

Návrh akusticky pohltivých konstrukcí s použitím děrovaných desek

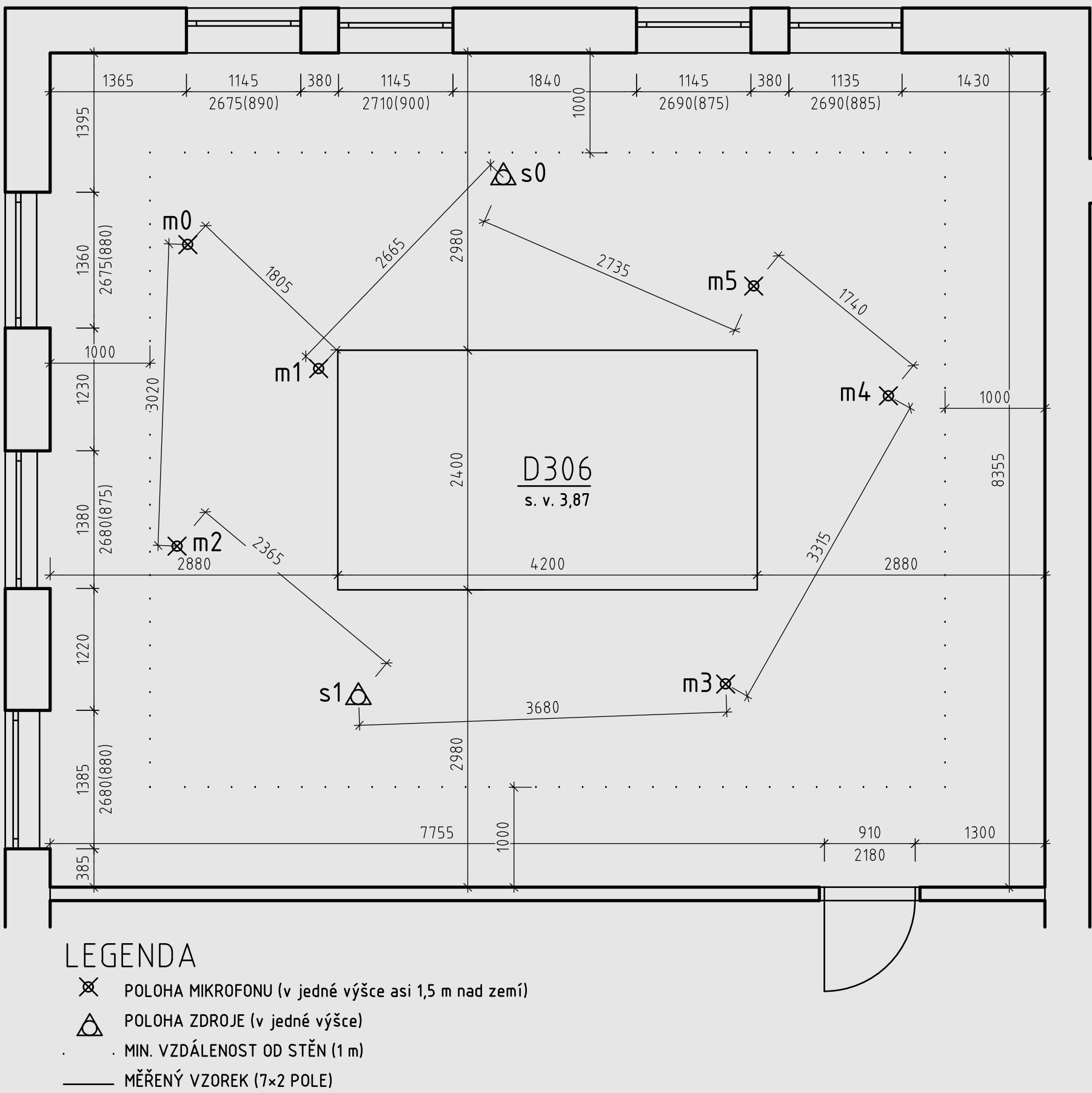
Měření činitele zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti

Jak naznačuje už název, tato práce se zabývala některými aspekty návrhu akustických rezonátorů. Prvním z těchto aspektů bylo měření jejich činitele zvukové pohltivosti metodou dozvukové místnosti dle ČSN EN ISO 354 [1].

Pro účely měření byla uvolněna místnost D306 v areálu FAST VUT, která byla vyklizena upravena pro účely měření a jejíž půdorysné schema je možno vidět napravo od tohoto odstavce.

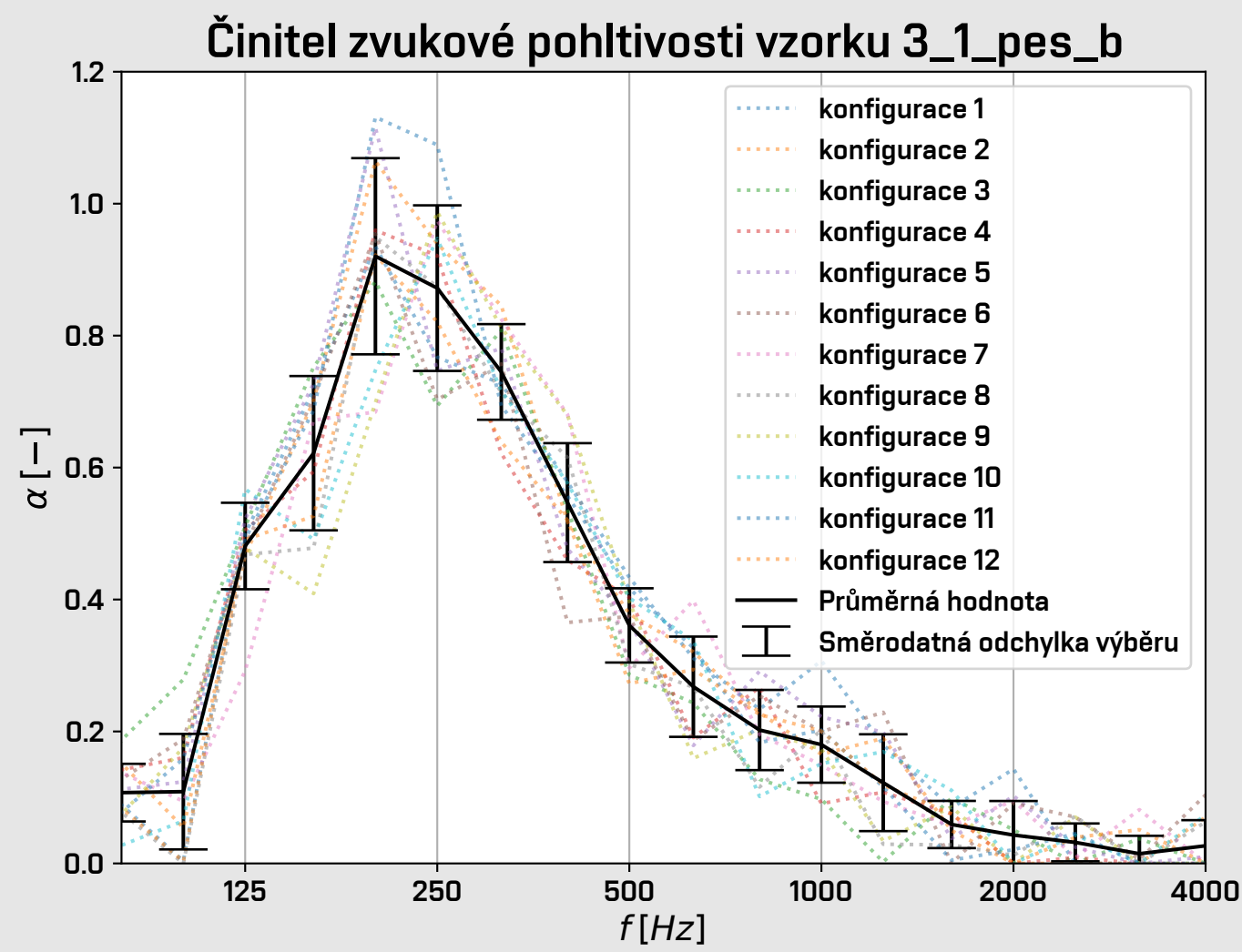
Dále v rámci této práce vzniklo vlastní řešení měřicí sestavy, které kromě vysílací části v podobě všesměrového zdroje a výkonového zesilovače od firmy Brüel & Kjær zahrnovalo také nízkonákladové řešení přijímací větve v podobě mikrofону Beyerdynamic MM1, vše spojovala zvuková karta Steinberg UR22 připojená do notebooku. Zde bylo ovládáno měření i provedeno vyhodnocení pomocí vlastního softwarového řešení napsaného v jazyce Python za použití dostupných knihoven pro zpracování dat.

Díky tomuto vlastnímu řešení bylo možné sledovat každý krok vyhodnocení od identifikace vypnutí zdroje, generování dozvukové křivky, průměrování náměrů, přes výpočet doby dozvuku až k finálnímu výstupu v podobě průběhů činitele zvukové pohltivosti α [-].



Obrázek níže ukazuje průběh činitele zvukové pohltivosti a jeho směrodatnou odchylku pro jeden z měřených vzorků. Kromě tohoto i tečkovaně průběhy v jednotlivých konfiguracích zdroje a mikrofону.

Je patrné, že průběh obsahuje jeden extrém v podobě rezonanční frekvence rezonátoru, zájm vedlejším jevem je ale zvyšující se směrodatná odchylka činitele α směrem k této frekvenci. Tento jev je pravděpodobně způsoben modálním chováním místnosti a jeho ovlivněním umístěním vzorku v těchto pásmech. Zahrnutí tohoto jevu do návrhů běžné inženýrské praxe by mělo být předmětem dalšího zkoumání.

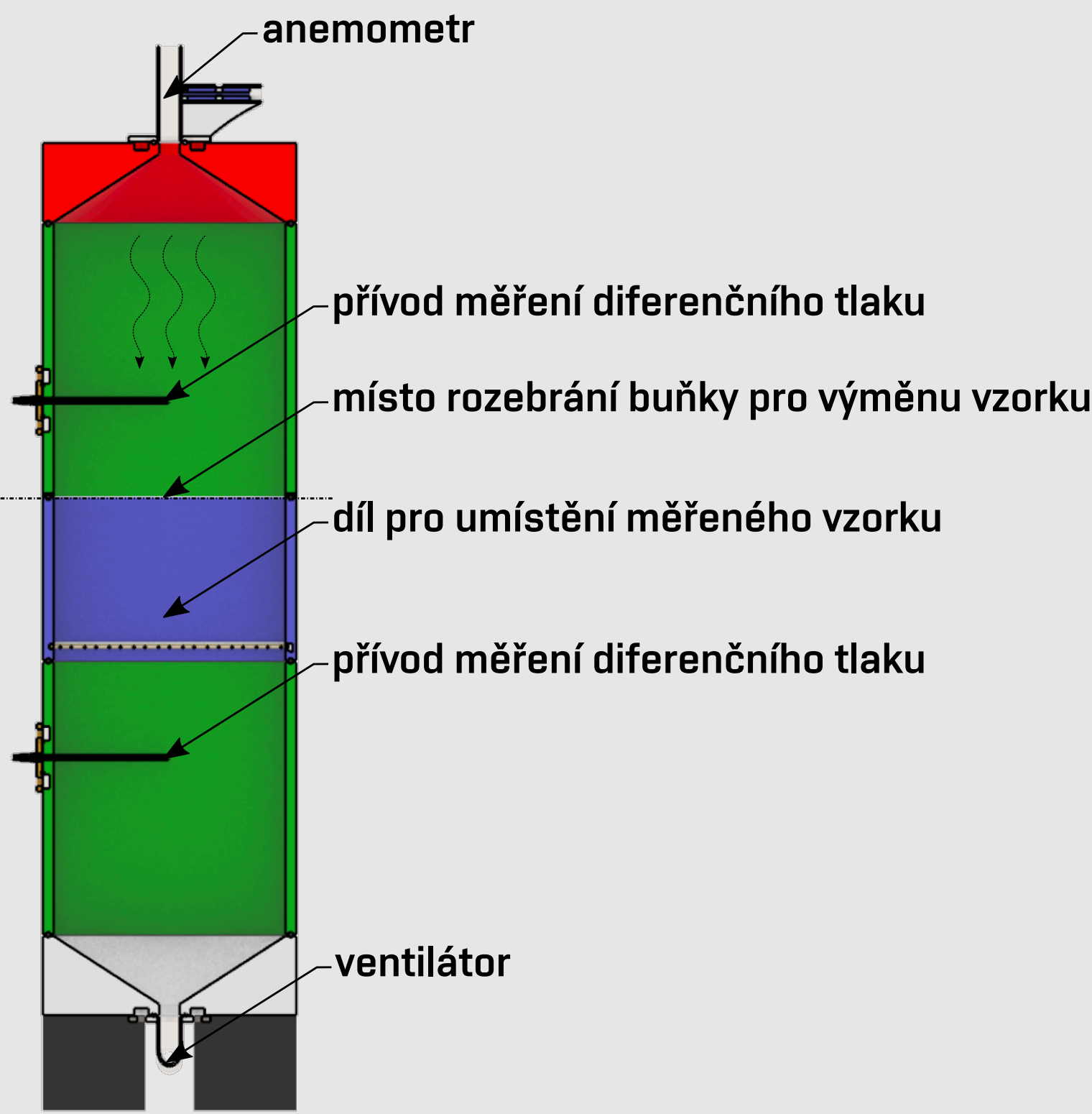
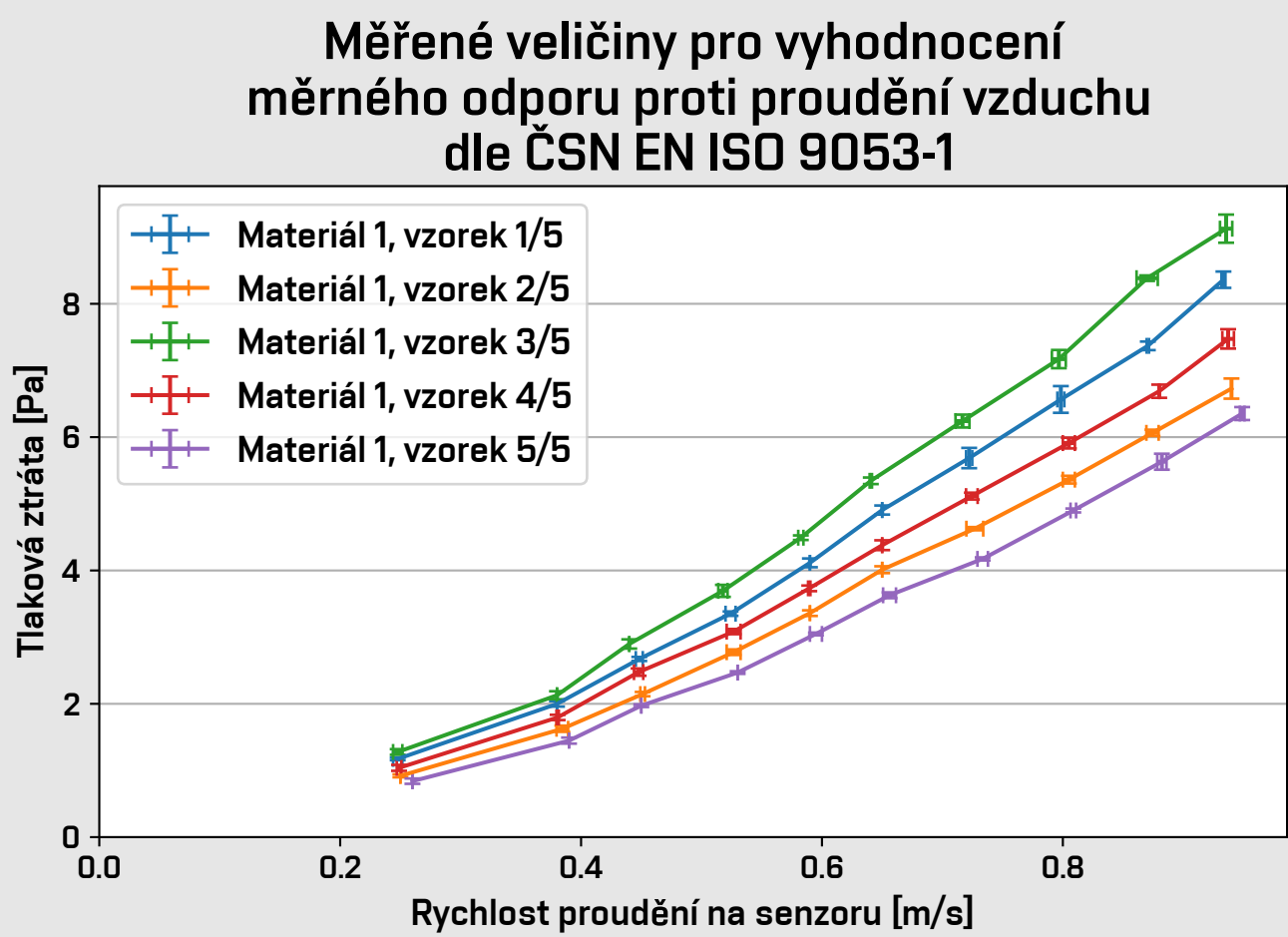


Měření odporu proti proudění vzduchu

V druhé části práce vznikla měřicí buňka pro měření odporu proti proudění vzduchu dle vlastního návrhu podle normy ČSN EN ISO 9053-1 [2].

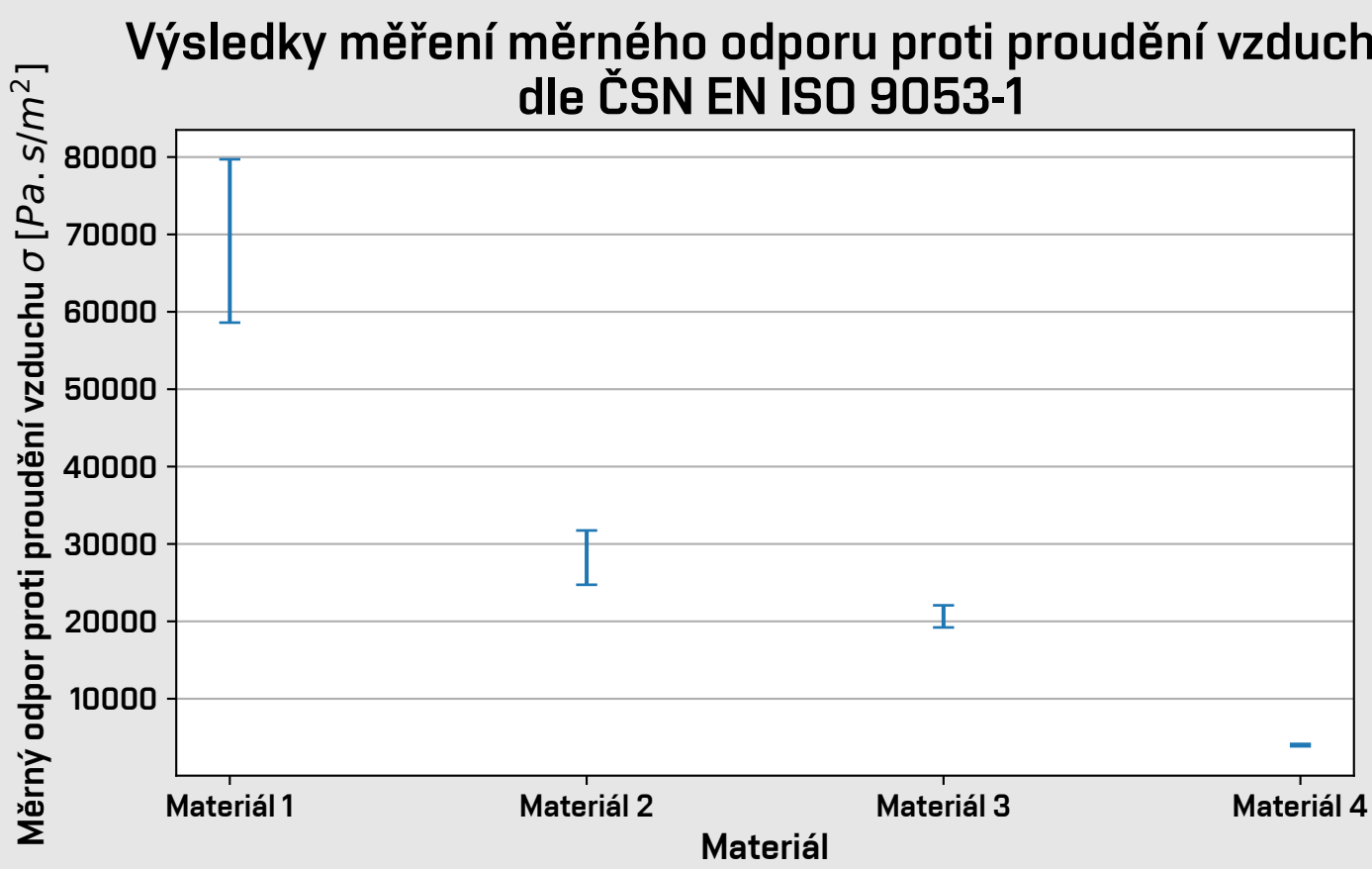
Buňka byla vytištěna metodou FDM 3D tisku a byla osazena digitálními senzory měřícími tlakovou diferenci před a za měřeným vzorkem a rychlost proudění vzduchu, která byla měněna pomocí PWM regulace ventilátoru. I zde vznikl obslužný software v podobě skriptů v jazyce Python.

Pravý obrázek ukazuje schematický řez měřicí buňkou a graf pod tímto obrázkem průběhy měřených veličin pro jeden z vyhodnocených materiálů.



Díky této měřicí buňce bylo možné vyhodnotit měrný odpor proti proudění vzduchu σ [Pa.s/m²] řady materiálů. Hodnota této veličiny by za normální (myšleno nepandemické) situace byla podkladem pro výběr porézní výplně rezonátoru.

Obrázek pod tímto odstavcem ukazuje oblast průměru \pm směrodatné odchylky některých vybraných měřených materiálů. Pomocí této metody bylo možné sledovat například i to, jak stejnorodé jsou vlastnosti měřeného materiálu v ploše, což ukazoval přehledně jak levý graf, tak směrodatná odchylka grafu níže.

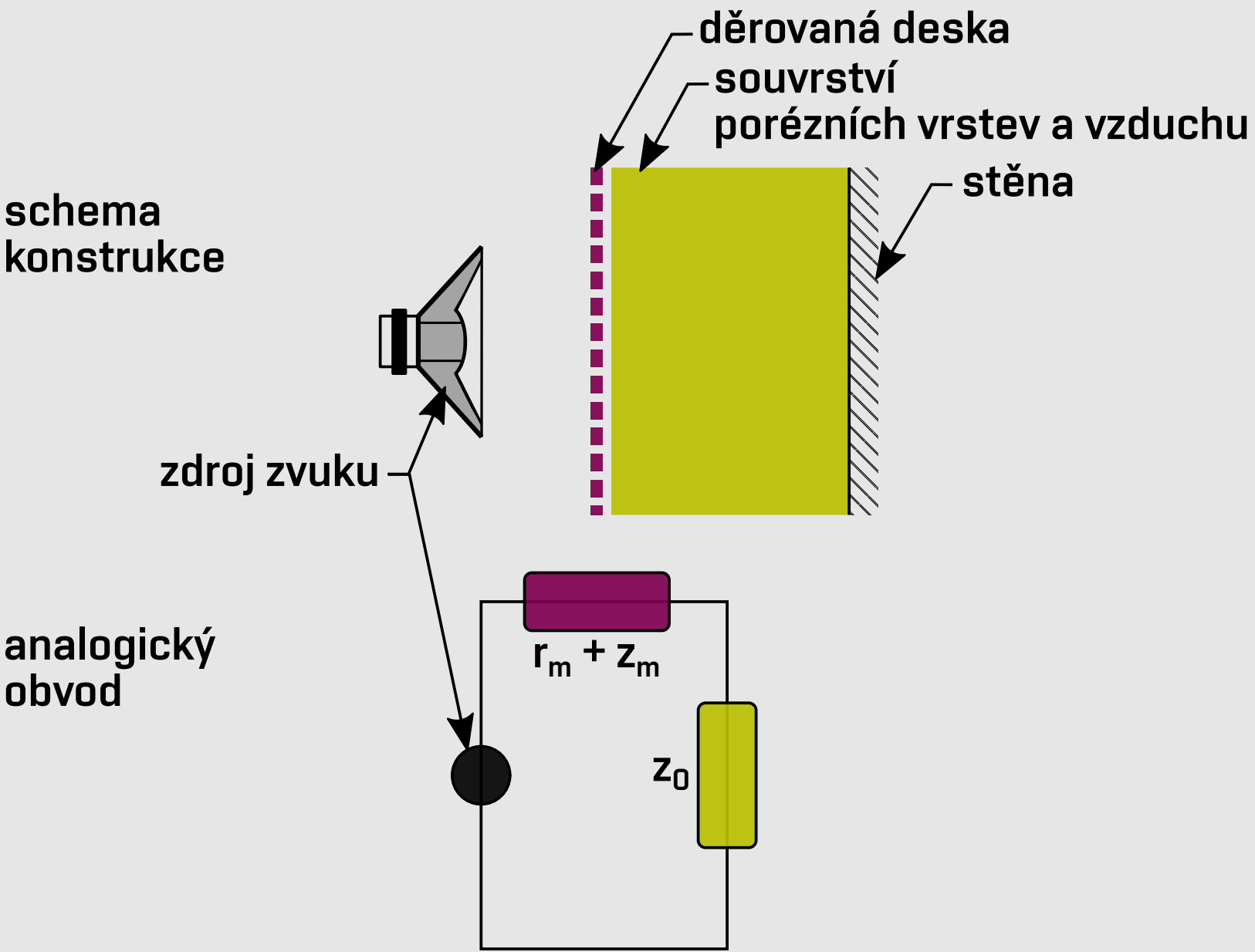
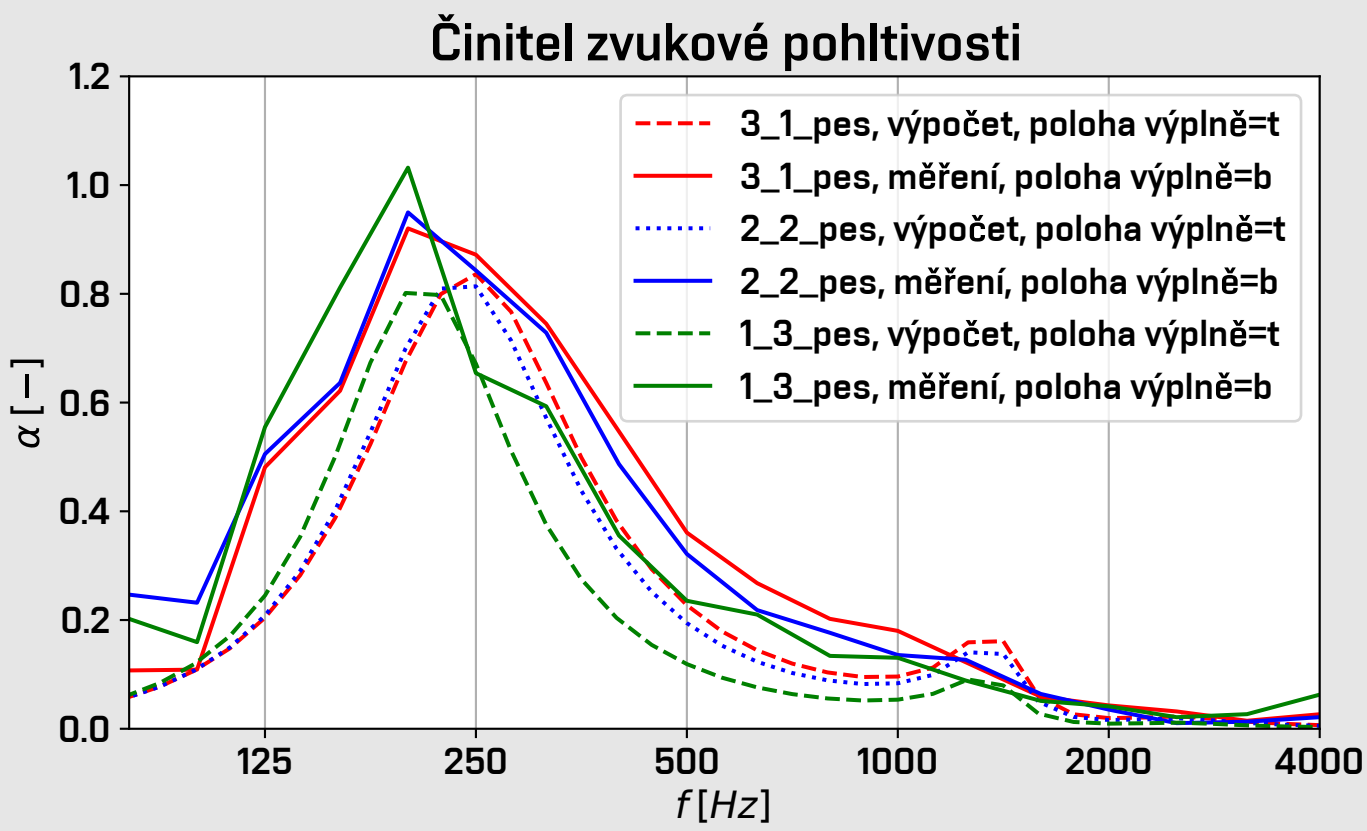


Výpočet chování rezonátoru pomocí elektro-akustické analogie

Poslední část práce se zabývá srovnáním naměřených dat v dozvukové místnosti s daty získanými výpočtem metodou elektro-akustické analogie.

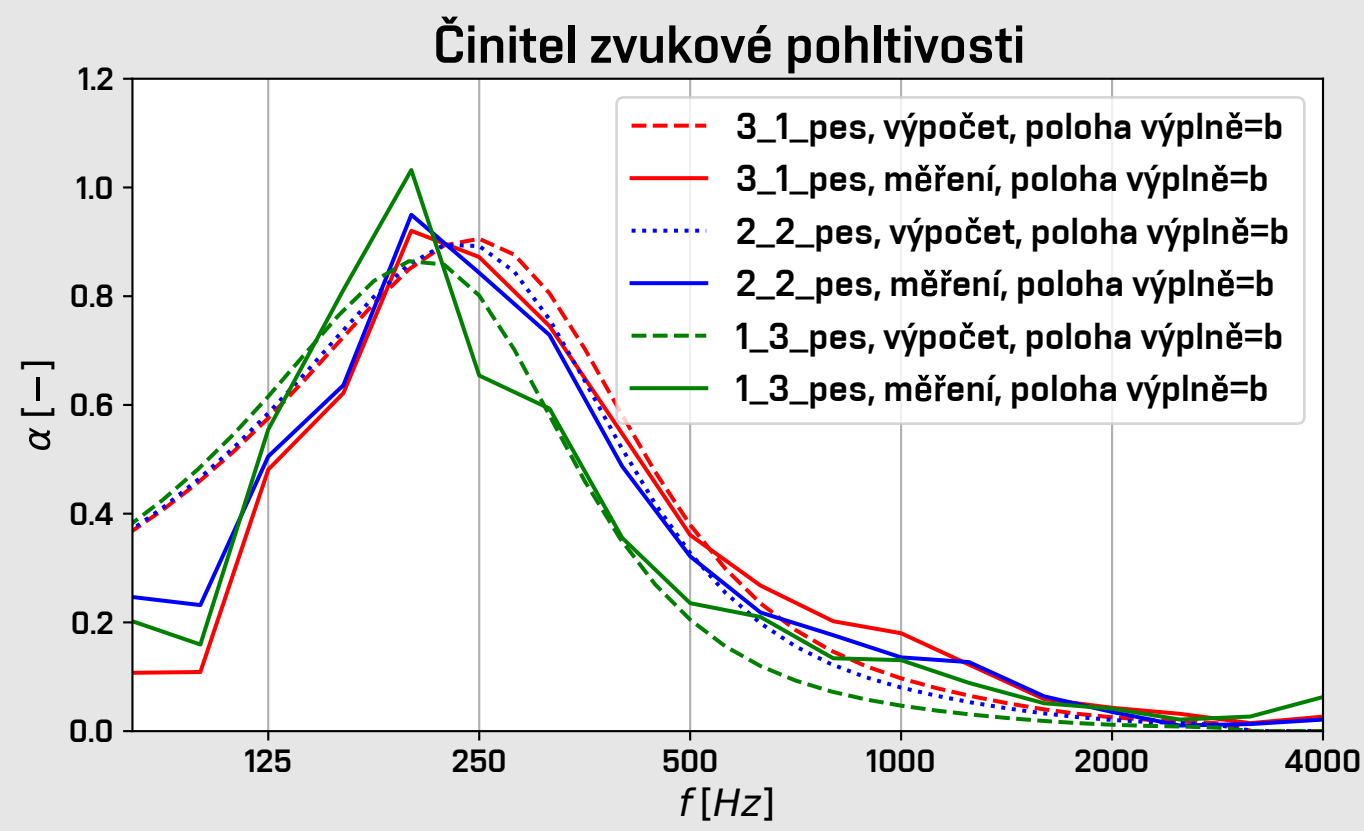
Tato metoda umožňuje pomocí poměrně jednoduchých vztahů kombinovat jednotlivé vrstvy akustického absorberu až k jeho povrchu a tím získat i jeho číselník zvukové pohltivosti pro kolmý dopad vln α_n [-].

Obrázek níže ukazuje výsledky porovnání měření s výpočtem metodou, jak je popsána u Cox a D'Antonia [3]. Relativně dobrého překryvu průběhů zde bylo dozaženo až po změně pořadí porézní a vzduchové vrstvy ve výpočtu.



V závěru práce bylo přikročeno k několika optimalizacím výpočtu. Nejzásadnější z nich byla úprava vztahu pro kombinaci jednotlivých nerezonančních vrstev.

Výstup této optimalizace ústil v průběhy vyobrazené níže. Takto získané průběhy jsou ve většině pásem v podstatě shodné s výpočtem metodou popsanou u Congyun a Qibai [4], která byla původně vyvinuta pro násobné rezonanční soustavy, ale i přes to by tedy měla být preferována pro tyto případy jednoduchých rezonátorů (bez přítomnosti například na desku kaširovaných přidavných vrstev).



Zdroje: [1] ČSN EN ISO 354 (730535) Akustika. Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti. Praha: Český normalizační institut, 2003. [2] ČSN EN ISO 9053-1 - Akustika - Stanovení odporu proti proudění vzduchu - Část 1: Metoda statického proudění vzduchu, 2019. Praha: Český normalizační institut, 2019. [3] COX, Trevor J. a Peter. D'ANTONIO. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application. 2nd ed. New York: Taylor, c2009. ISBN 978-0-415-47174-9. [4] CONGYUN, Zhu a Huang QIBAI. A method for calculating the absorption coefficient of a multi-layer absorbent using the electro-acoustic analogy. Applied Acoustics. 2005, 66(7), 879-887. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/j.apacoust.2004.10.002