



# ÚPRAVY ZVUKU

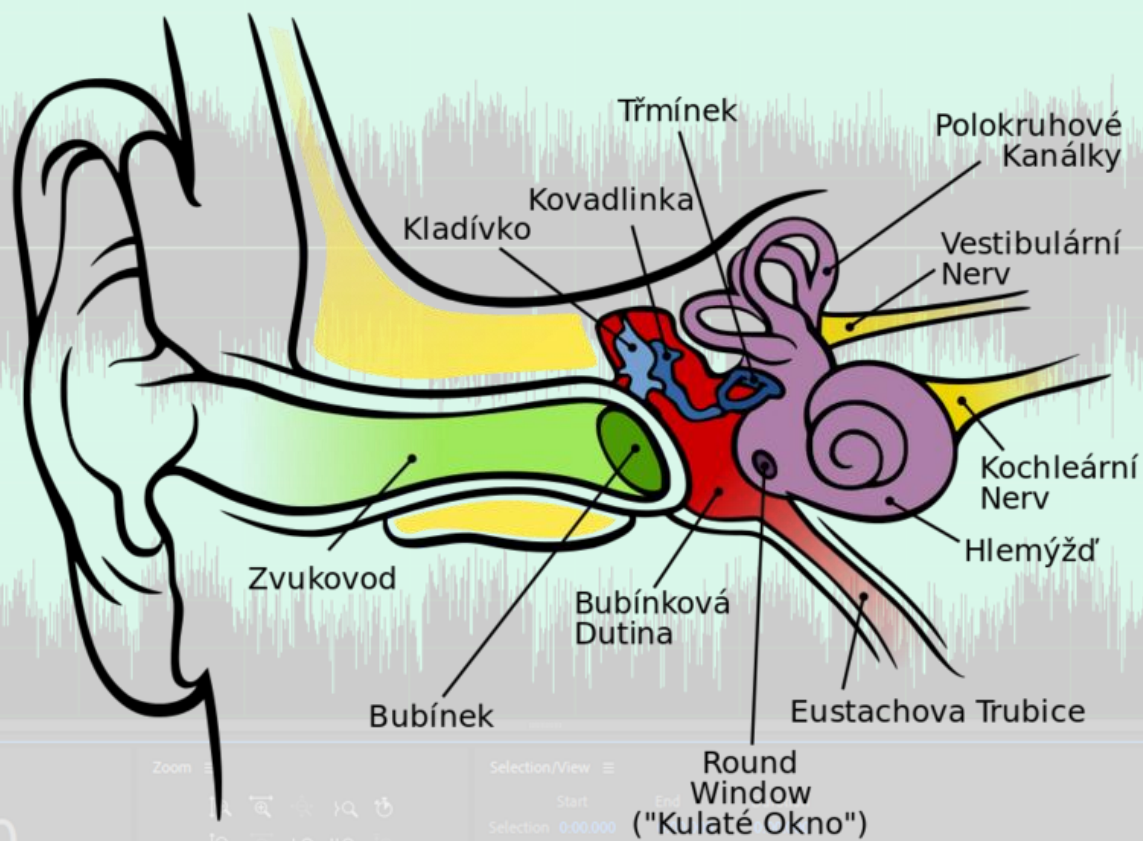
Jak slyšíme

Vlnová rovnice zvuku

# SLUCH

- Sluch je schopnost vnímat zvuk
  - je společná vyšším živočichům
  - smyslový orgán = ucho
- Smyslový orgán se skládá ze tří základních částí
  - vnější ucho
  - střední ucho
  - vnitřní ucho

# SLUCH



# Vnější ucho

- je tvořeno boltcem, vnějším zvukovodem a bubínkem
  - boltec je tvořen chrupavkou a směřuje akustické vlny do zvukovodu
  - vnější zvukovod (sluchový kanálek) je trubice, která má část chrupavčitou a kostěnou. Délka zvukovodu dospělého člověka je asi 3 cm
  - bubínek se nachází na konci zvukovodu, tvoří hranici mezi vnějším a středním uchem. Je to vazivová blanka cca 0,1 mm silná. Zvuková vlna jej rozechvěje, bubínek ji zesílí a předá do středního ucha

# Střední ucho

- Střední ucho je systém vzduchem vyplněných dutin, vystlaných sliznicí
  - začíná bubínkem, na který jsou napojeny tři sluchové kůstky (kladívko, kovadlinka a třmínek). Kůstky přenáší zvuk od bubínku do vnitřního ucha
  - střední ucho je od vnitřního ucha odděleno membránami
  - ze středního ucha do nosohltanu vyúsťuje Eustachova trubice, která vyrovnává tlak ve středním uchu s tlakem v okolním prostředí

# Vnitřní ucho

- Vnitřní ucho leží v kostěném labyrintu spánkové kosti. Kostěný labyrint se skládá ze tří kanálků, vejčitého a kulovitého váčku a hlemýžďe
  - hlemýžď je stočená trubička naplněná endolymfou. Vibrace rozvlní endolymfu, její vlnění rozechvěje krycí membránu, na níž jsou zachyceny vláskové buňky (receptory sluchu, sluchové buňky). Tyto buňky vysílají signály prostřednictvím sluchového nervu přímo do mozku, kde jsou vnímány jako zvuk (výška, hlasitost)
  - rovnovážný (vestibulární) orgán slouží k detekci polohy a zrychlení. Předrážděním tohoto orgánu vzniká mořská nemoc



# Jak ucho funguje

- Každá jeho součást má vliv na správnou funkci sluchu
  - zvuk se přenáší prostředím v podobě zvukové vlny. Vlna je zachycena boltcem, který ji pošle dál do zvukovodu a k bubínku. Bubínek se rozvibruje, což rozhýbe kůstky středního ucha, které zvuk zesílí a předají do hlemýžďe
  - vibrace s vysokou amplitudou jsou zpracovány jako hlasitý zvuk, nízká amplituda značí tichý zvuk. Vlákna pokrývající hlemýžďe zpracovávají výšku zvuku a další parametry. Roztříděné zvuky stimulují několik částí hlemýžďe najednou
  - hlemýžď je nejdůležitější orgán pro zpracování zvukové vlny do nervového signálu. Tento signál putuje do mozku sluchovým nervem

# Práh sluchu

- je úroveň hlasitosti, pod kterou není lidské ucho schopno zaznamenat jakýkoli zvuk
  - práh sluchu je závislý na stavu sluchového aparátu daného člověka. Obecně je definován jako smluvní vztažná hodnota hladiny intenzity zvuku (při frekvenci 1 kHz) akustického tlaku vůči tlaku atmosférickému ( $p_0 = 2105 \text{ Pa} = 200 \text{ kPa}$ )
  - pro dospělé má práh sluchu referenční úroveň hlasitosti velikost 0 decibelů (dB)

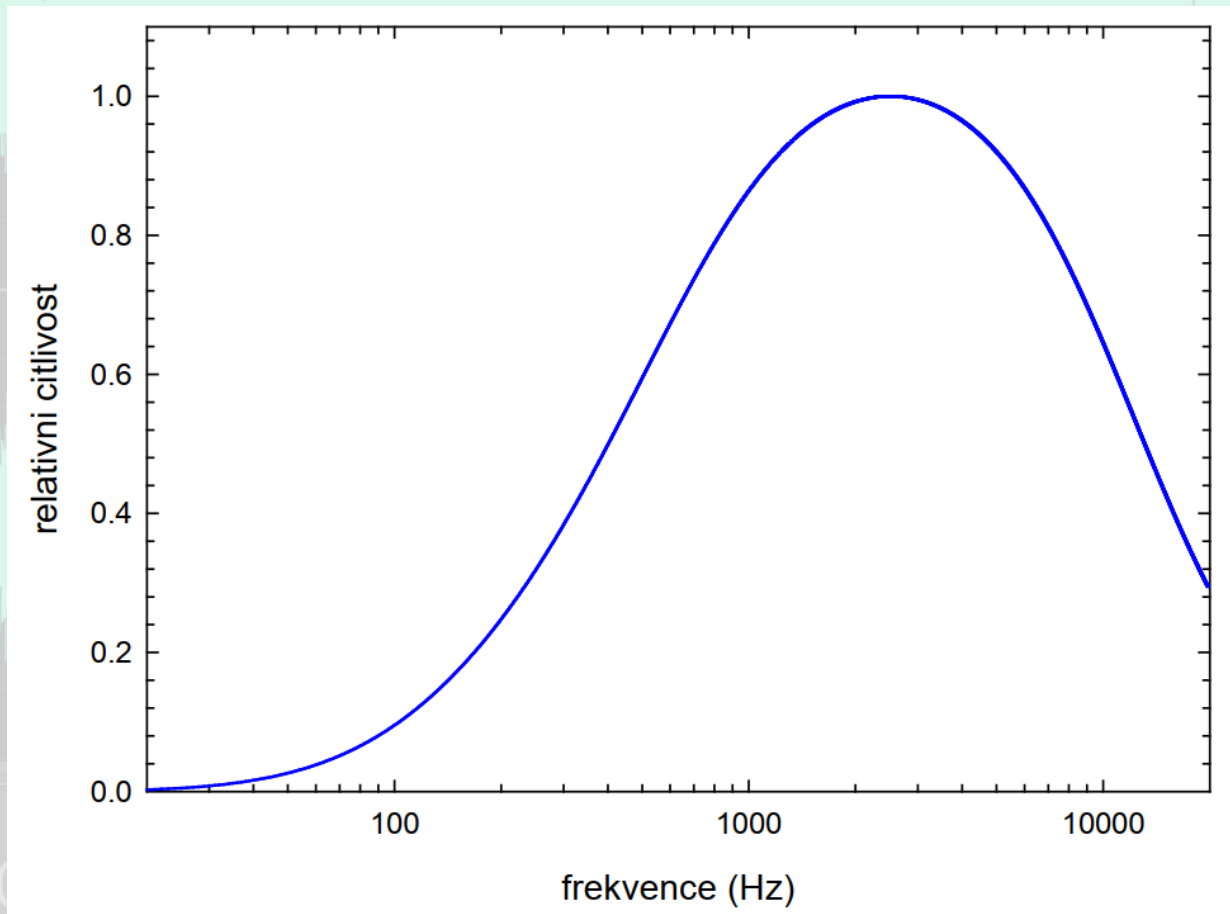




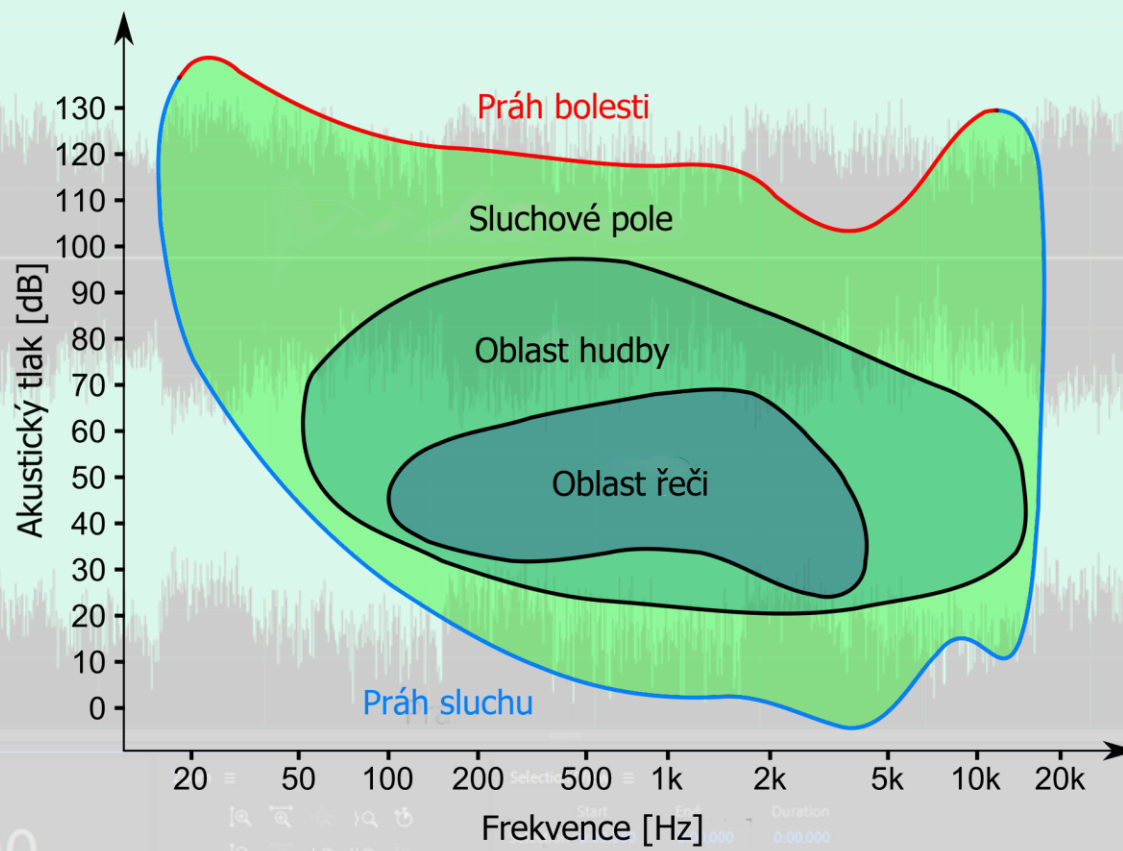
# Práh sluchu

- Práh sluchu je odlišný pro různé frekvence
  - standardizovaný práh sluchu pro frekvenci 1 000 Hz je 0 dB.
  - u nižších a vyšších frekvencí je viditelný posun prahu sluchu. Pro 30 Hz se pohybuje kolem 60 dB
  - největší citlivost vykazuje lidské ucho při frekvencích okolo 3 500–4 000 Hz (rezonanční frekvence zvukovodu)
- S rostoucím věkem se projevuje porucha, která je způsobena absencí nebo poškozením vláskových buněk v hlemýždi. To má za následek posunu prahu sluchu. Starší lidé špatně vnímají vysoké frekvence.

# Práh sluchu



# Akustický tlak



# Psychoakustika

- je vědní obor, který se zabývá výzkumem vnímání zvuku
- Zvuk může způsobit fyziologickou nebo psychologickou reakci a psychoakustika zkoumá, proč a jak mozek na zvuky reaguje
  - psychoakustika se zabývá také otázkou, jak zvuk posloucháme. V místnosti plné lidí technicky slyšíme všechny zvuky najednou, posloucháme ale jen některé z nich
  - slyšíme např. tikot hodin, kroky, vanoucí vítr, rádio, někoho, kdo si s ním pobrukuje a vlastní dech, posloucháme ale jen několik z těchto zvuků
  - naše uši neustále zachytávají zvuk, i když si to neuvědomujeme
- Psychoakustika zkoumá, jaký zvuk aktivuje myšlenkové rozpoznávání a jak reagujeme na okolní svět

# Vlnění

- je jeden z nejrozšířenějších jevů, který označuje šíření kmitů prostorem (zvuk, světlo, rozhlasové a televizní vysílání)
- **elektromagnetické** = energie, která se přenáší prostorem ve formě elektromagnetických vln (světlo, radiové vlny, UV záření). Pro šíření jsou nutné jen změny elektrického a magnetického pole, proto se může šířit i vakuem
- **mechanické** = druh pohybu, kdy se částice látky vychýlí ze své rovnovážné polohy a tím předají energii dalším částicím. Šíření vln není spojeno s přenosem látky, jen s přenosem energie. Příčinou je existence vazebných sil mezi částicemi látky (atomy, molekulami), šíří se ve všech skupenstvích

# Vlnění

- Postupné vlnění – kmitání konstantní rychlostí  $v$  postupuje ve směru osy  $x$ 
  - $v$  = rychlost šíření postupného vlnění (vzdálenost, kterou vlna urazí za 1 s)
  - $T$  = perioda kmitání, doba trvání jednoho kmitu
  - $\lambda$  = vlnová délka, vzdálenost, kterou vlnění urazí za jednu periodu
  - vlnová délka je vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají se stejnou fází
  - $v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$
  - veličina  $f$  je frekvence kmitání ( $f = \frac{1}{T}$ )

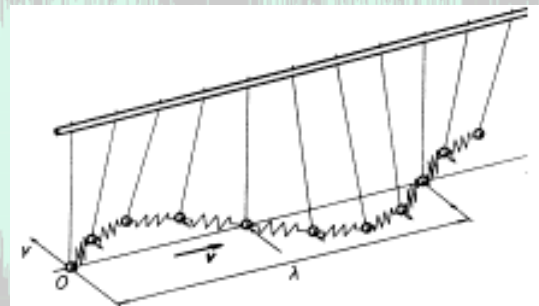


# Vlnění

- Rychlost šíření mechanického vlnění závisí na vlastnostech pružného prostředí a je různá pro vlnění příčné a podélné
  - nazývá se také fázová rychlost
- Prostředí pro šíření zvuku musí být pružné. Zvuk se šíří lépe ve vodě (kapalina) než ve vzduchu (plyn), a ještě lépe v oceli (pevná látka)
- Ve vakuu nejsou molekuly a atomy -> zvuk se vakuem nešíří

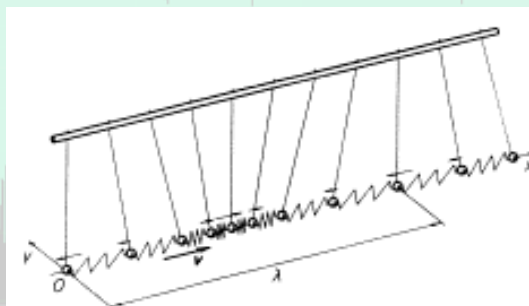
# Vlnění

- Postupné vlnění příčné
  - hmotné body kmitají kolmo na směr šíření vlnění (pružná pevná tělesa ve tvaru tyčí, vláken; vodní hladina... )



# Vlnění

- Postupné vlnění podélné
  - částice pružného tělesa kmitají ve směru šíření vlnění
  - větší fyzikální význam - vzniká v tělesech všech skupenství
  - v pružných látkách se jím šíří zvuk



# Vlnění

- elektromagnetické vlnění je vlnění příčné (světlo)
- mechanické vlnění může být příčné i podélné

# Rovnice postupného vlnění

- určíme je vztahem, který umožňuje určit okamžitou výchylku v každém bodě řady, kterou se vlnění šíří
  - závisí na čase  $t$  a vzdálenosti od zdroje  $x$  (od počátečního bodu)
  - výchylka kmitání je popsána rovnicí:  $y = y_m * \sin \omega t$ , vlnění je však závislé ještě na vzdálenosti  $x$
  - $\lambda = vT$  (vlnová délka = dráha vlny)
  - $\omega = \frac{2\pi}{T}$

# Rovnice postupného vlnění

- $y = y_m \cdot \sin\left[\frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v}\right)\right]$
- $y = y_m \cdot \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{v \cdot T}\right)\right]$
- rovnice postupné vlny pro řadu bodů podle osy x:
- $y = y_m \cdot \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$ 
  - platí pro příčné i podélné harmonické vlnění v homogenním prostředí

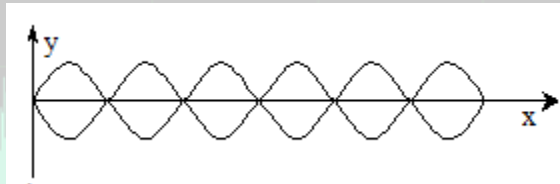


# Rovnice postupného vlnění

- veličina  $2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$  je fáze vlnění
  - kdyby vlnění postupovalo záporným směrem vzhledem k ose x (vlevo od zdroje vlnění), bylo by ve výrazu pro fázi znaménko +
  - fáze je bezrozměrná veličina a určuje průběh vlnění
- Všechny veličiny popisující vlnění jsou jak funkcemi času, tak funkcemi polohy (souřadnice) bodu, kterým vlnění prochází

# Stojaté vlnění

- Když na jednom konci upevníme lano a na druhém jím začneme kmitat, v místě upevnění dojde k odrazu a obě vlnění jdou proti sobě. Některé body budou kmitat, některé zůstanou na místě. Vznikne takovýto obrazec:



- V bodech, které kmitají nejvíce, jsou kmitny, v bodech, které nekmitají, jsou uzly. Dvě kmitny jsou od sebe vzdáleny  $\lambda/2$ , dva uzly jsou od sebe vzdáleny také  $\lambda/2$ , kmitna s uzlem jsou od sebe vzdáleny  $\lambda/4$
- Poloha kmiten a uzlů stojatého vlnění se nemění.

# Rozdíl mezi postupným a stojatým vlněním

- Při postupném vlnění kmitají všechny body se stejnou amplitudou výchylky, ale s různou fází, která se s časem mění. Vlnění se šíří fázovou rychlostí  $v$  a přenáší se jím energie
- Při stojatém vlnění kmitají všechny body mezi dvěma sousedními uzly se stejnou fází, ale amplituda výchylky je různá a závisí na poloze bodu. Energie se nepřenáší.

Time

0:00.000

Zoom

Selection/View

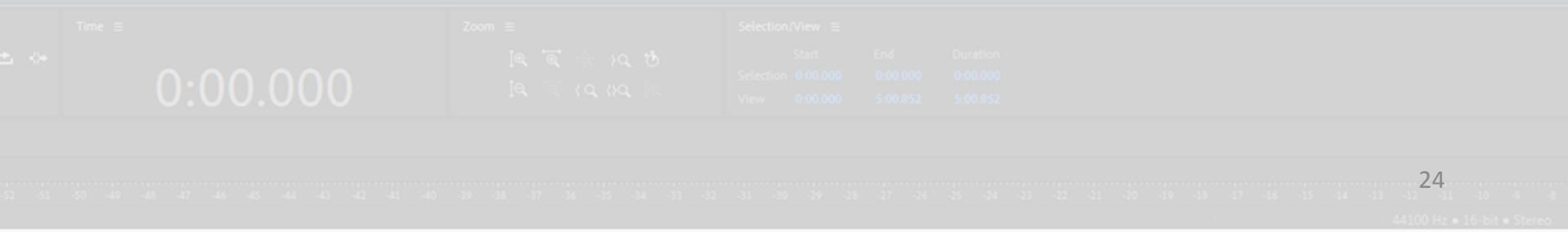
	Start	End	Duration
Selection	0:00.000	0:00.000	0:00.000
View	0:00.000	5:00.852	5:00.852

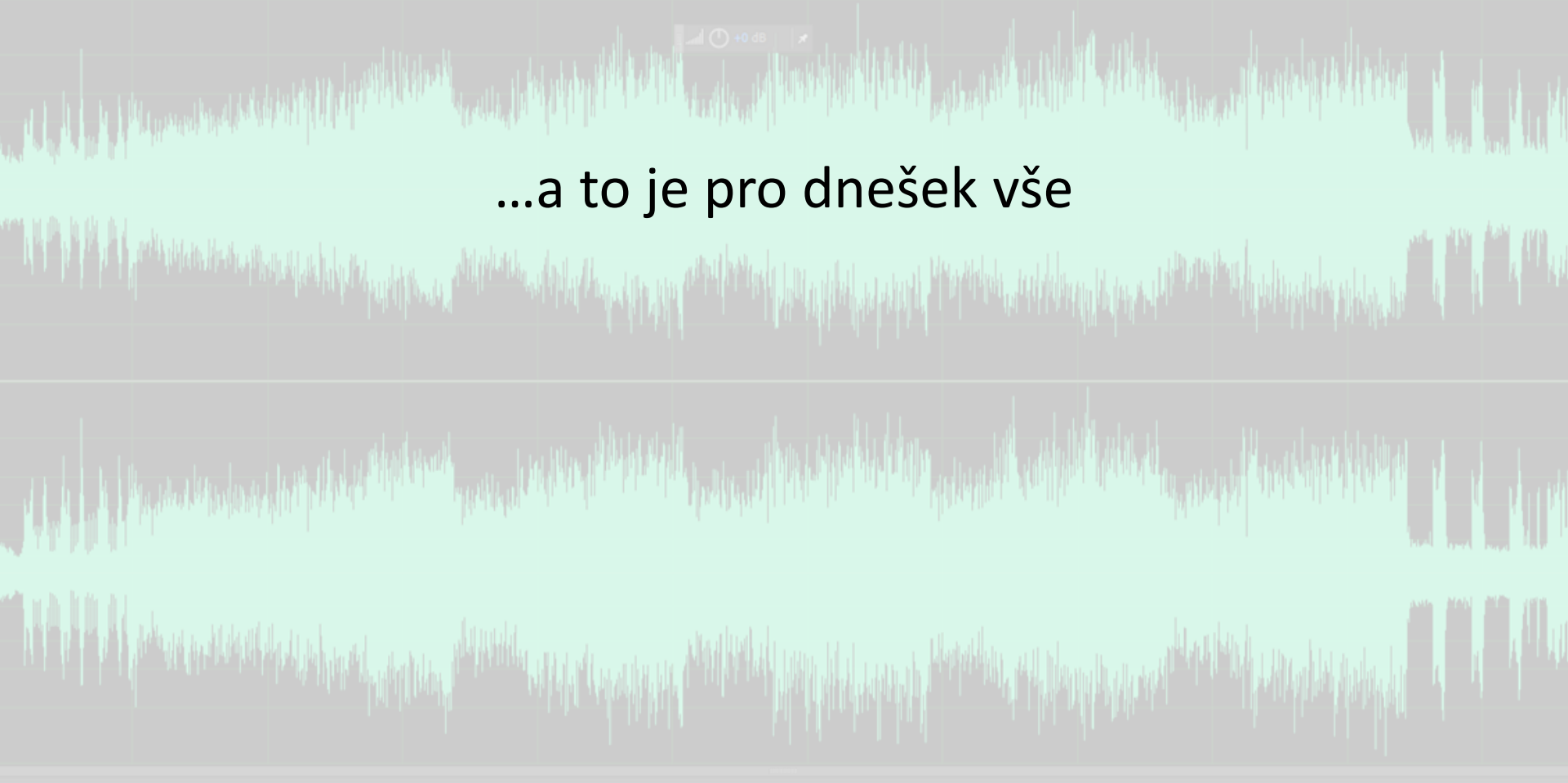
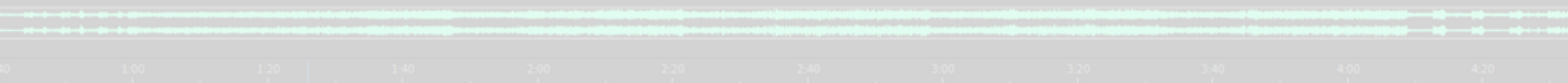
23

44100 Hz • 16-bit • Stereo

# Zdroje

- wikiskripta.eu
- archiv autora
- ITnetwork.cz





...a to je pro dnešek vše

Time

0:00.000

Zoom

Icons for zooming in, out, and other view adjustments.

Selection/View

	Start	End	Duration
Selection	0:00.000	0:00.000	0:00.000
View	0:00.000	5:00.852	5:00.852