

Název:

ČRo Brno – rekonstrukce studiového komplexu v přízemí a suterénu budovy, Beethovenova 4, Brno

Zakázkové číslo: 16-08-13
Profese: prostorová akustika
Dokument: technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace: dokumentace pro stavební povolení DSP
Datum: prosinec 2016

Zpracoval: Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Krátkého 211/2, 190 00 Praha 9

tel.: +420 731 463 403

e-mail.: hradek@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647



Obsah:

1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	3
1.1.	VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY	3
1.2.	POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2.	PROSTOROVÁ AKUSTIKA.....	4
2.1.	POPIS STAVU PROSTORŮ V DOBĚ MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU	4
2.2.	POPIS MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU	5
2.3.	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU	5
2.4.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	6
2.5.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	8
2.6.	SPECIFIKACE AKUSTICKÝCH PRVKŮ – OBECNÝ POPIS	8
2.7.	ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY.....	10
3.	ZÁVĚR	13

Přílohy:

Grafická příloha:

VP1 – graf změřené doby dozvuku, cílové toleranční pásmo, výpočetní koncept - P16 - studio S8

VP2 – graf změřené doby dozvuku, cílové toleranční pásmo, výpočetní koncept - P17 - režie R8

VP3 – graf změřené doby dozvuku, cílové toleranční pásmo, výpočetní koncept - P20 - režie R7

VP4 – graf změřené doby dozvuku, cílové toleranční pásmo, výpočetní koncept - P21 - plenér

VP5 – graf změřené doby dozvuku, cílové toleranční pásmo, výpočetní koncept - P22 - studio S7

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová dokumentace poskytnutá objednatelem
- ústní informace předané při jednáních se zástupcem objednatele a zástupcem investora
- výsledky vstupního měření doby dozvuku

1.2. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN EN ISO 3382-1 Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči, leden 2010
- [2] ČSN 73 0525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady – únor 1998
- [3] ČSN 73 0526 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku – únor 1998
- [4] ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely – březen 2005
- [5] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [6] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6
- [7] EBU tech 3276 - Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic, May 1998
- [8] EBU tech 3276 – Supplement 1 - Listening conditions for the assessment of sound programme material: multichannel sound, October 2002
- [9] T. Cox, P. D'Antonio: Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application, Spon Press, 2004
- [10] T. Cox, P. D'Antonio: Two Decades of Sound Diffuser Design and Development, Part 1: Applications and Design
- [11] T. Cox, P. D'Antonio: Two Decades of Sound Diffuser Design and Development, Part 2: Prediction, Measurement, and Characterization

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. POPIS STAVU PROSTORŮ V DOBĚ MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU

P16 - studio S8 – vstupní měření dne 26.10.2016

Akustické úpravy:

strop: stávající akustické obklady stropu

stěny: stávající akustické obklady stěn

podlaha: zátěžový čistící koberec

Vybavení místnosti:

Prostor studia se nacházel z hlediska vnitřního vybavení ve standardním provozním stavu. Navíc zde bylo umístěno pouze drobné studiové vybavení v celkové ploše cca 1,5 m². Okna a dveře byly uzavřeny. V době měření byly v prostory přítomny dvě osoby.

P17 - režie R8 – vstupní měření dne 26.10.2016

Akustické úpravy:

strop: stávající akustické obklady stropu

stěny: stávající akustické obklady stěn

podlaha: zátěžový čistící koberec

Vybavení místnosti:

Prostor režie se nacházel z hlediska vnitřního vybavení ve standardním provozním stavu. Okna a dveře byly uzavřeny. V době měření byly v prostory přítomny dvě osoby.

P20 - režie R7 – vstupní měření dne 26.10.2016

Akustické úpravy:

strop: stávající akustické obklady stropu

stěny: stávající akustické obklady stěn

podlaha: zátěžový koberec

Vybavení místnosti:

Prostor režie se nacházel z hlediska vnitřního vybavení ve standardním provozním stavu. Okna a dveře byly uzavřeny. V době měření byly v prostory přítomny dvě osoby.

P21 - plenér – vstupní měření dne 26.10.2016

Akustické úpravy:

strop: akustické jehlany v celé ploše stropu

stěny: akustické jehlany v celé ploše stěn mimo plochy vedle vstupních dveří, plochy vertikálního instalačního kanálu na boční stěně a plochy kolem okna do režie

podlaha: koberec s přídatnou absorpční podložkou

Vybavení místnosti:

Prostor plenéru se nacházel z hlediska vnitřního vybavení ve standardním provozním stavu. Okna a dveře byly uzavřeny. Před oknem byly zataženy textilní závěsy. V době měření byly v prostory přítomny dvě osoby.

P22 - studio S7 – vstupní měření dne 26.10.2016

Akustické úpravy:

strop: stávající akustické obklady stropu

stěny: stávající akustické obklady stěn

podlaha: polovina podlahové plochy byla tvořena kobercem a polovina linoleem

Vybavení místnosti:

V prostoru studia se nacházelo značné množství nábytkového a interiérového vybavení, což je z dlouhodobého hlediska běžný provozní stav. Byly zde umístěny ruchové rekvizity v ploše cca 10 m², nábytkové vybavení (stoly, židle, skříně, atd.) v ploše cca 30 m², 6 ks vysokých absorpčních paravanů, dvě koncertní křídla přikrytá textilním potahem a ozvučovací technické vybavení v celkové ploše cca 10 m². Okna a dveře byly uzavřeny. V době měření byly v prostoru přítomny dvě osoby.

2.2. POPIS MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU

Měření doby dozvuku bylo provedeno podle ČSN EN ISO 3382-1. Měřicí signál byl impulsní – výstřel ze startovací pistole. Impulsová odezva místnosti byla zaznamenána měřicím mikrofonom a vyhodnocena analyzátořem zvuku. Měření bylo provedeno v 8 až 12 různých vzájemných místech polohy zdroje zvuku a měřicího mikronu a bylo vyhodnoceno v oktávových frekvenčních pásmech se středními kmitočty v rozsahu 125 Hz až 4 kHz (dle ČSN 73 0525). Výška zdroje zvuku byla 1500 mm nad podlahou, výška měřicího mikrofону byla 1200 mm nad podlahou. Doba dozvuku byla stanovena přednostně z úseku od -5 dB do -25 dB na dozvukové křivce (tj. hodnoty T_{20}). Výsledné hodnoty byly stanoveny jako průměrné hodnoty získané z jednotlivých měřicích míst v každé místnosti.

Popis stavu místnosti v době měření je uveden v kapitole 2.1.

Měřicí aparatura:

Zvukoměr NTi audio XL2 – SN 07300215

Mikrofon NTi audio MA220 – SN 3208

Kalibrační zařízení:

Kalibrátor NTi audio Larson Davis CAL200 – SN 10692

Zdroj měřicího signálu:

Startovací pistole IWG Record GP 1S cal. 6 mm

Signální revolver EKOL Viper 2.5" cal. 9 mm – SN E2VP-1450011

2.3. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU

P16 - studio S8

Naměřená doba dozvuku se pohybuje kolem hodnoty $T = 0,4$ s. Frekvenční průběh vykazuje určitou míru nevyrovnanosti s výraznějším poklesem mezi oktávovými pásmy 125 Hz a 250 Hz (viz výpočetní příloha VP1). Zmíněná frekvenční nevyrovnanost není až tak výrazná, nicméně je jevem nežádoucím. Cílem nově provedených akustických úprav bude mírné zkrácení doby dozvuku a jeho frekvenční vyrovnaní.

P17 - režie R8

Naměřená doba dozvuku vykazuje značnou frekvenční nevyrovnanost. Zatímco na vysokých kmitočtech (oktávové pásmo 4 kHz) klesají hodnoty až na $T = 0,26$ s, na nízkých kmitočtech (oktávové pásmo 125 Hz) dosahuje doba dozvuku téměř dvojnásobku ($T = 0,48$ s) - viz výpočetní příloha VP2. Cílem nově provedených akustických úprav bude zkrácení a frekvenční vyrovnaní doby dozvuku.

P20 - režie R7

Naměřená doba dozvuku se pohybuje kolem střední hodnoty $T = 0,42$ s. Frekvenční průběh je poměrně vyrovnaný (viz výpočetní příloha VP3). Cílem nově provedených akustických úprav bude vzhledem k nově uvažovanému vícekanálovému systému ozvučení 5.1 zkrácení doby dozvuku.

P21 - plenér

Naměřená doba dozvuku vykazuje značnou frekvenční nevyrovnanost. Zatímco na středních a vysokých kmitočtech se pohybuje kolem hodnoty $T = 0,1$ s, na nízkých kmitočtech (oktávové pásmo 125 Hz) stoupá až na $T = 0,32$ s (viz výpočetní příloha VP4). Cílem nově provedených akustických úprav bude zachování stávající doby dozvuku na středních a vysokých kmitočtech a maximální dosažitelné zkrácení doby dozvuku na nízkých kmitočtech.

P22 - studio S7

Naměřená doba dozvuku se pohybuje kolem střední hodnoty $T = 0,7$ s. Frekvenční průběh je poměrně vyrovnaný (viz výpočetní příloha VP5). Naměřená doba dozvuku je značným způsobem ovlivněna pohltivostí interiérového vybavení (viz popis v kapitole 2.1). Cílem nově provedených akustických úprav bude zajištění plně funkční variabilní akustiky s dobou dozvuku s min. rozsahem $T = 0,55$ až $0,8$ s.

2.4. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Pro akusticky náročné prostory vyžadují jak normy ČSN 73 0525, 73 0526 a 73 0527, tak i praktické zkušenosti speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Při návrhu je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku a jejich nevhodnému šíření v rámci řešeného prostoru. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité jejich vhodné umístění v prostoru tak, aby byly potlačeny nežádoucí silné odrazy zvuku s větším časovým zpožděním za přímým zvukem a neobjevovala se třepotavá ozvěna. Dále je kladen zvláštní důraz na frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a také na prostorovou vyrovnanost zvukového pole zejména v prostorech určených pro snímání a poslech zvuku.

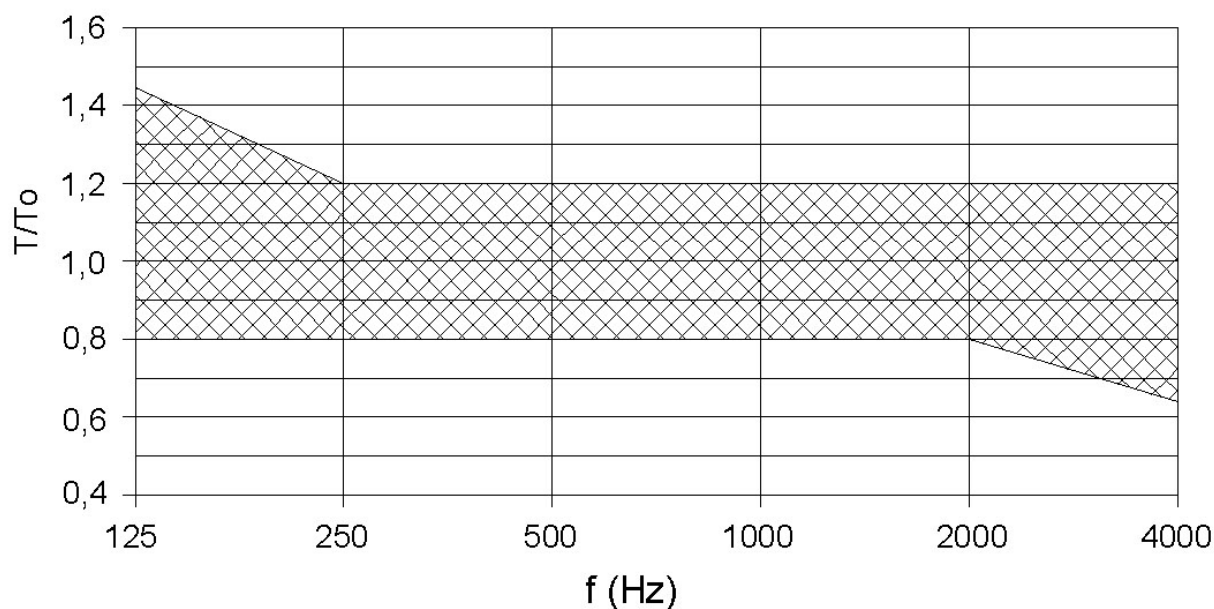
Akusticky náročné prostory:

Cílové doby dozvuku řešených akusticky náročných prostor uvedené v Tab. 1 (viz níže) byly stanoveny na základě požadavků definovaných v normě ČSN 73 0526, doporučení EBU tech 3276, předchozích zkušeností a jednání se zástupci investora.

Frekvenční průběh doby dozvuku všech řešených prostor by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 1. Jedná se o toleranční pásmo určené pro hudbu a řeč.

číslo místnosti	název místnosti	půdorysná plocha [m ²]	předpokládaná střed. výška [m]	předpokládaný objem [m ³]	optimální doba dozvuku T_0 [s]
P16	studio S8	23,0	4,0	92,0	0,25 - 0,3
P17	režie R8	16,0	3,7	59,2	0,2 - 0,25
P20	režie R7	42,0	3,7	155,4	0,25 - 0,3
P21	plenér	17,0	3,7	62,9	0,1 - 0,15
P22	studio S7	151,0	4,3	649,3	0,55 - 0,8*

*Pozn.: Rozšířený rozsah optimální body dozvuku bude zajištěn pomocí textilních prvků variabilní akustiky.



Obr. 1 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu hudby i řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

Prostory s nižším nárokem na prostorovou akustiku:

S04 – strojovna VZT

Jedná se zejména o snížení celkové hladiny hluku z důrazem na zatlumení nízkých kmitočtů až do oktávového pásma 63 Hz.

S25 – denní místnost

Jedná se zejména o snížení celkové hladiny hluku denní místnosti.

S29 – chodba včetně zádveří

Jedná se zejména o snížení celkové hladiny hluku v rámci ztišení prostoru přímo pod hlavním nahrávacím studiem.

P15 - předsálí

Jedná se zejména o snížení celkové hladiny hluku v rámci ztišení prostoru sousedícího s hlavním nahrávacím studiem.

P19 – chodba

Jedná se zejména o snížení celkové hladiny hluku v chodbě.

2.5. TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU

Pro výpočet doby dozvuku byl dle ČSN 73 0525 použit Eyringův vztah:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} \text{ [s]}$$

kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je objem místnosti

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

$\alpha_s \text{ [-]}$ je střední hodnota činitele zvukové pohltivosti

$m \text{ [-]}$ je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} \text{ [-]}$$

kde $S_i \text{ [m}^2\text{]}$ je dílčí pohltivá plocha

$\alpha_i \text{ [-]}$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Výpočty doby dozvuku jsou prováděny dle ČSN 73 0525 v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 kHz. Všechny řešené prostory jsou ve výpočtu doby dozvuku uvažovány v obsazeném stavu.

Do výpočtu doby dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické parametry ale nelze pominout (nábytek, vybavení, osoby, atd.)

2.6. SPECIFIKACE AKUSTICKÝCH PRVKŮ – OBECNÝ POPIS

STĚNOVÉ AKUSTICKÉ OBKLADY

VP – vykrývací panely

- jedná se o vykrývací panely z materiálu na bázi dřeva vykazující mírnou pohltivost na nízkých kmitočtech; panely doplňují plochy ostatních akustických obkladů a zajišťují tím jednolitost obkladových ploch

ALO – absorpční lamelové nebo perforované obklady

- jedná se o širokopásmové absorpční stěnové obklady z materiálu na bázi dřeva s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních kmitočtech; provedení může být dle interiérového konceptu buď lamelové, nebo frézované do deskového materiálu

ATP – absorpční textilní panely

- jedná se o širokopásmové pohltivé stěnové obklady s textilním lícovým povrchem s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech; lícová plocha obkladu musí být provedena s ohledem na zajištění dostatečné mechanické odolnosti

NFR-S – nízkofrekvenční rezonátory - stěnové

- nízkofrekvenční rezonátory z materiálu na bázi dřeva s rezonanční frekvencí v intervalu 100 až 130 Hz; mohou být orientovány jak horizontálně, tak i vertikálně dle potřeby řešení interiéru a akustické funkčnosti

DSO – difuzní stěnové obklady

- jedná se o profilované nebo lamelové panely z materiálu na bázi dřeva, zajišťující rozptyl zvukové energie v řešeném prostoru

JAPK-S – jehlanové absorbéry s průzvučným krytím - stěnové

- jedná se o speciální jehlanové absorbéry dosahující maximálních dosažitelných hodnot činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech; jehlany jsou z estetických důvodů pro sjednocení povrchů a usnadnění údržby překryty průzvučnou krycí textilií na podkladním roštu

APA – akustické pojezdové absorbéry

- jedná se o vysoce absorpční panely ukotvené na kolejnicovém systému s možností pojezdu před prosklenou okenní plochou; panely mají maximum činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech

AJS – akustické japonské stěny

- jedná se o mobilní textilní akustické prvky s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech určené před prosklené plochy oken; jednotlivé textilní šály mají šířku cca 700 mm a jsou umístěny na víceřadých kolejnicích

ATZ – akustické textilní závěsy

- jedná se o textilní akustické závěsy funkčně určené jakožto prvky variabilní akustiky; akustické závěsy vykazují maximum činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech

STROPNÍ AKUSTICKÉ PRVKY

MPN – minerální podhled nízkofrekvenční

- jedná se o minerální podhledové kazety se sníženou pohltivostí na středních a vysokých kmitočtech; kazetový podhled může být dle potřeby doplněn přídatnou absorpční vložkou

MPS – minerální podhled širokopásmový

- jedná se o širokopásmově pohltivé minerální podhledové kazety; kazetový podhled může být dle potřeby doplněn přídatnou absorpční vložkou

JAPK-P – jehlanové absorbéry s průzvučným krytím - podhledové

- jedná se o speciální jehlanové absorbéry dosahující maximálních dosažitelných hodnot činitele zvukové pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech; jehlany jsou z estetických důvodů, pro sjednocení povrchů a usnadnění údržby překryty průzvučnou krycí textilií na podkladním roštu

ALPP – absorpční lamelové nebo perforované podhledové prvky

- jedná se o širokopásmově pohltivé podhledové prvky z materiálu na bázi dřeva s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních kmitočtech; provedení může být dle interiérového konceptu buď lamelové, nebo frézované do deskového materiálu

SNA – subtónové nízkofrekvenční absorbéry

- speciální membránové absorbéry z materiálu na bázi dřeva o základním rozměru 500×500×1000 mm; absorpční účinnost již od třetino-oktávového pásma 50 Hz

NFR-P – nízkofrekvenční rezonátory - podhledové

- nízkofrekvenční rezonátory z materiálu na bázi dřeva s rezonanční frekvencí v intervalu 100 až 130 Hz; s ohledem na maximální účinnost jsou povětšinou umísťovány po obvodu stropu

DSP – difuzní stropní panely

- jedná se o profilované nebo lamelové panely z materiálu na bázi dřeva, zajišťující rozptyl zvukové energie v řešeném prostoru

2.7. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

P16 - STUDIO S8

koncepte akustických úprav - strop:

Studio bude mít proveden akustický podhled z minerálních kazet. Podhled bude pro optimalizaci funkčnosti kombinovaný s dvou druhů absorpčně odlišných kazet **MPN** a **MPS** (viz kap. 2.6). Podhled nebude dotažen až ke stěnám. Nad podhledem budou po celém obvodu mimo stěny s oknem umístěny nízkofrekvenční absorbéry buď v podobě **NFR-P** nebo **SNA** (viz kap. 2.6), dle prostorových možností. Tyto prvky mají zajistit frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a dále omezit vlastní módy zvukového pole v prostoru.

koncepte akustických úprav - stěny:

Celoplošné stěnové obklady budou tvořeny akustickými prvky z materiálu na bázi dřeva, které mohou být vizuálně sjednoceny textilním čalouněním. Bude se jednat o širokopásmové absorbéry **ALO** (viz kap. 2.6), difuzní stěnové obklady **DSO** (viz kap. 2.6), nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6) a vykrývací panely **VP** (viz kap. 2.6) tvořící doplňkové plochy. Do výšky cca 200 mm bude po celém obvodu místnosti proveden odnímatelný sokl. Na stěnu s okny budou osazeny akustické japonské stěny **AJS** (viz kap. 2.6), které budou zajišťovat zclonění, zamezovat odrazu zvuku od prosklené plochy oken a fungovat jako korekční prvek variabilní akustiky.

P17 - REŽIE R8

koncepte akustických úprav - strop:

Režie bude mít proveden akustický podhled z minerálních kazet. Podhled bude pro optimalizaci funkčnosti kombinovaný s dvou druhů absorpčně odlišných kazet **MPN** a **MPS** (viz kap. 2.6). Podhled nebude dotažen až ke stěnám. Nad podhledem budou po celém obvodu mimo stěny s oknem umístěny nízkofrekvenční absorbéry buď v podobě **NFR-P** nebo **SNA** (viz kap. 2.6), dle prostorových možností. Tyto prvky mají zajistit frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a dále omezit vlastní mody zvukového pole v prostoru.

koncepte akustických úprav - stěny:

Celoplošné stěnové obklady budou tvořeny akustickými prvky z materiálu na bázi dřeva, které mohou být vizuálně sjednoceny textilním čalouněním. Bude se jednat o širokopásmové absorbéry **ALO** (viz kap. 2.6), nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6) a vykrývací panely **VP** (viz kap. 2.6) tvořící doplňkové plochy. Do výšky cca 200 mm bude po celém obvodu místnosti proveden odnímatelný sokl. Na stěnu s okny budou osazeny akustické japonské stěny **AJS** (viz kap. 2.6), které budou zajišťovat zaclonění, zamezovat odrazu zvuku od prosklené plochy oken a fungovat jako korekční prvek variabilní akustiky.

P20 - REŽIE R7

koncepte akustických úprav - strop:

Režie bude mít proveden akustický podhled z minerálních kazet. Podhled bude pro optimalizaci funkčnosti kombinovaný s dvou druhů absorpčně odlišných kazet **MPN** a **MPS** (viz kap. 2.6). Podhled bude výškově profilovaný s ohledem na směřování odrazů a celkovou distribuci zvuku. Dále podhled nebude dotažen až ke stěnám. Nad podhledem budou po celém obvodu mimo stěny s okny umístěny nízkofrekvenční absorbéry v podobě **SNA** (viz kap. 2.6). Tyto prvky mají zajistit frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a dále omezit vlastní mody zvukového pole v prostoru.

koncepte akustických úprav - stěny:

Celoplošné stěnové obklady budou tvořeny akustickými prvky z materiálu na bázi dřeva, které mohou být vizuálně sjednoceny textilním čalouněním. Do výšky cca 200 mm bude po celém obvodu místnosti proveden odnímatelný sokl. Dále do výšky cca 900 mm budou dle upřesněného výpočtu doby dozvuku umístěny buď vykrývací panely **VP** (viz kap. 2.6), nebo nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6). Od výšky 900 mm minimálně do výšky 2250 mm se bude nacházet pás s umístěním širokopásmových absorbérů **ATP** (viz kap. 2.6). Pouze na zadní stěně budou v této výšce osazeny difuzory **DSO** (viz kap. 2.6). V rozích prostoru budou umístěny vertikální nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6). Horní část stěnových obkladů bude dle upřesněného výpočtu tvořena kombinací vykrývacích panelů **VP**, difuzorů **DSO** a nízkofrekvenčních absorbérů **NFR-S**. Na stěnu s okny budou osazeny akustické pojezdové absorbéry **APA** (viz kap. 2.6), které budou zajišťovat zaclonění a zamezovat odrazu zvuku od prosklené plochy oken.

P21 - PLENÉR

koncepte akustických úprav - strop:

Akustický obklad stropu plenéru bude tvořen absorpčními jehlami **JAPK-P** (viz kap. 2.6) s průzvučným krytím. Budou zachovány jejich stávající rozměrové dimenze. Krycí čalounění zajistí lepší údržbu, vizuální zaclonění prostoru a neomezí akustickou funkčnost. Jehlany nebudou osazeny až k bočním stěnám. Zde budou po celém obvodu místnosti mimo stěny s oknem umístěny nízkofrekvenční absorbéry v podobě **SNA** (viz kap.

2.6). Tyto prvky mají zlepšit frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a dále omezit vlastní mody zvukového pole v prostoru.

koncepte akustických úprav - stěny:

Akustický obklad stěn plénery bude tvořen absorpčními jehlany **JAPK-S** (viz kap. 2.6) s průzvučným krytím. Budou zachovány stávající rozměrové dimenze. Krycí čalounění zajistí lepší údržbu, vizuální začistění prostoru a neomezí akustickou funkčnost. Jehlany budou osazeny v celé ploše stěn místnosti mimo ploch, kde tomu brání prostorová dispozice. V rozích místnosti budou umístěny vertikální nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6). Do výšky cca 200 mm bude po celém obvodu místnosti proveden odnímatelný sokl. Na stěnu s okny budou osazeny akustické pojezdové absorbéry **APA** (viz kap. 2.6), které budou zajišťovat zaclonění a zamezovat odrazu zvuku od prosklené plochy oken.

P22 - STUDIO S7

koncepte akustických úprav - strop:

Základním architektonickým principem řešení prostoru studia S7 bude vizuální zvýraznění sloupů a navazujících nosných průvlaků obkladem z materiálu bázi dřeva. Tyto zvýrazněné linie proběhnou přes plochu stropu a propíší se na stěny. V jednotlivých polích rozčleněného stropu budou umístěny funkční akustické prvky z materiálu na bázi dřeva. Jejich provedení bude vizuálně potlačeno. Bude se jednat o širokopásmové podhledové panely **ALPP** (viz kap. 2.6), difuzní stropní panely **DSP** (viz kap. 2.6), nízkofrekvenční absorbéry **NFR-P** (viz kap. 2.6). Pod těmito prvky bude zpracováno akustický inertní vizuální krytí, jehož provedení bude upřesněno v dalším stupni projektové dokumentace.

koncepte akustických úprav - stěny:

Stěny budou vizuálně rozčleněny vertikálami sloupových pilířů navazujících na průvlak stropu. V jednotlivých polích budou umístěny funkční akustické prvky z materiálu na bázi dřeva. Jejich provedení bude vizuálně potlačeno. Bude se jednat o širokopásmové absorbéry **ALO** (viz kap. 2.6), difuzní stěnové obklady **DSO** (viz kap. 2.6), nízkofrekvenční absorbéry **NFR-S** (viz kap. 2.6) a vykrývací panely **VP** (viz kap. 2.6) tvořící doplňkové plochy. Před těmito prvky bude zpracováno akustický inertní vizuální krytí, jehož provedení bude upřesněno v dalším stupni projektové dokumentace. Do výšky cca 200 mm bude po celém obvodu místnosti proveden odnímatelný sokl. Po celé obvodu místnosti budou aplikovány akustické textilní závěsy **ATZ** (viz kap. 2.6), které bude možné dle potřeby roztáhnout, nebo schovat do sloupových pilířů. Jedná se o důležité prvky variabilní akustiky.

Poznámky:

V případě umístění jakýchkoliv koncových prvků ostatních profesí (silnoproud, slaboproud, topení, VZT, atd.), které nejsou přímo součástí akustického obkladu, nebo podhledu je nutné při výběru dbát na to, aby tyto prvky měly dostatečně tuhou konstrukci a nebyly tedy potenciálními zdroji rušivých rezonancí.

PROSTORY S NIŽŠÍM NÁROKEM NA AKUSTIKU:

S04 – strojovna VZT

Je uvažován celoplošný akustický podhled a akustický obklad (min. 50% plochy stěn) s váženým činitelem zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,9$ doplněný o speciální nízkofrekvenční akustické prvky (např. **SNA** - viz kap. 2.6).

S25 – denní místnost

Je uvažován celoplošný akustický podhled s váženým činitelem zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

S29 – chodba včetně zádveří

Je uvažován celoplošný akustický podhled s váženým činitelem zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$. V zádveří doporučujeme ještě na dílčí plochu stěn doplnit stěnové akustické obklady rovněž s $\alpha_w \geq 0,8$.

P15 - předsálí

Je uvažován celoplošný akustický podhled s váženým činitelem zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$, popřípadě jiná absorpčně ekvivalentní akustická úprava.

P19 – chodba

Je uvažován celoplošný akustický podhled s váženým činitelem zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$.

3. ZÁVĚR

Projekt prostorové akustiky na základě výsledků vstupního měření doby dozvuku a jednání se zástupci investora stanovuje optimální dobu dozvuku a příslušné toleranční pásmo akusticky náročných prostor studiového komplexu v přízemí objektu ČRo Brno, Beethovenova 4.

Pro tyto prostory je definována koncepce provedení akustických úprav s důrazem na aplikaci nízkofrekvenčních absorbérů pro dosažení vyrovnaného frekvenčního průběhu doby dozvuku a maximální dosažitelné míře homogenního zvukového pole.

Dále projekt definuje koncepci akustických úprav pro prostory s nižším nárokem na akustiku, kde se povětšinou jedná o celkové snížení hlučnosti.

Upřesněné řešení akustických úprav bude dopracováno v dalším stupni projektové dokumentace.

Graf změřené a vypočtené doby dozvuku

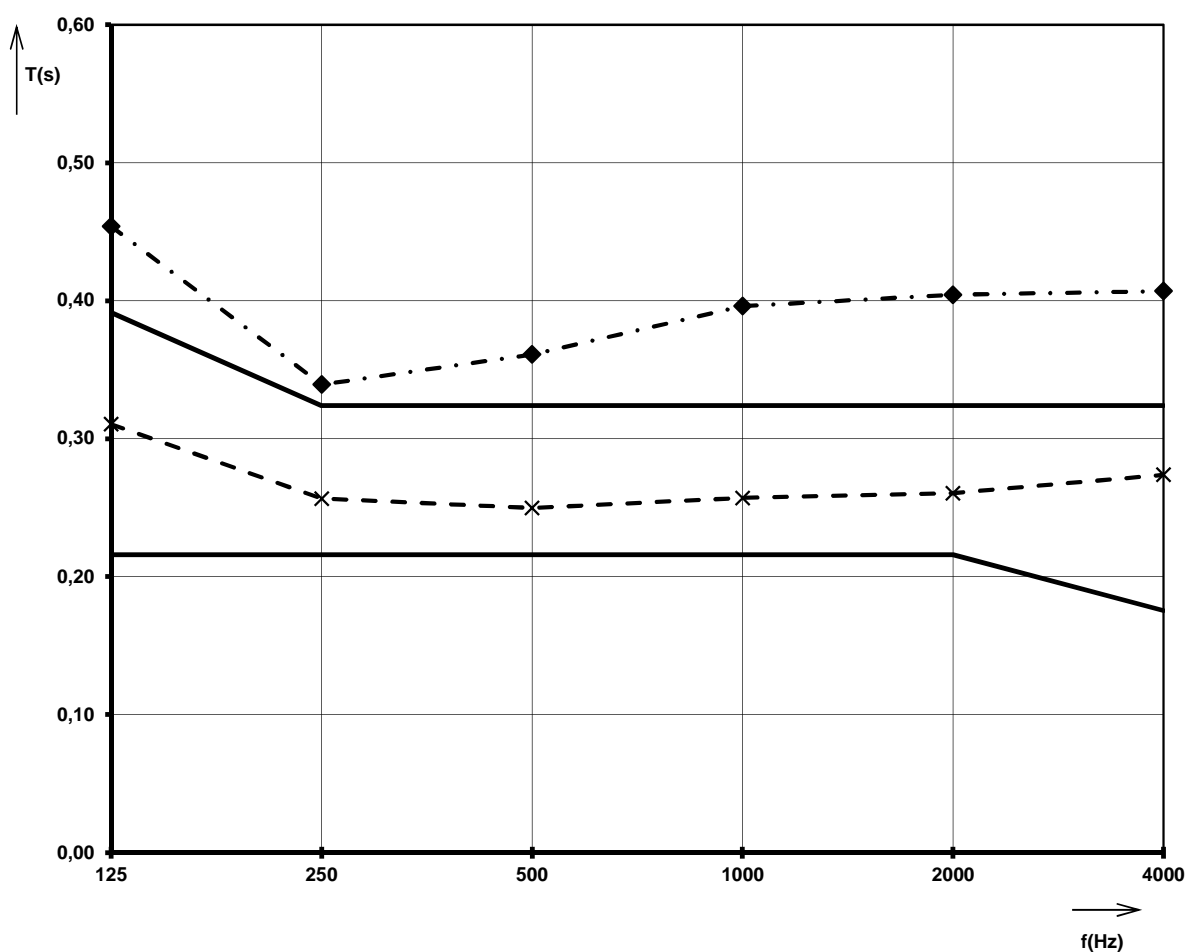
název prostoru: **P16 studio S8, ČRo Brno**

objem prostoru $V = 90,2 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 121,1 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}		0,45	0,34	0,36	0,40	0,40	0,41
vypočtená doba dozvuku - koncept		0,31	0,26	0,25	0,26	0,26	0,27
toleranční pásmo [s]	dolní mez	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,18
	horní mez	0,39	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0526 pro $T_0 = 0,27 \text{ s}$

— ♦ — vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}

— × — vypočtená doba dozvuku - koncept

Graf změřené a vypočtené doby dozvuku

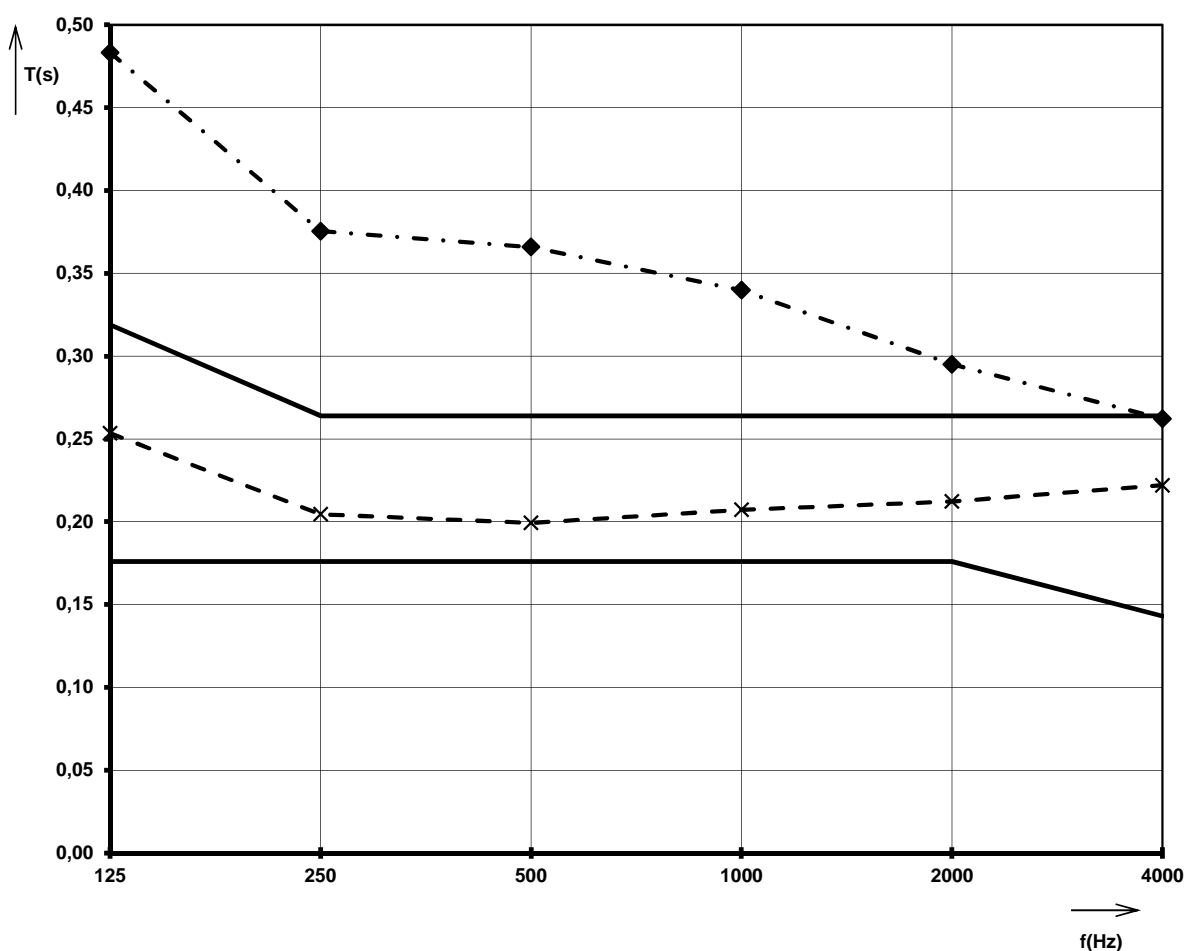
název prostoru: **P17 režie R8, ČRo Brno**

objem prostoru $V = 58,0 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 97,4 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}		0,48	0,38	0,37	0,34	0,30	0,26
vypočtená doba dozvuku - koncept		0,25	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22
toleranční pásmo [s]	dolní mez	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,14
	horní mez	0,32	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0526 pro $T_0 = 0,22 \text{ s}$

— ♦ — vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}

— × — vypočtená doba dozvuku - koncept

Graf změřené a vypočtené doby dozvuku

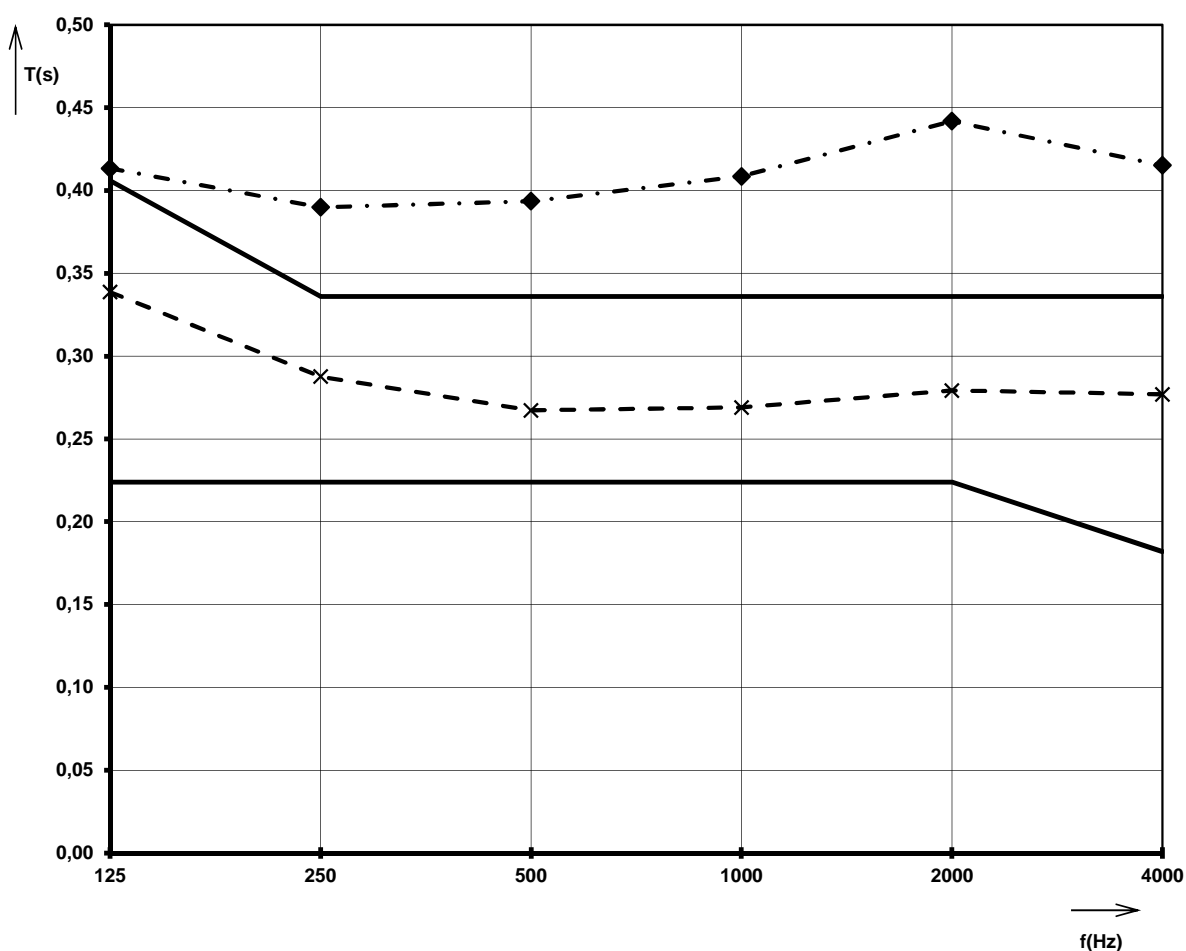
název prostoru: **P20 režie R7, ČRo Brno**

objem prostoru $V = 132,1 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 160,9 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}		0,41	0,39	0,39	0,41	0,44	0,42
vypočtená doba dozvuku - koncept		0,34	0,29	0,27	0,27	0,28	0,28
toleranční pásmo [s]	dolní mez	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,18
	horní mez	0,41	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0526 pro $T_0 = 0,28 \text{ s}$

— x — vypočtená doba dozvuku - koncept

— ♦ — vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}

Graf změřené a vypočtené doby dozvuku

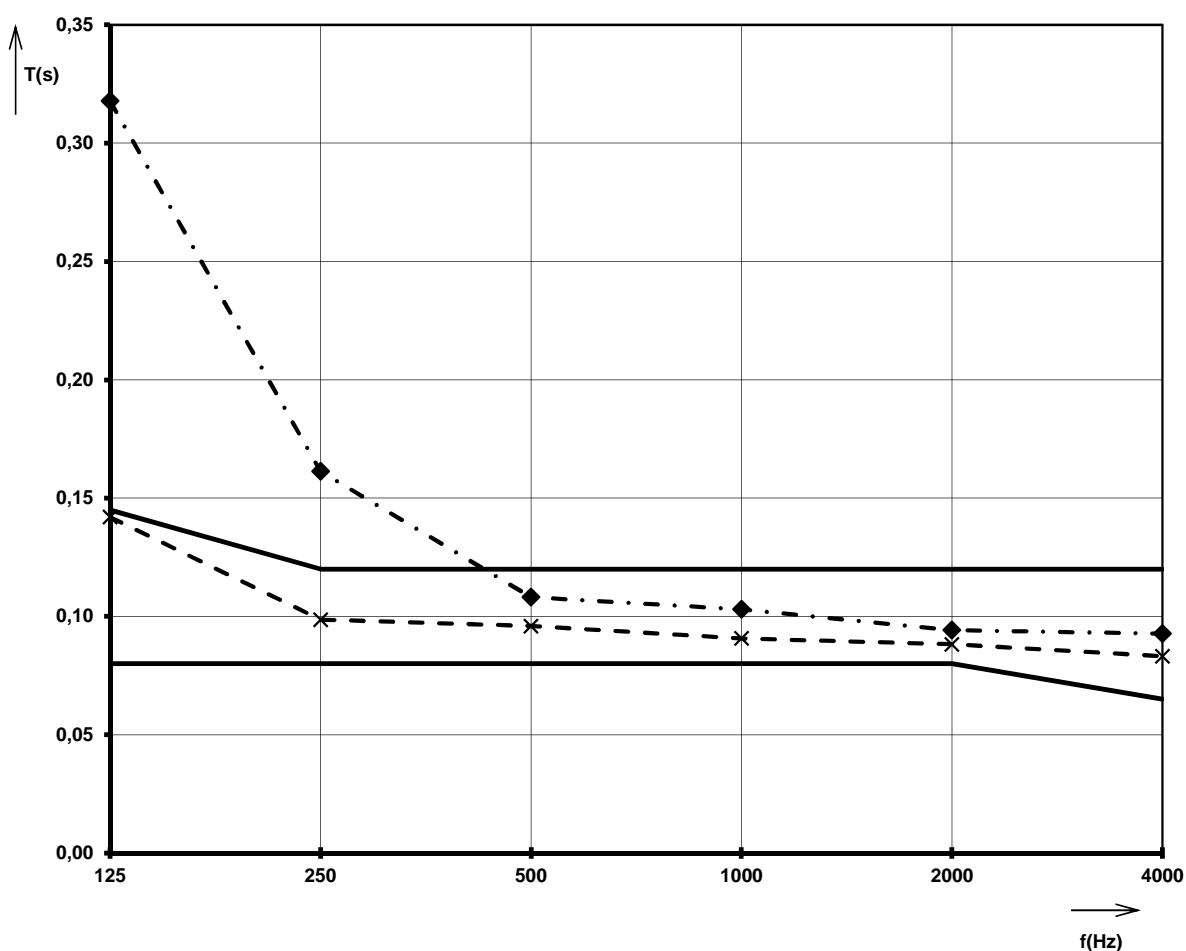
název prostoru: **P21 plenér, ČRo Brno**

objem prostoru $V = 64,5 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 98,6 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}		0,32	0,16	0,11	0,10	0,09	0,09
vypočtená doba dozvuku - koncept		0,14	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08
toleranční pásmo [s]	dolní mez	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
	horní mez	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0526 pro $T_0 = 0,1 \text{ s}$

— ♦ — vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}

— × — vypočtená doba dozvuku - koncept

Graf změřené a vypočtené doby dozvuku

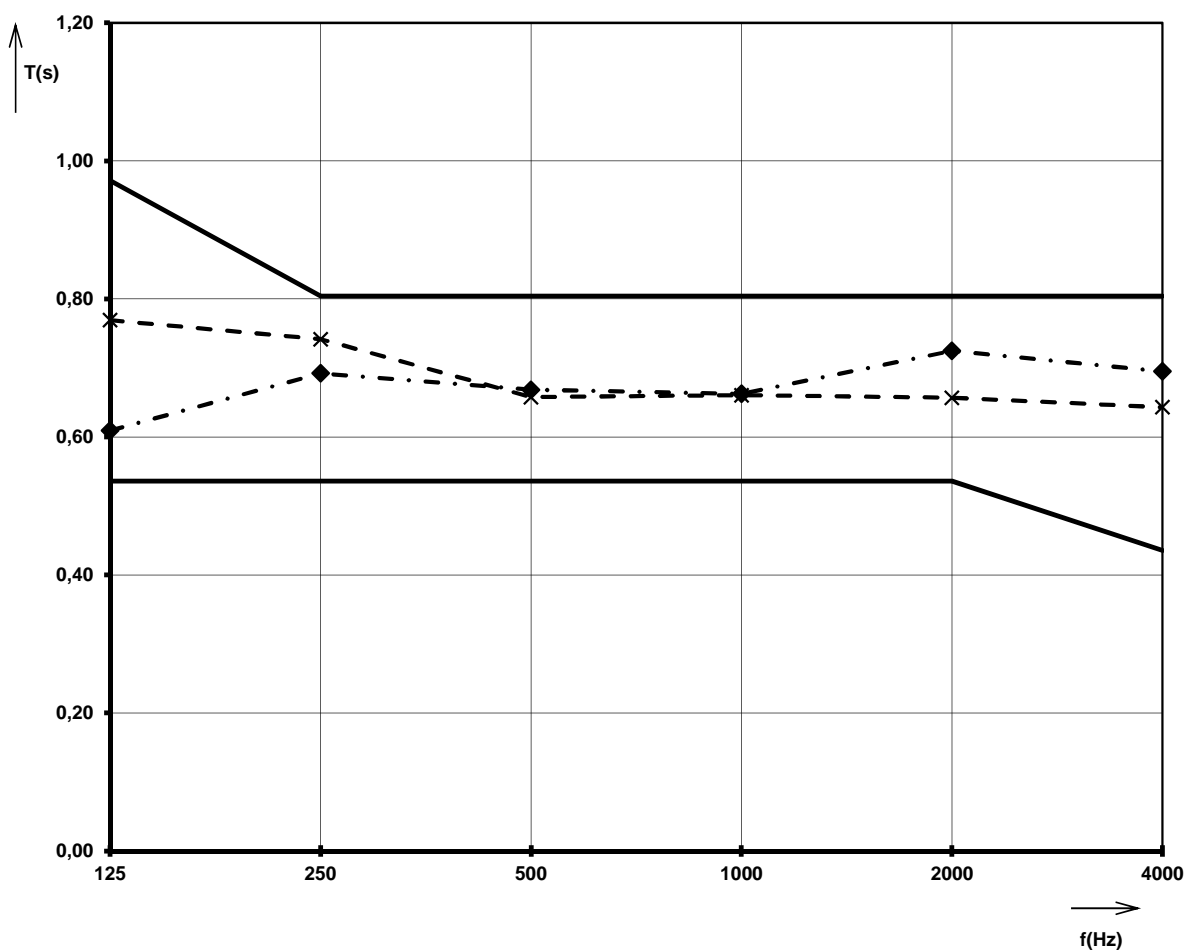
název prostoru: **P22 studio S7, ČRo Brno**

objem prostoru $V = 653,6 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 520,7 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}		0,61	0,69	0,67	0,66	0,72	0,70
vypočtená doba dozvuku - koncept - střední hodnota		0,77	0,74	0,66	0,66	0,66	0,64
toleranční pásmo [s]	dolní mez	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,44
	horní mez	0,97	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0526 pro $T_0 = 0,67 \text{ s}$

— ♦ — vstupní měření doby dozvuku dne 26.10.2016 - T_{20}

— x — vypočtená doba dozvuku - koncept - střední hodnota