

# Akustický design - řešení pomocí akustických stěnových panelů



## Úvod

Akustický stropní systém je zdaleka nejběžnějším typem akustické úpravy místnosti. Ve většině případů jde také o řešení, které je dostatečné k vytvoření příjemného akustického prostředí. Mohou však nastat situace, kde samotný akustický pohled nestačí ke splnění akustických požadavků. Mohou pro to být různé důvody, jako třeba následující:

- **Technické** – pokud je například teplota v místnosti regulována pomocí betonové desky (tepelně aktivní stavební systémy - TABS), není možné použít celoplošný akustický stropní systém, protože by ovlivnil účinnost desky. V takovém případě může ke splnění akustických požadavků vést dodatečná instalace akustických stěnových panelů.
- **Estetické** – pokud se strop vyznačuje prvky architektonického významu, které by neměly být skryty, mohou akustické stěnové panely nabídnout řešení, jež zajistí kvalitní akustické podmínky.
- **Akustické** – v prostorách, kde je zapotřebí vyšší akustická účinnost kvůli speciálním činnostem, je často nutné použít k zajištění akustických požadavků zvuk absorbující stěnové panely v kombinaci s celoplošným akustickým stropním systémem.

### Například:

**Vzdělávací prostory:** Vyšší akustické nároky jsou kladeny v případech, kdy dochází k vytváření většího hluku kvůli stylu výuky (např. učení ve skupinách), kvůli mladšímu věku žáků, kvůli přítomnosti dětí se sluchovým postižením.

**Velkoprostorové kanceláře:** K zabránění šíření zvuku na velké vzdálenosti.

**Průmyslové prostory a sportovní haly:** V prostorách s vysokými stropy má instalace akustických stěnových panelů pozitivní účinek na dobu dozvuku, intenzitu zvuku i na srozumitelnost řeči.

**Zařízení zdravotní péče:** Akustická účinnost je nezbytným předpokladem k vytvoření klidného a nestresujícího prostředí přispívajícího k zotavení pacientů a k zajištění pohody a pracovních výkonů personálu.

## Room Acoustic Comfort™

Room Acoustic Comfort™ (RAC) (Akustická pohoda místnosti) je koncepce vyvinutá společností Ecophon. Jde o přístup k akustickému provedení místnosti, který má za účel optimalizovat výsledky činností, které lidé v místnosti provádějí.

Lidské vnímání zvuku, fyzikální vlastnosti místnosti a činnosti, ke kterým má být místnost využívána, jsou všechno faktory, které ovlivňují naše hodnocení akustické kvality místnosti a toho, jak vhodná je pro plánované činnosti. Interakce mezi těmito faktory musí být vzata v úvahu v procesu akustického designu. Z tohoto důvodu je pro odpovídající charakteristiku akustických podmínek místnosti potřeba několika akustických kritérií, nebo také deskriptorů. Tato kritéria odrážejí různé akustické vlastnosti zvukového pole v místnosti.

U obyčejných místností jsou důležité alespoň čtyři vlastnosti, a to následující:

- Hluková zátěž (intenzita zvuku)
- Srozumitelnost řeči
- Šíření zvuku (prostorový útlum)
- Dozvuk

Tyto vlastnosti a jejich příslušné deskriptory jsou uvedeny v tabulce 1.

V závislosti na fyzikálních vlastnostech místnosti a plánovaných činnostech budou mít některé akustické deskriptory větší důležitost a význam než jiné. Například u místnosti, kde je nezbytné porozumění mluvenému slovu, budou mít největší význam kritéria týkající se srozumitelnosti řeči, zatímco u místností, kde probíhají hlučné činnosti, budou mít největší význam kritéria týkající se odhlučnění, například hluková zátěž (intenzita zvuku).

**Tabulka 1. Akustické parametry místnosti**

Akustická vlastnost	Akustické kritérium (parametr)	Měrná jednotka	Definice
Hluková zátěž	Síla (intenzita) zvuku, G	dB	ISO 3382-1
Srozumitelnost řeči*	Srozumitelnost řeči, $C_{50}$	dB	ISO 3382-1
Šíření zvuku (prostorový útlum)	$DL_2, DL_f$	dB	ISO 14257
Dozvuk	Doba dozvuku $T_{20}$	s	ISO 3382-1

\* Srozumitelnost řeči lze vyjádřit i procentem. Jednotka se pak nazývá Rozlišení (Definice) neboli "Deutlichkeit" a označuje se D.

Vztah rozlišení a srozumitelnosti řeči lze vyjádřit vzorcem  $D = 1/(1 + 10^{-C_{50}/10})$

Koncepce RAC™ podporuje různé fáze stavebního projektu a lze ji využít k porozumění tomu, jak na lidi působí zvukové prostředí, ke specifikaci příslušných akustických ukazatelů místností a k výběru správného akustického řešení pro každý typ místnosti. Další informace naleznete na stránce [www.ecophon.cz](http://www.ecophon.cz) v oddílu věnovaném RAC.



Obrázek 1: Room Acoustic Comfort™, přístup k akustickému designu, který bere v potaz interakci (vzájemné působení) mezi lidmi, činnostmi a místností.

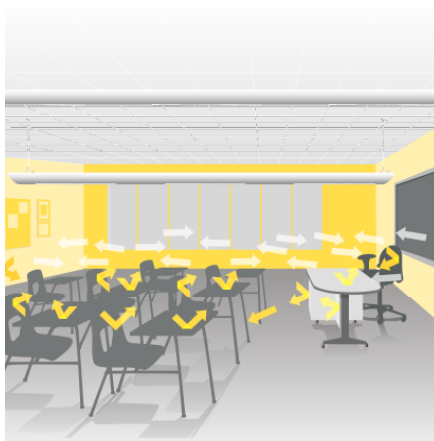
## Zvuková pole v místnostech s akustickým stropním systémem

Pokud nějaký zdroj zvuku, například reproduktor, soustavně emituje zvuk do místnosti, zvukové pole se již po velice krátké době rozptýlí i v případě, že je nainstalován akustický podhled. Zjednodušeně řečeno, rozptýlené zvukové pole znamená, že zvukové vlny se šíří všemi směry se stejnou pravděpodobností a intenzitou. Když je úroveň akustického tlaku v místnosti stabilizovaná a je dosaženo konstantní úrovně akustického tlaku, tento stav se nazývá ustálený stav. Úroveň akustického tlaku v této fázi závisí na celkové absorpci místnosti. Za normálních okolností je akustický stropní systém hlavním zvuk absorbujičím povrchem místnosti a příspěvek podhledu k celkové absorpci je dán plochou podhledu násobenou koeficienty absorpce. Ustálený stav je ilustrován na obrázku 2.

Doba dozvuku se měří tak, že se vypne zdroj zvuku a změří se doba, za kterou úroveň akustického tlaku poklesne o 60 dB. Při utlumování zvukové energie není zachována difuzivita zvukového pole. Během utlumování mizí nejdříve zvukové vlny, které narážejí do nejvíce absorbujičích povrchů, v tomto případě do podhledu, zatímco zvukové vlny narážející do tvrdých povrchů, které odrážejí zvuk, v tomto případě to jsou okolní stěny, přetrvávají déle. Ve skutečnosti je v mnoha místnostech s akustickými podhledy doba dozvuku do velké míry závislá na těchto přetrvávajících zvukových vlnách šířících se téměř rovnoběžně s podhledem. Tyto vlny se někdy označují jako tečné vlny, protože dopadají na podhled ve velmi ostrém úhlu. Zvýšením množství nábytku a zvuk rozptylujících předmětů v místnosti dochází k větší rozptýlenosti zvukového pole během dozvuku. Z toho také vyplývá, že v místnostech s akustickými podhledy je doba dozvuku do značné míry závislá na nábytku a vybavení místností. Tečné zvukové pole je znázorněno na obrázku 3.



Obrázek 2. Zvukové pole v ustáleném stavu v místnosti s akustickým podhledem a předměty rozptylujícími zvuk.



Obrázek 3. Zvukové pole během utlumování zvuku v místnosti s akustickým podhledem.

Shrnutí výše uvedených informací:

- Úroveň akustického tlaku v místnostech s akustickým stropním systémem a s trvalými zdroji zvuku závisí na celkové zvukové absorpci místnosti.
- Doba dozvuku nezávisí pouze na absorpci akustického podhledu, ale do značné míry i na absorpci okolních stěn a na množství nábytku v místnosti.

## Účinek akustických stěnových panelů na akustickou charakteristiku místnosti

- V případech, kdy plocha akustických stěnových panelů představuje pouze malou část celkové absorpce, spočívá akustický účinek stěnových panelů ve zvýšení srozumitelnosti řeči a ve zkrácení doby dozvuku, avšak hladinu zvuku ovlivňuje pouze mírně. Jedná se obvykle o případ s přítomností vysoce absorpčního podhledu.
- Akustické stěnové panely jsou účinným řešením k prevenci rušivých ozvěn např. mezi rovnoběžnými stěnami (třepotavé ozvěny) nebo k zamezení odrazům od vzdálených stěn, například od zadní stěny učebny, které mohou interferovat s řečí.
- Všeobecně se upřednostňuje umístění stěnových panelů co nejbliže ke zdroji zvuku. Nicméně v učebnách se doporučuje zachovat vzdálenost jednoho metru mezi akustickým stěnovým panelem a hlavou studenta. Pokud sedíte příliš blízko stěnového panelu, může zvukové prostředí vyvolávat pocit nevyváženosti.
- V místnostech s vysokými stropy, například ve sportovních halách nebo průmyslových prostorách, jsou akustické stěnové panely účinným doplňkem k akustickému celoplošnému podhledu. Stěnové panely by měly být přednostně umísťovány co nejbliže ke zdroji zvuku, ale aby se zabránilo náhodnému mechanickému nárazu či poškození se doporučuje, aby byly umístěny v určité výšce nad podlahou. Akustické stěnové panely by měly být instalovány přednostně na dvě přilehlé stěny. V těchto prostorách akustické panely přispějí k vyšší srozumitelnosti řeči a ke snížení doby dozvuku. Pokud je jejich plocha srovnatelná s plochou akustického stropního systému, přispějí významně i ke snížení hladiny akustického tlaku.

## Doporučená plocha pro akustické stěnové panely

- V místnostech určených pro účely vzdělávání se nejúčinnější plocha akustických stěnových panelů pohybuje v rozmezí 10 až 25% podlahové plochy, v závislosti na tom, jestli akustické nároky vyžadují úpravu stěnovými panely u jedné nebo dvou stěn.
- Ve velkoprostorových kancelářích pomohou akustické stěnové panely podél pracovišť do výšky sedící osoby zabránit šíření zvuku na delší vzdálenosti a vytvářejí klidnější pracovní prostředí.
- V menších místnostech jako jídelna nebo zasedací místnost již malá plocha akustických stěnových panelů v rozmezí 8 až 13% podlahové plochy významně zlepší srozumitelnost řeči a sníží dobu dozvuku.
- V průmyslových prostorách a sportovních halách se doporučuje použití co největší možné plochy akustických panelů, protože zde je obvykle hlavním cílem snížení hladiny akustického tlaku.

## Příklady z praxe

### Jídelna a zasedací místnost v nemocnici v Landskroně, Švédsko.

Tato místnost se používá jako jídelna a zároveň zasedací místnost personálu oddělení lékařské pohotovosti v nemocnici v Landskroně. Objem místnosti je 69 m<sup>3</sup> a její podlahová plocha je 25 m<sup>2</sup>. Strop a zdi jsou ze sádrokartónu bez jakékoli akustické úpravy. Místnost před úpravou je zachycena na obrázku 4.



Obrázek 4. Jídelna a zasedací místnost v nemocnici v Landskroně před úpravou.

Personál si stěžoval na akustické podmínky a některé z těchto výhrad jsou uvedeny níže:

- *Hodně se to tam rozléhá.*
- *Když sedíte uprostřed místnosti, nemůžete vůbec mluvit.*
- *Beru si jen krátké přestávky a vyhýbám se obědvání s ostatními.*
- *Někdy musíte lidi prosit, aby opakovali, co říkali.*
- *Když tam je hodně lidí, vytváří se neuvěřitelný hluk, který vám brání v hovoru, dokonce i s člověkem sedícím vedle vás.*
- *Odcházím odtud co nejdříve.*

Poté byla provedena akustická úprava místnosti. Strop byl zakryt porezním akustickým absorbérem o tloušťce 40 mm (Ecophon Master B) instalovaným přímo na sádrokarton. Jedna stěna byla opatřena akustickými stěnovými panely o tloušťce 40 mm (Ecophon Wall Panel C/Texona). Velikost panelu byla 2700 x 1200 mm. Plocha panelů odpovídá 13% podlahové plochy. Místnost po úpravě je zachycena na obrázcích 5 a 6.

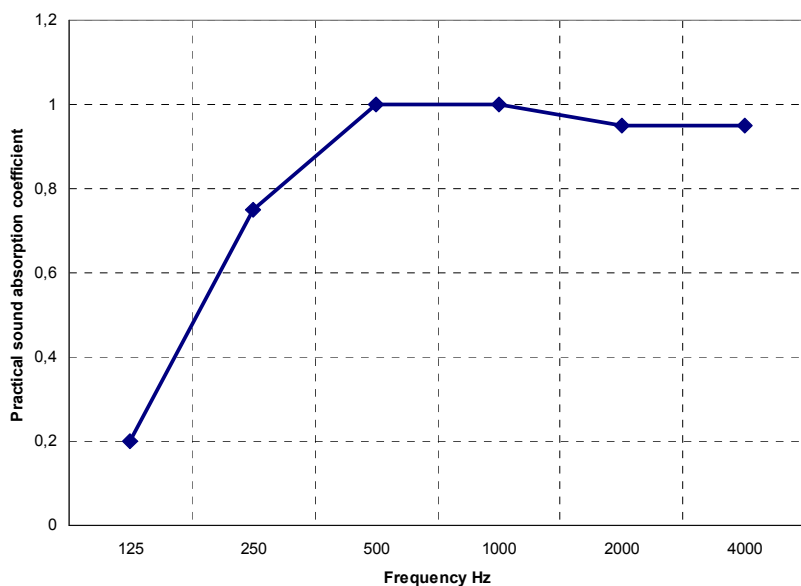


Obrázek 5. Akustický stropní systém:  
Ecophon Master B



Obrázek 6. Akustický stěnový panel:  
Ecophon Wall Panel C/Texona

Koeficienty vážené zvukové absorpce akustického stropního systému Ecophon Master B a akustického stěnového panelu Ecophon Wall Panel C/Texona jsou identické. Diagram vážené zvukové absorpce je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7. Koeficienty vážené zvukové absorpce akustických systémů použitých v prostorách nemocnice v Landskroně.

### Akustická měření v místnosti byla prováděna ve třech krocích:

1. před akustickou úpravou
2. v místnosti opatřené pouze akustickým stropním systémem
3. v místnosti opatřené akustickým stropním systémem v kombinaci s akustickými stěnovými panely

Tato měření umožnila vyhodnotit zvlášť účinek akustického stropního systému a zvlášť účinek akustických stěnových panelů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2. Výsledky měření v nemocnici v Landskroně**

Parametr	Před akustickou úpravou	Pouze akustický stropní systém	Akustický stropní systém a akustické stěnové panely
	Průměrně 500 a 1000 Hz	Průměrně 500 a 1000 Hz	Průměrně 500 a 1000 Hz
T20 [s]	0.76	0.37	0.27
$\Delta L$ [dB]*	-	-8	-8
C50 [dB]	1.8	8.6	12.0
D [%]	60	88	94
RASTI **	0.66	0.82	0.87

\*  $\Delta L$  je snížení hladiny akustického tlaku v místnosti v porovnání s místností před úpravou.

\*\* Index rychlého přenosu řeči akustiky místnosti podle IEC 60268-16

### Komentáře k výsledkům:

Akustické stropní systémy velmi výrazně sníží dobu dozvuku a hladinu akustického tlaku a zvýší srozumitelnost řeči. Přidáním akustických stěnových panelů se doba dozvuku dále sníží a srozumitelnost řeči se zvýší, ale hladina akustického tlaku v místnosti se již dále nesnižuje. Důvod pro toto chování spočívá v tom, že snížení hladiny akustického tlaku v místnosti je spojeno především s celkovou absorpcí v místnosti. Protože systém akustických stěnových panelů v tomto případě představuje pouze malou část celkové absorpční plochy v místnosti (plocha akustických stěnových panelů představuje 13% podlahové plochy), nemá účinek na hladinu zvuku (hladinu akustického tlaku). Doba dozvuku a srozumitelnost řeči závisí spíše na umístění absorbérů. Tyto parametry jsou ovlivněny "laterálním zvukovým polem", tzn. zvukovými vlnami narážejícími na stěny. Tyto zvukové vlny budou ovlivněny akustickými stěnovými panely a následkem toho se sníží doba dozvuku a zvýší se srozumitelnost řeči.

Některé komentáře personálu po provedení akustických úprav jsou uvedeny níže:

- *Mnohem tlumenější prostředí. Citím se tam teď více uvolněně.*
- *Lépe se nám spolu mluví.*
- *Je tam méně hluku, i když je v místnosti hodně lidí.*
- *Je tam menší ozvěna.*
- *Bez problémů může mluvit hodně lidí i najednou v různých částech místnosti.*

### Potravinářský závod v Landskroně, Švédsko

Dalším příkladem z praxe je závod výrobce potravin Oatly's v Landskroně. Budova tohoto závodu je akusticky neošetřená a personál považuje pracovní prostředí za hlučné. Zdrojem hluku je mechanická výrobní linka. Ke snížení celkové hladiny hluku (akustického tlaku) v průmyslových prostorách bylo rozhodnuto o instalaci celoplošného akustického stropního systému v kombinaci s akustickými stěnovými panely na přístupných částech stěn. Stropním absorpčním materiálem byl Hygiene Performance 20 mm a stěnovým absorpčním materiálem akustický systém Hygiene Performance 40 mm. Plocha stropu byla 250 m<sup>2</sup> a plocha stěn pokrytých akustickými panely dosahovala přibližně 150 m<sup>2</sup>. Stěnové panely byly instalovány na plochu tří stěn. Akustická úprava je zobrazena na obrázku 8.



Obrázek 8. Akustická úprava stropu a stěn v závodu Oatly's.

Za účelem snížení hladiny hluku (akustického tlaku) na obzvláště exponovaných místech byly akustické stěnové panely instalovány co nejbližší zdrojům hluku. Tímto místem byla chodba mezi stroji a stěnou, jak je to znázorněno na obrázku 9. Použit byl akustický stěnový systém Hygiene Advance Protection C3. Panely byly nainstalovány ve výši hlavy.



Obrázek 9. Hygiene Advance Protection C3 jako akustický stěnový systém blízko zdrojů hluku (chodba jdoucí kolem hlučných strojů).

Výsledky akustických měření místnosti jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tabulka 3. Výsledek měření před a po akustické úpravě v Oatly.**

	Hodnoty se vztahují k průměru v pásmu 1 oktávy při 500 a 1000 Hz	
	Před akustickou úpravou	Po akustické úpravě
T20 [s]	2.4	0.62
$\Delta L$ [dB]	-	5
C <sub>50</sub> [dB]	-2.9	3.7
D [%]	34	70
RASTI	0.47	0.70

\*  $\Delta L$  je snížení hladiny akustického tlaku v místnosti v porovnání s místností před úpravou.

\*\* Index rychlého přenosu řeči akustiky místnosti podle IEC 60268-16

#### Komentáře k výsledkům:

Po provedení úpravy se celková hladina hluku (akustického tlaku) v závodu snížila o 5 dB. Na základě výpočtu difúzního pole je přínos stěnových panelů 2 dB. Před úpravou se hladiny hluku (akustického tlaku) pohybovaly mezi 81 a 84 dB(A). Po úpravě hladina hluku poklesla pod 80 dB(A). Hladina hluku v blízkosti strojů stále přesahuje 80 dB kvůli dominantnímu přímému zvukovému poli neovlivněnému akustickou úpravou. Snížila se doba dozvuku a zvýšila se srozumitelnost řeči, což vedlo k výraznému zlepšení schopnosti slyšet mluvené slovo v prostorách závodu.

Některé komentáře zaměstnanců po akustické úpravě jsou uvedeny níže:

- *Je mnohem lépe slyšet, co kdo říká.*
- *Lépe se pozná, odkud se něco ozývá.*
- *Je dobré, že nemusíme nosit sluchátka.*
- *Nejsem tak unaven, když přijdu domů, a lépe se mi spí.*

Počátky Ecophonu datujeme od roku 1958, kdy byly ve Švédsku vyrobeny první akustické panely ze skelných vláken. Hlavním cílem bylo přispět ke zlepšení akustiky pracovního prostředí. Dnes je společnost globálním dodavatelem akustických systémů, které přispívají k dobré akustice prostor a zdravému vnitřnímu prostředí, a to hlavně v kancelářích, vzdělávacích, zdravotnických a výrobních zařízeních. Ecophon je součástí nadnárodní skupiny Saint-Gobain a má obchodní zastoupení a distribuci v mnoha zemích.

Úsilí Ecophonu je vedeno vizí dosáhnout celosvětově vedoucí pozice na trhu akustických podhledů a stěnových panelů, poskytováním nejvyšší kvality konečnému uživateli. Ecophon průběžně udržuje dialog se státními institucemi, výrobními a výzkumnými organizacemi. Společnost se také podílí na vytváření národních standardů v oblasti prostorové akustiky. Pozornost je věnována prostředí, kde lidé pracují a komunikují.

[www.ecophon.cz](http://www.ecophon.cz)