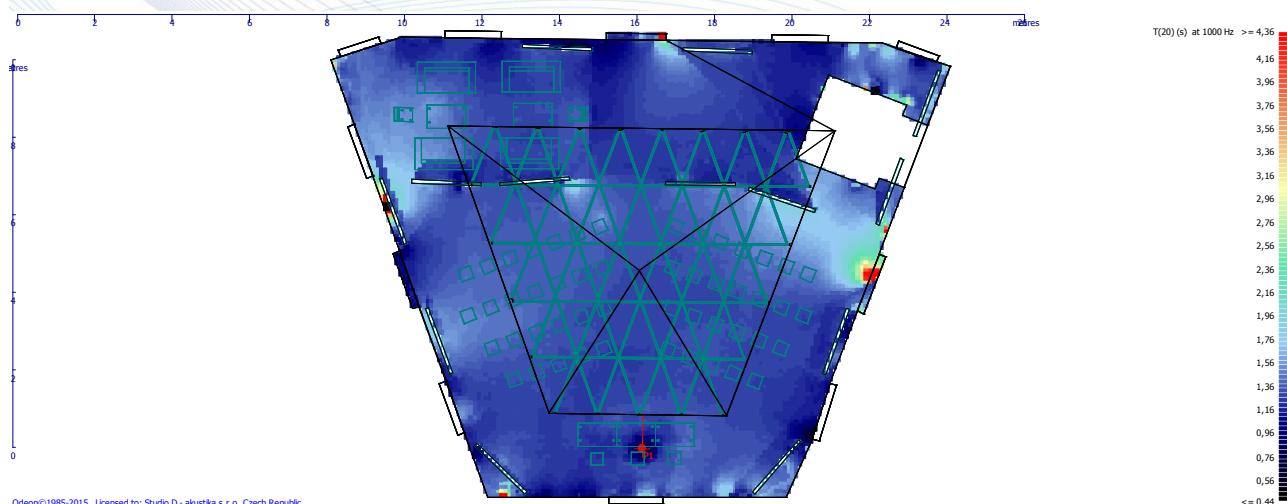
Frekvence [Hz]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Simulace T₃₀ [s] (bez aku. úprav, 53 osob)	3,51	3,46	3,31	3,30	3,07	2,17
Simulace T₃₀ [s] (včetně aku. úprav, 53 osob)	2,18	1,66	1,49	1,41	1,32	1,11
Horní mez [s]	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Dolní mez [s]	0,71	0,87	0,87	0,87	0,87	0,71

Tab. 20: Průměrné hodnoty doby dozvuku T₂₀ a T₃₀ a meze tolerančního pásma v měřeném prostoru

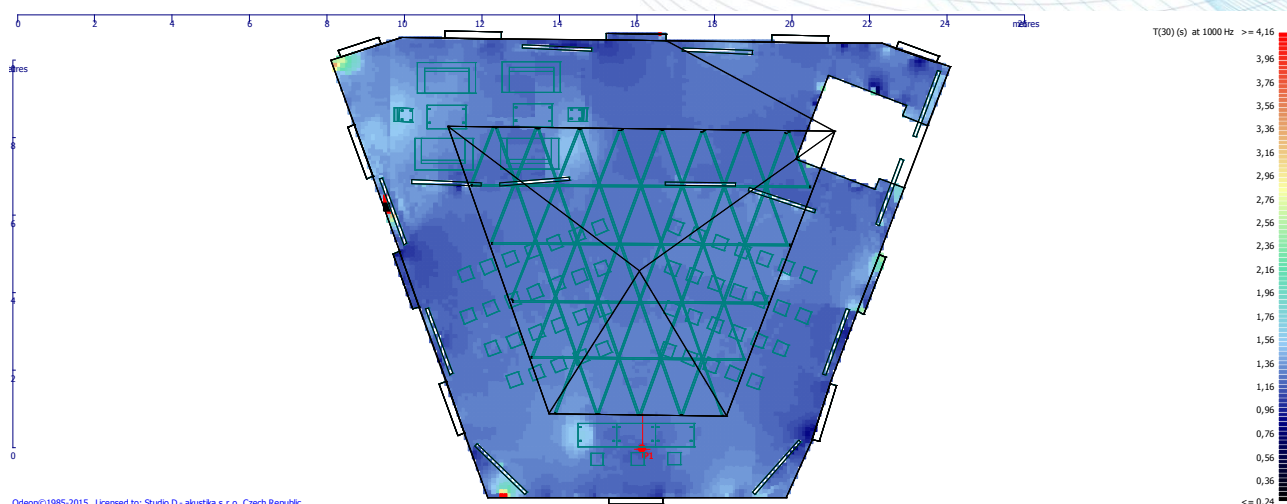
Obrazová část (nový stav včetně 53 osob):



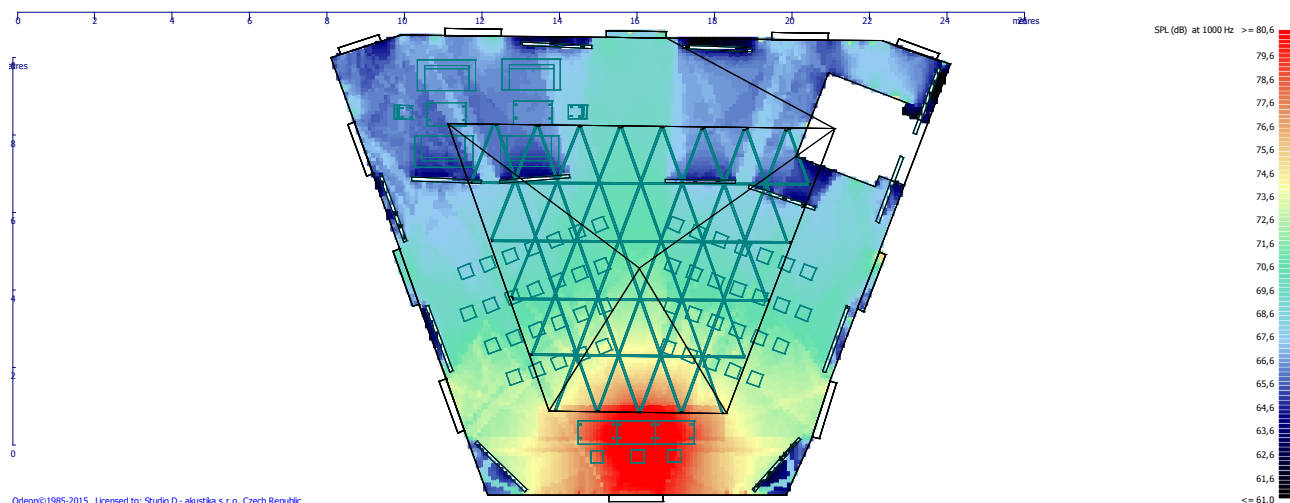
Obr. 33: Doba dozvuku EDT (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



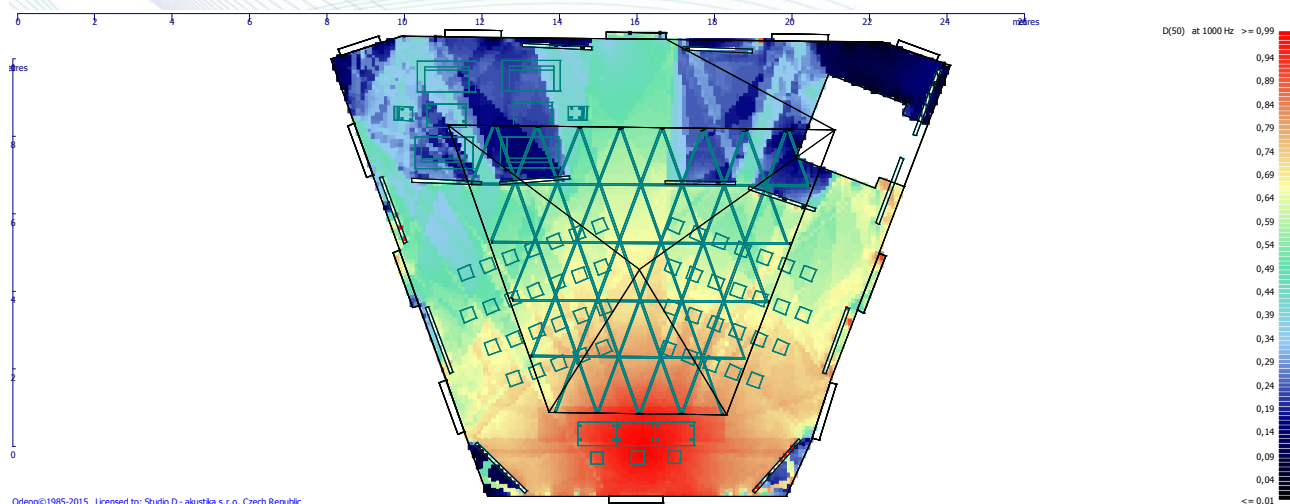
Obr. 34: Doba dozvuku T_{20} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



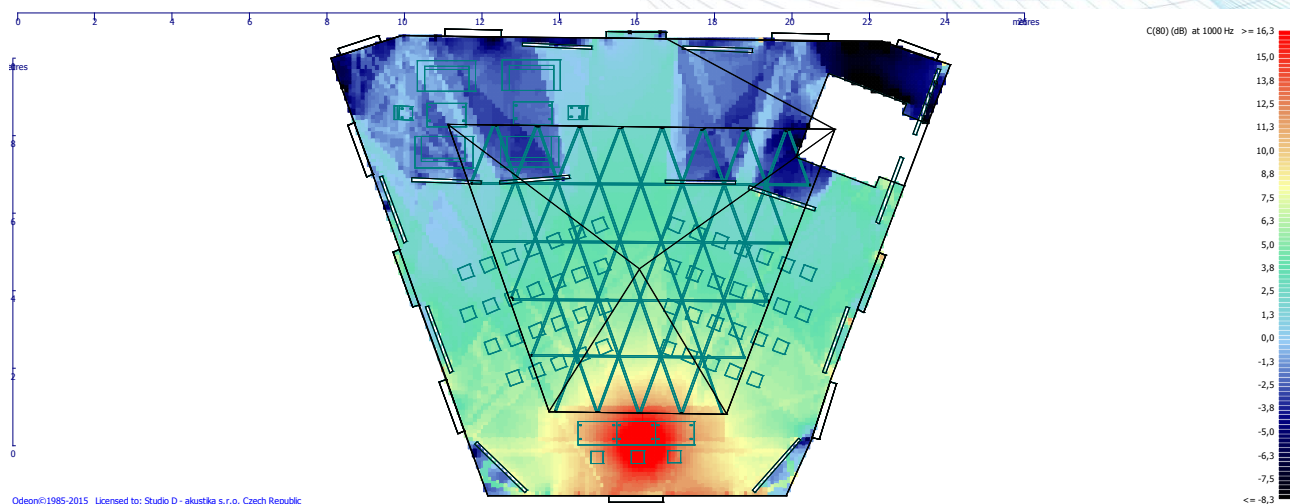
Obr. 35: Doba dozvuku T_{30} (s) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



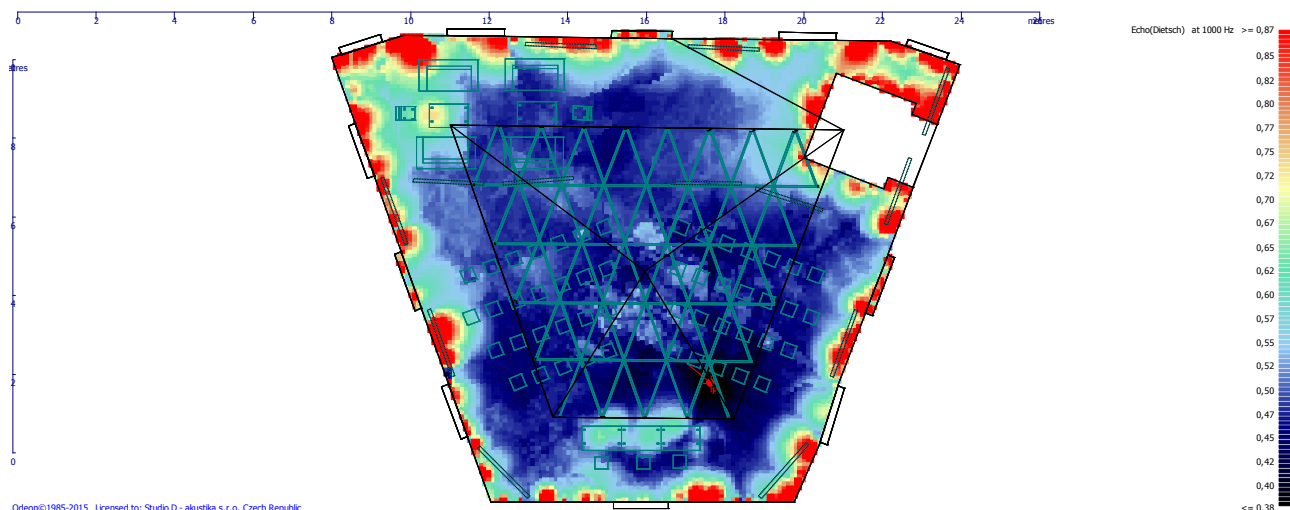
Obr. 36: Hladina akustického tlaku SPL (dB) pro 1 kHz v úrovni 1,5 m nad podlahou



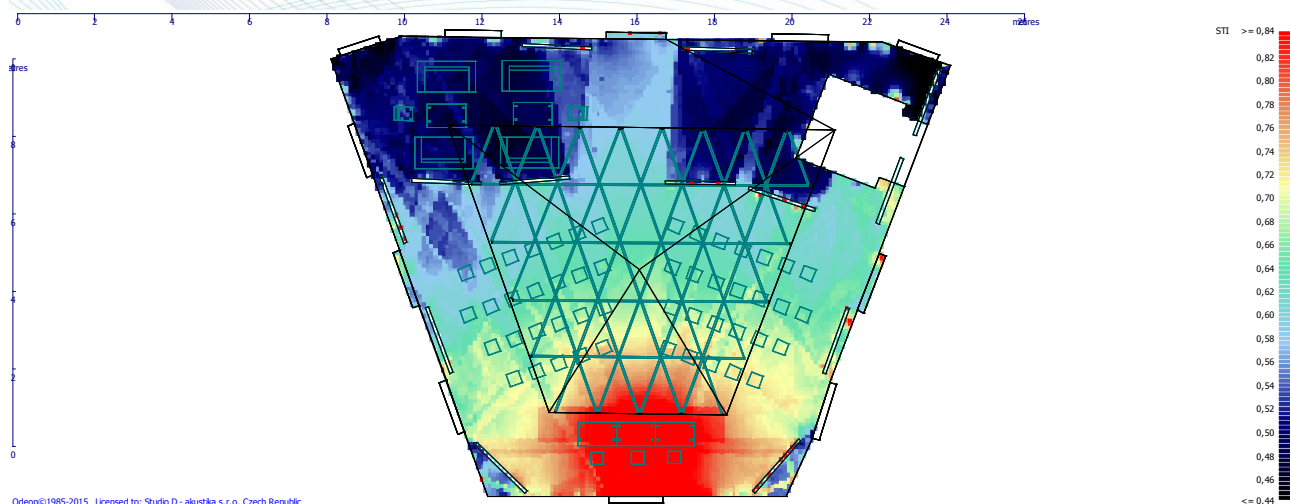
Obr. 37: Zřetelnost D₅₀ (%) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



Obr. 38: Jasnost C₈₀ (dB) pro 1 kHz v místnosti 1,5 m nad podlahou



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



Obr. 40: Srozumitelnost řeči STI 1,5 m nad podlahou

3.3 Symboly a použité zkratky

Při měření a vyhodnocení byly použity tyto parametry:

$\bar{\theta} T_{20}$; σT_{20} ; σ_{RASTI}průměrné hodnoty měřených parametrů prostorové akustiky získané aritmetickým průměrem pro jednotlivé polohy mikrofónů a polohy všesměrového zdroje hluku. Náměry, které vykazovaly nereálné hodnoty v porovnání s ostatními naměřenými hodnotami, byly vyloučeny

σT_{20} ; σT_{30} ; σ_{RASTI}směrodatné odchylky měřených parametrů prostorové akustiky v jednotlivých náměrech, tj. pro zvolené polohy mikrofónů a polohy všesměrového zdroje hluku. Náměry, které vykazovaly nereálné hodnoty v porovnání s ostatními naměřenými hodnotami, byly vyloučeny

Při následné simulaci (dopočet obsazeného prostoru) 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 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.

4 Závěr

Byla změřena doba dozvuku a další parametry prostorové akustiky ve vybraných posluchárnách v rámci projektu „FF MU, ÚAM Joštova 13, OP VVV Excelentní výzkum, Rekonstrukce objektu“.

Následně proběhla akustická simulace poslucháren v obsazeném stavu (tj. včetně osob) dle požadavků ČSN 73 0527. Na základě výsledků této simulace v obsazeném stavu bylo nutné doplnit posluchárny N02017 a N02023 materiály ovlivňující parametry prostorové akustiky. V posluchárnách se bude doba dozvuku pohybovat v tolerančních pásmech stanovených dle ČSN 73 0527. Současně bude zabezpečena velmi dobrá srozumitelnost řeči a zamezí se negativním účinkům vlivem echa. Dále také proběhla simulace prostoru N01031 – Open space, který bude teprve vystaven, tudíž nemohlo být provedeno kalibrační měření. Tento prostor nesplňuje požadavky normy na dobu dozvuku dle ČSN 73 0527, jelikož další akustické úpravy jsou zcela nevhodné z důvodu zachování historických ozdobných prvků na fasádě. I přes nesplnění normových požadavků bylo dosaženo přijatelných parametrů prostorové akustiky. Díky nevhodnému poměru stran může v prostoru vznikat echo.

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 prvků. Výsledné provedení závisí na realizační firmě.

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

Proti obsahu protokolu lze podat stížnost do šesti měsíců od jeho převzetí zákazníkem. Námitky a stížnosti se podávají písemně.

Zkušebna je oprávněna užívat odkaz na dohodu o vzájemném uznávání zkoušek a logo MRA ILAC (Mutual Recognition Arrangement – International Laboratory Accreditation Cooperation. – Dohoda o vzájemném uznávání – Mezinárodní spolupráce v oblasti akreditace laboratoří).

Razítko



Dne 2016-02-21

Ing. František Dolejší
vedoucí laboratoře

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu těchto zkoušek.

Bez písemného svolení laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

-----Konec protokolu o zkoušce-----

5 Přílohy

5.1 Souhrn posuzovaných místností

Ozn. místnosti	Účel místnosti	Podlaží	Plocha [m ²]	Navržené akustické opatření
N02017	Posluchárna	2NP	47,90	AP1: cca 47,3 m ² AP2: cca 19,44 m ²
N02023	Posluchárna	2NP	97,82	AP3: cca 20,1 m ² AP4: cca 42,6 m ² AP5: cca 48,7 m ²
N01031	Open space	1-2NP	135,78	AP1: cca 87,3 m ² AP6: cca 31,2 m ² AP7: 86 ks AP8: 12 ks

Tab. 21: Souhrnná tabulka posuzovaných místností včetně výměr navržených materiálů

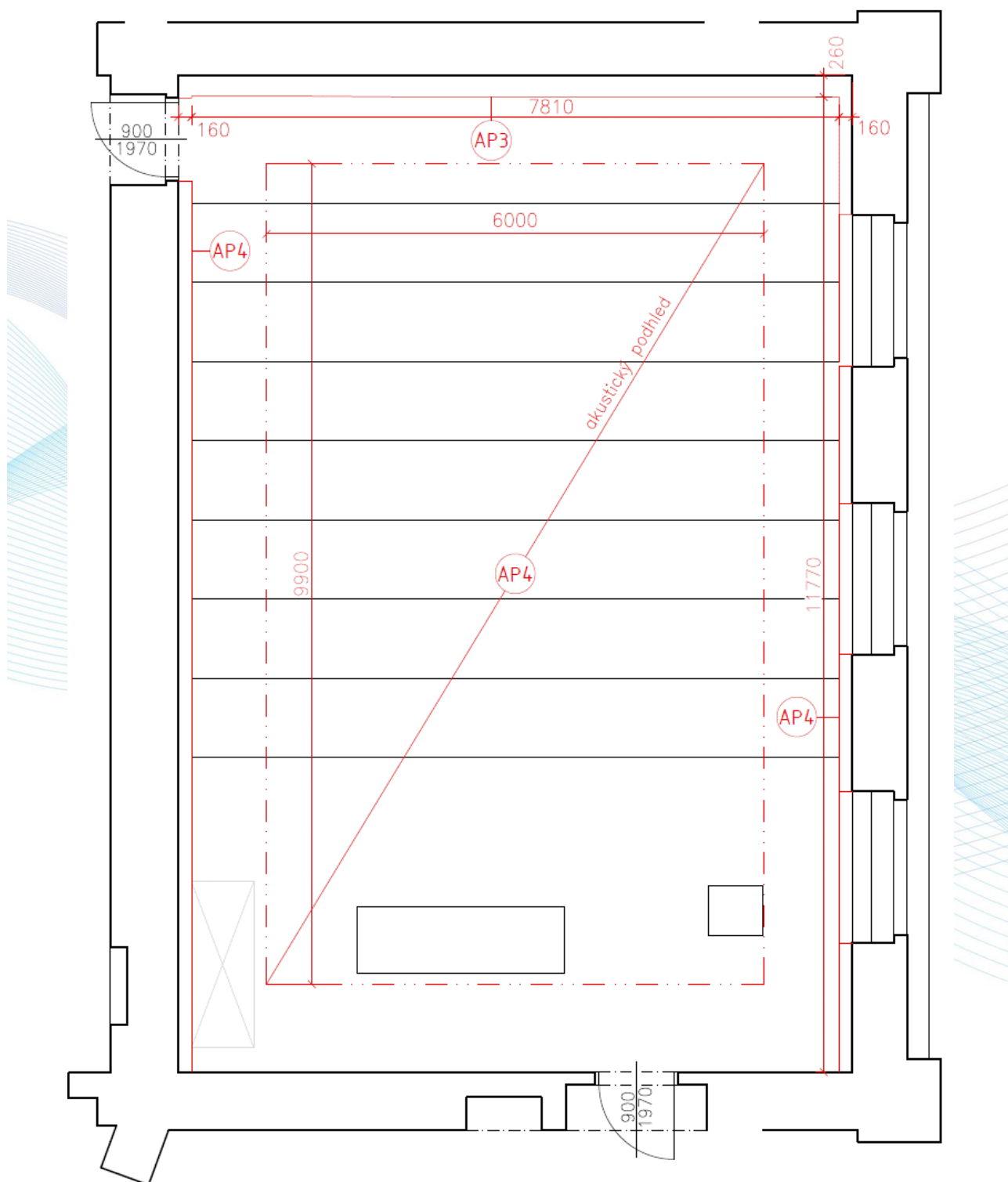
5.2 Navržené akustické systémy

Ozn. aku. opatření	Název akustického opatření	Celková hloubka systému [mm]
AP1	Ecophon Focus Ds 20 mm + Ecophon ExtraBass 50 mm	cca 500 mm
AP2	Ecophon Akusto Wall C 2700 x 600 x 40 mm	cca 43 mm (kontaktně)
AP3	Grena AK 05 + minerální izolace ($\rho \geq 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) tl. 80 mm	255 mm
AP4	Grena AK 02 + minerální izolace ($\rho \geq 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) tl. 80 mm	155 mm
AP5	Ecophon Master F 40 mm	cca 43 mm (kontaktně)
AP6	Ecophon Focus Fixiform Ds 20 mm	min 200 mm
AP7	Ecophon Solo Baffle 1200 x 300 x 40 mm	cca 830 až 2250 mm
AP8	Ecophon Akusto Screen A 1800 x 1820 x 88 mm	-

Tab. 22: Souhrnná tabulka navržených akustických materiálů v posuzovaných místnostech

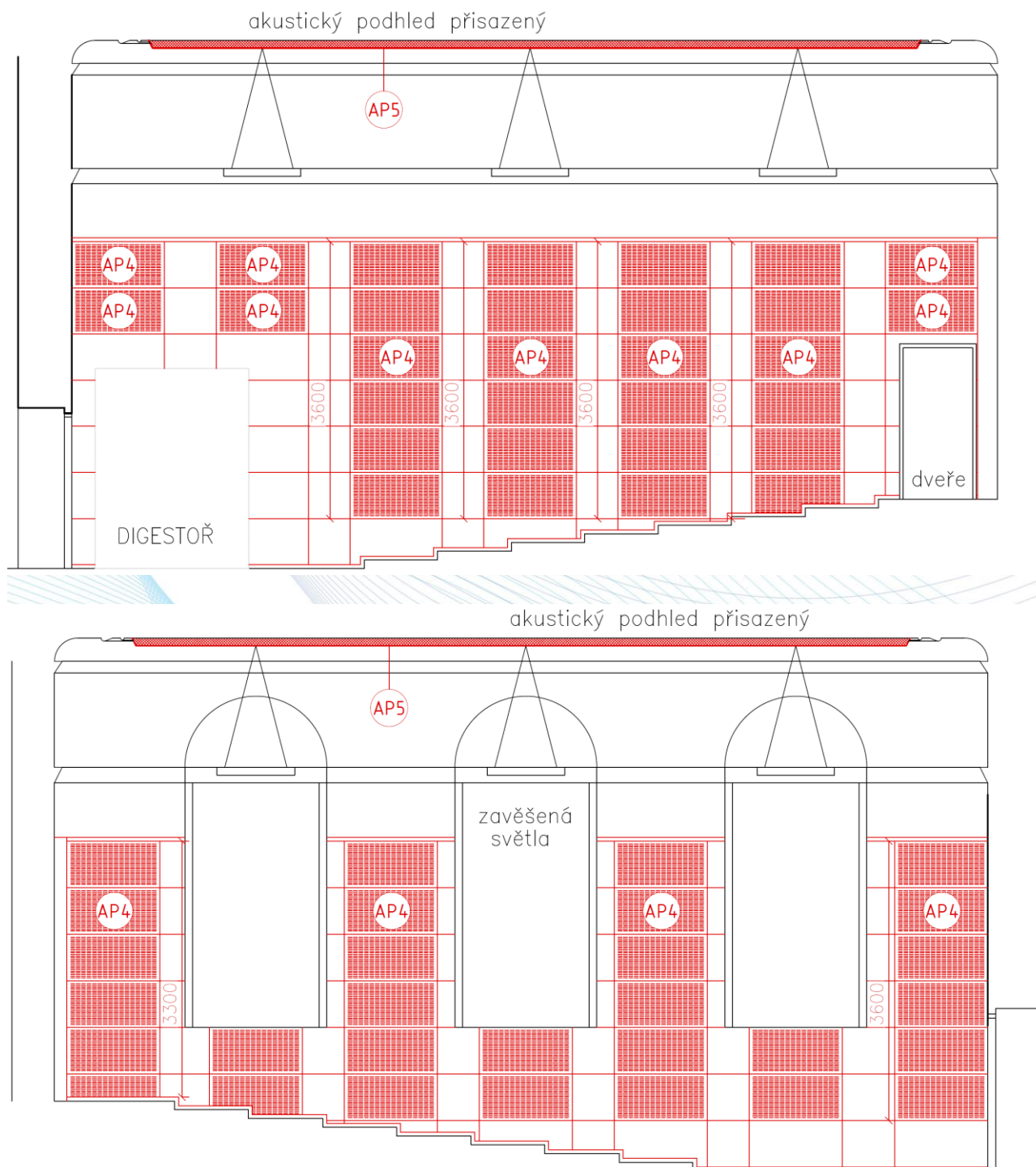
5.3 Rozmístění akustických materiálů

POSLUCHÁRNA N02023 - UMÍSTĚNÍ AKUSTICKÉHO PODHLEDU

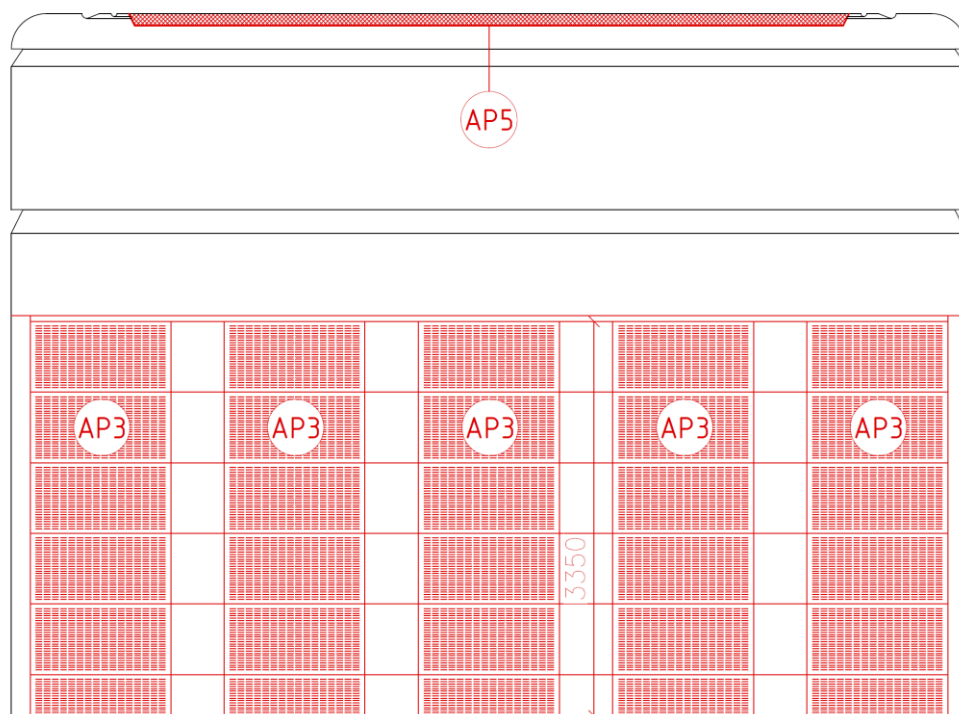


Obr. 41: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023

POSLUCHÁRNA N02023 - ROZMÍSTĚNÍ AKUSTICKÝCH PANELŮ

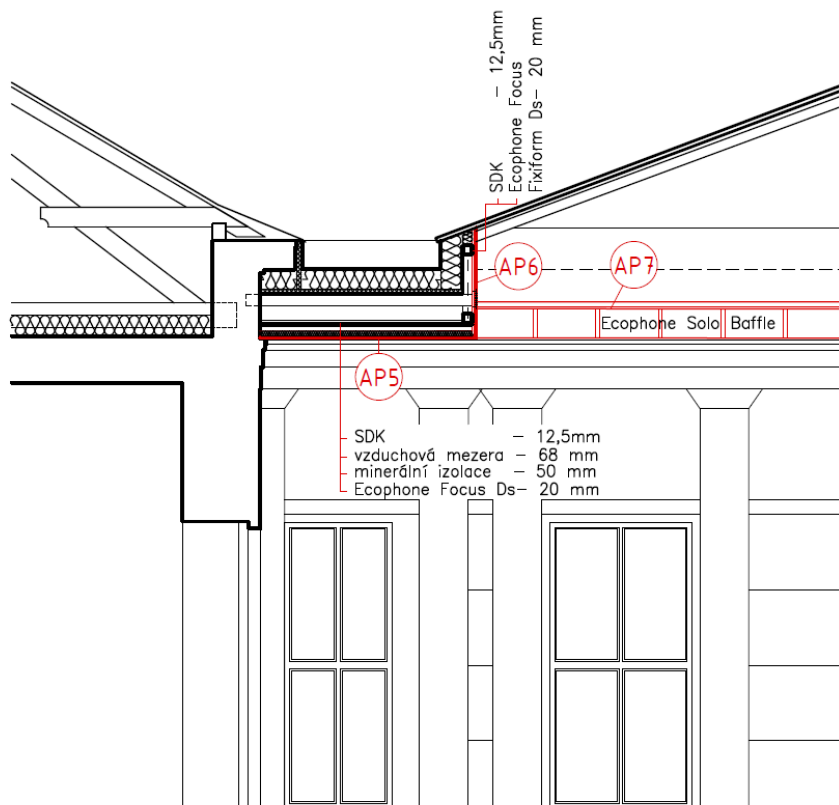


Obr. 42: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023



Obr. 43: Rozmístění navržených akustických materiálů v N02023

ŘEZ NOVOU VESTAVBOU SVĚTLÍKU



Obr. 44: Rozmístění navržených akustických materiálů v N01031

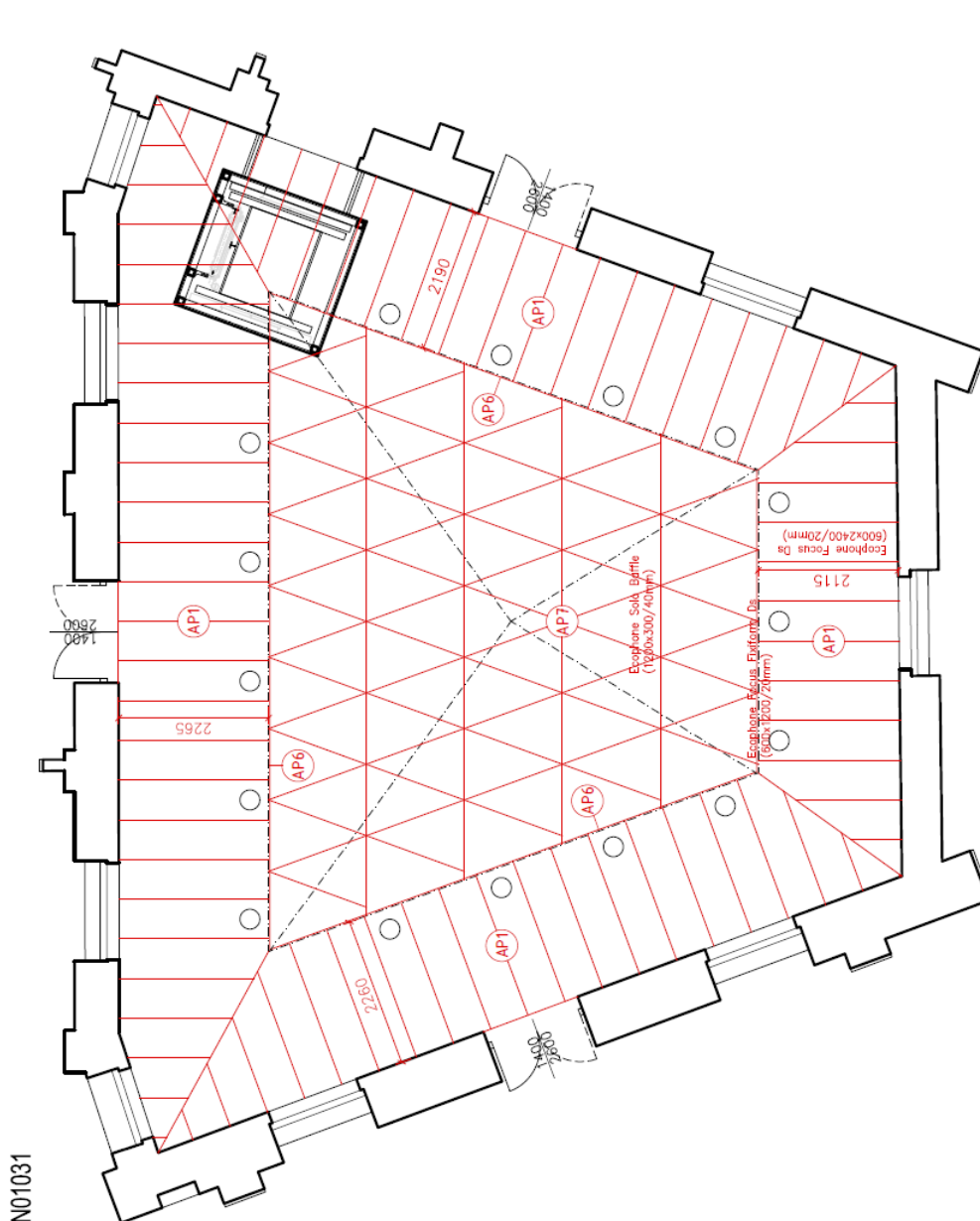
LEGENDA AKUSTICKÝCH MATERIÁLŮ

- AP1** AKUSTICKÉ STŘEPNÍ PANELE Hl. 20 mm
ECOPHON FOCUS Ds Hl. 20 mm
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU cca 500 mm
- AP2** AKUSTICKÉ STĚNOVÉ PANELE Hl. 40 mm
ECOPHON AKUSTO WALL C
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU cca 43 mm
- AP3** PERFOROVANÝ DŘEVĚNÝ OBKLAD Hl. 16 mm + MINERÁLNÍ IZOLACE Hl. 80 mm
GRENA AK 05 + MINER. IZOLACE 0 OBJ. HM. + 50 kg/m³
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU včetně OBKLADU- Ml cca 355 mm
- AP4** PERFOROVANÝ DŘEVĚNÝ OBKLAD Hl. 16 mm + MINERÁLNÍ IZOLACE Hl. 80 mm
GRENA AK 05 + MINER. IZOLACE 0 OBJ. HM. + 50 kg/m³
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU včetně OBKLADU- Ml cca 355 mm
- AP5** AKUSTICKÉ STŘEPNÍ PANELE Hl. 40 mm
ECOPHON MASTER B 600 x 600 Hl. 40 mm
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU cca 43 mm
- AP6** AKUSTICKÉ STŘEPNÍ PANELE Hl. 20 mm
ECOPHON FOCUS FANFORY Ds Hl. 20 mm
- AP7** AKUSTICKÁ ZAVĚŠENÁ TĚLESA Hl. 40 mm
ECOPHON SOLO BAFLE 1000 x 300 Hl. 40 mm
CELKOVÁ HLUBKA SYSTÉMU cca 850 mm až 2250 mm
- AP8** AKUSTICKÉ STŘEPNÍ PANELE Hl. 88 mm
ECOPHON AKUSTO SCREEN 1800 x 1820 Hl. 88 mm

POZ: - MINERÁLNÍ IZOLACE JE VYTVOŘENA V NUTNOSTI OD INTERIÉRU
NEPROUDĚNÍ KETKOU TEXTILU (Tzv. ČERNÝ VLÍSK)

- BAREVNÉ ČI JINÉ VÝTVARNÉ ZTVÁŘENÍ NA
AKUSTICKÉ PRVKY JE MOŽNÉ PO DOHODĚ S VÝROBCEM
INATISK ORNAMENTŮ, BAREVNÁ KOMPONOVÁNÍ apod.

- AKUSTICKÁ TĚLESA LZE VYUŽÍT I K UMÍSTĚNÍ
SVĚTLIDEL (PŘIHLITIVOU PLOCHU NUTNO DODAT DALŠÍMI
TĚLESY)



Obr. 45: Rozmístění navržených akustických materiálů v N01031

5.4 Odpovídající navržené akustické systémy

5.4.1 AP1: Ecophon Master Ds 40 mm + ExtraBass 50 mm



Ecophon Focus™ Ds

Výrobek je určen pro použití tam, kde jsou vyžadovány zavěšené podhledy se skrytým nosným rástrem a zároveň snadná demontovatelnost jednotlivých panelů. Ecophon Focus Ds má skrytý rošt a symetrické hrany, což umožňuje jednodušší instalaci svítidel a ventilačních výstřků. Instalované podhledy tak díky zešíkmeným hranám vytvářejí nenápadnou spáru mezi jednotlivými panely. Systém sestává z panelů Ecophon Focus Ds a rástru Ecophon Connect včetně příslušenství, hmotnost konstrukce je cca 3-4 kg/m². Kvalita systému je dána použitím panelů a nosných prvků Ecophon. Panely mají vnitřní jádro vyrobené ze skelné vlny vysoké hustoty na bázi 3RD Technology. Viditelný povrch je opatřen vrstvou materiálu Akutex™ FT a zadní strana panelu je pokryta sklovláknennou tkaninou.

Hrany jsou natřeny. Rošt je vyroben z pozinkované oceli. Systém je patentován.



Piet Hein Building, Amsterdam, Netherlands

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	600x600	1200x600	1200x1200	XL 1600x600	XL 1800x600	XL 2000x600	XL 2400x600
T24	•	•	•	•	•	•	•
Tloušťka (tl.)	20	20	20	20	20	20	20
Instalační diagram	M206, M208	M206, M208	M207	M206, M208, M238	M206, M208, M238	M206, M208, M238	M206, M208, M238

5.4.2 AP2: Ecophon Akusto Wall C



Ecophon Akusto™ Wall C

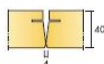
Systém Ecophon Akusto™ Wall C je stěnový zvukový absorber, který je vhodné kombinovat s akustickými podhledy. Vyznačuje se skrytým nosným rástrem a sraženými hranami tvořící úzké drážky mezi jednotlivými panely. Umožňuje dosažení vynikajících akustických vlastností zejména ve větších místnostech. Akusto™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

Panely jsou demontovatelné. Systém sestává z panelů Ecophon Akusto™ Wall C a nosného rástru 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.



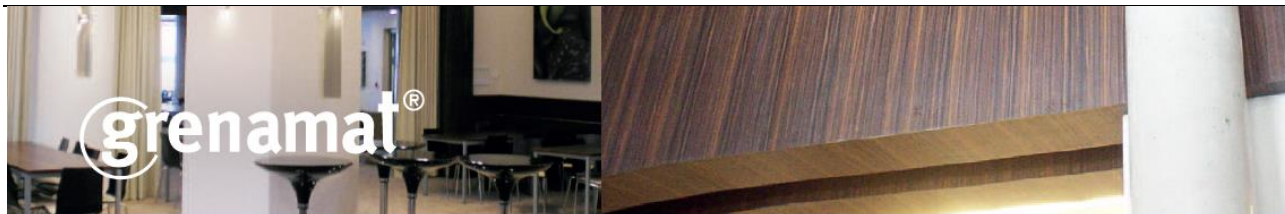
Kliniken Maria Hilf, Mönchengladbach, Germany



SYSTÉMOVÁ ŘADA

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

5.4.3 AP3: GRENA AK 05



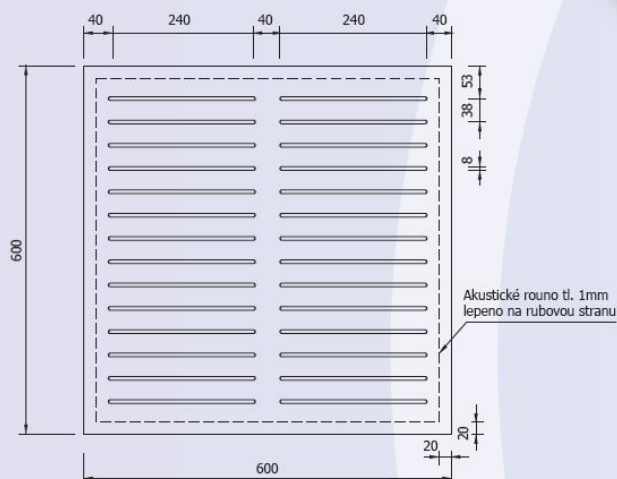
Typy a vlastnosti akustických panelů

Typ:

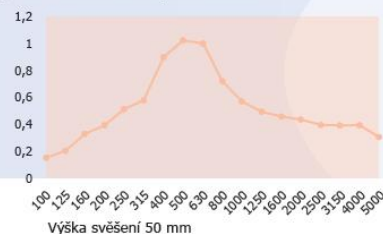
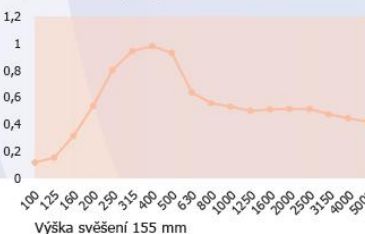
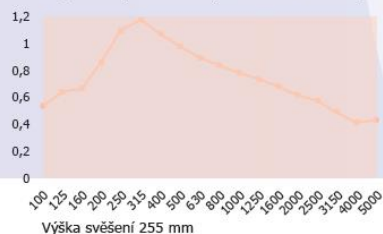
AK 05

Provedení akustického panelu:

- Grenamat AL, nehořlavý A1, případně A2 - s1,d0
- Grenamat B, třída B-s1,d0
- Povrchová úprava - HPL, CPL, dýha
- Perforace 14,83 %
- Velikost panelu 600 x 600; 1200 x 600 mm
- Tloušťka jádra 10, 12 nebo 16 mm
- Polepeno akustickým roumem
- Provedení hran dle požadavku



V grafech jsou uvedeny naměřené veličiny činitele pohltivosti α (alfa) bezrozměrné v závislosti na 1/3 okt. frekvenčních pásmech Hz.



5.4.4 AP4: GRENA AK 02



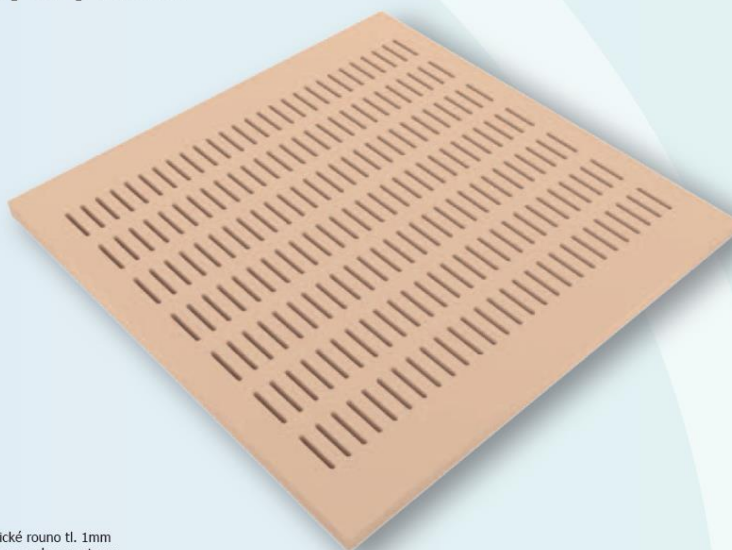
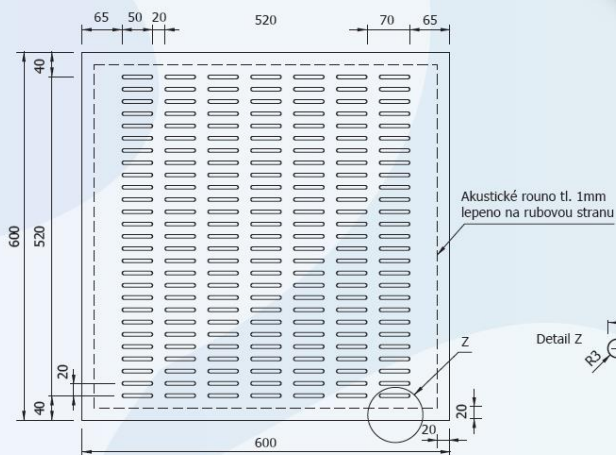
Typy a vlastnosti akustických panelů

Typ:

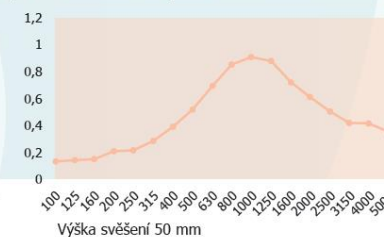
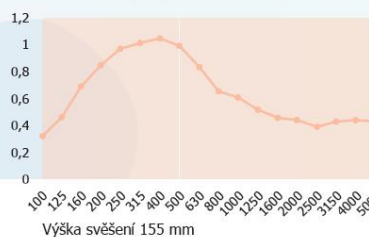
AK 02

Provedení akustického panelu:

- Grenamat AL, nehořlavý A1, případně A2 - s1,d0
- Grenamat B, třída B-s1,d0
- Povrchová úprava - HPL, CPL, dýha
- Perforace 15,34 %
- Velikost panelu 600 x 600; 1200 x 600 mm
- Tloušťka jádra 10, 12 nebo 16 mm, dle typu
- Polepeno akustickým roumem
- Provedení hran dle požadavku



V grafech jsou uvedeny naměřené veličiny činitele pohltivosti α (alfa) bezrozměrné v závislosti na 1/3 okt. frekvenčních pásmech Hz.



5.4.5 AP5: Ecophon Master F



Ecophon Master™ F

Panel je vhodný pro školy, otevřené kanceláře, nebo jiné prostory s přísnými požadavky na dobrou akustiku a srozumitelnost řeči. Ecophon Master F se instaluje přímo na stávající omítnutý strop, obložení nebo beton, čímž se vytváří strop s hladkým vzhledem. Zešikmené hrany vytvářejí úzkou drážku mezi jednotlivými panely. Panely nejsou demontovatelné.

Ecophon doporučuje Connect šrouby pro rychlou a bezpečnou instalaci.

Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna vysoké hustoty využívající 3RD Technology. Viditelný povrch je opatřen vrstvou materiálu Akutex™ FT. Zadní strana panelu je potažena skelnou tkaninou. Hrany jsou zesílené a opatřené nátěrem. Hmotnost konstrukce je cca 5 kg/m².



Wolkerried Kindergarten, Wolkerried, Germany

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	600x600	1200x600
Přímá montáž	•	•
Tloušťka (tl.)	40	40
Instalační diagram	M52	M52

5.4.6 AP6: Ecophon Focus Fixiform Ds



Ecophon Focus™ Fixiform Ds

Ecophon Focus Fixiform Ds se používá k vytvoření výškového přechodu mezi různými úrovněmi stropu. Panely jsou dodávány rovné a skládají se v místě montáže do záhybu 90°. K dispozici je 8 mm tyč, která se vsune do místa záhybu, jako upevňovací spoje. Rozdíl v úrovni lze nastavit mezi 150 a 530 mm pro standardní panely a až 1930 mm pomocí systému XL. Panely Fixiform nejsou demontovatelné.

Pro dosažení nejlepších výsledků a kvality systému, použijte systém Ecophon Connect a jeho příslušenství.

Systém se stává z panelů Fixiform, jeho příslušenství a vnějších a vnitřních rohů pro standardní velikosti. Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna vysoké hustoty. Viditelný povrch je opatřen vrstvou Akutex™ FT. Hrany mají detail typu C a jsou zatížené. Systém je patentován.



Nijmegen, Groningen, Netherlands

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	1200x600	XL 1500x600	XL 1900x600	XL 2300x600
T24	•	•	•	•
Tloušťka (tl.)	20	20	20	20
Instalační diagram	M274	M275	M275	M275

5.4.7 AP7: Ecophon Solo Baffle



Ecophon Solo™ Baffle

Ecophon Solo Baffle jsou akustickým řešením převážně v případech, kdy nelze instalovat celoplošný stropní podhled. Solo Baffle jsou také vhodné do místností, kde je zapotřebí zachovat jejich objem a světlou výšku, či do budov, které jsou vybaveny systémy chlazení TABS (Tepelně aktivní stavební systém).

jsou rovné a natřené. Panely Ecophon Solo Baffle jsou snadno demontovatelné.

Nabízejí se tři možnosti instalace panelů Solo Baffle a to buď pomocí Connect baffle profilů, Connect stavitelných závěsů, nebo zavěšením na rastr Connect. Hmotnost celého systému je 2-3 kg/m. Panely mají jádro vyrobené ze skelné vlny o vysoké hustotě na bázi 3RD Technology. Přední i zadní strana panelu disponuje povrchem Akutex™ FT. Hrany



Malru, Rusko

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	1200x200	1200x300	1200x600
Speciální montáž	•	•	•
Tloušťka (tl.)	40	40	40
Instalační diagram	M232, M322	M232, M322	M232, M322

5.4.8 AP8: Ecophon Akusto Screen

Ecophon Akusto™ Screen A

Ecophon Akusto Screen je vysoce efektivní zvuk pohlcující paraván, který v kombinaci s akustickým stropem vytvoří vynikající pracovní prostředí v místnostech, jako jsou velkoprostorové kanceláře. Akusto Screen je důležitou součástí akustického řešení pro budovy využívající TABS (Tepelně aktivní stavební systém). Povrch paravánu tvoří z obou stran sklovná tkanina Texona, která je totožná s povrchem akustických stěnových panelů Akusto Wall™. Díky tomu je dosaženo designu celého interiéru ve stejném barevném odstínu.

je 24 až 44 kg. Zároveň je i možná instalace skleněného nástavce o tloušťce 6 mm a výšce 400 mm na horní části paravánu. Celková výška paravánu pak je 1820 mm. Podstavec je z eloxovaného hliníku.

Ecophon Akusto Screen má jádro vyrobené ze skelného vlákna vysoké hustoty. Celý panel je lemován rámem z eloxovaného hliníku. Přibližná hmotnost celého paravánu



Polish Air Navigation Services Agency - Air Traffic Control Centre, Warsaw, Poland

SYSTÉMOVÁ ŘADA



Rozměry, mm	1420x1200	1420x1800
Samo stojné	•	•
Tloušťka (tl.)	88	88
Instalační diagram	M340	M340