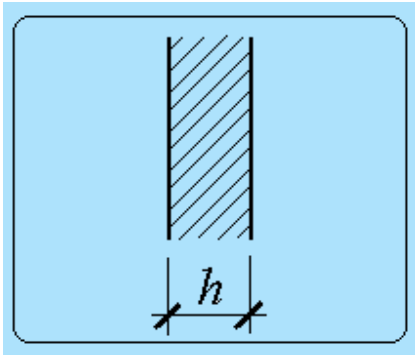


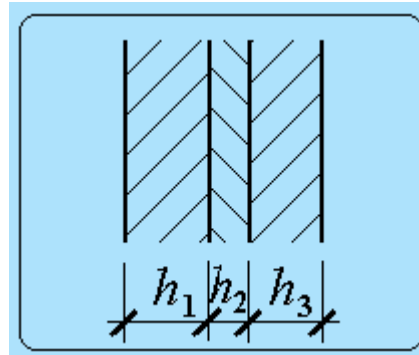
NEPRŮZVUČNOST A KROČEJOVÝ ZVUK

Typy konstrukcí

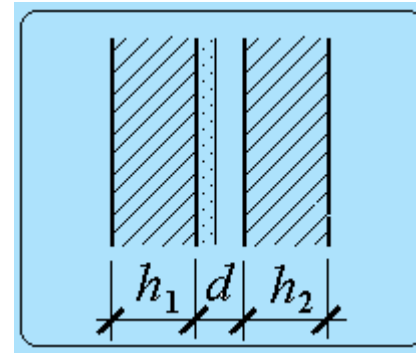
jednoduchá



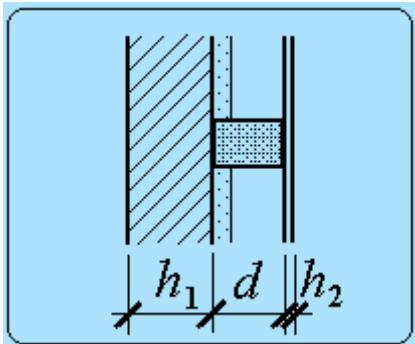
vrstvená



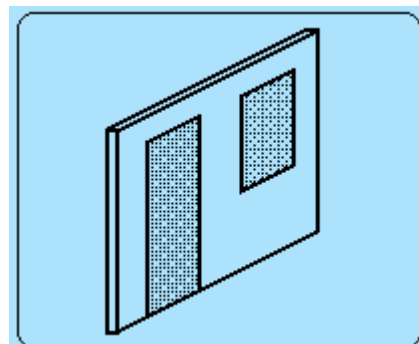
dvojitá



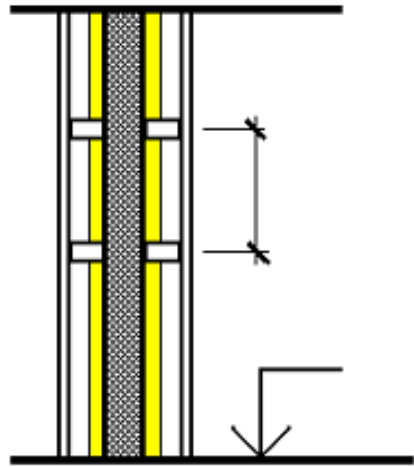
kombinovaná



složená



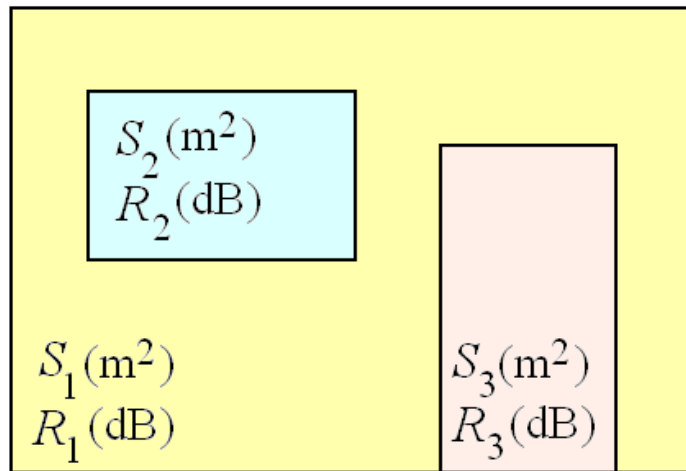
Víceprvkové konstrukce



VÍCEPRVKOVÁ
KONSTRUKCE

Vzduchová neprůzvučnost konstrukcí o více než dvou prvcích zpravidla není vyšší než konstrukce dvouprvkové o stejné plošné hmotnosti. Neprůzvučnost takových konstrukcí je ovlivněna výskytem více než jedné rezonance typu hmotnost – poddajnost - hmotnost

Složené konstrukce



$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

$$10^{0,1R} = \frac{1}{\tau}$$

$$\tau = 10^{-0,1R}$$

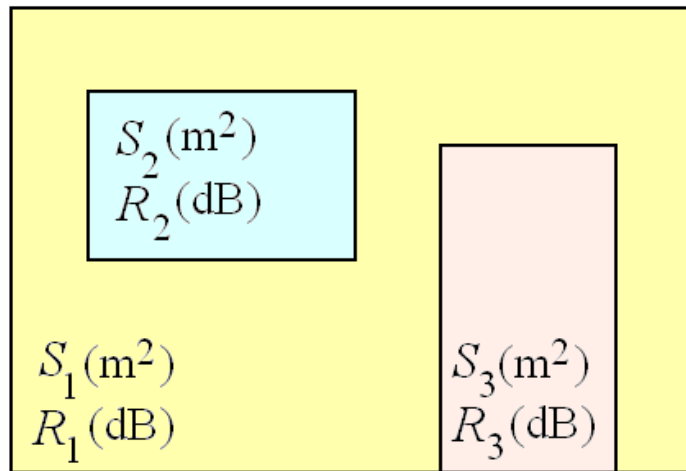
$$\tau = \frac{\sum S_i \tau_i}{\sum S_i}$$

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum S_i \tau_i} =$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\sum S_i}{\sum S_i \tau_i}$$

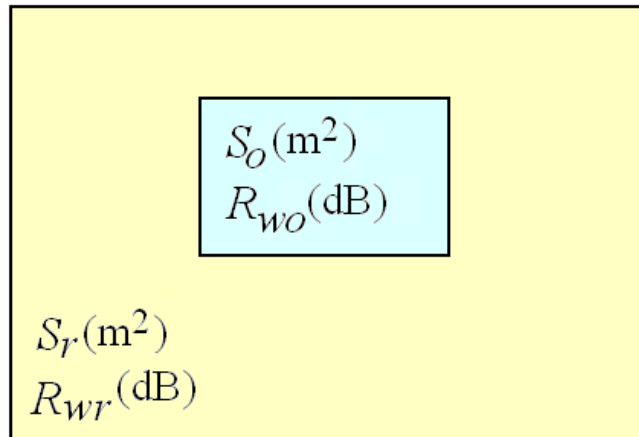
$$= 10 \log \sum S_i - 10 \log \sum S_i 10^{-0,1R_i}$$

Složené konstrukce



$$R = 10 \log(S_1 + S_2 + S_3) -$$
$$- 10 \log(S_1 \cdot 10^{-0,1R_1} + S_2 \cdot 10^{-0,1R_2} + S_3 \cdot 10^{-0,1R_3})$$

Stanovení požadované neprůzvučnosti okna



R_{wop} = požadovaná neprůzvučnost okna

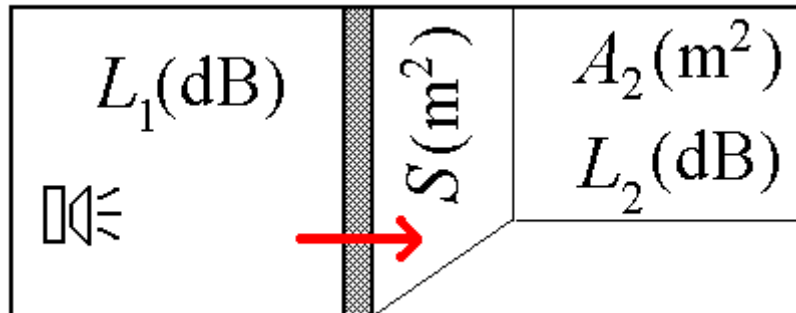
R_{wp} = požadovaná neprůzvučnost obvodového pláště (podle ČSN 730532)

$$R_{wop} = R_{wp} - 10 \log \left[q - (q - 1) 10^{\frac{R_{wp} - R_{wr}}{10}} \right]$$

$$q = \frac{S_o + S_r}{S_o}$$

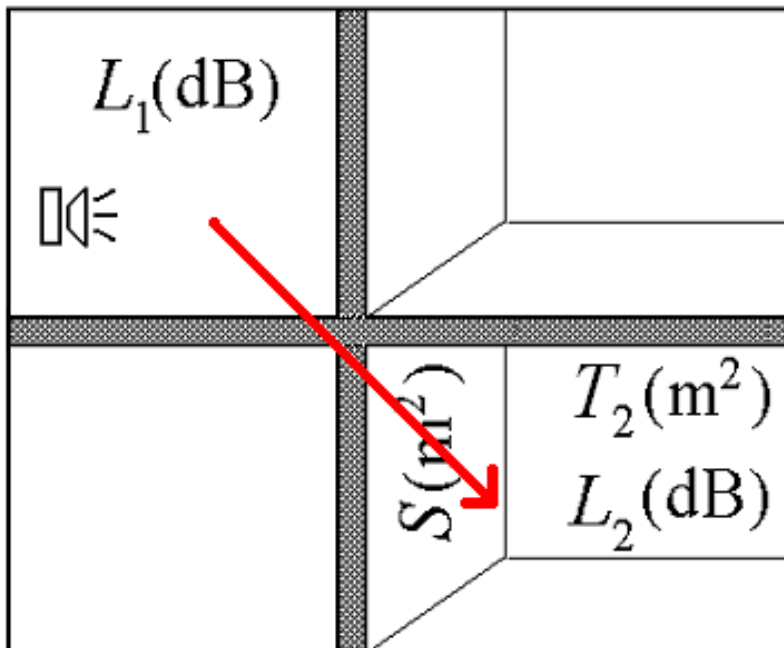
Normovaný rozdíl hladin D_{nT} (dB)

Neprůzvučnost je vázána na plochu stěny



$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A_2)$$

Normovaný rozdíl hladin



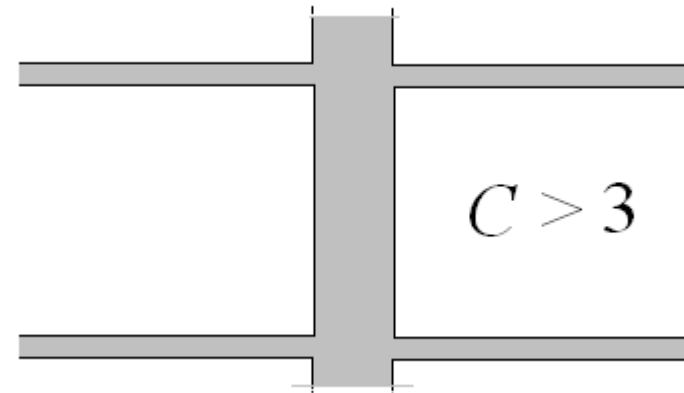
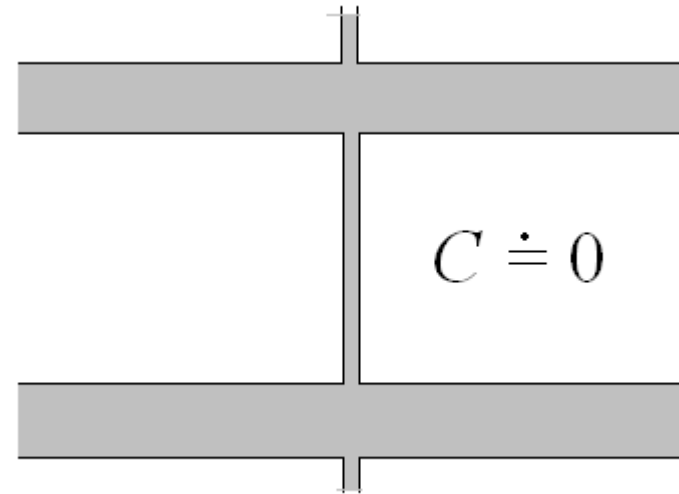
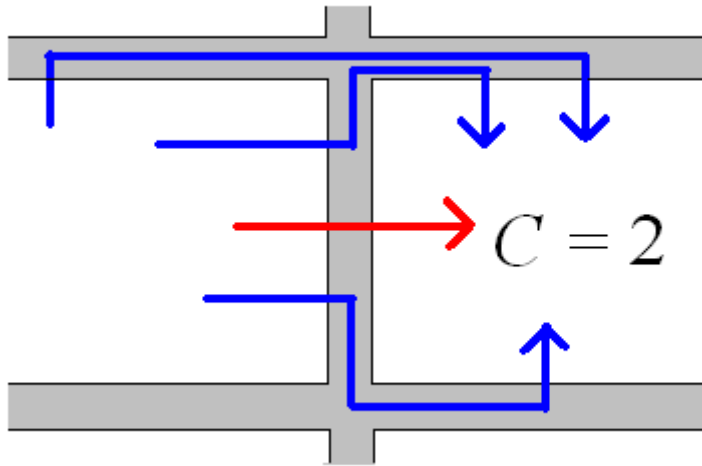
$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log (T_2/0,5)$$

$$D_{nTw} \quad D'_{nTw}$$

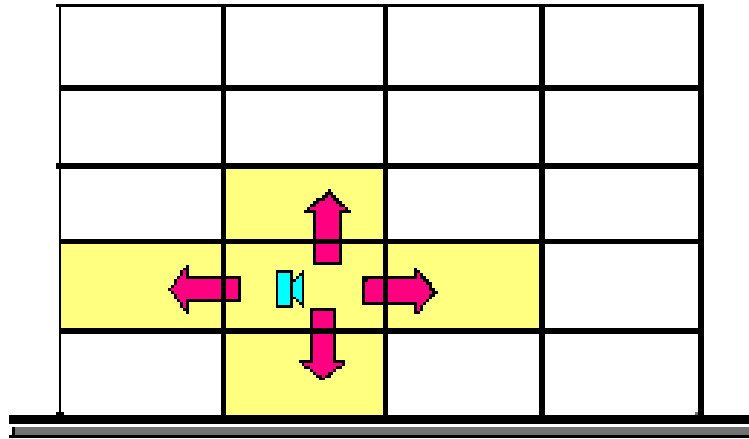
Použije se pro diagonální přenos zvuku nebo v případech, kdy nelze stanovit S (m²)

Stavební neprůzvučnost

$$R'_w = R_w - C \quad C = 2 \text{ až } 3 \text{ dB}$$



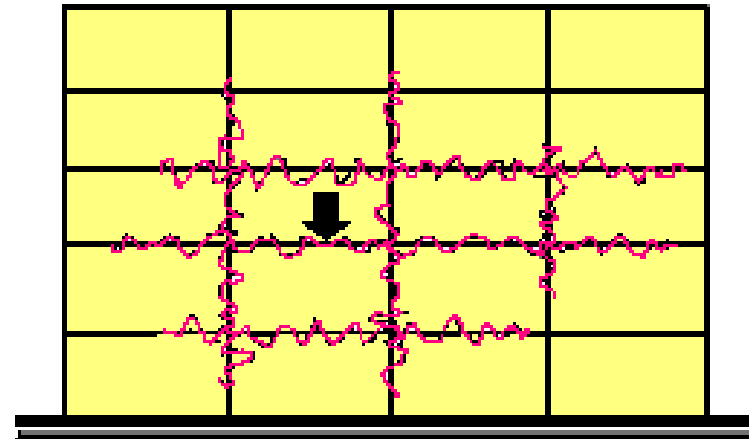
Kročejevý zvuk



šíření zvuku vzduchem - jen do sousední místnosti, rozhoduje neprůzvučnost

zvuk nedefinovatelný

~~POZOR: Kročejevý zvuk~~



šíření zvuku konstrukcí - i do vzdálených místností, pružně uložit zdroj



Měření kročejového zvuku



normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku

zkráceně

hladina kročejového zvuku

$$A_2 = 0,163 \frac{V_2}{T_2}$$

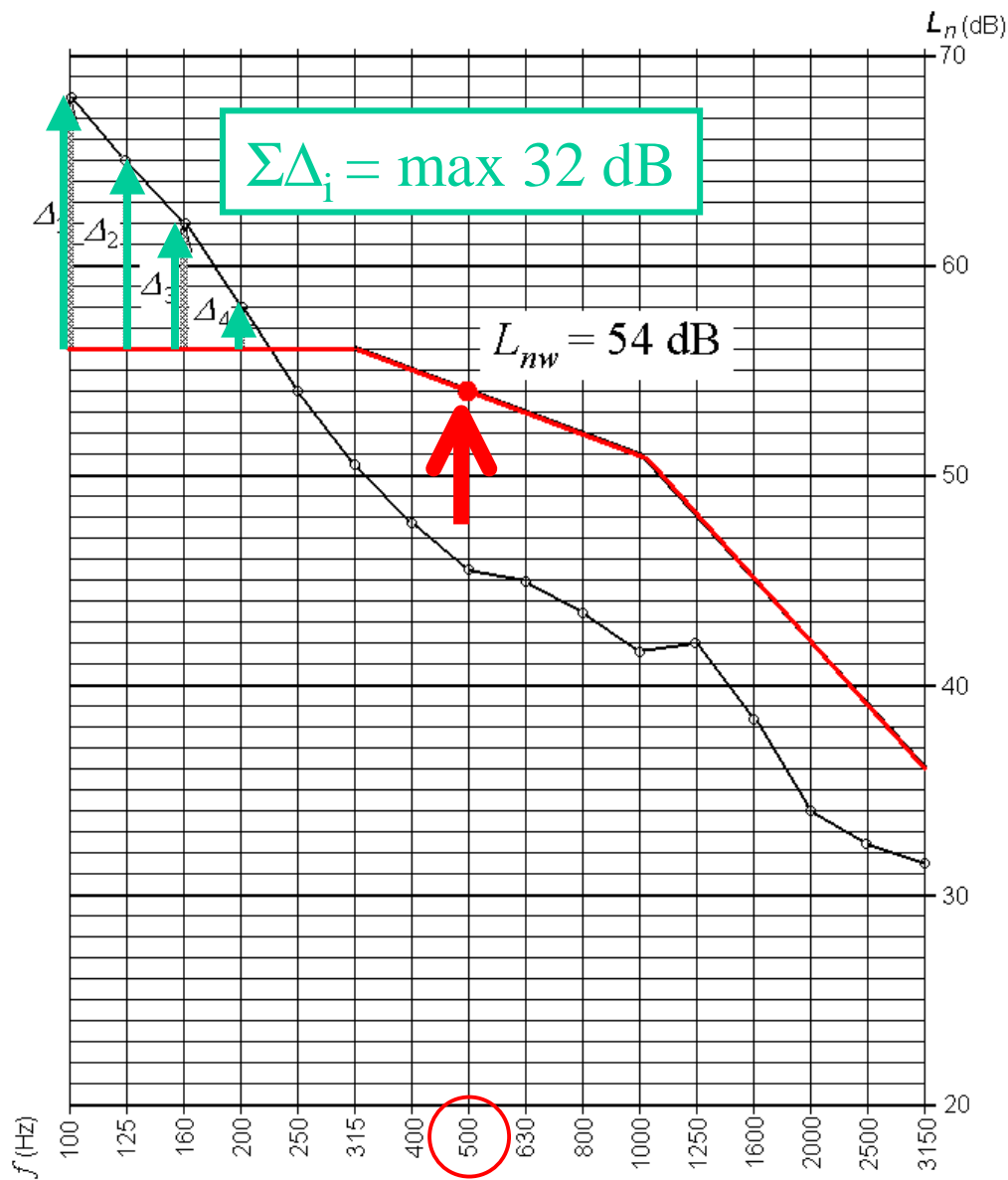
$$L_n = L_2 + 10 \log \frac{A_2}{A_0}$$

$$A_0 = 10 \text{ m}^2$$

$$L_{nT} = L_2 - 10 \log \frac{T_2}{T_0}$$

$$T_0 = 0,5 \text{ s}$$

Použije se pro
diagonální přenos
zvuku



L_{nw} (dB)

vážená hladina
kročejového zvuku

stavební hodnota

$$L'_{nw} = L_{nw} + C$$

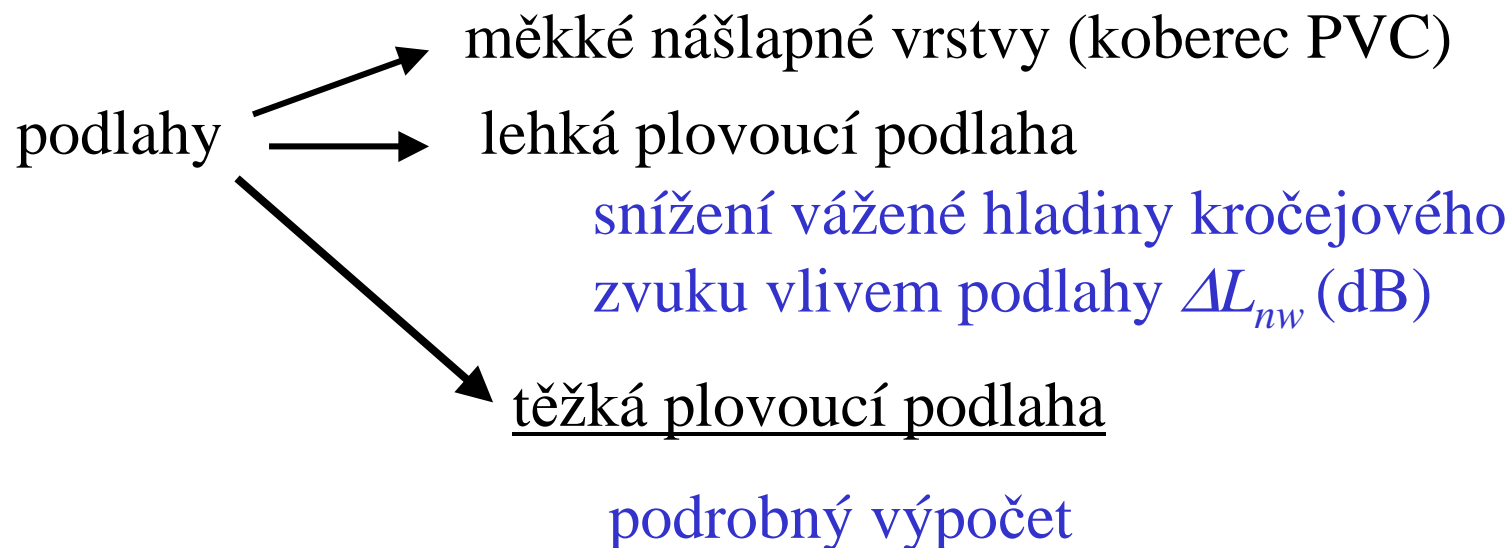
$$C = 0 \text{ až } 2 \text{ dB}$$

ČSN 730532

přenos mezi byty

$$\max L'_{nw} = 55 \text{ dB}$$

Ochrana proti kročejovému zvuku je záležitostí konstrukce podlahy



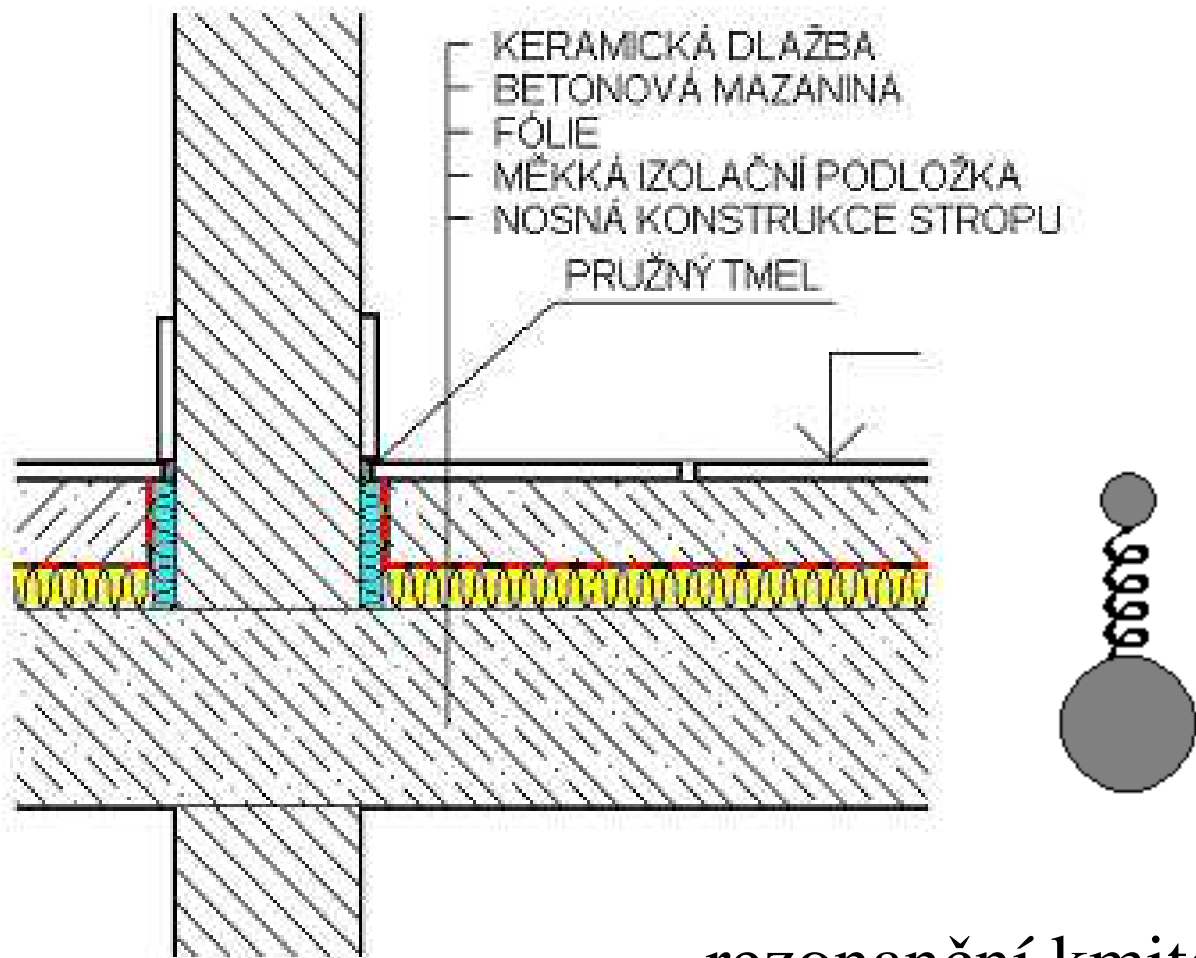
L_{nw} konstrukcí bez podlahy (př. betonová deska 200 mm)

$$L_{nw} = 135 - R_w = 135 - 56 = 79 \text{ dB}$$

$$L'_{nw} = L_{nw} + C = 79 + 2 = 81 \text{ dB}$$

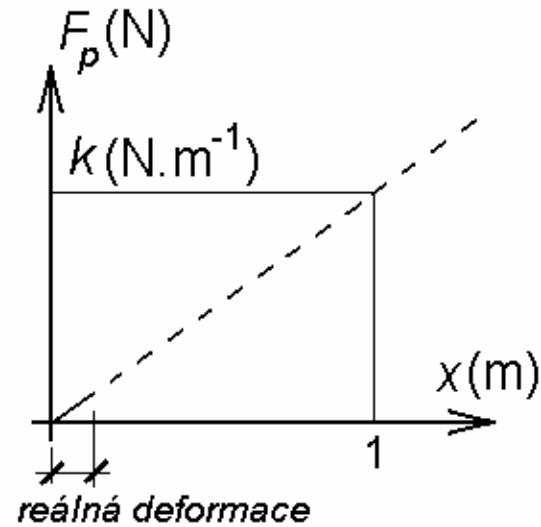
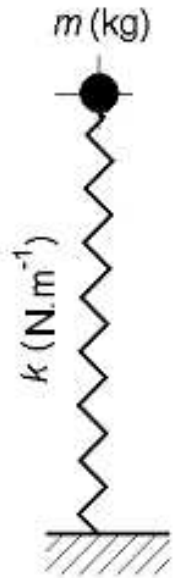
Požadavek: $\Delta L_{nw} = 81 - 55 = 26 \text{ dB}$

TĚŽKÁ PLOVOUCÍ PODLAHA

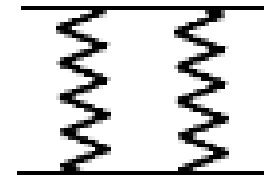


rezonanční kmitočet f_r (Hz)

Hmotný bod na nehmotné pružině



sčítání tuhostí

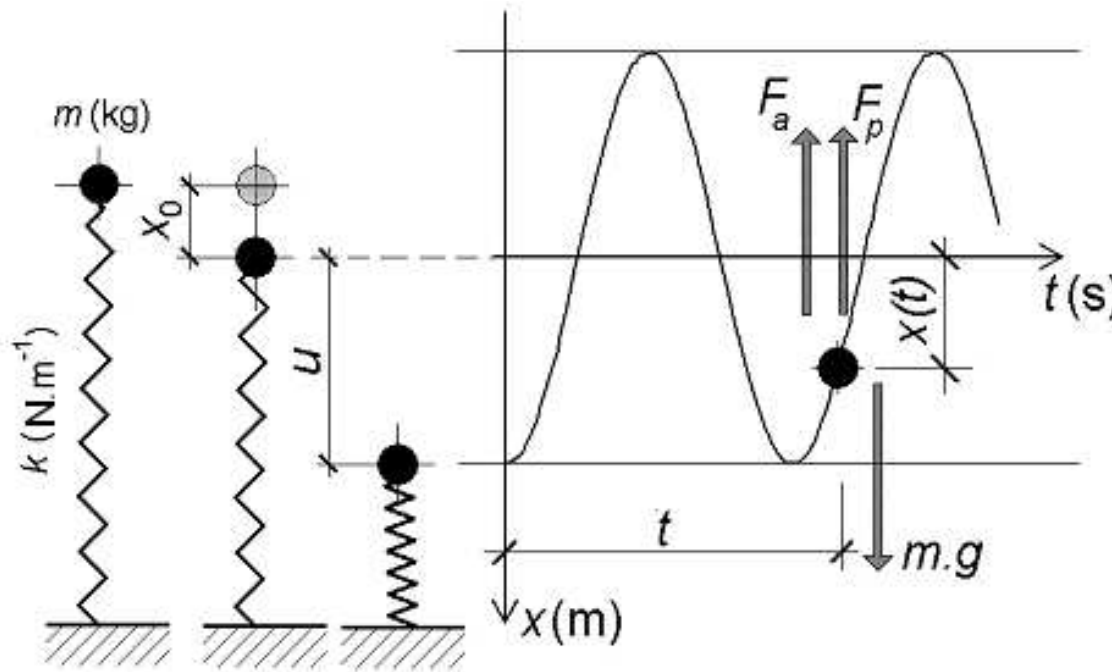


$$k_{1+2} = k_1 + k_2$$



$$\frac{1}{k_{1+2}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Hmotný bod na nehmotné pružině



$$k \cdot x_0 = m \cdot g$$

$$F_a + F_p - mg = 0$$

$$ma + k(x + x_0) - mg = 0$$

$$mx'' + kx = 0$$

$$x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

$$-\omega_0^2 x + \frac{k}{m}x = 0$$

$$x = A \cos(\omega_0 t) + B \sin(\omega_0 t)$$

$$x' = -A \omega_0 \sin(\omega_0 t) + B \omega_0 \cos(\omega_0 t)$$

$$x'' = -A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t) - B \omega_0^2 \sin(\omega_0 t)$$

$$x'' = -\omega_0^2 \cdot x$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

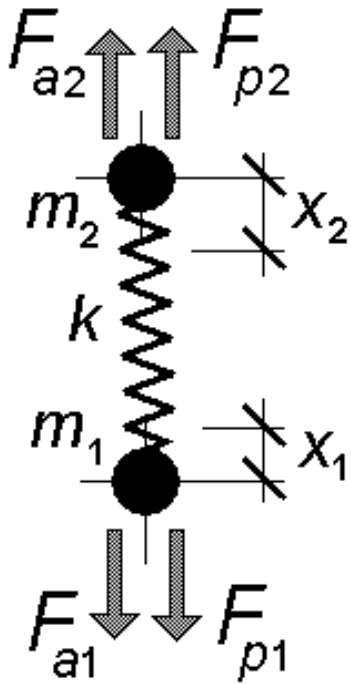
Hmotný bod na nehmotné pružině

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Těžká plovoucí podlaha



$$F_{p1} = F_{p2} = k(x_1 + x_2)$$

$$X = x_1 + x_2$$

$$\begin{aligned} m_2 a_2 + k(x_1 + x_2) &= 0 \\ m_1 a_1 + k(x_1 + x_2) &= 0 \end{aligned}$$

$$X'' + k \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) X = 0$$

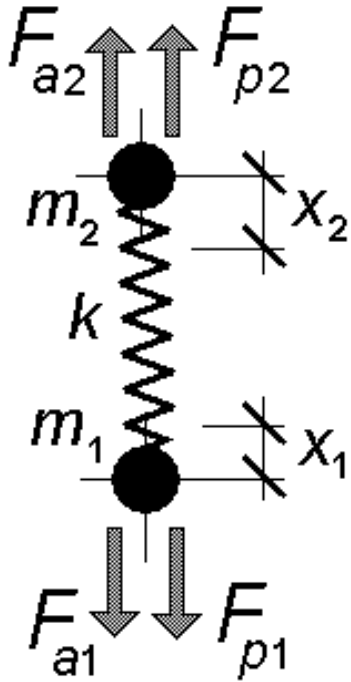
$$\begin{aligned} x_2'' + \frac{k}{m_2} (x_1 + x_2) &= 0 \\ x_1'' + \frac{k}{m_1} (x_1 + x_2) &= 0 \end{aligned}$$

$$\omega_0 = \sqrt{k \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

$$x_1'' + x_2'' + \left(\frac{k}{m_1} + \frac{k}{m_2} \right) (x_1 + x_2) = 0$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Těžká plovoucí podlaha



dynamická tuhost pružné vrstvy

$$s' = \frac{k}{S} \left(\frac{\text{N.m}^{-1}}{\text{m}} = \text{Pa.m}^{-1} \right)$$

plošná hmotnost

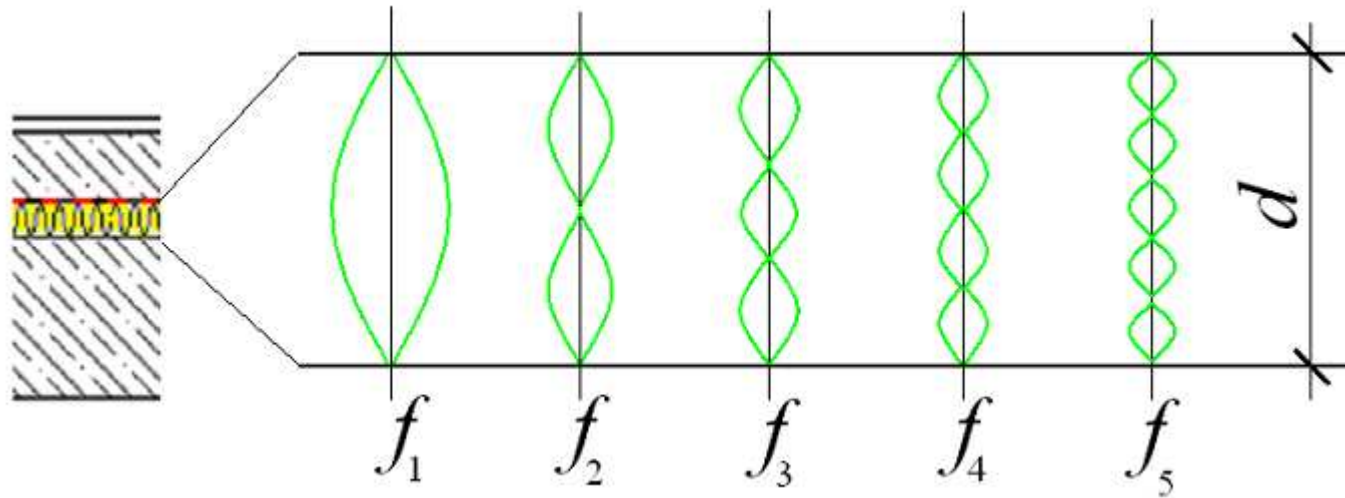
$$m' = \frac{m}{S} \left(\text{kg.m}^{-2} \right)$$

většinou udávané v
MPa/m !

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Půlvlnné rezonance



základní kmitočet půlvlnných rezonancí

$$n \frac{\lambda}{2} = d$$

$$f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{s'}{m'_d}}$$

$$m'_d = \rho_0 d_0$$

Vlastnosti zvukově izolačních podložek

stlačitelnost při normovém zatížení 200 kg/m^2

$$K_n = \frac{d_0 - d_n}{d_0} \cdot 100 \text{ [%]}$$

stlačitelnost při skutečném zatížení $m_2 \text{ kg/m}^2$

$$K = K_n \frac{m'_2}{200}$$

tloušťka podložky při zatížení

$$d = d_0 \left(1 - \frac{K}{100} \right)$$

dynamická tuhost při zatížení

$$s' = s'_n \frac{100 - K_n}{100 - K}$$

více vrstev podložky
nad sebou

$$s' = \frac{1}{\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2} + \dots}$$

Výpočet hladiny kročejového zvuku pro těžkou plovoucí podlahu

$$L_n = L_{nm} - D_L$$

$$L_{nm} = -20 \log \left(10^{-0,05 L_{n1}} + 10^{-0,05 L_{n2}} \right)$$

výpočet L_{n1} a L_{n2}

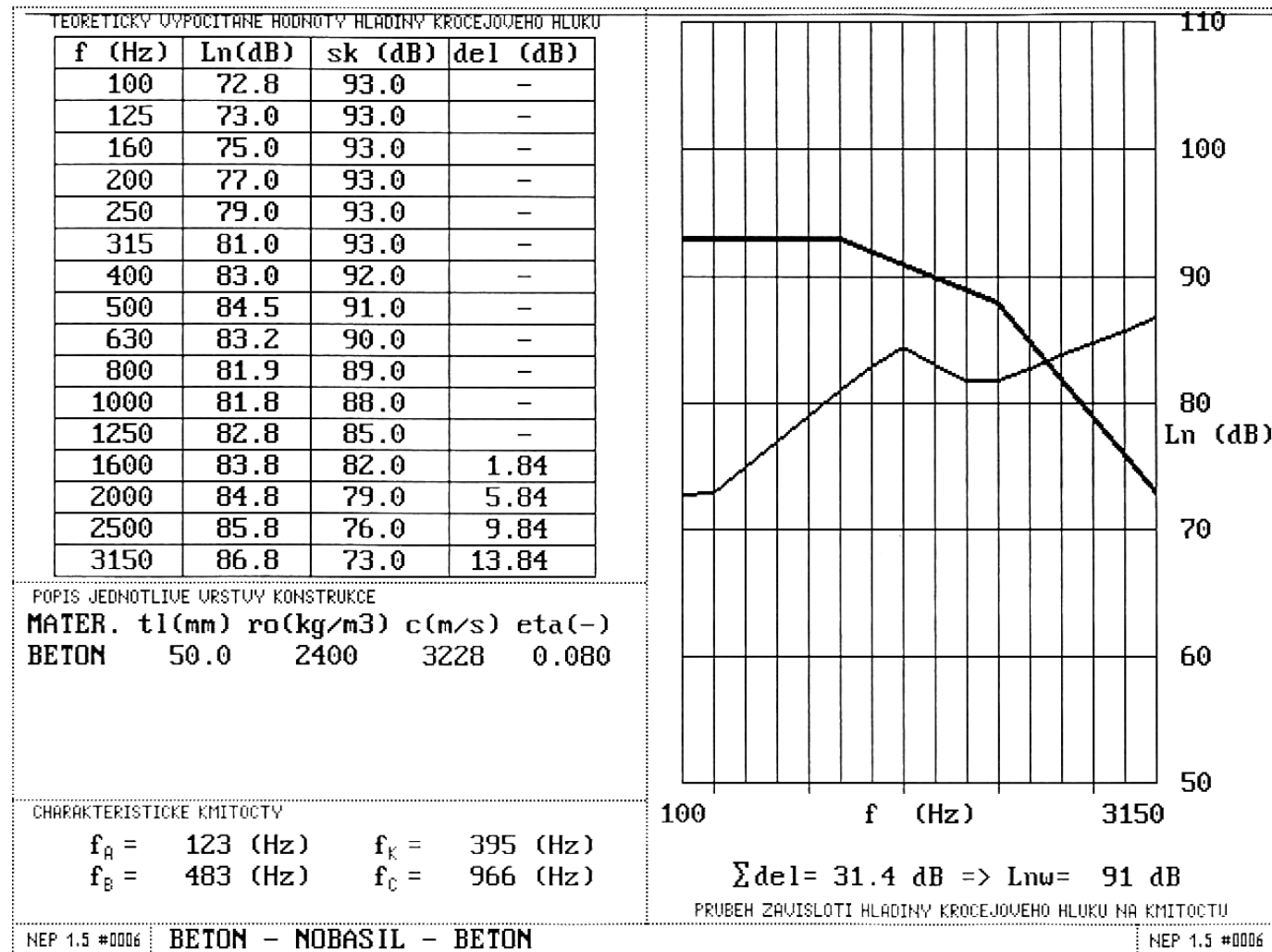
$$\text{Pro } f \leq f_{cr} \text{ platí } L_n = 38 + 10 \log f_{cr} + 20 \log f - R$$

$$\text{Pro } f < f_{cr} \text{ platí } L_n = 38 + 30 \log f - R$$

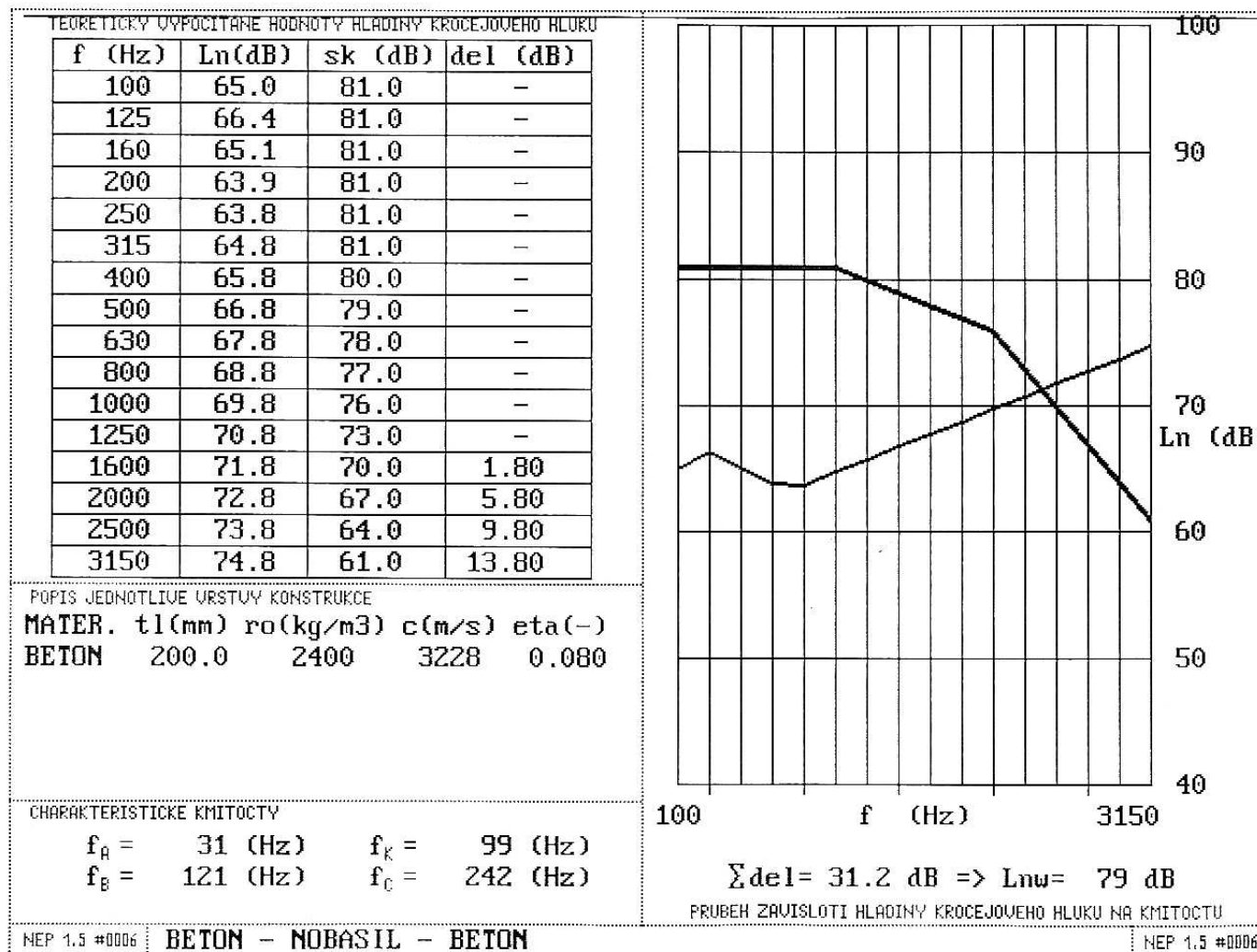
výpočet D_L

$$D_L = 10 \log \left\{ \left[\cos \frac{\pi f}{f_1} - \left(\frac{f f_1}{\pi f_r^2} \right) \sin \frac{\pi f}{f_1} \right]^2 + \left[1 + \left(\frac{f f_1}{\pi f_r^2} \right)^2 \right] \sinh^2 \frac{\eta_d \pi f}{f_1} \right\}$$

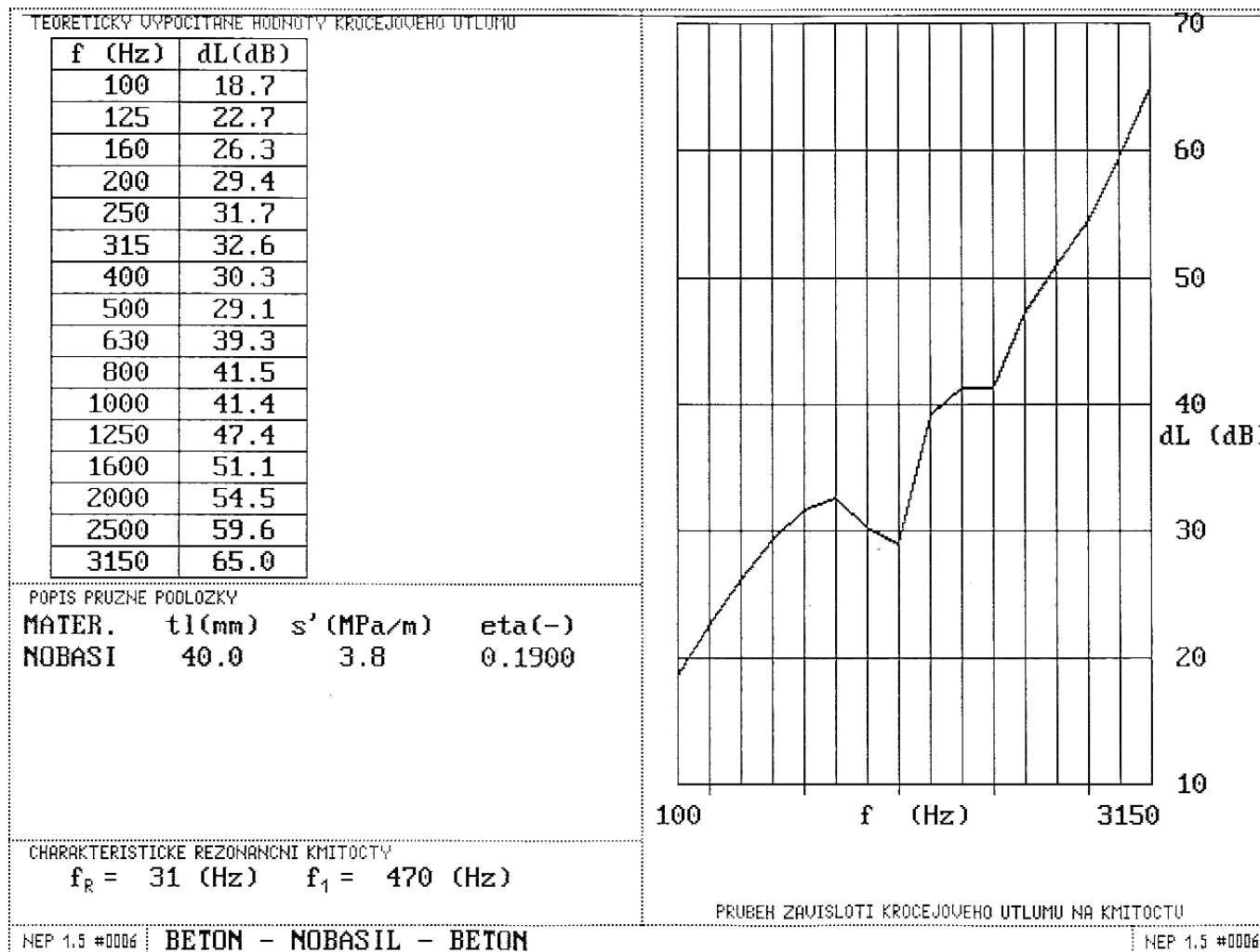
Výpočet hladiny kročejového zvuku pro těžkou plovoucí podlahu



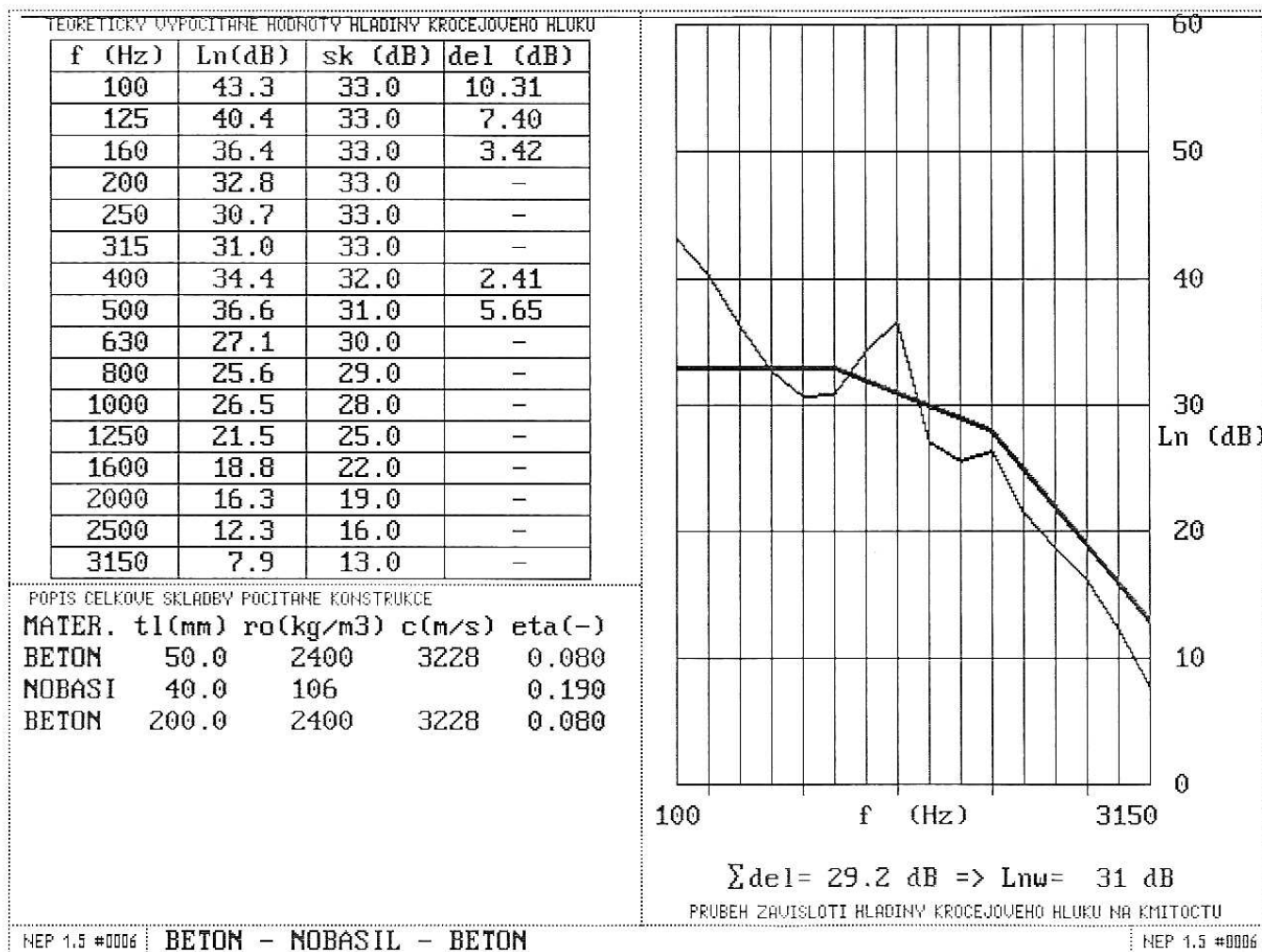
Výpočet hladiny kročejového zvuku pro těžkou plovoucí podlahu



Výpočet hladiny kročejového zvuku pro těžkou plovoucí podlahu



Výpočet hladiny kročejového zvuku pro těžkou plovoucí podlahu



ČSN 730532

**Akustika – Ochrana proti hluku v
budovách a posuzování akustických
vlastností stavebních výrobků –
Požadavky (únor 2010)**

ČSN 730532 limitní hodnoty **min** R'_w **max** L'_{nw}

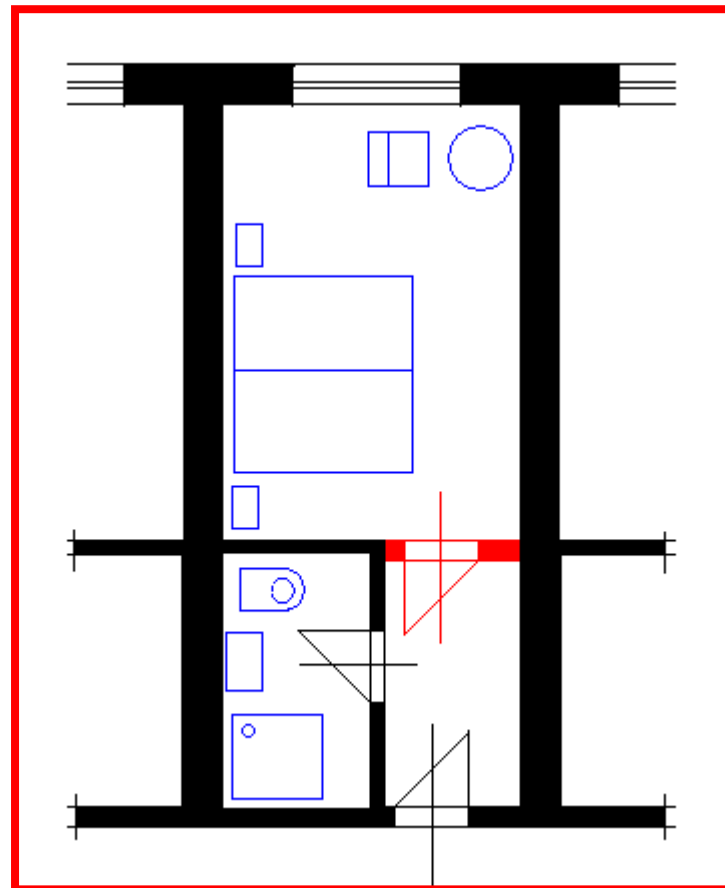
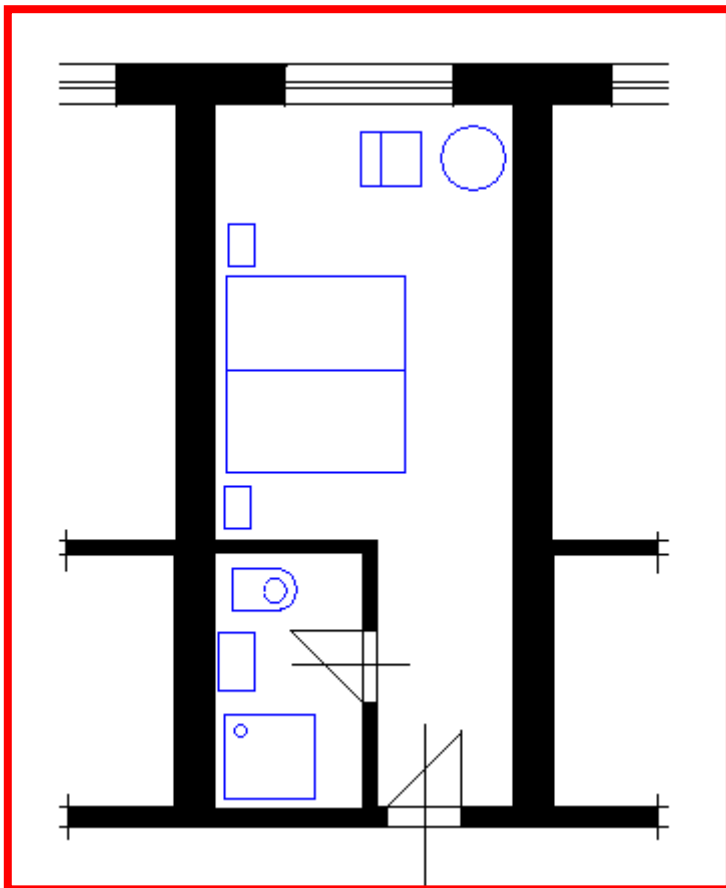
Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w, L'_{nT,w}}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	R_w dB
A. Bytové domy, rodinné domy – nejméně jedna obytná místnost bytu					
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	47	63	42	27
B. Bytové domy – obytné místnosti bytu					
2	Všechny místnosti druhých bytů, včetně příslušenství	53 52 ¹⁾	55 58 ¹⁾	53 52 ¹⁾	–
3	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	52	55	52	32 ²⁾ 37 ³⁾
4	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	57	48	57	–
5	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňikové stanice, kotelny, strojovny výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem: $L_{A,max} \leq 80$ dB 80 dB < $L_{A,max} \leq 85$ dB	57 62	55 48	57 52	–
6	Provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB: s provozem nejvýše do 22.00 h s provozem i po 22.00 h	57 62	53 48	57 62	–
7	Provozovny s hlukem 85 dB < $L_{A,max} \leq 95$ dB s provozem i po 22.00 h	72 ⁵⁾	38 ⁵⁾	–	–
C. Terasové nebo řadové rodinné domy a dvojdomy – obytné místnosti bytu					
8	Všechny místnosti v sousedním domě	57	48	57	–

definovatelný zvuk
spočítat L_A (dB)

Limitní hodnoty zvukové izolace **min** R'_{w} **max** L'_{nw}

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w}, D_{nT,w}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w}, D_{nT,w}$ dB	R_w dB
D. Hotely a zařízení pro přechodné ubytování – ložnicový prostor ubytovací jednotky					
9	Všechny místnosti druhých jednotek	52	58	47	42 ⁸⁾
10	Společně užívané prostory (chodby, schodiště)	52	58	45	32 27 ⁷⁾
11	Restaurace a jiné provozovny s provozem do 22.00 h	57	53	57	–
12	Restaurace a jiné provozovny s provozem i po 22.00 h ($L_{A,max} \leq 85$ dB)	62	48	62	–
E. Nemocnice, zdravotnická zařízení – lůžkové pokoje, ordinace, pokoje lékařů, operační sály apod.					
13	Lůžkové pokoje, ordinace, ošetrovny, operační sály, komunikační a pomocné prostory (chodby, schodiště, haly)	52	58	47 ⁸⁾	27
14	Hlučné prostory (kuchyně, technická zařízení budovy) ($L_{A,max} \leq 85$ dB)	62	48	62	–

Limitní hodnoty zvukové izolace **min** R'_w **max** L'_{nw}



Limitní hodnoty zvukové izolace $\min R'_w$ $\max L'_{nw}$

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_w, D_{nT,w}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_w, D_{nT,w}$ dB	R_w dB
F. Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory					
15	Učebny, výukové prostory	52	58	47	–
16	Společné prostory, chodby, schodiště	52	58	47	32 27 ⁷⁾
17	Hlučné prostory (dílny, jídelny) $L_{A,max} \leq 85$ dB	55	48	52	–
18	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{A,max} \leq 90$ dB	60 ⁹⁾	48 ⁹⁾	57 ⁹⁾	–
G. Administrativní a správní budovy, firmy – kanceláře a pracovny					
19	Kanceláře a pracovny s běžnou administrativní činností, chodby, pomocné prostory	47	63	37	27
20	Kanceláře a pracovny se zvýšenými nároky, pracovny vedoucích pracovníků ¹⁰⁾	52	58	45	32
21	Kanceláře a pracovny pro důvěrná jednání nebo jiné činnosti vyžadující vysokou ochranu před hlukem ¹⁰⁾	52	58	50	37

Požadavky na zvukovou izolaci obvod.pláště min R'_{w}

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách R'_{w} nebo $D_{nT,w}$, dB							
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v denní době 06:00 h – 22:00 h ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{Aeq,2m}$, dB **)						
	≤ 50	> 50 ≤ 55	> 55 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70	> 70 ≤ 75	> 75 ≤ 80
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43
Nemocniční pokoje	30	30	30	33	38	43	(48)
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v noční době 22:00 h – 06:00 h ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{A,eq,2m}$, dB **)						
	≤ 40	> 40 ≤ 45	> 45 ≤ 50	> 50 ≤ 55	> 55 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43
Nemocniční pokoje	30	30	33	38	43	48	(53)

$$\begin{matrix} S_{wo}(\text{m}^2) \\ R_{wo}(\text{dB}) \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} S_{wr}(\text{m}^2) \\ R_{wr}(\text{dB}) \end{matrix}$$

$$R_{wop} = R_{wp} - 10 \log \left[q - (q-1) 10^{\frac{R_{wp} - R_{wr}}{10}} \right]$$

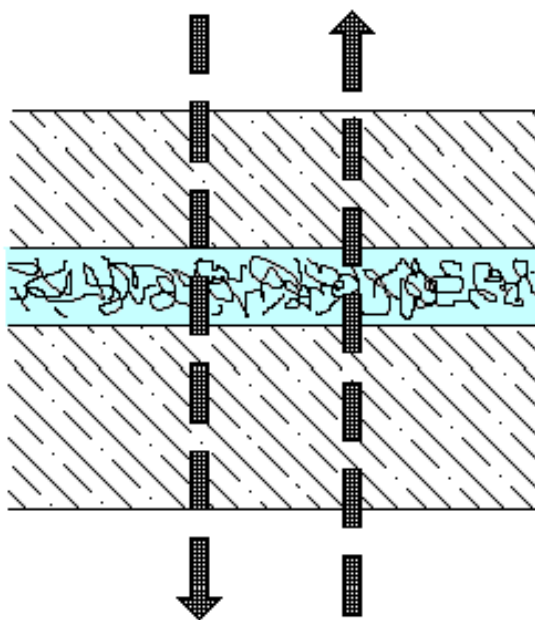
$$q = \frac{S_0 + S_r}{S_0}$$

Tabulka 4 – Třídy zvukové izolace oken

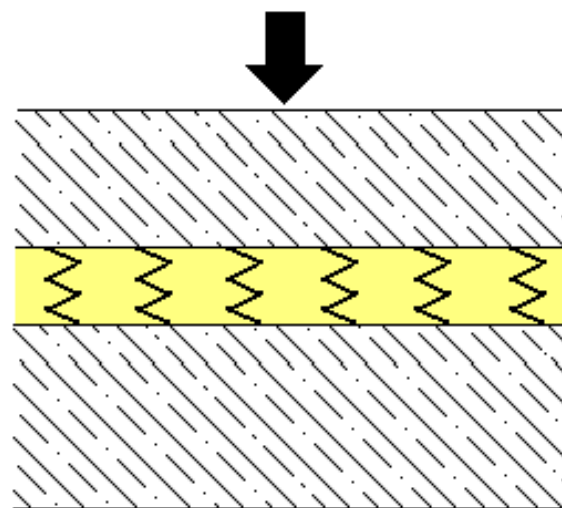
TZI oken	R_w, dB
0	≤ 24
1	25 až 29
2	30 až 34
3	35 až 39
4	40 až 44
5	45 až 49
6	≥ 50

Důležitý rozdíl mezi neprůzvučností a kročejovým zvukem

vzduchová
neprůzvučnost



kročejový
zvuk



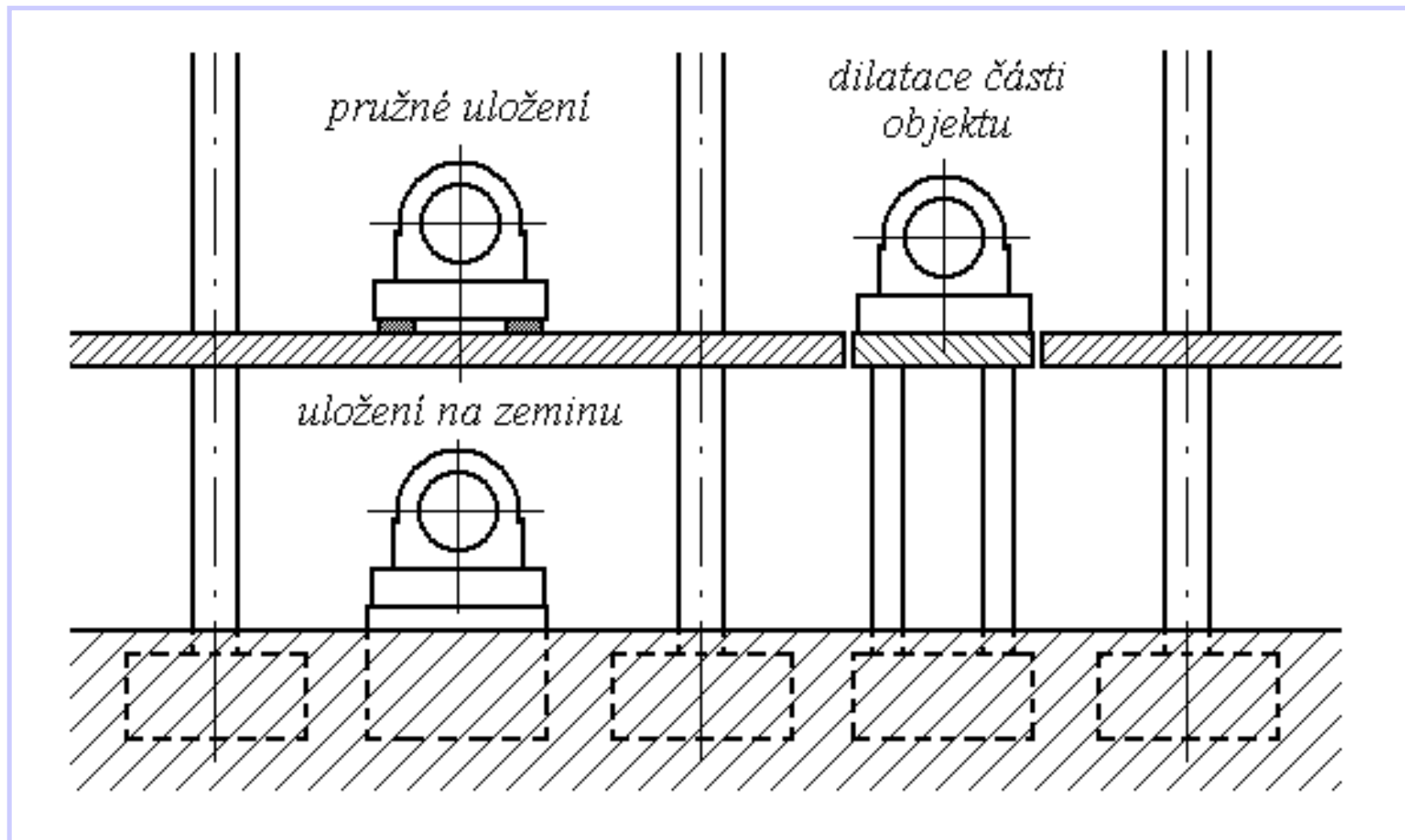
Ochrana proti hluku TZB

Vzduchem – zvyšuje se neprůzvučnost konstrukcí obklopujících strojovnu

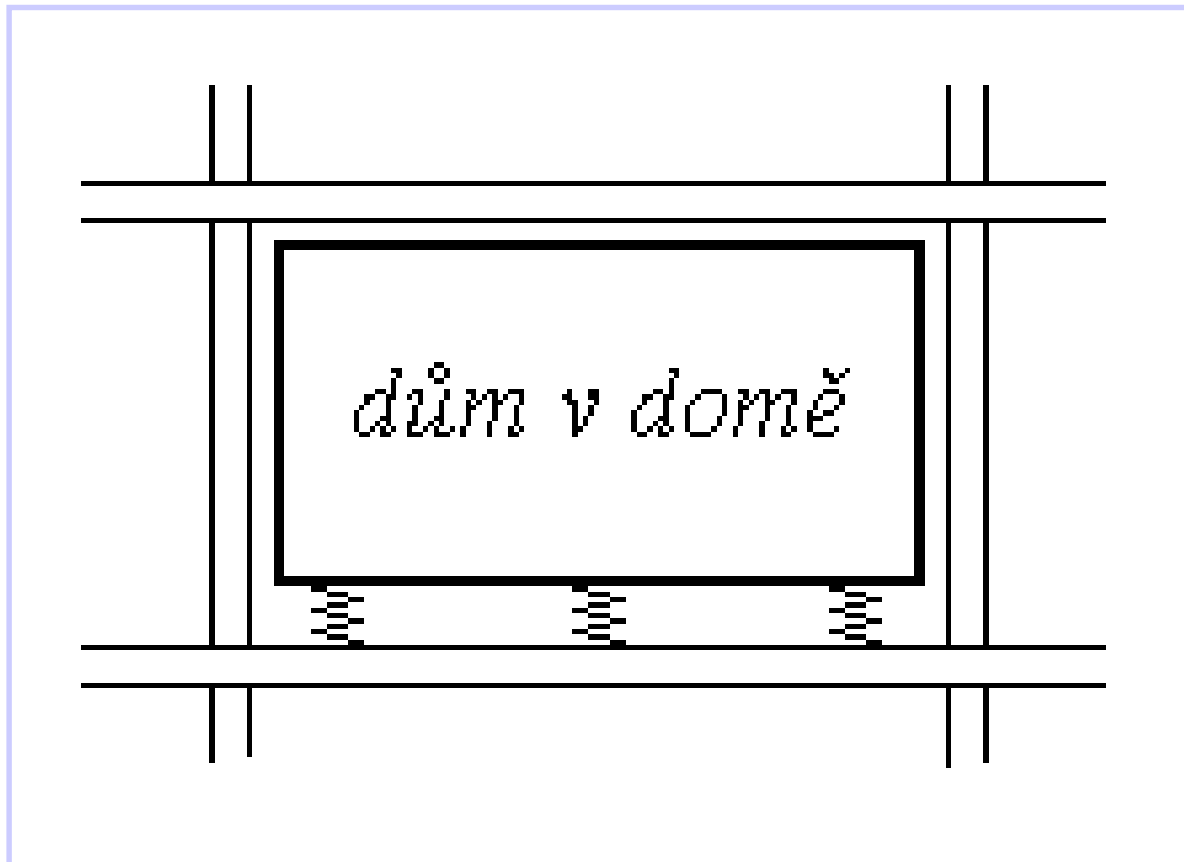
Konstrukcí – zabránit přenosu chvění stroje do stavebních konstrukcí jeho pružným uložením.

Tlumící prvky (izolátory chvění, silentbloky) mají být navrženy již výrobcem zařízení a mají být součástí dodávky takového zařízení.

Ochrana proti hluku TZB



Konstrukce dům v domě

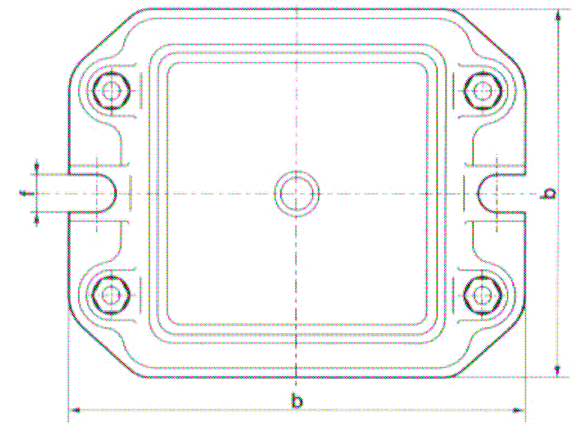
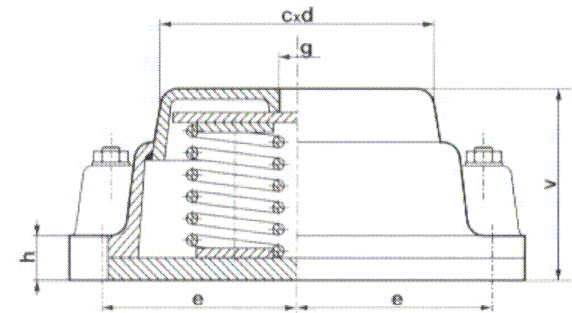
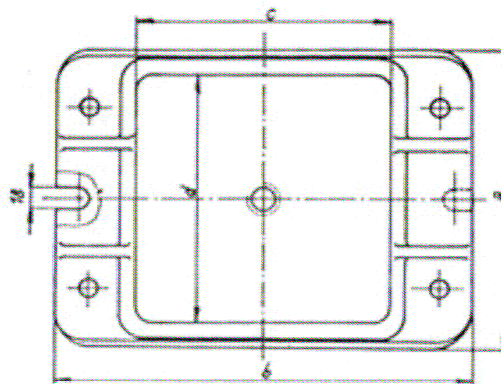
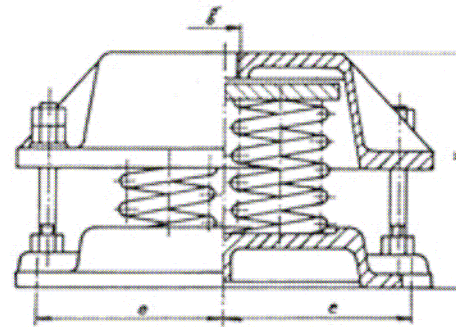
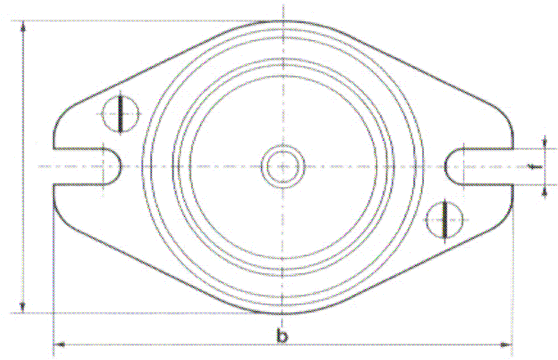
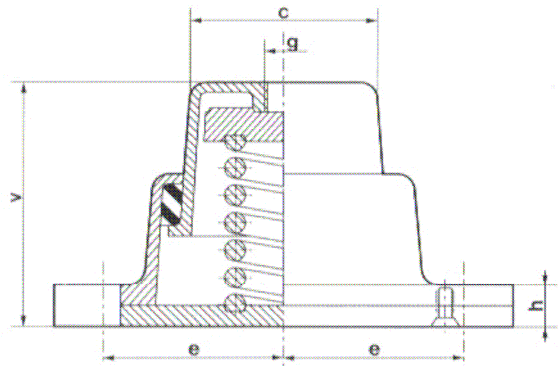


Materiály a výrobky pro pružné uložení

Ocelové pružiny

- mohou mít malou tuhost a jsou vhodné jen pro nadrezonanční uložení strojů s nízkou hmotností a malým počtem otáček, kde by jiné pružiny byly příliš tuhé
- jejich nevýhodou je malá tlumící schopnost v oblasti slyšitelných kmitočtů
- na ochranu proti šíření zvuku vhodné nejsou

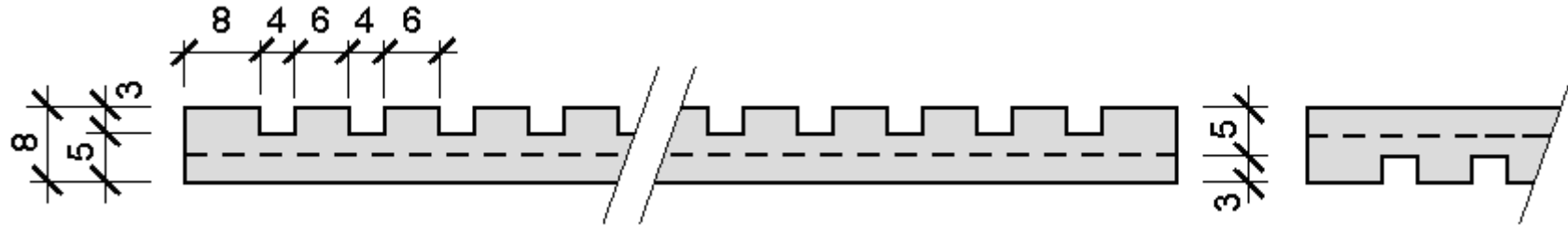
Ocelové pružiny izolátory chvění ISTAKO



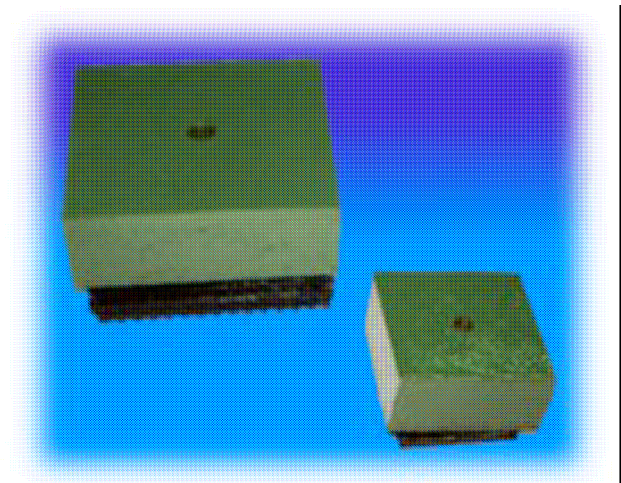
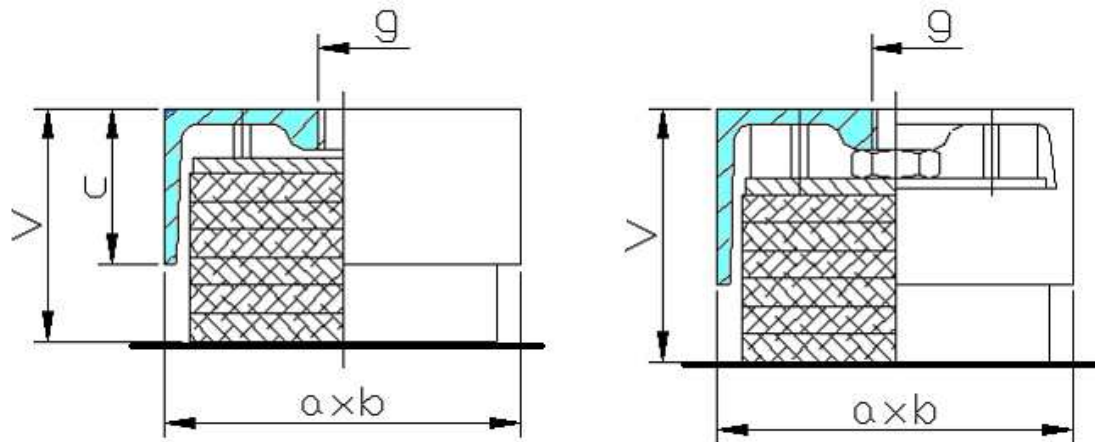
Pryžové pružiny

- výhodou je jejich velká tlumící schopnost
- velká elastická deformace
- je objemově nestlačitelná, takže k deformaci může dojít jen tehdy, je-li zajištěna možnost jejího vybočení do stran
- požadovaných vlastností lze dosáhnout tvarem pružiny i jejím chemickým složením

Pružiny rýhované ČSN 635818



Jsou součástí průmyslově vyráběných izolátorů chvění
ISTAKO typ PR a PRV



Prstencové pryžové izolátory

