

MOŽNOSTI POSUZOVÁNÍ AKUSTIKY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ POMOCÍ SOFTWARE ODEON AUDITORIUM

Ing. Jan Burda | specialista na prostorovou akustiku DEKPROJEKT s.r.o.
jan.burda@dek-cz.com | 735 768 488



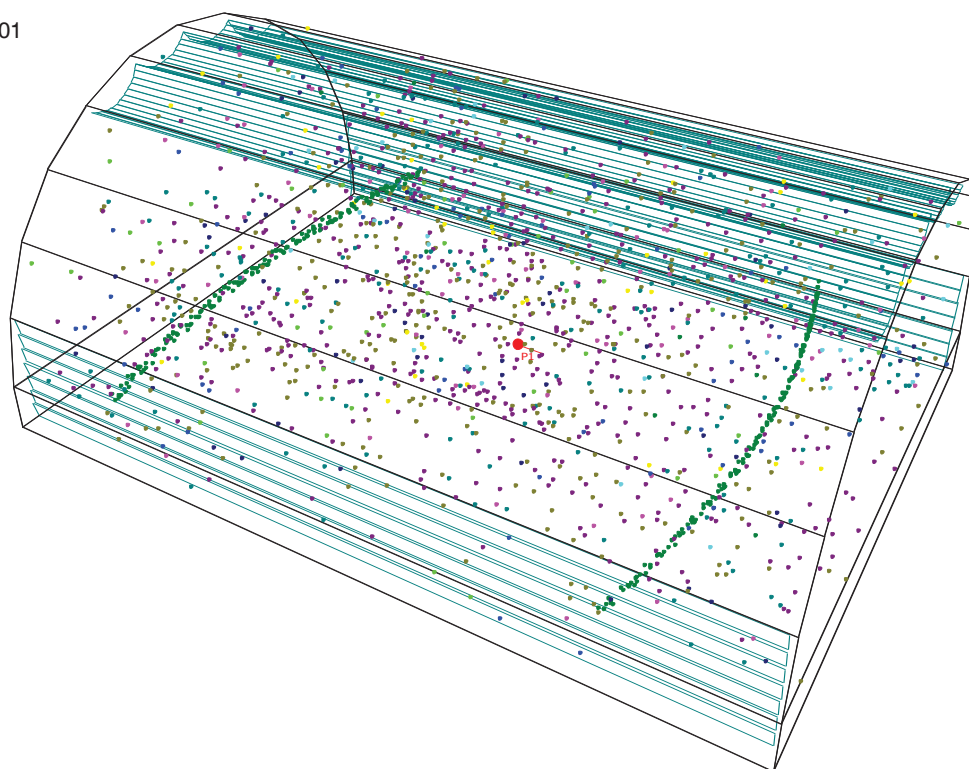
Ve společnosti DEKPROJEKT využíváme k posouzení parametrů prostorové akustiky moderní sofistikovaný software ODEON. Díky jeho možnostem jsme schopni navrhnout vždy individuální a optimální řešení akustických úprav i pro velmi specifické prostory. Velikou výhodou software ODEON je možnost vymodelování přesného 3D modelu prostoru, ve kterém je zohledněna jak jeho celková geometrie, tak i vlastnosti ploch jako jsou pohltivost, neprůzvučnost a rozptyl.

DOBA DOZVUKU

Stěžejním parametrem prostorové akustiky je doba dozvuku. Jedná se o dobu T vyjádřenou v sekundách, za kterou po vypnutí zdroje klesne hladina akustického tlaku v prostoru o 60 dB. Pokles je závislý na pohltivosti prostoru a bývá vyjádřený pro několik frekvenčních pásem. Doba dozvuku je vhodné řešit nejenom v prostorách významných z hlediska kontroly a zpracování zvuku (koncertní sály, divadla, nahrávací studia atd.), ale velkou roli hraje také ve školních prostorách (auly, posluchárny, učebny) a dalších prostorách

s důrazem na srozumitelnost řeči (sportovní, nádražní a letištní haly, restaurace, atria atd.). Optimální hodnoty doby dozvuku jsou stanoveny v ČSN 73 0527 [2]. Pro školní prostory je dle Vyhlášky č. 410/2005 Sb. [3] závazné tyto hodnoty dodržovat. Dobou dozvuku by se však měli projektanti zabývat také v obytných místnostech rodinných domů, kde optimální doba dozvuku napomáhá k akustické pohodě a zvyšuje celkový komfort domácnosti. Výhodou vyhodnocení doby dozvuku pomocí programu ODEON je možnost kontrolovat dobu dozvuku v jednotlivých bodech

01



01 | Nástroj 3D Billiard – šíření
zvukových vln v prostoru,
odhalení třepotavé ozvěny.

prostoru. Mimo to, máme možnost pomocí nástroje šíření zvuku v prostoru odhalit např. třepotavou ozvěnu. Grafické znázornění takové simulace je na /obr. 01/. S dobou dozvuku souvisí mnoho dalších parametrů, jako jsou míra zřetelnosti, míra jasnosti a další.

MÍRA ZŘETELNOSTI

Objektivní kritérium srozumitelnosti pro řeč $C(50)$ vychází ze změny zvukové energie za 50 ms. Norma ČSN 73 0525 [1] považuje za přijatelnou $C(50)$ větší než 0 dB. Tento parametr je vhodné kontrolovat především v místnostech určených pro přednes řeči (kongresové a víceúčelové sály, posluchárny, nádražní haly atd.). Podrobnější stupnice pro hodnocení míry zřetelnosti jsme získali ze zahraniční literatury. Je uvedena v /Tab. 01/.

Díky software ODEON jsme schopni určit problematická místa v posuzovaném prostoru a navrhnout vhodná opatření pro dosažení požadovaných výsledků. Grafický výstup rozložení míry zřetelnosti je na /obr. 02/.

MÍRA JASNOSTI

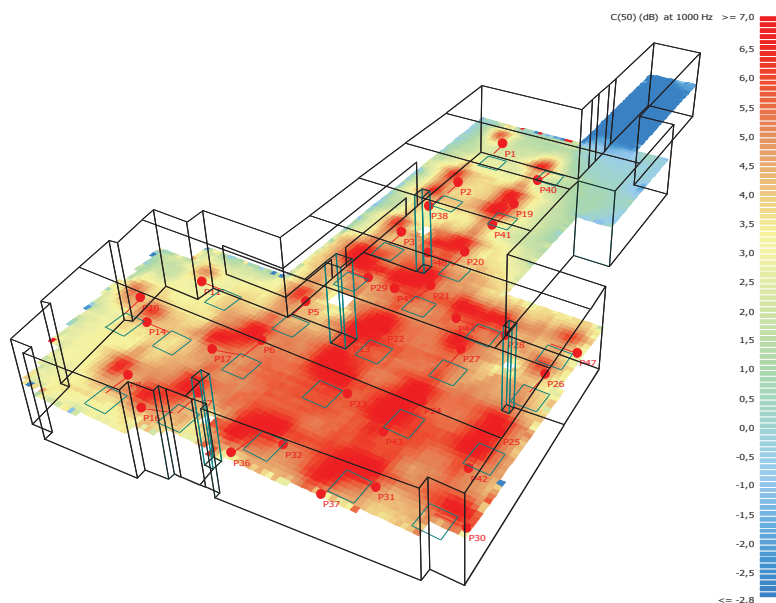
Stejně jako míra zřetelnosti, je také míra jasnosti důležitým parametrem pro hodnocení kvality prostoru z hlediska prostorové akustiky. V tomto případě se jedná o kritérium srozumitelnosti pro hudbu. Hodnoty označené $C(80)$ jsou vyjádřeny v decibelech a podle normy ČSN 73 0525 [1] leží optimální hodnoty v rozsahu 1 ± 2 dB. Na tento parametr by se nemělo zapomínat při návrhu akustických úprav do prostor pro přednes hudby (koncertní a víceúčelové sály, hudební kluby). Podrobnější stanovení optimálních hodnot $C(80)$ se odvíjí od povahy interpretované hudby a je uvedeno v /Tab. 02/.

Také v tomto případě máme možnost kontrolovat hodnoty míry jasnosti v předem definovaných místech a porovnat tak například kvalitu poslechu v prvních řadách hlediště s poslechem v zadní části balkonů koncertního sálu. Grafický výstup hodnocení tohoto kritéria je na /obr. 03/.

Tabulka 01 | Stupnice pro hodnocení parametru $C(50)$ – Míra zřetelnosti

[dB]	<	-5	-4	<>	1	2	<>	7	8	>
Hodnocení	špatné		uspokojivé			dobré		výborné		

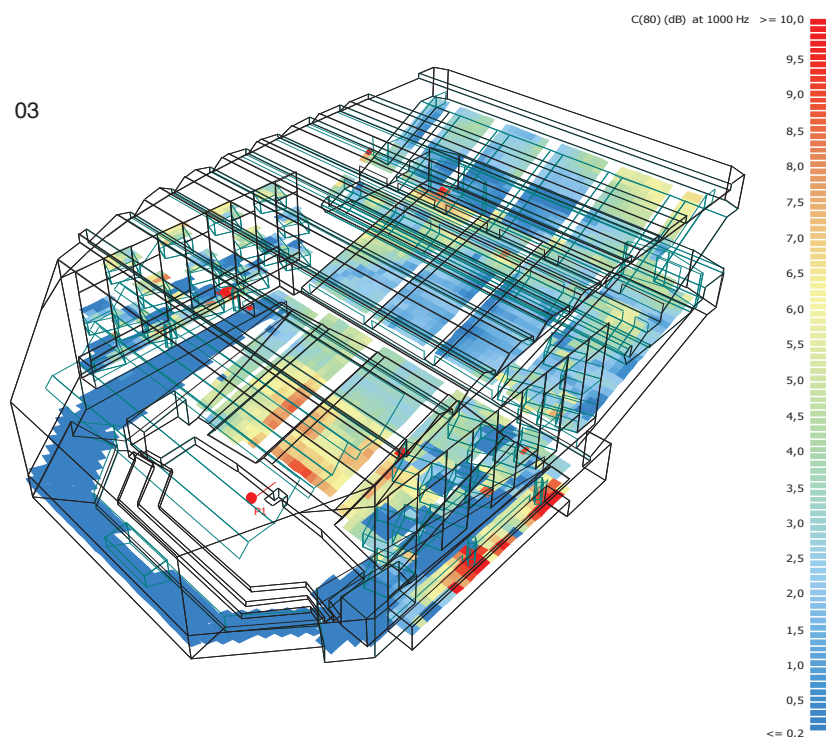
02



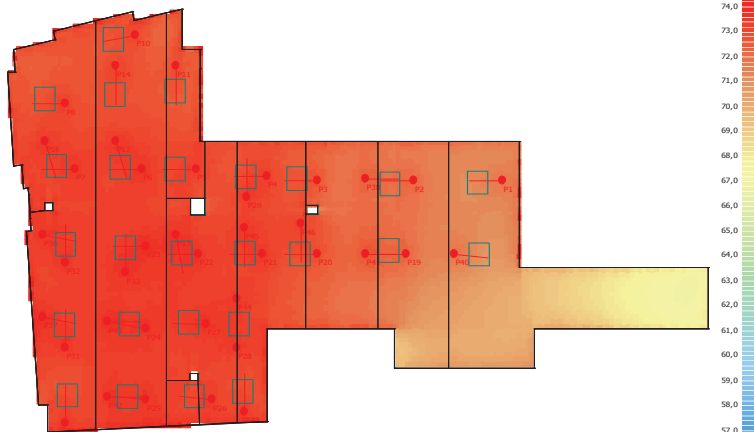
Tabulka 02 | Stupnice pro hodnocení akustického parametru $C(80)$ – Míra jasnosti

Rozsah přípustných hodnot [dB]	Hudební žánr
0 ± 2	Varhanní hudba, dechové nástroje, obecně pomalejší tempa
2 ± 2	Instrumentální hudba, smyčcové nástroje, pěvecké sbory
4 ± 2	Folková a populární hudba, trsací nástroje, obecně rychlejší tempa
6 ± 2	Moderní rocková a populární hudba, perkusní nástroje

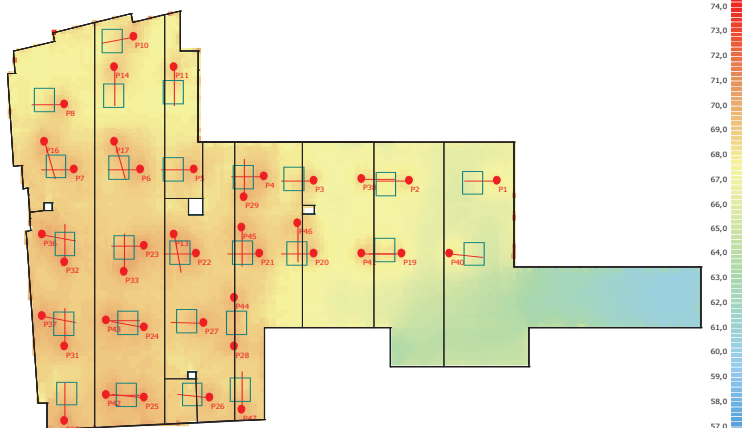
03



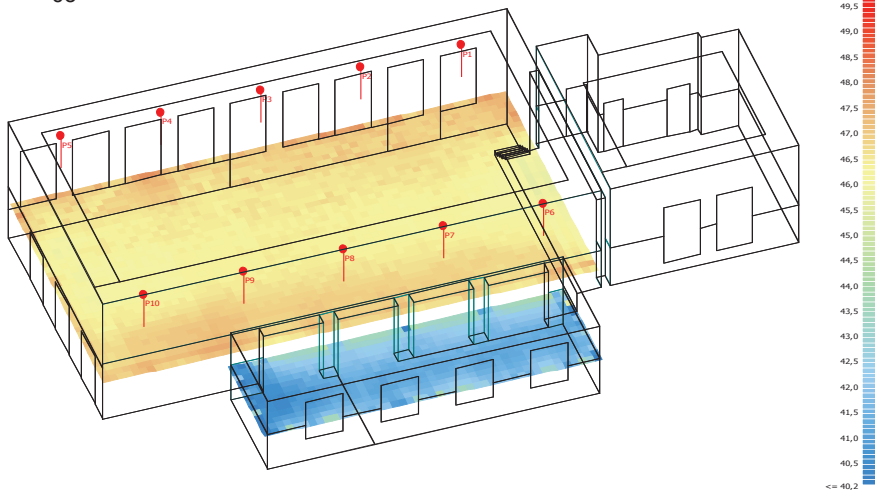
04



05



06



HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU

Velikost hladiny akustického tlaku souvisí, mimo výkonu zdroje hluku, také s dobou dozvuku uzavřeného prostoru. V případě kratší doby dozvuku je možné dosáhnout také snížení hladiny akustického tlaku. Vyhodnocení tohoto parametru se využívá k posouzení hluku v interiéru napříč všemi typy prostor. Typickými příklady posouzení hluku v interiéru může být hluk vyvolaný mluvícími osobami v prostoru restaurace. Na následujících obrázcích je graficky znázorněné rozložení hladiny akustického tlaku v prostoru restaurace bez výrazných akustických úprav /obr. 04/ a s vhodně navrženou akustickou úpravou /obr. 05/. Snížení hladiny hluku v takových prostorách vede k celkové spokojenosti nejenom návštěvníků, ale také všech zaměstnanců, kteří se v tomto prostředí pohybují několik hodin denně.

Zatímco v prvním případě je maximální hodnota 73,8 dB, po provedení akustických úprav klesne na hodnotu 70,2 dB. Rozdíl více než 3 dB značí v poměrové veličině pokles na méně než polovinu síly zdroje hluku – jakoby v restauraci byl najednou jen poloviční počet hostů. V případě poklesu o 6 dB by se jednalo o snížení síly zdroje na čtvrtinu.

Podobně jako u hluku vyvolaného lidskou řečí, se posuzuje hluk v interiéru vyvolaný hluchostí stacionárních zdrojů, kterými mohou být průmyslové stroje, vzduchotechnika apod. Na hluk v jednotlivých typech vnitřního prostředí se vztahují limity hluku dle NV 272/2011 Sb. [4] pro pracovní prostředí a pro vnitřní chráněné prostory staveb. Pomocí výpočtového softwaru ODEON Auditorium je možné splnění těchto limitů hodnotit.

02| Grafické rozložení hodnot parametru C(50) – Míra zřetelnosti.

03| Grafické rozložení hodnot parametru C(80) – Míra jasnosti.

04| Celková hladina hluku v prostoru restaurace bez výrazných akustických úprav

05| Celková hladina hluku v prostoru restaurace s akustickými úpravami.

06| Celková hladina hluku v prostoru vyvolaná hlukem VZT výustek sání a výdechu.

Názorným příkladem je model šíření hluku od výdechů a sání vzduchotechniky v interiéru společenského sálu na /obr. 06/.

Dalším příkladem může být hluk pracovní linky uvnitř výrobní haly. V tomto případě je snížení hladiny akustického tlaku dosaženo

akustickými kryty. Tato situace je znázorněna na /obr. 07/ a /obr. 08/. Za pomoci výpočetního modelu jsme schopni simulovat hluk v prostoru při různých variantách akustických úprav a navrhnout zákazníkovi optimální řešení, které v některých případech nemusí vést pouze cestou zvyšování pohltivosti prostoru. Do výpočtového modelu lze zahrnout také protihlukové kapotáže strojů apod.

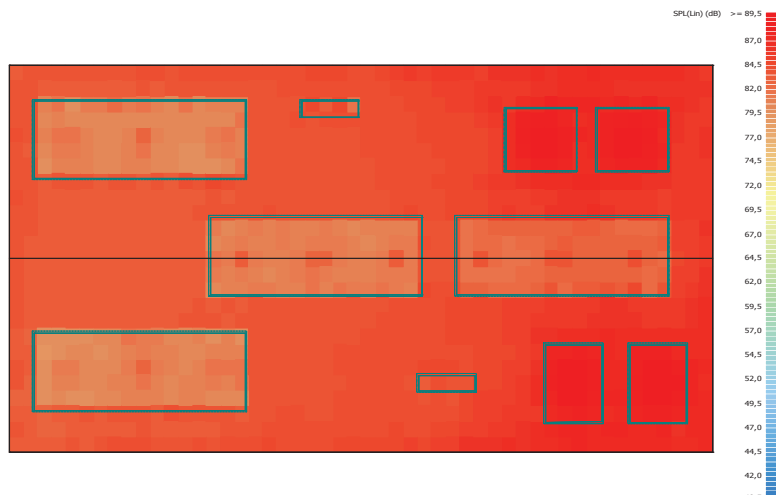
PŘENOS HLUKU MEZI MÍSTNOSTMI

Díky možnostem programu ODEON máme k dispozici také nástroj pro výpočtové posouzení přenosu hluku mezi místnostmi. Do 3D modelu uvažovaného objektu je možné zadávat přesné hodnoty neprůzvučnosti konstrukcí v jednotlivých frekvenčních pásmech a simulacemi se tak výrazně přiblížit reálnému stavu přenosu hluku z místnosti do místnosti. Díky tomu jsme schopni posoudit nároky na zvukovou izolaci mezi hlučným a chráněným prostorem a navrhnout takové řešení, které bude splňovat hygienické limity pro pracovní prostředí dané Nařízením vlády 272/2011 Sb. [4] a povede k akustické pohodě na pracovišti.

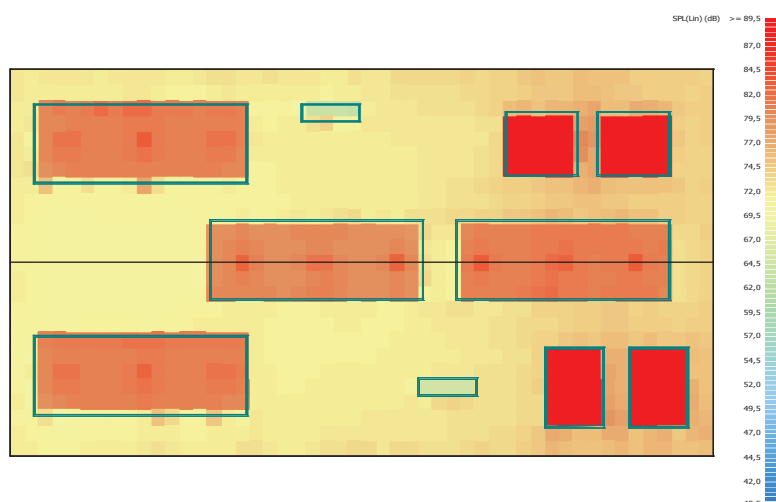
- [1] ČSN 73 0525 – Akustika – Projektování v oboru prostorová akustika – Všeobecné zásady
- [2] ČSN 73 0527 – Akustika – Projektování v oboru prostorová akustika – Prostory pro kulturní účely, prostory ve školách, prostory pro veřejné účely
- [3] Vyhláška č. 410/2005 Sb. – Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [4] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. – Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

<Ing. Jan Burda>

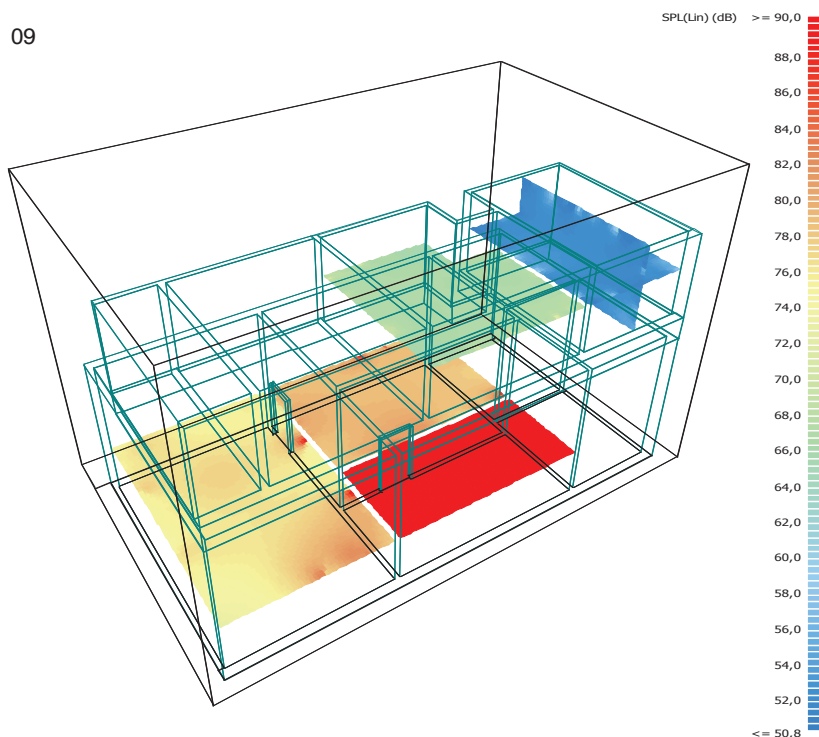
07



08



09



07| Celková hladina hluku v prostoru výrobní haly bez akustických úprav.

08| Celková hladina hluku v prostoru výrobní haly s akustickými kryty.

09| 3D model objektu s grafickým rozložením vypočtených hladin akustického tlaku v jednotlivých místnostech.