

DOBA DOZVUKU V TĚLOCVIČNĚ

PROBLEMATIKA DOBY DOZVUKU JE SPOLEČNÁ PRO NOVOSTAVBY I PRO REKONSTRUKCE. U NÁVRHU NOVOSTAVBY MÁME ZPRAVIDLA VÍCE MOŽNOSTÍ, JAK OVLIVNIT VÝSLEDNOU DOBU DOZVUKU VNITŘNÍHO PROSTORU, NEŽ PŘI ÚPRAVÁCH JIŽ EXISTUJÍCÍCH STAVEB. U NOVOSTAVBY JE NAPŘÍKLAD MOŽNÉ V OMEZENÉ MÍŘE UPRAVOVAT GEOMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ VNITŘNÍHO PROSTORU, KTERÉ MÁ NA VÝSLEDNOU DOBU DOZVUKU VLIV. U REKONSTRUKCÍ JE JIŽ GEOMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ VNITŘNÍHO PROSTORU ZPRAVIDLA NEMĚNNÉ. V OBOU PŘÍPADECH JSOU VŠAK NORMOU ČSN 73 0527 STANOVENY SHODNÉ POŽADAVKY.



01

Norma stanovuje požadavek na optimální dobu dozvuku v závislosti na typu vnitřního prostoru a jeho objemu. Požadavek je stanoven formou mezí pro jednotlivá frekvenční pásma. Na jednotlivých sledovaných frekvenčních pásmech nesmí být výsledná doba dozvuku příliš vysoká, ale ani příliš nízká.

Pohltivé materiály používané pro snížení doby dozvuku mají na různých frekvencích různou účinnost. Tato účinnost navíc není závislá pouze na jednom fyzikálním parametru materiálu, ale i na způsobu zabudování materiálu do konstrukce.

Návrh opatření na optimalizaci doby dozvuku je založen na teoretickém výpočtovém modelu, popř. korigovaném zkušenostmi, zatímco o splnění požadavků na dobu dozvuku rozhoduje měření v reálném vnitřním prostoru. Mezi výsledky teoretických výpočtů a výsledky měření skutečného prostoru musíme vždy předpokládat určité rozdíly. Ty jsou dány tím, že výpočtový model nemůže vždy zahrnout všechny vlivy, které dobu dozvuku reálně ovlivňují.

Výše uvedené argumenty nám napovídají, že návrh opatření na optimalizaci doby dozvuku vnitřního prostoru nemusí být zrovna snadnou záležitostí. Pojďme si na konkrétním příkladu ukázat postupný proces návrhu a realizace opatření pro optimalizaci doby dozvuku a stanovme si, s čím musí projektant i investor v tomto procesu počítat.

V roce 2006 proběhla rekonstrukce tělocvičny základní školy v Říčanech u Prahy.

Tělocvična má půdorysné rozměry 36 m x 18 m a světlou výšku v hřebeni střešní konstrukce 8,8 m. Svislý nosný systém budovy tělocvičny je tvořen

Tabulka 01 | Výsledky měření původního stavu

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T [s]	3,19	4,86	5,88	5,52	4,40	3,00

Tabulka 02 | Výsledky výpočtů 1. fáze

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T [s]	1,88	1,41	1,13	1,12	1,09	0,94

Tabulka 03 | Výsledky měření 1. fáze

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T [s]	1,67	3,43	2,81	2,44	2,27	1,51

Obr. 01 | Princip propojení vzduchové vrstvy nad podhledem s vnitřním prostředím



železobetonovými sloupy. Prostor mezi sloupy je vyzděn. Střešní konstrukce je sedlová, nevětraná, jednoplášťová. Je tvořena dřevěnými lepenými vazníky uloženými na obvodových stěnách. Na dřevěné vazníky je uloženo bednění a souvrství střešního pláště. V původním stavu byl pod bedněním proveden podhled z desek na bázi dřeva. V podélných obvodových stěnách jsou přes téměř celou délku tělocvičny umístěna pásová okna. Štítové stěny jsou bez oken.

Tělocvična v době svého návrhu nebyla řešena z hlediska prostorové akustiky. Vnitřní povrchy byly velmi málo pohltivé (omítky, sklo) nebo málo pohltivé (podhledové desky na bázi dřeva /foto 02/). Ve vnitřním prostoru vznikala při užívání velká ozvěna, a tím se stával prostor velmi hlučným.

V roce 2005 se rozběhly projekční práce řešící rekonstrukci školy. O rok později prošla základní škola významnou rekonstrukcí, která se týkala i budovy tělocvičny. Rekonstrukce tělocvičny spočívala ve výměně oken, výměně podlahy, realizaci vzduchotechniky a v neposlední řadě také realizaci opatření pro optimalizaci prostorové akustiky vnitřního prostoru. Úkolem Atelieru DEK byl právě návrh těchto akustických opatření.

MĚŘENÍ PŮVODNÍHO STAVU

Úvodním krokem při návrhu opatření pro řešení prostorové akustiky bylo měření reálné doby dozvuku původního stavu vnitřního prostoru tělocvičny. Výsledky měření na jednotlivých frekvenčních pásmech jsou uvedeny v tabulce /01/.

V době návrhu opatření platily na dobu dozvuku požadavky Nařízení vlády 502/2000 Sb. Pro rekonstruovaný prostor tělocvičny platilo, že střední doba dozvuku nesměla přesáhnout hodnotu 2,0 s. Změřená střední doba dozvuku byla v tomto případě přibližně 4,7 s. Požadavek Nařízení vlády byl tedy výrazně překročen. (Střední hodnota byla dle uvedeného Nařízení vlády průměrná hodnota doby dozvuku na frekvenčních pásmech 250–4000 Hz.)

NÁVRH AKUSTICKÝCH OPATŘENÍ – 1. FÁZE

Na základě výsledků měření byl vytvořen výpočetní model pro stanovení doby dozvuku. Výpočet byl proveden dle ČSN 73 0525 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady*.

V prvním kroku byl navržen pohltivý širokopásmový zavěšený podhled na minerální bázi, odolný proti mechanickému namáhání na střešní konstrukci.

Výpočtová doba dozvuku tělocvičny s pohltivým podhledem v celé ploše střechy při uvažování deklarovaných parametrů dle výrobce je uvedena v tabulce /02/.

Střední doba dozvuku na frekvenčních pásmech 250–4000 Hz je pak 1,1 s, tedy výrazně nižší, než je požadavek Nařízení vlády 2,0 s.

Konstrukce podhledu byla řešena samozřejmě ve všech souvislostech. S ohledem na požadavky tepelné techniky byla proto propojena vzduchová vrstva nad pohledem s interiérem. Tato úprava může významným způsobem ovlivnit akustické parametry podhledu deklarované výrobcem.

V roce 2006 byl podhled v rámci rekonstrukce tělocvičny realizován.

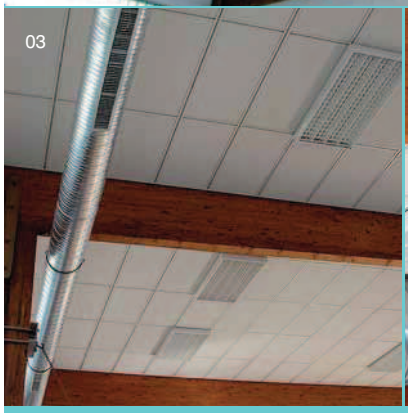
MĚŘENÍ PO REALIZACI PODHLEDU

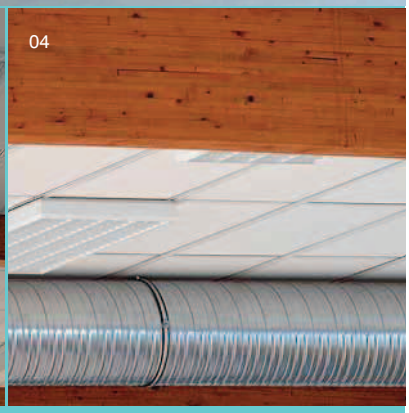
Po realizaci pohltivého podhledu byl znát významný posun v subjektivně vnímané kvalitě prostorové akustiky oproti původnímu stavu. Přesto provedené ověřovací měření prokázalo rozdíl mezi výpočtovou hodnotou doby dozvuku a reálně naměřenou, a tím nesoulad s požadavky Nařízení vlády. Naměřené hodnoty jsou v tabulce /03/.

Střední doba dozvuku na frekvenčních pásmech 250–4000 Hz je pak 2,5 s. Požadavek Nařízení vlády 2,0 s byl překročen. Tuto skutečnost je možné vysvětlit již zmiňovanou sníženou účinností pohltivosti podhledu vlivem propojení vzduchové vrstvy nad ním s interiérem. Negativně se také projevil vliv opakovaného odrazu hluku od protilehlých stěn, které zůstaly v první fázi realizace bez pohltivých obkladů.

V roce 2006 navíc došlo ke změně požadavků. Nařízení vlády 502/2000 Sb. bylo nahrazeno Nařízením vlády 148/2006 Sb. Novým dokumentem byl pro rekonstruované budovy zrušen požadavek na střední dobu dozvuku a byl nahrazen odkazem na požadavky normy ČSN 73 0527. Tato norma již nestanovuje pouze jednu hodnotu požadavku, ale stanovuje v závislosti na objemu vnitřního prostoru meze na jednotlivých kmitočtových frekvencích. Prakticky to znamená, že v jednotlivých sledovaných frekvenčních pásmech nesmí


02


03


04

01 | Tělocvična po rekonstrukci
02 | Původní podhled z desek na bázi dřeva
03–05 | Zrealizovaný akustický podhled


05

být výsledná doba dozvuku příliš vysoká, ale ani příliš nízká. U tělocvičny se sledují pásma 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz a 2000 Hz. Tato změna tedy dále zpřísnila požadavky na dobu dozvuku pro rekonstruované budovy.

Tělocvična v Říčanech má objem vnitřního prostoru přibližně 5200 m^3. Pro tento objem je optimální doba dozvuku dle normy 1,7 s. Konkrétní požadavky na dobu dozvuku T v jednotlivých sledovaných frekvencích jsou uvedeny v tabulce /04/. Požadavky jsou stanoveny formou horních a dolních mezí na jednotlivých frekvenčních pásmech.

NÁVRH AKUSTICKÝCH OPATŘENÍ – 2. FÁZE

Vzhledem k uvedenému bylo nutné provést opětovnou kalibraci výpočetního modelu dle výsledků měření a navrhnout dodatečná opatření k optimalizaci doby dozvuku.

Byl navržen akusticky pohltivý obklad z minerálních vláken na stěny, a to na ploše potřebné ke splnění požadavků normy. Bylo navrženo i rozmístění obkladu na jednotlivé stěny tak, aby byly v maximální možné míře eliminovány opětovné nežádoucí odrazy od protilehlých stěn. Investor neakceptoval v plné míře rozmístění akusticky pohltivých obkladů, plochu pohltivých prvků však ponechal. Pohltivé obklady byly realizovány na jedné ze štítových stěn.

MĚŘENÍ PO REALIZACI AKUSTICKÉHO OBKLADU

Po realizaci pohltivého obkladu štítové stěny bylo znovu provedeno ověřovací měření. V tomto případě již byly požadavky normy bezezbytku splněny /tabulka 05/. Ve všech sledovaných frekvenčních pásmech leží reálná doba dozvuku v mezích definovaných normou.

ZÁVĚR

Nelze očekávat bezezbytkové splnění požadavků normy na dobu dozvuku pouze jedním krokem realizace akustických opatření. Pro splnění požadavků normy na všech frekvenčních pásmech jsou zpravidla nutné 2 fáze realizace, na které je potřeba mít i připravené finanční prostředky. Obecně lze očekávat, že ve druhé fázi bude potřeba přibližně 20–40 % finančních prostředků z celkové ceny opatření na řešení prostorové akustiky.

V první fázi návrhu projektant odhaduje veškeré možné vlivy, které mohou výslednou dobu dozvuku ovlivnit. Je třeba navrhnout taková opatření, aby se dal předpokládat výsledek blízký požadavkům normy, tedy výsledek zajišťující bezproblémové a pohodlné užívání vnitřního prostoru.

Bezezbytkové splnění požadavků normy lze očekávat až po případné druhé fázi návrhu zpracovaného na základě měření po realizaci první fáze. V druhé fázi je možné vyhodnotit přínos první fáze a optimalizovat prostorovou akustiku návrhem dalšího vhodného materiálu s útlumem zejména na frekvencích, na kterých je ještě potřeba dobu dozvuku v daném prostoru upravit. Je nutné navrhnout tento materiál na vhodnou plochu konstrukcí, aby nebyl prostor nedotlumen nebo naopak přetlumen.

Subjektivně nemusí být mezi stavem vnitřního prostoru po realizaci opatření první fáze a stavem prostoru po realizaci opatření následné druhé fáze znatelný rozdíl.

<Tomáš Kupsa>
DEKPROJEKT s.r.o.
Vedoucí oddělení Stavební fyzika

foto: Tomáš Kupsa, Eva Nečasová

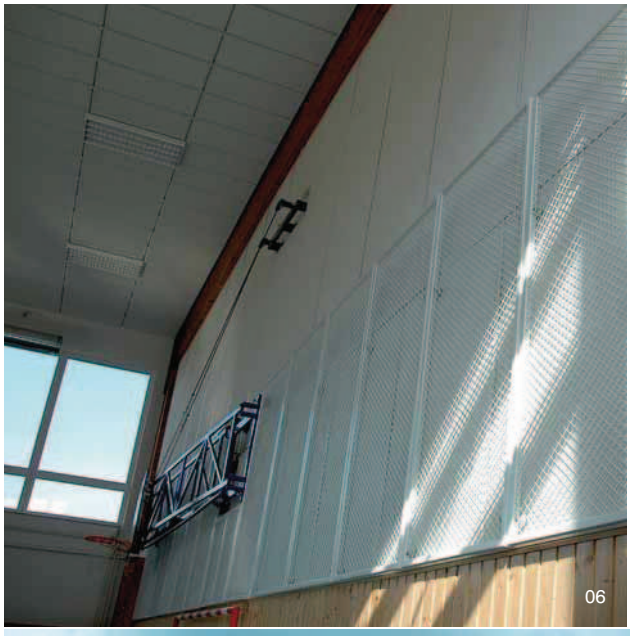
06 | Zrealizovaný akustický obklad
07 | Zrealizovaný akustický podhled
08 | Pohled na budovu tělocvičny po rekonstrukci

Tabulka 04 | Požadavky normy ČSN 73 0527

Vnitřní prostor	Meze	Střední kmitočet oktávového pásma f [Hz]							
		250		500		1000		2000	
		T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T
Sportovní hala	Horní	0,80	1,36 s	0,80	1,36 s	0,80	1,36 s	0,80	1,36 s
	Dolní	1,20	2,04 s	1,20	2,04 s	1,20	2,04 s	1,20	2,04 s

Tabulka 05 | Výsledky měření 2. fáze

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T [s]	1,45	1,72	1,83	1,65	1,66	1,31



06



07



08